

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
COMISARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

INVESTIGACION GEOLOGICA Y TECNOLOGICA
DE LOS YESOS DE ANDALUCIA

TOMO I
MEMORIA



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

10839

INVESTIGACION GEOLOGICA Y TECNO-
LOGICA DE LOS YESOS DE ANDALUCIA

T O M O I - M E M O R I A

Diciembre, 1.982

El presente trabajo ha sido rea-
lizado por la Empresa Nacional -
ADARO de Investigaciones Mineras
(ENADIMSA), en régimen de contra-
tación con el Instituto Geológico
y Minero de España.

I N D I C E

<u>TOMO I - Memoria</u>	<u>Págs.</u>
1.- ANTECEDENTES	1
1.1.- ESTRUCTURACION DEL INFORME	3
1.2.- METODO DE TRABAJO	5
1.3.- BIBLIOGRAFIA	9
2.- INTRODUCCION	24
2.1.- EL YESO	25
2.1.1.- Origen del yeso	25
2.1.2.- Variedades del yeso	27
2.2.- LA ANHIDRITA	29
2.2.1.- Origen de la anhidrita	29
2.2.2.- Variedades de la anhidrita	30
2.3.- RELACIONES YESO-ANHIDRITA	31
3.- ENCUADRE GEOGRAFICO	34
3.1.- SITUACION GEOGRAFICA	35
3.2.- RASGOS MORFOLOGICOS	36
3.2.1.- Depresión de granada	36
3.2.2.- Sierras Béticas	37
3.2.3.- Zonas intermedias	38
3.2.4.- Sierra de Almagro	38
4.- ESTUDIO GEOLOGICO	40
4.1.- ENCUADRE GEOLOGICO	41

	<u>Págs</u>
4.1.1.- Introducción	41
4.1.2.- Unidades geológicas	41
4.1.3.- Historia geológica	44
 4.2.- DEPRESION DE GRANADA	 46
4.2.1.- Estratigrafía	46
4.2.2.- Tectónica	49
4.2.3.- Historia geológica	51
4.2.4.- Los yacimientos de yeso	53
4.2.5.- Selección de zonas	56
4.2.6.- Zona VI - 3 - Escuzar (Granada)	57
4.2.6.1.- Situación de la zona	57
4.2.6.2.- Análisis de yacimientos...	59
 4.3.- SUBBETICO	 67
4.3.1.- Estratigrafía	67
4.3.2.- Tectónica	71
4.3.3.- Historia geológica	73
4.3.4.- Los yacimientos de yeso	74
4.3.5.- Selección de zonas	75
4.3.6.- Zona VI - 1 - Morón de la Frontera - (Sevilla)	76
4.3.6.1.- Situación de la zona	77
4.3.6.2.- Análisis de yacimientos...	77
 4.3.7.- Zona VI - 2 - Coripe-Pruna (Sevilla-Cá diz)	 82

	<u>Págs</u>
4.3.7.1.- Situación de la zona	82
4.3.7.2.- Análisis de yacimientos...	83
4.3.8.- Zona VI - 4 - Alcaudete (Jaén-Córdoba)	88
4.3.8.1.- Situación de la zona	88
4.3.8.2.- Análisis de yacimientos...	89
4.3.9.- Zona VI - 5 - Huelma (Jaén)	94
4.3.9.1.- Situación de la zona	94
4.3.9.2.- Análisis de yacimientos...	95
4.3.10.- Zona VI - 6 - Cabra del Santo Cristo (Jaén)	100
4.3.10.1.- Situación de la zona	100
4.3.10.2.- Análisis de yacimientos..	101
4.4.- BETICO	107
4.4.1.- Estratigrafía	107
4.4.2.- Tectónica	111
4.4.3.- Historia geológica	113
4.4.4.- Los yacimientos de yeso	115
4.4.5.- Selección de zonas	117
4.4.6.- Zona VI - 7 - Huercal - Overa (Alme- ría)	117
4.4.6.1.- Situación de la zona	117
4.4.6.2.- Análisis de yacimientos...	118

	<u>Págs</u>
5.- ESTUDIO TECNOLOGICO	125
5.1.- TECNOLOGIA DEL YESO	126
5.1.1.- Preparación de la piedra de yeso.	126
5.1.2.- Cocción	128
5.1.2.1.- Cocción en atmósfera <u>se</u> ca o no saturada	132
5.1.2.2.- Cocción en atmósfera <u>sa</u> turada	134
5.1.2.3.- Procedimientos especia- les de cocción	136
5.1.3.- Formulación y fabricación	137
5.1.4.- Tipos comerciales de yeso para la construcción	143
5.1.5.- Propiedades del producto acabado.	145
5.1.5.1.- Grado de finura	145
5.1.5.2.- Tiempo y velocidad de - fraguado	146
5.1.5.3.- Resistencias mecánicas.	149
5.1.5.4.- Agua de amasado	150
5.1.5.5.- Humedad	150
5.1.5.6.- Permeabilidad	151
5.1.5.7.- Otras propiedades	151
5.1.6.- Utilización del yeso	152
5.1.6.1.- Grupo de la construcción	153
5.1.6.2.- Grupo industrial	158
5.1.6.3.- Grupo agrícola	163

	<u>Págs</u>
5.2.- ESPECIFICACIONES DE LOS YESOS PARA LOS DIS-- TINTOS USOS	164
5.2.1.- Normas españolas	165
5.2.2.- Normas italianas	172
5.2.3.- Normas francesas	175
5.2.4.- Normas inglesas	179
5.2.5.- Normas U.S.A.	185
5.2.6.- Normas internacionales	192
5.3.- CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DE LOS YESOS DE LAS ZONAS SELECCIONADAS	196
5.3.1.- Yesos de la depresión de Granada ...	197
5.3.2.- Formaciones yesíferas del Dominio Sub bético	199
5.3.3.- Formación yesífera perteneciente al - Dominio Bético	214
5.4.- AJUSTE DE LOS YESOS DE LAS ZONAS A LA NORMATI VA EXIGIDA EN EL PLIEGO DE CONDICIONES VIGEN- TE	216
5.4.1.- Yesos de la depresión de Granada	217
5.4.2.- Formaciones yesíferas del Dominio Sub bético	219
5.4.3.- Formación yesífera perteneciente al Do minio Bético	224
5.5.- LA INDUSTRIA DEL YESO EN LAS ZONAS SELECCIONA- DAS	226

	<u>Págs</u>
5.5.1.- Zona VI - 1 - Morón de la Frontera - (Sevilla)	226
5.5.2.- Zona VI - 2 - Coripe-Pruna (Sevilla- Cádiz)	231
5.5.3.- Zona VI - 3 - Escuzar (Granada)	231
5.5.4.- Zona VI - 4 - Alcaudete (Jaén)	233
5.5.5.- Zona VI - 5 - Huelma (Jaén)	235
5.5.6.- Zona VI - 6 - Cabra del Santo Cristo (Jaén)	236
5.5.7.- Zona VI - 7 - Huercal-Overa (Almería)	237
 6.- CONCLUSIONES	 239
 <u>TOMO II.- SINTESIS GENETICA. ANALISIS Y ESTUDIO DE LAS COLUMNAS DE SONDEOS</u>	
<u>TOMO III.- PLANOS Y CORTES GEOLOGICOS. FOTOGRAFIAS..</u>	

1.- ANTECEDENTES

En Febrero de 1.967, en el estudio n° 4 -"Estructura de la Industria del Yeso"- la Comisaria del Plan de Desarrollo Económico y Social considera la necesidad de llevar a cabo una revisión y reestructuración del estado actual de la industria del yeso en España.

Haciéndose eco de la problemática desencadenada en torno al sector del yeso, el Instituto Geológico y Minero de España, en Abril del mismo año, elabora y remite para su aprobación por la Superioridad el proyecto "Los Yacimientos de Yeso en España. Plan Nacional para su estudio, cartografía, cubicación, determinación de calidades, inventario y normas de explotación".

Para que su realización fuera llevada a cabo de modo sistemático a lo largo de todo el país, dicho Plan fue subdividido en un total de OCHO zonas, de las cuales, durante el período correspondiente al II P.D.E.S. se realizaron cuatro: Zona Centro, Zona de Cataluña, Zona del Sudeste y Zona de Levante.

El Plan Nacional de la Minería elaborado a lo largo de los años 68-70 y propuesto al III P.D.E.S. para su realización, contempló con especial atención las investigaciones sectoriales de Rocas Industriales, entre las que merece destacarse la concerniente a la continuación de aquel Programa de investigación de yesos iniciado por el I.G.M.E. en Abril

de 1.967. Así se llegó a estudiar el yeso de la quinta zona, correspondiente a la Cuenca del Duero y Depresión del Ebro.

Con el presente proyecto se realiza el estudio en Andalucía, faltando las zonas de la Cordillera Ibérica (área Cuenca-Teruel), Asturias y Baleares, para completar el Programa ya citado, que es básico si se quiere estar en condiciones de emitir un informe, a escala Nacional, del yeso en España, con discusión de sus problemáticas geológica, industrial y económica.

1.1.- ESTRUCTURACION DEL INFORME

Se ha creído conveniente dividir el informe en tres tomos:

- . TOMO I : Memoria
- . TOMO II : Síntesis genética. Análisis y estudio de las columnas de sondeos.
- . TOMO III: Planos, cortes geológicos y fotografías.

El tomo I -Memoria- incluye un capítulo dedicado a antecedentes, en el que se indica el método de trabajo utilizado, siguiéndole otro de introducción, en donde se describe el origen y las variedades del yeso y la anhidrita.

El tercer capítulo encuadra geográficamente el área investigada, estando los siguientes dedicados al Estudio Geológico, Estudio Tecnológico, así como a las conclusiones obtenidas.

El estudio Geológico se inicia con la descripción de la geología general de la región en donde se encuentran loca

lizadas las distintas zonas seleccionadas.

Seguidamente se estudian en sucesivos apartados la DEPRESION DE GRANADA, EL SUBBETICO Y BETICO, su estratigrafía, tectónica e historia geológica, considerando detalladamente los yacimientos de yesos existentes en cada una de las zonas seleccionadas comprendidas dentro de los dominios geológicos antes citados.

En el Estudio Tecnológico, se analizan las calidades de los yesos existentes en las áreas seleccionadas, así como las especificaciones requeridas en el producto acabado según el tipo de utilización.

Se han tomado en diferentes fábricas existentes en las zonas seleccionadas, muestras de yeso crudo y yeso cocido a los que se le han realizado los ensayos que están insertos en el vigente Pliego General de Condiciones exigibles a los yesos y escayolas para su recepción en las obras de construcción.

Asimismo para cada una de las zonas estudiadas, se ha analizado la problemática existente en el sector, el grado de mecanización de la industria extractiva y transformadora, tipos comerciales de yesos y escayolas, así como estimación de producciones y ámbitos de mercado.

En el tomo II -Síntesis genética. Análisis y estudio de las columnas de sondeos-, se describen los aspectos físico-químicos del sistema yeso-anhidrita, las texturas primarias en rocas evaporíticas, las texturas de yesos procedentes de la hidratación de la anhidrita y la composición química de los yesos.

Asimismo se incluyen las columnas litológicas de los sondeos realizados, analizándose las distintas calidades de yesos, con expresión de los estudios petrográficos, químicos y mineralógicos efectuados a las muestras-testigo. Finalmente se acompañan algunas fotografías de estas muestras-testigo que han sido objeto de análisis.

Tomo III: Se incluyen los mapas geológicos a escala 1/50.000 de las zonas seleccionadas con sus correspondientes cortes -estratigráficos; así como una serie de fotografías de campo, referentes a los yacimientos y explotaciones más interesantes.

1.2.- METODO DE TRABAJO

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

A) Estudio Geológico

Desde el punto de vista geológico se comenzó el estudio con una recopilación bibliográfica de la geología de Andalucía. Se incidió de manera especial, en las citas referentes al Trías subbético, debido fundamentalmente a su carácter arcillo-yesífero. También se consultó bibliografía sobre la Depresión de Granada, así como la presencia de niveles yesíferos en el Bético del Sureste. De especial interés, resultó la posibilidad de contar en la bibliografía con las hojas de Rocas Industriales a escala 1:200.000, con las cuales se pudo ya seleccionar a priori, una serie de áreas favorables de gran extensión. Estas áreas fueron recorridas con posterioridad, haciendo un barrido de la región desde el O hacia

el E, visitando explotaciones existentes, explotaciones abandonadas y puntos sin explotar, que por sus características parecían interesantes.

Integrando todos estos criterios: campo, bibliografía, etc., se delimitaron una serie de zonas de interés distribuidas en las provincias de Sevilla, Cádiz, Granada, Jaén y Almería. Estas zonas se han representado en un mapa a escala 1:1.000.000 (Fig. 3).

Se realizó un estudio previo de las fotografías aéreas a escala 1:18.000 que cubrían estas zonas, que son las que han servido de base para trabajar en el campo, junto con los mapas topográficos militares a escala 1:50.000.

La cartografía de las zonas escogidas se ha realizado a escala 1:50.000, en ella se han representado las muestras superficiales tomadas, ubicación de los sondeos, canteras en explotación y abandonadas, puntos de explotación recomendados y accesos a los yacimientos 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 XC-90- a rotación.

Estas muestras han sido objeto de un análisis petrográfico, químico y mineralógico por difracción de Rayos X, en el que se han fijado los contenidos de yeso y anhídrita, y la presencia de otras especies minerales.

Los datos 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 incluye además la columna litoestratigráfica, una expresión
 gráfica de la proporción yeso/anhidrita y la fracción -
 no yesífera.

Para la denominación de zonas, sondeos y cortes se
 han adoptado las mismas normas que en las zonas anteriormen-
 te estudiadas del Plan Nacional de Investigación de Yesos ,
 y a las que corresponden los siguientes prefijos:

<u>ZONA</u>	<u>PREFIJO</u>
CENTRO	I
CATALUÑA	II
SUDESTE	III
LEVANTE	IV
DUERO-EBRO	V

y por último la que nos ocupa en este proyecto, que es:

ANDALUCIA	VI
-----------	----

Dentro de la región investigada que comprende las -
 ocho provincias andaluzas, las zonas seleccionadas serán de-
 signadas por el prefijo "VI" seguido del índice 1, 2, 3, etc
 llevando además cada una, el nombre de la localidad más re-
 presentativa, como se indica a continuación.

ZONA	VI-1	- MORON DE LA FRONTERA (S E V I L L A)
"	VI-2	- CORIPE-PRUNA (S E V I L L A - C A D I Z)
"	VI-3	- ESCUZAR (G R A N A D A)
"	VI-4	- ALCAUDETE (J A E N - C O R D O B A)
"	VI-5	- HUELMA (J A E N)

ZONA VI-6 - CABRA DEL SANTOCRISTO (J A E N)
" VI-7 - HUERCAL-OVERA (A L M E R I A)

En la provincia de Almería se ha investigado la zona de Huerca - Overa; el resto de las áreas de interés en dicha provincia, se encuentran estudiadas en el informe "Investigación de Yesos del Sudeste".

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.

Se han valorado asimismo todos los datos recogidos en el trabajo de campo, tanto en las visitas a las canteras como a las fábricas.

Se ha efectuado el análisis de la normativa existente en torno al yeso y sus productos en diferentes países: España, Italia, Francia, Inglaterra y U.S.A.; también se han considerado las normas internacionales.

Las muestras de yeso crudo y calcinado, procedentes de las diferentes fábricas existentes en las zonas, se han sometido a los análisis y ensayos requeridos en el Pliego General de Condiciones para la recepción de Yesos y Escayolas 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 yesos de cada zona seleccionados.

cionada; al mismo tiempo se comentan las posibilidades de utilización en varios empleos, de acuerdo con la normativa expuesta.

1.3.- BIBLIOGRAFIA

- 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.
- ASTM - C471 - 72 . Análisis químico del yeso y productos de yeso.

- ARREDONDO, F.

- "Estudio del yeso" - I "Fabricación". Informes de la Construcción núm. 42. Madrid 1.952
- "Estudio del yeso" - II "Modificaciones de la velocidad de fraguado". Informes de la Construcción núm. 43. Madrid, 1.952.
- "Estudio del yeso" - III "Coloración". Informes de la Construcción núm. 46. Madrid 1.953.
- "Estudio del yeso" - IV "Impermeabilización". Informes de la Construcción núm. 49. Madrid, 1953.
- Estudio de materiales - II El yeso. Madrid, 1.972.

- AUSTETT, F.

Le platre. Comptes Rendus de recherches. Laboratoire du Bâtiment et des travaux Publics 1.943.

- BARTON, W.R.

Gypsum Mineral Facts and Problems

- BLATT, H. MIDDLETON, G. Y MURRAY, R. "Origin of Sedimentary Rocks: Capítulo 15. Evaporites and native Sulfur". 1.972.

- BLUMENTHAL, M. "Die Grenzverhältnisse zwischen sub- und penibetischer zone in Grenzgebiet der Provinzen Málaga, Sevilla and Cádiz (Strecke Almargen-Olvera)" Ecl. geol. Helv., XXVII, p 147-180.

- 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.

- BOURGOIS, J (1978) "La transversale de Ronda, Cordillères Bétiques, Espagne. Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'arc de Gibraltar". Tesis de la Universidad de Besançon pp 445.

- 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 1a Plaster de yeso para la construcción.

BSI - 1191 - Parte 2a Plaster de yeso ligero para la construcción

BSI - 4598 - Plaster para impresiones dentales.

- CARENAS, B. y MARFIL, R. (1979) "Petrología y geoquímica de yesos actuales continentales de la región manchega". Est. Geológicos - V. 35, p. 77 - 92.

- 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 Products Manufacture.

Industrial Minerals, September. 1972.

- COMANN, R.K.

Gypsum.

- CONGNLIN, J.P. Hydratation - Rate Studies of Gypsum Plasters: Effects of Small Amounts of dosilwed substances. Bu Mines of Inv. 5477 - 1959.

- CONRAY, Joseph E. and I. SHARLAND Jorgensen (Assigned to Georgia - Pacific Corp Portland Oreg).
Apparatus for continous calcination of Gypsum U. S. Pat. 3,307, 915 Mar. 7, 1967.

- CRUZ SAN JULIAN, J. (1974) "Estudio Geológico del sector Cañete la Real - Teba - Osuna". Tesis doctoral de la Universidad de Granada (431 págs.).

- CHASSEVENT, L.E., and N. Goulonnes (assigned to Lambert Freres and Cie, París).
Method and Apparatus for calcining Gypsum in two Stajes. U.S. Pat 3, 312, 455 Apr. 4, 1967.

- CHAUVE, P. (1968) "Etude Géologique du Nord de la Province de Cadix" Memorias I.G.M.E., T. LXIX.

- DABRIO, G.J., GARCIA-YEBRA, R., GONZALEZ-DONOSO, J.H., VERA J.A. (1972). "Turbiditas asociadas a evaporitas (Mioceno de la Malá, Depresión de Granada)". Cuad. Geol. Univ. Granada, nº 3, 2-3, págs. 139 - 164.

- DABRIO, C.J., FERNANDEZ, J. PEÑA, J.A., RUIZ BUSTOS, A., - SANZ DE GALDEANO, C. (1978) "Rasgos sedimentarios de los conglomerados miocénicos del borde noroeste de la Depresión de Granada". Estudios Geológicos, 34. 89-97.

- EGELER, C.G. & SIMON, O.J. (1969) "Sur la tectonique de la Zone Bétique (Cordilleres Bétiques, Espagne)". Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk., 25, 90 p.

- FALLOT, P. (1930 - 1934) "Essais sur la répartition des terrains secondaires et tertiaires dans la domaine des Alpides espagnoles". Géol. Méd. Occ., IV, 2^e part., nº 1: Introduction, p. 1-8. 1 fig., 1 pl. I: le Trias, p. 9-28, 1 dépl.; II: Le lias, p. 29-64, 1 fig., 2 pl.; III: Le Dogger, p. 65-72 ; IV: Le Jurassique supérieur, p. 73-118, 12 fig., 3 dépl.

- FONTBOTE, J.M. (1961) "Itinerario geológico Jaén - Granada" Publicaciones Laboratorio Universidad de Granada nº 45 Bis, 9 págs.

- 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 DUEÑAS, V. (1967) "Geología de la zona Subbética al Norte de Granada". Tesis doctoral. Univ. de Granada.

- 1967 "Unidades paleográficas en el sector central de la zona subbética" N. y C. I.G.M.E. números 101-102 - págs. 73-100 Madrid.

- GARCIA-ROSSELL, L. (1972) "Estudio geológico de la transversal Ubeda-Huelma y sectores adyacentes". Tesis doct. Fac. Cienc. Univ. Granada.

- GONZALEZ-DONOSO, J.M. "Conclusiones estratigráficas y paleogográficas sobre los terrenos miocénicos de la depresión de Granada". Acta Geol. Hisp. III no 3, págs. 57-63. Barcelona.

- GROVES, A.W. "Gypsum and anhydrite".
Mineral Resources División. London 1958.

- HARDIE, L.A. and EVEGSTER, H.P. (1971) "The depositional environment of marine evaporites: a case for shallow clastic accumulation". Sedimentology, 16. 187-220.

- HARDIE, L.A. et al (1978) "Saline lakes and their deposits, a sedimentological approach". Spec. Publs. nit. Ass Sediment, 2, 7, 41.

- 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

- 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
Investigación Nacional de Yesos. Zona Duero-Ebro

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

N^{os} 8-37 Rosal de la Frontera, 8-38 Paymogo, 8-39 Puebla de Guzmán, 8-40 San Silvestre de Guzman, 8-41, Ayamonte, 9-37 Aroche, 9-38 El Cerro de Andevalo, 9-39 Calañas, 9-40 Gibraloón, 9-41 Huelva, 10-36 Higuera la Real, 10-37 Aracena, 10-38 Nerva, 10-39 Valverde del Camino, 10-40 La Palma del Condado, 10-41 Moguer, 10-42 El Abalarío, 11-37 Santa Olalla de Cala, 11-38 El Castillo de las Guardas, 11-39 Aznalcollar, 11-40 Sanlucar la Mayor, 11-41 Almonte, 11-42 El Rocio, 11-43 Palacio de Doñana, 12-37 Almadén de la Plata, 12-38 Castilblanco de los Arroyos, 12-39 Alcalá del Río, 12-40 Sevilla, 12-41 Dos Hermanas, 12-42 Los Palacios y Villafranca, 12-43 Lebrija, 13-36 Guadalcanal, 13-37 Constantina, 13-38 Ventas Quemadas, 13-39 Lora del Río, 13-40 Carmona, 13-41 Utrera, 14-34 Valsequillo, 14-35 Peñarroya Pueblonuevo, 14-36 La Cardenchoa, 14-37 Navas de la Concepción, 14-38 Palma del Río, 14-39 La Campana, 14-40 Fuentes de Andalucía, 14-41 Marchena, 14-42 Morón de la Frontera, 14-43 Olvera, 14-44 Ubrique, 14-45 Cortes de la Frontera, 14-46 Jimena de la Frontera, 14-47 San Roque, 14-48 La Línea, 15-34 El Viso, 15-37 Santa María de Trassierra 15-38 Posadas, 15-39 Ecija, 15-40 El Rubio, 15-41 Osuna, 15-42 Campillos, 15-43 Teba, 15-44 Ronda, 15-45 Marbella, 15-46 Esteñona, 16-34 Pozoblanco, 16-37 Córdoba, 16-38 Espejo, 16-

44 Alora, 16-45 Coin, 17-36 Montoro, 17-37 Buja
lance, 17-39 Baena, 17-43 Colmenar, 17-44 Málaga,
17-45 Torremolinos, 18-38 Martos, 18-41 Monte
frio, 18-42 Loja, 19-35 La Carolina, 19-36 Lina
res, 19-40 Iznalloz, 19-41 Granada, 19-42 Padul,
19-43 Dúrcal, 19-44 Motril, 20-35 Santisteban del
Puerto, 20-36 Ubeda, 20-40 Moreda, 20-41 La Peza,
20-42 Guejar Sierra, 20-43 Lanjarón, 20-44 Albu
ñol, 21-34 Venta de los Santos, 21-35 Beas de Se
gura, 21-36 Villacarrillo, 21-40 Benalua de Gua
dix, 21-41 Guadix, 21-42 Aldeire, 21-43 Berja ,
21-44 Adra, 22-34 Siles, 22-35 Orcera, 22-36 San
tiago de la Espada, 22-40 Baza, 22-41 Fiñana, 23-
37 Puebla de Don Fabrique, 23-38 Orce, 23-39 Chi
rivel, 24-40 Huerca-Overa, 24-41 Vera, 25-40 -
Aguilas, 25-41 Garrucha.

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

Nos 3-9 Villafranca de los Barros, 4-9 Pozoblan
co, 5-9 Linares, 6-9 Villacarrillo, 2-10 Puebla
de Guzman, 3-10 Sevilla, 4-10 Córdoba, 5-10 Jaén,
6-10 Baza, 7-10 Murcia, 2-11 Ayamonte, 3-11 Huel
va, 4-11 Morón de la Frontera, 5-11 Granada - Má
laga, 6-11 Almería, 7-11 Garrucha, 3-12 Cádiz ,
4-12 Algeciras.

- I.G.M.E. Mapa de Rocas Industriales, escala 1:200.000

Hojas nos 3-9 Villafranca de los Barros, 4-9 Po
zoblanco, 5-9 Linares, 6-9 Villacarrillo, 2-10
Puebla de Guzmán, 3-10 Sevilla, 4-10 Córdoba, 5-

10 Jaén, 6-10 Baza, 7-10 Murcia, 2-11 Ayamonte ,
3-11 Huelva, 4-11 Morón de la Frontera, 5-11 Gra
nada-Málaga, 6-11 Almería, 7-11 Garrucha, 3-12
Cádiz, 4-12 Algeciras.

- I.G.M.E. (1981) "Investigación de yesos en Coripe (Sevilla)

- INDUSTRIE DE LA CHAUX, DU CIMENTET DU PLATRE

Notions Générales sur L'Industrie du platre.

- I.R.A.N.O.R.

UNE 7050 - Cedazos y tamices de ensayo

UNE 102.010 - Yeso de construcción. Especifica
ciones.

UNE 102.011 - Escayola de construcción. Especifi
caciones.

UNE 102.031 - Yesos y escayolas de construcción.
Métodos de ensayo físicos y mecáni
cos.

UNE 102.032 - Yesos y escayolas de construcción.
Métodos de análisis químicos.

UNE 41.169-73 - Alzer o piedra de yeso. Clasifica
ción. Características.

- JOHNSON, K.S.

Gypsum and salt resources in Oklahoma.

- KELLEY, K.K.

Thermodynamic Properties of Gypsum and Its Dehy-
dration Products. Bu Mines tech Paper 625. 1441.

- LARSON, L.P.

Gypsum.

Minerals Facts and Problems, Anniversary Edition.

- LEHMANN, H. et SCHLEGEL, H.

Relación entre la provenance geologique, la trai
temente thermique et les caracteristiques de cu
lite des platres. Tonindustrie Zeitung. Agosto -
1956.

- MARSHALL, L.G.

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

- MARTIN ALGARRA, A. (1980)

Tesis de Licenciatura: U. de Granada. "Las Uni-
dades del Contacto entre las zonas intermedias y
las externas al S.E. de Ronda".

- MATERIALES PARA CONSTRUCCION Y ESTRUCTURAS.

Yeso.

- 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 en
lucidos 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 fabri
cación de aglomerantes.

ISO/R 1588-1971 (F). Aglomerantes conteniendo sul
fato de calcio. Definiciones, clasificación y no
menclatura.

- PEYRE Y. (1974).

Geologie d' antequera et de sa région (cordillé -
res bétiques, Espagne). Thèse, París.

- RIODELL, W.C.

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

- RIVAS, P. et al (1979)

Itinerarios geológicos en las zonas externas de las cordilleras Béticas (Itinerario Granada - Jaén y Cabra - Loja). Fac. de Ciencias Univ. de Granada.

- 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.

- SANZ DE GALDEANO, et al (1976)

Nuevo yacimiento de Celestina en la depresión de Granada. Estudio geológico y mineralógico. Estudios Geol., 32, 435-442.

- SCHMIDT, M. (1930).

"Weitere Studien in der Iberisch - Balearischen Trias". Sitz . Preuss. Akad. Wissensch Phys. Math

- SCHORDEDER, H.J.

Gypsum
Mineral Facts and Problems.

- 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.

- 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. U.S. Pat 3, 328, 121 June 27, 1967.

- SORIANO, J. et al (1977)

"Sedimentación Salina actual en las Lagunas del Norte de Alcazar de S. Juan (C. Real", Est. Geol. V 33 p. 123-130.

- STAUB, R. (1934)

"Der Deckenban Sud spaniends in den Bertischen - Cordilleren". Vierteljahrsschrift Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, LXXIX.

- 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.

- TAELER, David H.

Gypsum Plant. By-the Numbers. Miner, Proc. V. 8 no 1. January 1967. pp. 16-20.

- TURCO, T.

"Il Gesso". Lavorazione, trasformazione, im-
pieghi, Milano 1961.

- UNIFICAZIONE ITALIANA

UNI - 6782 - 73 Yeso para la edificación

UNI - 5371 - 64 Piedra de yeso para la fabrica-
ción de morteros

- VOERMANS, F.M. (1973)

"Geologie van de Ballabona eenheid in de Sierra
de Almagro (SE spanje)". Internal. report. Uni-
versity of Amsterdam.

- 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

2.1.- EL YESO

Antes de empezar a hablar de las características del yeso, diremos que con esta palabra se designan dos realidades distintas: por un lado el yeso mineral (natural) y por otro el que se emplea para construcción, que es un producto derivado del anterior previo cocido y molido. A este último deberíamos denominarlo yeso cocido.

El yeso es un mineral de aplicación industrial que se caracteriza, fundamentalmente, por su baja dureza -2- en la escala Mohs (se raya con la uña). La densidad es también baja: 2,32 g/cm³. Su composición ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) le confiere la particularidad de conservar la posibilidad de reaccionar con el agua y fraguar, al ser calcinado y perder una molécula y media de agua.

Cristaliza en el sistema monoclinico, siendo frecuentes los cristales tabulares y las maclas en punta de flecha.

En cuanto al color, hay toda una variedad de tonos en los que puede presentarse, siendo los más corrientes para las masas de yeso los blancos y grises. La raya es blanca.

2.1.1.- Origen del yeso

La teoría clásica es la formación de facies yesíferas y

en general de evaporitas marinas, es la de su origen en lagunas endorreicas del tipo "Sabkha".

El caso más típico de formación de estas lagunas es el aislamiento de un brazo de mar, lo que provoca, debido a la acción del Sol, una evaporación muy intensa del agua salada - la precipitación de las evaporitas.

Hay ejemplos de este estilo que se están produciendo hoy en día como el Mar Muerto y el Gran Lago Salado de Utah.

En nuestro país actualmente se están depositando yesos en zonas endorreicas de la región manchega, en condiciones de semiaridez, en pequeñas lagunas de régimen no permanente ("playa Lakes"). En este tipo de medio el yeso suele ir asociado a otras sales cloruradas y sulfatadas (halita, bloedita, epsomita, etc.), así como a calcita y dolomita (SORIANO et al, 1.977 y CARENAS et al, 1.979).

En muchos de estos casos el procedimiento consiste en la exudación de aguas intersticiales por capilaridad, en terrenos porosos y permeables, lo que da lugar a la cristalización de yeso en la superficie. También pueden existir depósitos originados por el viento, oleaje, etc. Un ejemplo de este tipo lo constituyen las evaporitas de la formación Tordilto de Colorado y Nuevo México, EE.UU.

Los cambios iónicos en sedimentos no consolidados pueden producir reemplazamientos diagenéticos que dan lugar a la formación de cristales de sulfato cálcico. Esta formación de cristales de yeso tiene lugar por dos mecanismos:

- a) Evaporación de agua subterránea en la zona capilar .

En este caso indican que la parte alta de la roca madre está en condiciones subaéreas (como es el caso de los "playa Lakes" anteriormente vistos).

b) Evaporación de agua en una zona playera y movimiento descendente del agua hipersalina densa dentro del sedimento - situado debajo, dando lugar a la formación en este último de cristales de yeso.

Muchas evaporitas marinas pueden ser totalmente de origen diagenético, esto es, se han originado por cambios iónicos en sedimentos no consolidados, depositados en zonas litorales áridas.

En las sebkhas suele aparecer yeso diagenético, asociado con anhidrita nodular y dolomita, entre otras especies minerales del mismo origen.

La precipitación primaria de sulfato cálcico como yeso, es la más extendida, y está controlada por los siguientes factores: temperatura, presión, y concentración de sales (Fig.1) A temperaturas comprendidas entre 20 y 40° C y concentración salina de 3 a 5 veces la del mar, precipita yeso (BLATT et al 1.972), como ocurre actualmente en la costa del Golfo Pérsico.

2.1.2.- Variedades del yeso

Se pueden distinguir las siguientes variedades del yeso:

Selenita: Variedad de cristalización grosera, incolora y transparente. Se deposita en ambientes tranquilos bajo una salmuera somera con frecuente intercambio de agua dulce.

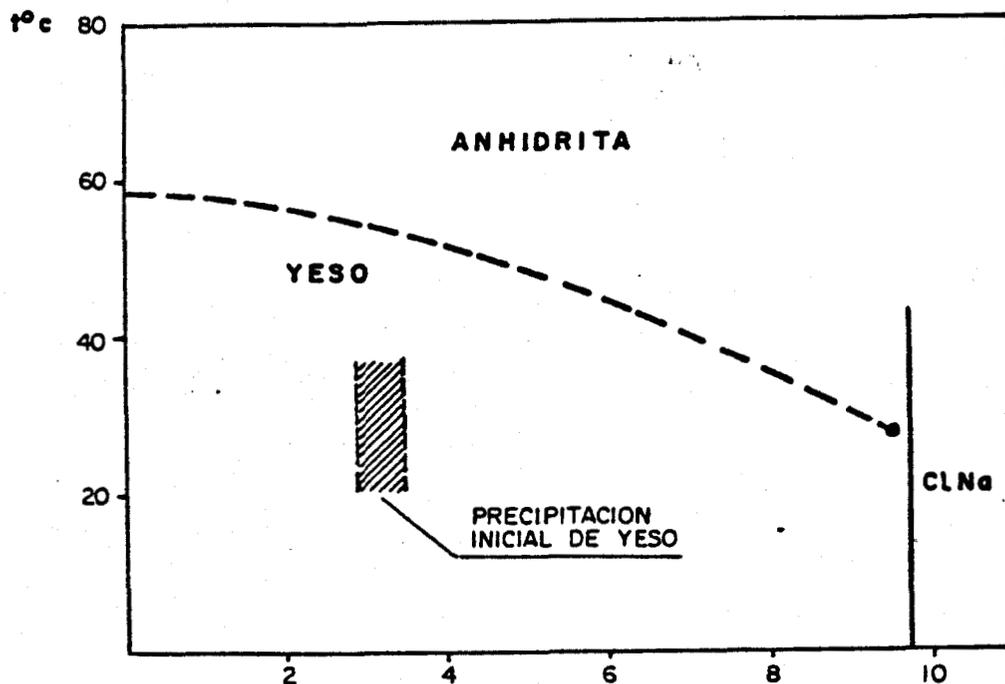


Fig. 1 CONCENTRACION (DE HARDIE 1967, en BLATT et al 1972)

- Espato satinado:** Es un agregado con estructura fibroso-paralela, que presenta un brillo satinado o perlado.
- Alabastro:** Mineral en masa de grano fino de tono blanco traslúcido.
- Yesina o griptita:** Cristalitos de yeso diseminados en arcilla.
- Sericolita:** Es cristalina, fibrosa y con brillo sedoso.
- Rosetas:** Crecen sobre un sustrato blanco y forman rosas de cristales aplanados y discoidales.

Cristales de arena: Son grades, discoidales y aparecen en los sedimentos superiores de la "sabkha".

2.2.- LA ANHIDRITA

La anhidrita es el sulfato cálcico anhidro (SO_4Ca). Su composición no le permite, como al yeso, reaccionar con el agua y fraguar después de ser calcinado.

Cristaliza en el sistema rómbico, siendo poco frecuente la aparición de cristales. Suele presentarse en masa o fibrosa. Tanto su dureza, 3,5 en la escala de Mohs como su densidad 3 g/cm^3 , son superiores a las del yeso.

Los ejemplares masivos presentan tres planos de exfoliación perpendiculares entre sí que le dan aspecto cúbico.

Los colores son variables desde incoloros a gris oscuros, pasando por tonos azules y violetas. La raya es blanca o blanco-grisácea.

2.2.1.- Origen de la anhidrita

La anhidrita se deposita en los mismos medios que el yeso, pero en condiciones más restringidas.

Suele aparecer en capas intercaladas con yeso, caliza, dolomita y halita. La anhidrita se deposita directamente al evaporarse el agua marina a temperatura igual o superior a 42°C , o a menor temperatura si la salinidad es elevada. Cuando las temperaturas son más bajas o es menor la salinidad se deposita yeso (Fig. 1). En muchas ocasiones la anhidrita se forma por deshidratación de yeso, fenómeno muy corriente du-

rante la diagénesis. Aunque en otras ocasiones puede ocurrir que aparezca como mineral accesorio en rocas sedimentarias o como ganga en los filones metalíferos.

Dentro de la diagénesis que da origen a la anhidrita nodular se pueden separar los siguientes procesos:

- Crecimiento primario intersticial del yeso, seguido de una deshidratación del mismo, 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 forma se denominaría anhidrita afanítica por sustitución directa del yeso.

- Crecimiento intersticial de anhidrita que no tiene yeso precursor "in situ"; en este caso se piensa que esta anhidrita es un precipitado primario. Así se formaría la anhidrita en listones sin yeso precursor "in situ".

2.2.2.- Variedades de la anhidrita

La anhidrita se suele presentar en masa en la mayoría de los casos, sobre todo cuando es de precipitación directa.

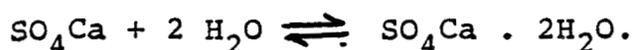
En otras ocasiones se puede presentar con textura fibrosa o de grano fino.

Finalmente existe la variedad de anhidrita nodular, que suele ser diagenética, bien proceda del relleno de huecos ocupados por agua en el sedimento, o del reemplazamiento de otros minerales previamente existentes en el mismo.

2.3.- RELACIONES YESO-ANHIDRITA

Según se puede desprender de la observación directa de los yacimientos de yeso y anhidrita, se ve al yeso como una forma de superficie y a la anhidrita como de subsuperficie.

Estos dos minerales están relacionados por la siguiente reacción:



Hoy en día la tendencia general se inclina a pensar en un ciclo diagenético común para los minerales de SO_4Ca , siendo, en general, el yeso el mineral que precipita, ya sea en zonas de aguas constantes, o por crecimiento de cristales de yeso intersticiales en sedimentos preexistentes o rocas al aire libre. Al aumentar la profundidad y el enterramiento (hasta una profundidad aproximada de unos 600 m) el yeso es reemplazado por la anhidrita, siendo en estas profundidades la anhidrita la forma universal, aunque ante el levantamiento y erosión de la sobrecarga la anhidrita es a su vez reemplazada por yeso (Fig. 2). La hidratación de la anhidrita para formar yeso en la parte alta, da como resultado un aumento de volumen. En muchos de estos casos, los estratos que antes tenían anhidrita y las formaciones asociadas a ellos, están ahora cortados por filones de yeso. Estos filones de yeso representan el volumen adicional resultante de la hidratación de la anhidrita anterior.

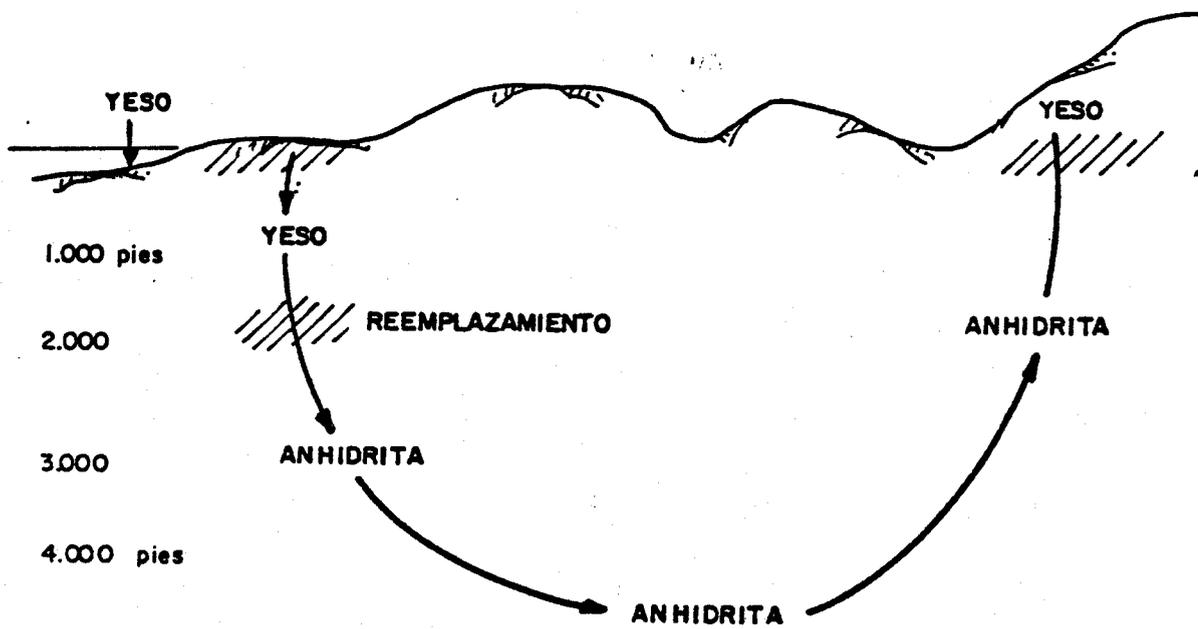


Fig. 2 Relación anhidrita-yeso con la profundidad.



MAPA DE SITUACION DE
LAS ZONAS SELECCIONADAS

ESCALA 1:1.000.000

FIG. 3

3.- ENCUADRE GEOGRAFICO

3.1.- SITUACION GEOGRAFICA

El área investigada en este estudio comprende las ocho provincias andaluzas, habiéndose seleccionado siete zonas cuyas denominaciones se indican en la Fig 3.

De estas siete zonas, seis de ellas están situadas dentro del siguiente perímetro:

Al O está limitado por el meridiano de Morón de la Frontera, mas concretamente por la Sierra de Esparteros. Por el N lleva una dirección aproximada SO-NE; se forma enlazando los siguientes puntos: Osuna, Estepa, Lucena, Cabra, Baena, Martos, Jaén, Mancha Real y valle del Guadalquivir.

El límite E lo forman la Sierra de Cazorla, La Hoya de Guadix y Sierra Nevada. Por el S el área se cierra con los relieves de las Sierras de Lijar, Antequera y Alhama.

Fuera de éste perímetro, se ha seleccionado una pequeña zona en la provincia de Almería, que comprende la Sierra de Almagro, dentro de los términos municipales de Cuevas de Almanzora y Huercal-Overa. El resto de las zonas de interés existentes en la provincia de Almería se han estudiado en el proyecto "Investigación de Yesos del Sudeste".

3.2.- RASGOS MORFOLOGICOS

Como se ha comentado en el apartado anterior, el área seleccionada, salvo la zona de Cuevas del Almanzora, está de limitada por una serie de relieves positivos, hacia el S y E de la misma. Su límite S lo constituyen las sierras de Lijar, El Tablón, Antequera, Sierra Gorda, Sierra de Tejada y Sierra Nevada, siendo su límite E la Sierra de Carzorla. Hacia el N está limitada por la Depresión del Guadalquivir.

La zona de Cuevas de Almanzora, comprende íntegramente a la Sierra de Almagro.

Los ríos más importantes que recorren el área seleccionada son el Guadalquivir, -que discurre por la margen N de la misma- y sus afluentes que de O a E, son los ríos Corbones, Genil, Guadajoz, Guadalbullón, Jandulilla y Guadiana Menor que riegan dicha área en dirección SE-NO. Todos estos ríos pertenecen a la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir.

Los ríos Guadalete y Almanzora pertenecen a la Cuenca Hidrográfica del Sur.

Dentro de la región estudiada se pueden distinguir las siguientes unidades morfológicas: Depresión de Granada, Sierras béticas, Zonas intermedias y Sierra de Almagro.

3.2.1.- Depresión de Granada

Está limitada al N por las sierras de Parapanda y Arana, al E por Sierra Nevada, al S por las sierras de Tejada y Guájara y al O por Sierra Gorda. A su vez, se pueden distinguir las siguientes subunidades: La Vega, La Zona media y El Pára-

mo.

- La Vega. Es una franja llana, orientada de O a E, producida por la actividad erosiva del río Genil durante el Cuaternario. Su altitud media es de unos 500 m.
- La Zona media. Es una superficie suavemente inclinada y alomada, situada a ambos lados de La Vega, que sirve de enlace entre ésta y El Páramo, el cual se cita a continuación. Su altitud varía entre los 600 y los 900 metros.
- El Páramo. Es una superficie prácticamente horizontal en la que se alcanzan las máximas alturas de la Depresión (900 - 1000 m), si exceptuamos a Sierra Elvira, aisladamente situada junto a la Vega, que alcanza una altitud de 1.098 m.

3.2.2.- Sierras Béticas

Son una serie de sierras constituidas fundamentalmente por materiales calcáreos, que destacan fuertemente del paisaje de cerros suaves a que dan lugar los materiales arcilloso-yesíferos predominantes en el área estudiada. En general suelen presentar grandes escarpes, y en algunos casos actúan como divisoria de aguas.

Las sierras más importantes están situadas al S y al E de Jaén, lo que confiere a esta región un carácter abrupto. Entre éstas destacan: Sierra Alcaide, situada al S de Luque; Sierra del Ahillo, situada al E de Alcaudete; Sierra de Jabalcuz, situada al SO de Jaén; Sierras de La Pandera y de Alta Coloma situadas al S de Jaén; Sierra Mágina, situada al N de

Huelma. Con el nombre de Sierra Mágina se suele denominar a tres elevaciones muy próximas, que son: la Sierra de Almadén, Sierra Mágina propiamente dicha y la Sierra de la Cruz. La altitud máxima de todas éstas varía entre 1.400 y 1.600 m, excepto las Sierras Pandera y Mágina, que sobrepasan los 1.800 y los 2.000 m respectivamente. En ésta última, el Pico Mágina alcanza 2.167 metros de altitud.

En el sector situado al SO del área seleccionada (Morón de la Frontera) existen algunas sierras de menor entidad, como son las de Esparteros, Montellano, Zaframagón y Sierra de las Harinas. Su altitud máxima no llega a 600 m, salvo en la última que sobrepasa los 700 m.

3.2.3.- Zonas intermedias

En ellas se encuentran situadas la mayoría de los yacimientos de yeso estudiados. Su morfología es en general de poco relieve, debido a la poca consistencia de los materiales arcillo-yesíferos que las constituyen. En algunas áreas estudiadas tales como las de Campillos-Antequera y parte de Alcaudete el relieve es suavemente alomado, existiendo lagunas de carácter endorreico. En otras, caso de Coripe - Pruna, Huelma y Cabra del Santo Cristo, el relieve es menos suave, y está constituido por multitud de cerros aislados de altitudes similares, entre los cuales se desarrolla una red de arroyos encajados, que hacen, que sin tener un gran relieve estas áreas - sean difícilmente transitables.

3.2.4.- Sierra de Almagro

Esta unidad presenta un relieve muy abrupto, de ramblas

muy encajadas y cerros con fuertes desniveles.

La Sierra en sí destaca fuertemente respecto a los terrenos circundantes, bastante llanos. Está atravesada de NO a SE por el río Almanzora, que realmente tiene el carácter de una rambla, a la que se unen otras bastante encajadas y de menores dimensiones.

Los picos más altos son el Cerro Cucharón de 711 m y el Alto de la Rábida de 650 m, y hacen de línea divisoria de aguas.

4.- ESTUDIO GEOLOGICO

4.1.- ENCUADRE GEOLOGICO

4.1.1.- Introducción

Debido a que el objeto de este estudio se centraba fundamentalmente en la cartografía del yeso, delimitamos "a priori" los Dominios en los que aparecía éste. Estos fueron, la Depresión de Granada, el Subbético y el Bético.

Debe señalarse que del Dominio Bético sólo se ha estudiado una zona en la provincia de Almería, ya que las otras restantes habían sido estudiadas anteriormente.

4.1.2.- Unidades Geológicas

Desde un punto de vista geológico se pueden distinguir las siguientes unidades (Fig. 4):

1 - Depresión del Guadalquivir. Esta unidad constituye la antefosa de las Cordilleras Béticas. Al N de esta fosa y constituyendo su zócalo se encuentran materiales hercínicos. La cobertera de este zócalo queda reducida al Trías y a los materiales neógenos de relleno de la fosa, de origen marino.

2 - Zona Prebética. Es el Dominio más nororiental de las Cordilleras Béticas.

3 - Zona Subbética. Se halla situada inmediatamente al S de las dos unidades anteriores. En este Dominio afloran fundamentalmente terrenos mesozoicos marinos y un Trías parecido al germánico de otras áreas tales como la Cordillera Ibérica, pero con mayor abundancia de margas y arcillas, por lo cual se le ha denominado Trías "germano-andaluz".

4 - Zona Circumbética. Esta Zona ha sido definida recientemente por algunos autores españoles, los cuales le han dado este nombre porque rodea a la Zona Bética. Se situa entre las Zonas Externas Ibéricas y las Externas Africanas, ocupando un amplio surco, que se estructura a partir del Pliensbachiense (OLMO et al, en prensa).

5 - Zona Bética (s.s.). Es el Dominio más meridional de las Cordilleras Béticas. Se puede dividir a su vez en tres grandes unidades.

a) Complejo nevado - filábride; es el más profundo y está constituido por rocas metamórficas muy deformadas de edad Paleozoica-Triásica.

b) Complejo alpujárride (s.l.) se divide en dos conjuntos:

- Ballabona-Cucharón; se caracteriza por un Trías de facies alpina, acompañado de rocas volcánicas.

- Alpujárride (s.s.): aparecen menos rocas volcánicas pero sin embargo aflora el Paleozoico además del Trías.

c) Complejo maláguide; es el más superficial y por tanto menos metamorfozido. Aparece desde el Devónico inferior

ESQUEMA GENERAL DE LAS CORDILLERAS BÉTICAS

P. Fallot (1.948)

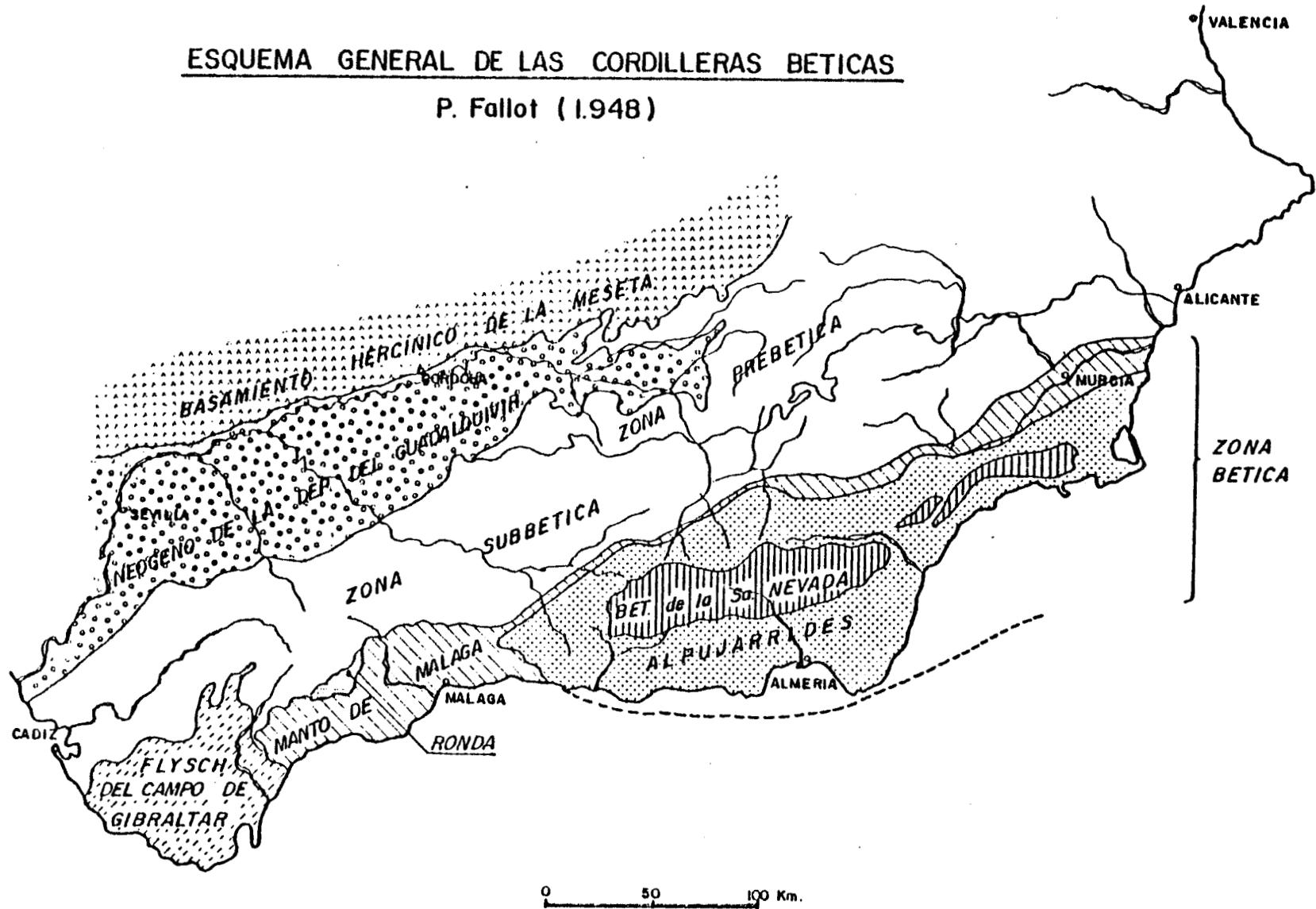


Fig. 4

al Terciario inferior. Si bien a partir del Trías las sucesiones son discordantes y las potencias reducidas (AZEMA, 1.961)

6 - Depresiones interiores. Se trata de cubetas sinclinales más o menos fracturadas, con carácter de "depresiones intramontañosas", que se individualizaron en una etapa postorogénica dentro de las Cordilleras Béticas (Mioceno superior) (GONZALEZ DONOSO, 1.968).

4.1.3.- Historia Geológica

El antepaís de las Cordilleras Béticas es el Macizo Ibérico, el cual está formado por materiales precámbricos-paleozoicos plegados durante la orogénia hercínica. En el borde oriental del Macizo Ibérico se depositaron de forma discordante, materiales aportados por el mismo macizo a la cuenca triásica, dando lugar a lo que hoy se denomina "Cobertera tabular", la cual está constituida por areniscas y arcillas del Trías de facies germánica, recubiertas, o por dolomitas jurásicas o por el Mioceno. El borde occidental del Macizo Ibérico está en contacto con los materiales neógenos de la Depresión del Guadalquivir.

La cuenca subbética durante el triás era una cuenca continua. Existen varias teorías en cuanto a su situación, antes del desplazamiento de los mantos. Un grupo de autores defienden una cierta proximidad a la situación actual de los materiales que componen el Trías Subbético, mientras otros citan una patria para los mismos muy lejana (Subbético ultrainterno o más).

Con posterioridad al Trías la cuenca del Subbético se compartimenta y, aparecen varios umbrales que nos delimitan -

los diferentes Dominios en los que se han sedimentado los materiales a partir del Jurásico. CRUZ SANJULIAN (1.974) define para el Jurásico un umbral en la cuenca, sobre el cual se depositaron los materiales correspondientes al Subbético interno. Este umbral ocasionaría el adelgazamiento de las series del Jurásico Superior. Otros autores (CHAUVE, 1.968 y BOURGOIS, 1.978) señalan cambios de potencia en las series cretácicas, que interpretan como debidos a la situación paleogeográfica.

En el Terciario aparecen en el Subbético interno, unos materiales del tipo flysch que plantean serios problemas sobre la localización de su área fuente (OLMO et al, en prensa).

Por encima del flysch del Subbético interno se colocan otros materiales que forman parte del Complejo del flysch del Campo de Gibraltar, algunos de los cuales son claramente de procedencia africana.

Durante el Mioceno inferior y medio las etapas de compresión de la orogenia alpina sitúan estos materiales en la disposición en que hoy los encontramos.

Desde el Mioceno medio hasta la actualidad, se producen diferentes etapas de sedimentación, que alternan con otras de fracturación, en las cuales tiene lugar el relleno de las diferentes depresiones, como ocurre en la Depresión de Granada.

En general la Zona Bética (s.l.) presenta metamorfismo en la mayoría de sus Dominios. Ultimamente algunos autores consideran que dicha Zona funcionó como una miniplaca, y que debido al choque de la placa Africana con la Europea, la Bética se desplazó hacia el Norte y produjo los cabalgamientos

de unas unidades sobre otras.

Con posterioridad al Burdigaliense se produce una cierta elevación de la Zona Subbética, la cual provoca el deslizamiento de unas formaciones sobre otras. Estos deslizamientos dan lugar a una nueva formación de carácter caótico ("arcillas con bloques").

4.2.- DEPRESION DE GRANADA

4.2.1.- Estratigrafia

Los materiales de la depresión postorogénica de Granada son de edad miocena y más moderna, siendo, discordantes respecto de los del conjunto alpujarride.

Estos materiales presentan deformaciones tectónicas desarrolladas con posterioridad a los procesos de diastrofismo del ciclo alpino, por esto se les denomina como postorogénicos.

Los procesos que han dado lugar a estas deformaciones se agrupan bajo el conjunto de Neotectónica. Estos procesos se manifiestan además de por una tectónica concreta, por una influencia de las fracturas a que da lugar, en la distribución de las litofacies y potencias de los terrenos postorogénicos.

La serie sedimentaria postorogénica que rellena la depresión, está constituida de muro a techo por los siguientes tramos (Fig 5):

- Tramo 1

Está compuesto en su base por calcarenitas bioclásticas

(maciños) y calizas conglomeráticas que pasan a areniscas y limos; y su techo lo forman conglomerados muy cementados por carbonatos con escasos niveles de calcarenitas. Todo el paquete contiene abundante fauna, que revela edad Tortoniense. Aflora en la parte occidental de la cuenca (Tajo del Río Alhama, Baleario, etc.).

- Tramo 2

Sobre el tramo anterior (y en ocasiones sobre los terrenos preorogénicos) se apoyan discordantes unas calcarenitas bioclásticas con intercalaciones areniscosas y limonosas, que afloran en unas elevaciones topográficas desde Padul hasta Agrón. Estos materiales pasan a calizas organógenas, al disminuir la proporción de materiales detríticos. En estas calcarenitas aparecen restos de corales, pectínidos, equínidos y ostreidos. En la memoria de la Hoja 1026 (Padul) del Mapa Geológico de España a E 1:50.000, GONZALEZ DONOSO atribuye a estos materiales una edad Tortoniense medio-Superior.

- Tramo 3

Sobre el tramo anteriormente citado y en algunos lugares sobre los materiales béticos directamente, aflora un conjunto litológico compuesto por limos, areniscas y arcillas con yeso. En general predominan los limos.

El yeso aparece en la mitad superior de estos materiales muy esporádicamente en los situados en el borde E de la Depresión (próximo a Sierra Nevada) y aumentando paulatinamente hacia el centro de la misma. A partir del meridiano de Gabia Grande abunda mucho, apareciendo en el sector de Escúzar una masa de yeso, de gran extensión y de unos 200 metros de espe

sor. Hacia techo de esta masa existen intercalaciones de caliza con acumulaciones de celestina.

En las proximidades de La Malá, aparecen unas secuencias turbidíticas con algunos niveles de yeso intercalados, de muy poco espesor.

En el área NE de la Depresión de Granada se encuentran una serie de materiales detríticos gruesos, fundamentalmente conglomeráticos, y a veces arenosos, intercalados en los limos inferiores, que presentarían diferentes facies de unos abanicos aluviales provenientes de Sierra Nevada y Sierra Arana (DABRIO, et al, 1.978), que hacia arriba llegan a ser predominantes. En este área por encima de estos materiales de abanico aluvial, se observan otros fluviales, correspondientes a depósitos de canal (conglomerados) y de fuera de los canales (lutitas y arenas), que hacia el O (proximidades de Alfacar) pasan a limos lacustres con niveles yesíferos e influencia fluvial en la base.

- Tramo 4

Sobre los materiales anteriormente descritos, se apoyan calizas, margocalizas y limos lacustres. En la mitad O que es donde mejor se observa este tramo aparecen en detalle los siguientes materiales: una alternancia irregular de margocaliza, caliza y limos en su base, seguido por un paquete muy homogéneo de calizas lacustres, litológicamente similares a las "calizas de los páramos", sobre las que se apoyan unos limos abigrarrados con algunos bancos de lignitos. En la mitad E de la depresión (hoja de Padul) no están apenas representados los dos términos superiores de este tramo. En estos materiales se ha citado (GONZALEZ-DONOSO et al, 1.969) la presencia de gaste

rópodos de agua dulce y restos de carofitas y cianofíceas y se les atribuye una edad Messiniense superior sin destacar totalmente el Plioceno basal.

- Tramo 5

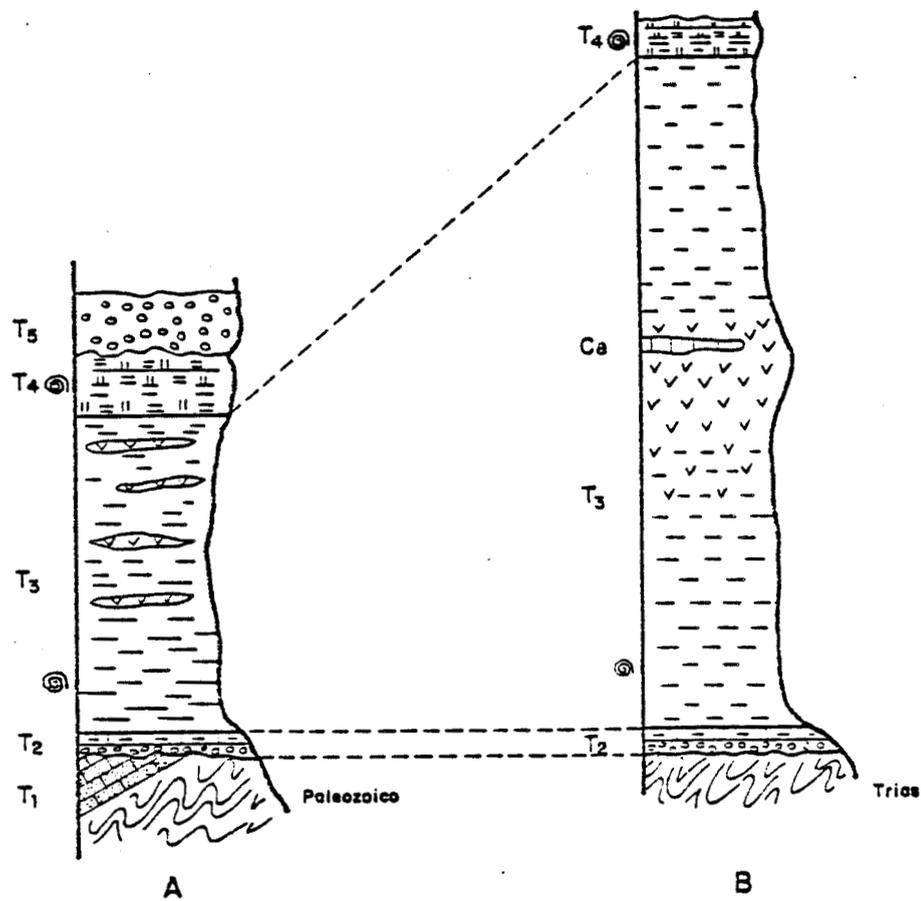
En la parte N de la mitad occidental de la cuenca, sobre el tramo 4 o sobre tramos más antiguos, se observa un paquete, fundamentalmente conglomerático, con arenas y niveles arcilloso-limosos en menor proporción. El contacto con las formaciones anteriores es discordante. A esta formación se le denomina Conglomerados de Moraleda de Zafayona, y se le atribuye edad Plio-Cuaternaria.

El Cuaternario propiamente dicho, está representado por materiales muy diversos; desde conglomerados, muchos de los cuales representan depósitos de "pie de monte" (cono de deyección de Zubia), turbas con intercalaciones de arenas, arcillas y yesos (fosa tectónica de Padul), hasta depósitos aluviales (ríos Genil, Monachil y Dilar) y derrubios recientes.

4.2.2.- Tectónica

La Depresión de Granada tiene el carácter de "depresión intramontañosa". Sus materiales no han sido deformados por la orogenia alpina, ya que son posteriores a ésta, y únicamente están afectados por dos sistemas de fracturación de juego normal, de carácter postorogénico, cuya actuación llega a la actualidad. Las direcciones principales de estos sistemas son E - O y N 130-155°E.

SANZ DE GALDEANO (1.980) piensa que la lineación de relieves de la Atalaya de La Malá y Montevives es debida al



E. 1:10.000

Fig.-5 Columnas estratigráficas de la Depresión de Granada

A Sector Alhama - El Turro

B Sector de Escúzar

Ca Calizas con Celestina

T₁-T₅ Tramos descritos en la memoria

juego de una fractura de dirección aproximada Este-Oeste, cuyo labio hundido sería el sector Sur.

Asimismo existe una gran falla de dirección N 35°O, que pasa por Gabia Grande, y que pone en contacto con limos del mioceno-Plioceno (al Oeste) con el Cuaternario aluvial de la Vega de Granada (al Este de la misma).

4.2.3.- Historia geológica

Al final del Oligoceno tiene lugar la etapa de plegamiento principal en las Cordilleras Béticas, que trae consigo la individualización de la Depresión de Granada y la emersión de la mayor parte de estos relieves.

Al principio del Tortonense tiene lugar una transgresión que invade las partes más deprimidas, quedando emergidos numerosos relieves que a causa de la erosión suministrarían los materiales que van a rellenar estas cuencas. Como consecuencia de esta transgresión se instala un ambiente marino de depósito.

Durante la deposición del tramo 1 había un área fuente de materiales en la Sierra de Tejeda que pierde importancia en la parte superior del paquete, en que dominan los materiales procedentes de Sierra Gorda (GONZALEZ DONOSO y VERA, 1.969). Después de su deposición, este tramo sufre un plegamiento y erosión más o menos intensa (GONZALEZ DONOSO y VERA, 1.969).

Durante la sedimentación del tramo 2, de calcarenitas bioclásticas, el ambiente sigue siendo marino, con algunas variaciones de profundidad.

La base del tramo 3, fundamentalmente limosa, se depositó en medio marino, como lo atestigua la existencia de micro y macrofauna marina (GONZALEZ DONOSO, 1.980). Durante esta época el levantamiento de Sierra Nevada produjo un área fuente para una sistema de abanicos aluviales, que descargarían hacia las partes ocupadas por el mar al N y NO de los relieves. Asimismo el levantamiento de la Sierra Arana produjo también un sistema de abanicos aluviales que aportaba materiales a la cuenca (al S). Se llegó a establecer de esta manera una orla de abanicos, en la zona NE de la cuenca, que aportaba intercalaciones de materiales detríticos gruesos (conglomerados) que eventualmente llegaron a ser predominantes, entre los limos y areniscas marinos.

A este ambiente, claramente marino, sigue otro de mar cerrado con conexiones esporádicas o restringidas con el mar abierto, que da lugar al depósito de materiales, con o sin yeso, azoicos, superpuestos a los marinos. Como consecuencia del levantamiento de Sierra Nevada, se depositan secuencias turbidíticas en la cuenca evaporítica, en los alrededores de La Malá. Finalmente el ambiente evoluciona a otro claramente lacustre en el que se depositan los últimos episodios de este tramo.

Mientras ocurría esta deposición de limos lacustres, en la zona NE de la Depresión se instauró un régimen fluvial, de canales anastomosados, que dio depósitos de este tipo entre el borde de Sierra Nevada y la línea Granada-El Fargue.

La sedimentación en este ambiente lacustre de finales del Mioceno culminaría con la deposición del último tramo de calizas, margo-calizas y limos lacustres.

Los conglomerados de Moraleda de Zafayona marcan un cambio brusco en la sedimentación, al pasar de una fase con muy pocos aportes terrígenos, a otros en que los detríticos gruesos son predominantes.

Durante el Cuaternario los cambios climáticos han debido influir bastante en la sedimentación, siendo clara la presencia de procesos periglaciares. En el Holoceno se empieza a desarrollar la actual red hidrográfica y la cuenca del Guadalfeo va captando cursos como el del Alto Río Dúrcal. El carácter arreico de la turbera de Padul, persiste hasta la actualidad, debido a factores estructurales.

4.2.4.- Los yacimientos de yeso

Los yacimientos de yeso de la Depresión de Granada se presentan dentro del tramo 3 en su mitad superior. Se encuentran en forma de lentejones, más o menos continuos, intercalados con limos y arcillas de facies de transición y lacustres, siendo por tanto diferentes al resto de los yacimientos estudiados en las demás unidades geológicas.

En su mitad O, los afloramientos de yeso son dispersos, y aparecen en las laderas de los valles, al ser cortada la serie por los ríos que transcurren en direcciones N-S, (Cacín y Alhama). En este área los deslizamientos de ladera son frecuentes e importantes. Por otra parte este tramo está muy cultivado, por lo cual no se observa una continuidad en los afloramientos. Los paquetes yesíferos poseen una potencia comprendida entre los 5 y 20 m y suelen estar constituidos por una alternancia de niveles de yeso de 3 a 30 cm de espesor y niveles arcillosos verde-grisáceos de 2 a 10 cm, predominando el yeso. Los yesos que componen estos niveles son macrocristali-

nos, conteniéndose a veces grandes cristales (hasta 5-6 cm) - con maclas de "punta de flecha", unidos por una pasta arcillosa. En general su calidad no es buena, por tener un alto contenido en arcillas (Fotografías 1 y 2).

En este área descrita sólo existe una explotación activa-intermitente próxima a El Turro, al S del mismo. Tanto esta cantera como algunas inactivas existentes, son explotaciones familiares, de muy poca entidad, que fabrican yeso corriente, cociendo el material a pie de cantera en hornos de leña ("hornos morunos"). La extracción del material se realiza con limitada mecanización.

En la mitad E de la Depresión se observan en diversas áreas (Noreste de La Malá y carretera de La Malá a Otura) , unos yesos blancos en niveles centimétricos (en algunos lugares llegan a 30 cm pero con escaso desarrollo lateral), alternando con arcillas grises, también en niveles centimétricos . Los terrenos del área N E de La Malá están muy cultivados y no se observa claramente la potencia de los paquetes yesíferos. En los afloramientos de yesos situados a la izquierda de la carretera de La Malá a Otura se observan alturas de cantera de 5-6 m. Al E y O de La Malá existen algunos niveles de yeso blanco, en general muy finos (centimétricos) y algún nivel de una potencia apreciable (5-7 m) de yesos blancos con intercalaciones arcillosas dentro de la serie turbídica. El alto contenido en arcillas de estos niveles, hace que su calidad global sea escasa.

Debido a su escasa calidad, no existen explotaciones activas en esta parte, observándose varias canteras de poca entidad abandonadas, que debieron ser explotadas, con métodos elementales. En algunas de estas explotaciones abandonadas se

observan restos de "hornos morunos".

El área yesífera más interesante de la Depresión se encuentra situada al S de Escuzar y constituye una franja de 12 km de longitud situada en dirección E - O. Su anchura es de 1 km en su parte central (Escuzar) y va adelgazándose hacia los extremos.

Sobre los limos marinos del tramo 3 se asientan unos niveles de yesos con intercalaciones arcillosas, que hacia el techo se hacen cada vez más yesíferos, observándose bancos de 3 a 5 m de yeso blanco alabastrino, junto con otros de yeso blanco con intercalaciones arcillosas. Estos yesos son de muy buena calidad y existen grandes reservas. Su potencia es de unos 200 m en el corte que da el arroyo al S de Escúzar. Lateralmente, hacia el O van aumentando las intercalaciones arcillosas dando lugar en el Cerro de La Venta a bancos de yeso blanco de 10 a 20 cm de espesor con intercalaciones de niveles arcillosos de 2 a 5 cm. Hacia el techo de este paquete inmediatamente al S de Escúzar, se intercala una franja de calizas con celestina, de color crema y muy duras, con aspecto lentejonar, que junto al pueblo tiene unos 20 m de potencia. Por encima de este paquete calizo aparecen unos materiales formados por una alternancia de niveles de yeso blanco (de unos 2 a 5 cm de espesor) con niveles arcillosos de un espesor similar. Estos últimos niveles yesíferos son en general de mala calidad debido a la cantidad de arcillas que tienen intercaladas, encontrándose también recubiertos por un suelo de cultivos.

En el paquete situado bajo la caliza con celestina existen labores de explotación en el extremo O de la franja (cerros de Doña María y de la Venta) y un pequeño "Eascadero" con restos de "horno moruno" inmediatamente al S de Escúzar.

En el situado sobre el nivel de caliza con celestina so lo existe una explotación abandonada, al N del Cerro de Doña María.

En el área estudiada al NE de la Depresión, afloran niveles de yeso en los alrededores de Alfacar y al SO de esta misma población. Estos niveles se encuentran dentro de la formación neogéna denominada por DABRIO et al. (1.978) "Lutitas con yeso y lignito".

En las proximidades de Alfacar (al N del mismo) aflora un nivel de yesos masivos gris-crema, bastante duros. La altura de afloramientos varía entre 6,5 y 15 m. A techo de estos yesos se sitúan pequeños niveles alternantes de limos y arcillas. Al O de Alfacar, hay varios afloramientos en los que se observan niveles centimétricos de yesos a veces macrocristalinos, alternantes con niveles de arcillas y limos. La potencia de estos paquetes no es claramente observable en general, al estar ocupada en su mayor parte por tierras de labor. En una cantera abandonada, se han medido 9 m, lo cual representa la potencia mínima supuesta.

La calidad de estos afloramientos no es muy buena, siendo los de peor calidad los situados al O de Alfacar.

Existen algunas explotaciones abandonadas, de pequeña entidad que debían ser de carácter familiar y trabajadas sin grandes medios. Se observan en ellas algunos "hornos morunos" donde cocían el yeso.

4.2.5.- Selección de zonas

Se han estudiado los terrenos neógenos potencialmente -

yesíferos de la Depresión de Granada, habiéndose seleccionado la zona VI-3 ESCUZAR. Con la misma denominación también se han cartografiado unos pequeños afloramientos de yesos situados en los alrededores de Alfacar y que en adelante se referirá como sector de Alfacar.

4.2.6.- Zona VI-3 Escuzar (Granada)

4.2.6.1.- Situación de la zona

La zona seleccionada está comprendida íntegramente dentro de los límites de la provincia de Granada (Fig. 3).

Se extiende de E a O desde Otura (SO de Granada) hasta Sierrce Gorda (S E de Loja), y de N a S, desde la línea Moraleda de Zafayona - Romilla Nueva hasta el paralelo situado 3 kilómetros al S de la alineación Cacin - Escuzar.

Su perímetro lo constituyen los paralelos $37^{\circ}10'04''$ y $37^{\circ}02'03''$ de latitud N, el meridiano $4^{\circ}04'07''$ O y la línea resultante de unir los puntos A, B y C de coordenadas:

A: Long. $3^{\circ}41'40''$ O Lat. $37^{\circ}10'04''$ N

B: Long. $3^{\circ}37'51''$ O Lat. $37^{\circ}05'29''$ N

C: Long. $3^{\circ}41'01''$ O Lat. $37^{\circ}02'03''$ N

Todas las coordenadas referidas al Meridiano de Greenwich.

La zona comprende parte de las hojas n° 1025 (Loja) y 1026 (Padul) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

El sector de Alfacar tiene como límite SE una línea que

sigue aproximadamente la carretera Jun-Alfacar, como límite - NO una línea que pasa al Oeste de Gúevejar en dirección SO-NE. El límite NE que pasa por Nivar, con dirección NO-SE, y el límite SO una línea en la misma dirección que la anterior que pasa por Jun.

Las coordenadas de los vértices son las siguientes:

Long. 3° 35' 15" O	Lat. 37° 16' 14" N
Long. 3° 37' 47" O	Lat. 37° 14' 42" N
Long. 3° 32' 33" O	Lat. 37° 14' 29" N
Long. 3° 35' 10" O	Lat. 37° 12' 53" N

Este sector se encuentra comprendido íntegramente dentro de la Hoja nº 1009 (Granada) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

La zona de Escúzar está bien comunicada, pues inmediatamente al Norte de la misma pasa la Carretera Nacional 342, Granada - Málaga, de la cual salen hacia el Sur, varias carreteras comarcales y locales que la atraviesan, como son las que van de El Salar a Alhama de Granada, de Moraleda de Zafayona a Alhama, de Moraleda de Zafayona a Arenas del Rey y que dan acceso a la mitad Oeste de la zona. La parte E (Ventas de Huelma, Escúzar, La Malá), tiene acceso desde Granada, por la Carretera Comarcal 340, que pasa por Gabia Grande, La Malá Ventas de Huelma y Agrón.

Los núcleos de población son pequeños, siendo el más importante La Malá. Existen una serie de localidades fuera de la zona pero próximas a ella tales como Armilla, Alhendín, Padul, Alhama de Granada y Loja de mayor importancia.

El sector de Alfacar está muy próximo a Granada, al N de la misma, estando comunicada desde la capital por las carreteras que van a Gúevejar y a Alfacar. El pueblo más importante es Alfacar, siendo los restantes más pequeños.

En la mitad E de la zona el relieve es suavemente ondulado, circunstancia que favorece la rapidez de las comunicaciones con Granada capital. Las alineaciones montañosas existentes y que rebasan los 900 m de altitud se encuentran situadas al S de Escuzar y al N de La Malá, estando esta última constituida por los cerros Montevives, La Atalaya y Jaime.

En la mitad O. el relieve está constituido por grandes mesas, delimitadas por los ríos Cacín, Alhama y arroyo del Salar, que cortan la serie miocena dando lugar a valles encajados. Las comunicaciones son aquí peores y se hace por estos valles de dirección N-S, no encontrándose en muy buen estado las carreteras.

En el sector de Alfacar, el relieve es más pronunciado, las carreteras de acceso no se encuentran en buenas condiciones, pero sin embargo la comunicación con Granada es rápida debido a su proximidad.

4.2.6.2.- Análisis de yacimientos

Los materiales que afloran en esta zona son fundamentalmente de edad Mioceno superior (Tortonense-Messiniense). Sobre estos materiales existen unos plio-cuaternarios y cuaternarios propiamente dichos, representados por materiales muy diversos (fluviales, piedemonte, turberas, etc.), como ya se indicó en el capítulo dedicado a la estratigrafía.

La base de la facies en que se presentan los niveles de yeso está constituida por los limos marinos con fauna, situados en la mitad inferior del tramo 3 de edad Tortoniense superior.

La facies yesífera, como ya se dijo, está constituida por niveles lentejonares de yeso, más o menos continuos, intercalados entre limos y arcillas de facies de transición y lacustres.

Los afloramientos de yeso situados en la mitad O de la zona se encuentran localizados en las laderas de los valles de los ríos Cacín, Alhama y Arroyo del Salar, apareciendo dispersos y muy cubiertos por derrubios de ladera.

Se observan varios niveles más o menos lentejonares a diferentes alturas intercalados entre los limos y areniscas.

Los niveles yesíferos de esta parte tienen potencias comprendidas en general entre 5 y 10 m y en ocasiones llegan a los 20 m. Están constituidos por una alternancia de niveles de yeso de 3 a 20 cm de espesor, macrocristalinos en su mayor parte con cristales que llegan hasta los 5-6 cm (presentan macas en "punta de flecha"), unidos por una pasta margo - arcillosa, y niveles de arcilla de tonos verdes-grisáceos, más finos (2-10 cm de espesor). El yeso predomina sobre la arcilla (fotografías 3 y 4).

El muro y el techo de estos niveles suelen estar constituidos por limos. En los niveles situados a más altura estratigráfica su techo puede corresponder a la caliza del tramo

superior.

En esta parte la serie buza entre 5 y 12° al Norte.

La única explotación activa existente en este área está junto a la carretera de El Turro a Cacín a unos 2 km al S del primero. La altura del frente de cantera es de 20 m y prácticamente no tiene recubrimiento (Fotografías 4 y 5). El muro, visible en el cauce de la vaguada, está constituido por limos y areniscas, mientras el techo, visible un poco más al E de la vaguada, está constituido por las calizas del tramo superior. El nivel explotado se compone de niveles centimétricos de yeso macrocristalino y nivelillos de grano fino, alternantes con finos niveles de arcillas grises y blancas, menos abundantes que el yeso. Esta explotación funciona intermitentemente. El material es extraído mediante barrenos y después es cargado a mano en carretillas, con las que lo transportan a un horno de leña ("horno moruno"), donde lo cuecen obteniendo yeso corriente de construcción.

La calidad de este yeso no es muy buena, debido a sus intercalaciones arcillosas, por lo cual se le asigna de calidad media. Corresponde en la leyenda del Mapa de la zona de Escuzar al "yeso masivo con algunas intercalaciones arcillosas".

Existen en esta mitad O 14 canteras inactivas, observándose en algunas de ellas carstificaciones. En general todas estas canteras son de poca calidad, fueron explotadas mediante métodos elementales y cocían el yeso en "hornos morunos". La facies del yeso es en todas ellas similar a la descrita en la cantera de El Turro.

En la mitad E de la zona y en la carretera de La Malá a Otura existen cuatro canteras inactivas pequeñas, con frentes de 5-6 m de altura, observándose niveles centimétricos de yeso blanco finamente bandeado, alternando con arcillas grises-amarillentas, en niveles algo más finos. Localmente los niveles de yeso pueden llegar a ser de 30 cms, pero se adelgazan muy rápidamente. Se observa una mayor proporción de limos hacia la parte superior del frente (Fotografía 6).

En los alrededores de La Malá, intercalados en la secuencia turbidítica, se observan niveles muy finos (1-2 cm) - de yeso, y algunos otros de mayor espesor entre los cuales el más interesante aflora en el km 9,6 de la Carretera Comarcal 340, con unos 6 m de potencia, constituido por capas de yeso blanco de varios centímetros, alternando con lechos arcillosos.

En el NE de La Malá y al N de Montevives, estratigráficamente por encima de las turbiditas, se encuentra una alternancia de niveles centimétricos de yeso blanco y niveles arcillosos. La proporción de arcilla es muy alta, y en su mayor parte estos niveles yesíferos se encuentran cultivados, por lo que no existen buenos afloramientos. Hay varias canteras pequeñas inactivas, que debieron ser explotadas con medios rudimentarios para obtener yeso corriente. En total, existen 8 canteras, todas inactivas, ya que la calidad de estos yesos es muy deficiente.

Como ya se indicó, los yacimientos yesíferos más interesantes de la Depresión están situados en las proximidades de la localidad de Escuzar. El yeso aflora en una franja de unos 12 kms de longitud, desde el Cerro de La Venta, en la Carretera Comarcal 340, entre Ventas de Huelma y Agrón, hasta el Cor

tijo y arroyo de Santapudia, situados al E de Escúzar. La máxima anchura del afloramiento es de algo más de 1 km a la altura de esta última localidad, adelgazándose hacia los extremos.

El muro del paquete yesífero, lo constituyen los limos marinos de la base del tramo 3. Sobre estos limos se apoyan niveles finos decimétricos de yeso blanco, que alternan con limos gris-verdosos y que hacia el techo se van haciendo más yesíferos. Se observan bancos de 3 a 5 m de potencia de yesos alabastrino, a veces brechoide, muy blanco y duro alternando con bancos de limos yesíferos o de yesos con intercalaciones arcillosas. En los yesos con aspecto brechoide se observan a veces nódulos calco-dolomíticos. Al techo de este paquete existen unas calizas muy duras con alto contenido en celestina (SANZ DE GALDEANO, et al, 1.976) con aspecto lentejonar, que tienen una potencia en Escúzar de unos 20 m. La potencia del paquete de yeso situado bajo estas calizas es de unos 200 m. Lateralmente hacia el Oeste aumentan las intercalaciones arcillosas (Cerros de Doña María y La Venta) (Fotografía 7).

Por encima de las calizas con celestina aparecen unos yesos finamente bandeados (niveles de 2 a 5 cms) intercalados con arcilla también en niveles centimétricos, cuyo techo no se observa al estar cubierto por un suelo de cultivos.

Los buzamientos más frecuentes oscilan entre los 25 y 30° N, siguiendo la dirección de las capas el arco que delimita la franja de yeso aflorante.

Sólamente existen dos canteras activas, situadas en el Cerro de La Venta. La situada al S del mismo tiene una altura de frente de unos 10 m, no tiene apenas recubrimiento y el

yeso está suavemente replegado (Fotografía 8). El material se transporta a Alhendin para fabricar yeso de construcción. La situada al E del Cerro de La Venta es una cantera llevada en régimen familiar y suministra la materia prima a la fábrica de escayola de Ventas de Huelma. Se observa un yeso algo fracturado, más blanco y puro el tramo inferior y más oscuro el superior. No se observa una estratificación regular.

Además de estas dos canteras activas, existen otras cinco inactivas, en los cerros de La Venta y Doña María y un pequeño "rascadero" al S de Escúzar, (Fotografía 9).

Al SE de Ochichar se observan dos tramos de yeso separados por una intercalación más arcillosa. El tramo situado por encima de la arcilla está constituido por capas centimétricas de yeso blanco alternando con arcillas, parecido al del tramo superior del área de Escúzar, está replegado y buza al N hundiéndose bajo las calizas del tramo superior. El tramo situado bajo las arcillas no tiene un buen afloramiento pero se ven unos yesos más masivos y con menos arcillas, blancos y duros, que parecen de mejor calidad. Sólo existe una cantera junto a la carretera de Ochichar que está inactiva.

En el sector de Alfacar, los niveles de yeso se sitúan dentro de la formación de "Lutitas con yeso y lignito" de DABRIO et al (1.978).

Como ya se ha indicado en el apartado 4.2.4, al N de Alfacar afloran unos yesos de color gris-crema masivos, bastante duros con potencia observable en cantera, entre 6,5 y 15 m.

El muro no es visible, y el techo está constituido por

limos y arcillas con niveles muy finos de lignitos. En este afloramiento existían dos canteras ahora inactivas, que cocían el yeso en "hornos morunos" a pie de cantera. En la más próxima a Alfacar el buzamiento es de 10° N y la dirección E - O y en la más alejada el buzamiento es de unos 30° N y la dirección N 80° E.

Los afloramientos situados al O de Alfacar contienen pequeños niveles de yeso, a veces macrocristalino, alternando con otros de limos y arcillas. Sólo en algunos frentes de cantera abandonados se ha podido comprobar la existencia de estos niveles, ya que en el resto de la formación el terreno se encuentra muy cultivado.

Dada la gran abundancia de niveles arcillosos, estos yesos se consideran de calidad media, aunque los niveles de yeso propiamente dicho contengan un elevado índice de pureza.

En esta zona (VI - 3 - Escuzar) se han realizado 8 sondeos mecánicos de rotación, verticales, perforándose un total de 330,70 m.

El sondeo S-VI-3-1 se situó junto al cementerio de la localidad de Escuzar, alcanzando una profundidad de 11,70 m. El S-VI-3-2 al Sur de la localidad antes citada, a unos 500 m de ella, perforándose 54,75 m. El S-VI-3-3, al SE de Escuzar en el paraje denominado "Los Cerrillos" con 30,75 m perforados. El S-VI-3-4 en el paraje "Cerro de la Venta", al N del frente de la cantera activa denominada "San José 2°", situada aproximadamente a 3 km de Ventas de Huelma. En este sondeo se llegó a la profundidad de 56,50 m.

El S-VI-3-5 se ubicó al O del anterior y al Sur del

"Cortijo Los Frailes". Se tiene acceso por un camino que parte entre los puntos kilométricos 23 y 24 de la C.C.-340 (Granada-Alhama de Granada). La profundidad alcanzada fue de 8,50 metros.

En el término de Ventas de Huelma, y en el paraje "Cerro de Doña María" se colocó el sondeo S-VI-3-6, que totalizó 56,50 m. A este paraje se accede por un camino Carretero que parte de la localidad citada y muere en la falda S del cerro aludido, próximo a unos pequeñas explotaciones abandonadas de yeso.

El sondeo S-VI-3-7 alcanzó una profundidad de 54 metros y se situó a unos 2,5 kms del SQ de Escuzar. Finalmente el S-VI-3-8 del que se obtuvo 58 metros de testigo continuo, se ubicó al E del anterior y distante de él 500 metros.

La descripción detallada de los columnas litológicas, así como de los distintos análisis realizados, tanto de los sondeos de esta zona, como de las restantes seleccionadas, se engloba en el tomo II - Columnas de sondeos. Analisis de laboratorio.

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 80-90%, apreciándose en la mayor parte de ellos indicios de celestina en pequeñas proporciones especialmente en los niveles de techo de la formación. Se observa en algunos de los sondeos realizados trazas de anhidrita. Dentro del área seleccionada se han estimado unas reservas de yeso superiores a $200 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Se han recogido en campo 25 muestras superficiales pun-

tuales, de las cuales aquellas que se han considerado más interesantes han sido sometidas a análisis químicos completos y mineralógicos por difracción de Rayos X, y cuyos resultados se exponen a continuación:

Número de la muestra	ANALISIS QUIMICO (%)							ANALISIS MINERALOGICO (%)			
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ Ca 2H ₂ O	SO ₄ Ca	OTROS MINERALES
VI-3- 1	0,42	0,02	30,49	0,01	0,06	44,58	0,012	0,01	90		Celestina en pequeñas proporciones.
VI-3- 3	0,32	0,17	32,25	0,10	0,64	44,93	0,05	0,05	100		
VI-3- 5	0,21	0,07	32,25	0,20	0,08	45,20	0,03	0,04	95	tr	Basanita < 5
VI-3- 6	0,21	0,14	32,25	0,04	0,22	45,60	0,03	0,04	95	tr	Basanita < 5
VI-3- 8	0,42	0,03	32,60	0,02	0,13	45,90	0,02	0,01	100		
VI-3-13	0,85	0,97	32,25	0,18	0,09	44,20	0,10	0,07	100		
VI-3-14	0,86	1,00	32,25	0,18	0,09	44,04	0,11	0,07	100		
VI-3-15	1,07	0,77	32,25	0,05	0,19	42,60	0,06	0,04	100		
VI-3-16	1,07	0,79	32,24	0,07	0,19	42,53	0,07	0,06	100		
VI-3-19	1,28	0,71	32,25	0,25	0,28	42,30	0,05	0,05	100		
VI-3-20	1,28	0,71	32,25	0,25	0,27	42,32	0,04	0,06	100		
VI-3-23	1,62	0,73	32,00	0,36	0,38	40,10	0,06	0,04	100		
VI-3-25	1,71	0,79	31,90	0,48	0,38	39,99	0,07	0,05	100		

A la vista de estos resultados, puede deducirse el elevado contenido en SO₄Ca 2H₂O de la fracción yesífera correspondiente a las muestras superficiales puntuales analizadas. Sin embargo debe tenerse presente que los distintos niveles arcillosos que alternan con yesíferos, como ya se ha descrito en este apartado, reducen la ley media en yeso en general, al 80-90%.

4.3.- SUBBETICO

4.3.1.- Estratigrafía

Los materiales representados en este dominio comienzan

a partir del Mesozoico, ya que no aparecen materiales paleozoicos, siendo sus materiales más antiguos los Triásicos.

Estos materiales triásicos son parecidos a los de otras regiones del N de la península, pero debido a su abundancia - en margas y arcillas se le ha denominado "Trias germano-andaluz".

La Estratigrafía de este Triás "germano-andaluz" presenta varios problemas; debidos de una parte a su litología y de otra a su tectónica. Los materiales son en general bastante - plásticos, abundan los de tipo salino y además carecen en general de fósiles, por lo cual resulta difícil completar su estratigrafía.

Debido a su plasticidad, estos materiales han servido - en general de nivel de despegue y han podido extruir, a través de fallas, hasta la superficie topográfica.

El Triás está constituido por arcillas rojas y grises con yesos bastante abundantes. El yeso aparece como yeso blanco, alabastrino, sacaroideo, y en algunas ocasiones cristalizado en láminas transparentes (espejuelo). Estos materiales - arcillo-yesíferos presentan casi siempre un aspecto caótico .

Englobadas en la masa arcillosa-yesífera se encuentran otras rocas sedimentarias con escasa continuidad lateral en general no superior a 50 m. Estas rocas por orden de abundancia decreciente son:

a) Calizas algo dolomíticas, negras y fétidas, estratificadas y a veces tableadas. No superan los 30 m de potencia. Calizas de estas características fueron atribuidas al Muschel-

kalk por diferentes autores (MORENO et al, en prensa).

- b) Carniolas de colores rosados y amarillentos con venas de recristalización. Niveles equivalentes han sido situados por algunos autores en el Trías superior.
- c) Areniscas: aparecen en menos ocasiones y contienen cuarzo y moscovita, presentando laminaciones paralelas y cruzadas. No está clara su posición estratigráfica ya que algunos autores las sitúan bajo las calizas del Muschelkalk y otros encima.

Otra de las características típicas del Trías Subbético es la abundancia de Rocas Igneas Básicas con textura ofítica, que se hallan presentes en todo el Dominio.

Los autores que han trabajado en este Dominio no están totalmente de acuerdo en cuanto a la estratigrafía del Trías, debido también en parte a que cada uno ha trabajado en una zona concreta.

BLUMENTHAL (1.927) atribuye al Keuper las arcillas margosas ricas en evaporitas. SCHMIDT (1.930) señaló la presencia de un Werfeniense (Trías inferior) formado por areniscas abigarradas a las que suceden unas margas rojas y verdes con yeso; sin embargo FALLOT (1.930-1.934) distingue dos tramos - "detrítico-salinos": Uno inferior de edad Werfeniense situado bajo las "calizas con fucoides" del Muschelkalk, y otro superior que es la base de las carniolas y dolomías del Keuper . GARCIA-ROSSELL (1.972) por su parte, piensa que el Keuper es calcáreo y que los materiales detríticos-salinos corresponden al Buntsandstein.

De lo anteriormente expuesto parece desprenderse que el yeso aparece tanto en el Trías inferior, situado bajo las calizas del Muschelkalk como en el Trías superior debajo de las dolomías y carniolas. Este Trías presenta diferencias con el típico Trías germánico que aparece en otras partes de España, como por ejemplo en la Cordillera Ibérica, en donde suelen comenzar las secuencias con unos conglomerados basales, que no se han encontrado en ninguna de las áreas estudiadas en la Zona subbética.

Las series del Jurásico son predominantemente carbonatadas, aunque como ya se ha establecido en apartados anteriores el Dominio Subbético queda dividido en varios dominios paleogeográficos a partir del Jurásico.

Subbético externo.

Subbético medio.

Subbético interno

Subbético ultrainterno.

Este hecho dificulta las correlaciones en cuanto a la estratigrafía de la región y provoca el que se otorguen gran cantidad de nombres, para denominar casos parecidos.

DABRIO y VERA (1.970 en RIVAS et. al 1.979) en el sector Algarinejo-Sierra de Chanzas, obtienen una sucesión bastante completa para el Jurásico, apareciendo desde el Jurásico inferior dolomítico, hasta el Titónico superior (generalmente calizas brechoides). Se trata de la serie más potente del Subbético medio, destacando la presencia de coladas volcánicas submarinas dentro del Lías y en el tránsito con el Dogger. Esta serie cambia rápidamente hacia los laterales.

El Cretácico comienza con un tramo de margas y margocalizas de tonos claros, continuando con las "capas rojas" de "rosalinas" de tonos color salmón, en el Cretácico superior, que pueden llegar hasta el Eoceno. Puede aparecer flysch.

El Paleoceno a pesar de que en muchos aspectos litológicos es parecido al Cretácico superior, presenta microfauna distinta y tiene caracteres de flysch.

Las series eocenas son difíciles de establecer por la falta de continuidad en las observaciones, el carácter es más detrítico en términos generales, abundando las turbiditas con estructuras típicas como laminaciones cruzadas, "convoluted", "flute cast", etc. Tiene carácter de flysch.

En el Oligoceno aparecen más tramos carbonatados, teniendo carácter transgresivo. En general se trata también de flysch.

La serie subbética termina en areniscas arcillas y calizas del Aquitaniense.

4.3.2.- Tectónica

La Zona subbética constituye un vasto conjunto desplazado hacia el N ó NO, cabalgando sobre la parte más interna de la Zona prebética, en forma de delgados mantos gravitatorios, (sector de Jaén-Ubeda-Jódar, FONTBOTE & GARCIA DUEÑAS 1.968, GARCIA ROSSEL, 1.972).

En la tectónica de esta región ha jugado un papel primordial la naturaleza plástica del Trías "germano-andaluz" - que ha servido de nivel de despegue. Al ser tan plástico hay

que pensar, de acuerdo con los autores anteriores, en su im posibilidad para transmitir esfuerzos tangenciales, y por tan to debió emplazarse mediante deslizamientos tectónicos gravitatorios. En muchas zonas se observa al Trías germano-andaluz cabalgando al Cretácico inferior. Asimismo este Trías aparece también bajo las dolomías liásicas del Subbético medio pero sólamente en los retrocabalgamientos, lo cual no contradice su emplazamiento inicial sobre el Subbético medio, conclusión que confirma las ideas de varios autores españoles pero que contradice las de BOURGOIS (1978) que piensa que el Subbético medio cabalga sobre las brechas poligénicas del Trías germano andaluz.

Las relaciones entre estas dos unidades, Trías y Neonumídico aparecen confusas debido a los deslizamientos y reactivaciones de estas unidades durante los momentos finales de la estructuración de la cadena.

La secuencia de las deformaciones para el Subbético se puede establecer así:

1. Desplazamiento hacia el N de las distintas unidades subbéticas mediante deslizamiento gravitatorio.
2. Durante una segunda etapa de mayor compresión se vuelven a producir empujes hacia el N ó NO, produciéndose pliegues volcados y fallas inversas vergentes al NO.
3. Formación de los retrocabalgamientos, así como fallas inversas y esquistosidad, vergentes al S en un régimen compresivo.
4. Plegamiento general de todos los mantos, en régimen disten

sivo, mientras se produce el levantamiento epirogénico de la cadena, produciéndose fallas normales y horst orientados de NE a SO.

4.3.3.- Historia Geológica

La historia de la cuenca en que se sedimentaron los materiales del Subbético, empieza en el Trías.

Existe la idea bastante generalizada de pensar que la cuenca era continua y que fue con posterioridad al Trías cuando se diferenciaron varios umbrales que compartimentan la misma; es por esto por lo que a partir del Jurásico ya se puede hablar de Subbético medio, externo, interno, etc. Apareciendo entonces en las series Jurásicas y posteriores de los diferentes Dominios, potencias y litologías diversas.

En el Mioceno inferior la orogenia alpina levanta estos materiales y produce el deslizamiento y apilamiento de mantos que hoy conocemos, favorecida por la plasticidad de los materiales triásicos.

Sobre la posición original de la cuenca en que se depositaron los materiales triásicos, no existe acuerdo entre los diversos autores que han estudiado la región. Existen autores partidarios de una cierta proximidad al emplazamiento actual de estos materiales, (BLUMENTHAL, 1931) mientras que otros opinan que la cuenca estaría situada muy lejos, atribuyendo una marcada aloctonía a estos materiales (CRUZ SANJULIAN, 1974).

Existe la posibilidad de que parte del Trías germano-andaluz tenga alguna clase de relación con las Zonas Internas o

proceda de sectores muy internos del Subbético, si bien no se puede negar su pertenencia parcial a éste.

Esta duda condiciona sin embargo de forma radical la paleogeografía de los sectores meridionales del Subbético y más internos (MARTIN ALGARRA, 1980).

Debido a esta duda sobre el origen de estos materiales, los mismos reciben distintas denominaciones (Complejo del Jan dulilla, Trías de Antequera, etc.) en relación con el lugar de estudio y con consideraciones genéticas.

4.3.4.- Los yacimientos de yeso

Los yacimientos de yesos del Subbético están todos situados en el Trías, y dentro de él en la facies arcillo-yesífera del Trías germano-andaluz. Estos yesos presentan en general aspecto diapírico y se hallan situados debajo de las calizas del Muschelkalk o debajo de las carniolas y dolomías del Keuper. Normalmente estos materiales han extruido aprovechando líneas de debilidad y debido a su plasticidad han podido emplazarse en las zonas donde hoy los encontramos: Aparecen en lentejones o englobados en una masa de arcillas y margas abigarradas.

En muchas ocasiones constituyen elevaciones topográficas, con aspecto de pequeño domo o diapiro, y en otras aparecen a media ladera coronados por bancos calizo-dolomíticos, que presentan mayor resalte que el yeso.

Estos yesos se presentan masivos con tonos blanquecinos y grises, aunque a veces entre las margas, aparecen cristales de yeso "espejuelo" bastante grandes así como teruelitas y

jacintos de Compostela.

Los yesos explotables y explotados son los masivos, pero entre ellos aparecen intercalaciones arcillosas y margocalcáreas.

Los recubrimientos pueden estar constituidos por arcillas con algún nivel yesífero o por las calizas del techo, que al estar topográficamente más altas pueden alterarse y dar lugar a un coluvión sobre los yesos de las partes más bajas.

El escaso desarrollo de la vegetación puede indicar zonas yesíferas, mientras que en las zonas calcáreas aparece una vegetación muy espesa.

Otra característica típica son los fenómenos de disolución que dan lugar a cuevas y otros fenómenos cársticos. Esta característica presenta muchos problemas a la hora de la explotación, debido al peligro inminente que pueden ocasionar, tales como desprendimientos y desplomes y a las pérdidas de explosivos ocasionadas por las carstificaciones.

4.3.5.- Selección de zonas

Previamente a todo el estudio se hizo un recorrido desde la parte Sur-Occidental (Morón de la Frontera y Coripe) hacia el N y hacia el E barriando la práctica totalidad del Subbético. Se seleccionaron las zonas según los criterios de calidades de yesos, de reservas, accesos, proximidades a centros de consumo, etc. Ha habido zonas que se han visitado pero no se han seleccionado para su estudio detallado, debido en algunos casos, como en el término municipal de Aguadulce,

a que se trataba de una explotación muy aislada, que se explotaba bastante rudimentariamente; las canteras están situadas en la margen izquierda del río Blanco.

También se visitaron las áreas próximas a Puente Genil y Lucena en la provincia de Córdoba. Al S de Lucena y al E de la carretera que va hacia Antequera hay una antigua cantera de yeso sacaroideo con abundante cantidad de arcillas. En toda esta parte no se encontró ninguna explotación activa. En realidad son pequeños "rascaderos" de yeso abandonados, que utilizaban normalmente para autoabastecerse en la construcción de los cortijos. Por todas estas razones no se seleccionaron estas zonas.

Algo parecido ocurrió con las zonas situadas al NO y NE de Jaén (capital). Se visitó la zona de Torrequebradilla - encontrando varias pequeñas canteras de las cuales sólo quedaba una en explotación con su típico "horno moruno" y medios de trabajo elementales. El yeso es en general negro y hojoso, con intercalaciones margosas y con algunos nivelillos de yeso blanco; fabrican yeso corriente.

Finalmente fueron seleccionadas cinco zonas para su estudio detallado: son las de Morón de la Frontera, Coripe-Pruna, Alcaudete, Huelma y Cabra del St° Cristo.

A continuación se describen las características de cada una de ellas.

4.3.6.- Zona VI-1 Morón de la Frontera (Sevilla)

4.3.6.1.- Situación de la zona

La zona seleccionada se encuentra comprendida dentro del Dominio Subbético, en la parte occidental del mismo.

Se halla al S de la provincia de Sevilla, entrando la parte SE de la zona en la provincia de Cádiz (fig. 3).

Dicha área seleccionada se encuentra encuadrada dentro de los siguientes meridianos y paralelos referidos a Greenwich:

Meridianos: 5°15'49" O	Paralelos: 37°10'04" N
5°31'10" O	37°00'04" N

Como se indica en el plano correspondiente a esta zona, su borde occidental lo constituyen la Sierra de Esparteros, la localidad de Morón de la Frontera y Cerro Negro; mientras que el límite oriental lo define la línea vertice Madroñal - Cerro del Jaral.

En general el área está bien comunicada con Sevilla capital, especialmente su parte NO donde se encuentra situada Morón de la Frontera.

En el resto de la zona, los accesos son más difíciles dada la orografía del terreno y el regular estado de las carreteras.

4.3.6.2.- Análisis de yacimientos

Los yacimientos de yeso de esta zona se hallan todos dentro del Trías Subbético o "Trías germano-andaluz".

Las masas de yeso tienen en general carácter diapírico, apareciendo al techo de los yesos los materiales calcáreos - Triásicos, lo cual les confiere su típico aspecto de cerros redondeados, coronados en la mayoría de las veces por resaltes calcáreos más duros.

La mayor concentración de explotaciones de la zona se sitúa al NE de Morón de la Frontera, área del Cerro Negro, y surte de yeso a todos los pequeños fabricantes de Morón.

Es una zona bastante explotada, como puede deducirse por el número de canteras abandonadas que existen actualmente.

Esta paralización obedece, en primer lugar, a la crítica situación por la que atraviesa el sector de la construcción y también al hecho de haberse realizado una mala racionalización de las explotaciones; circunstancia que hace hoy muy costoso el saneamiento de los frentes de explotación, retirada de las escombreras presentes, y en definitiva la continuación de los planes de labores.

No obstante, en este área de Cerro Negro, existen varias canteras actualmente activas, que extraen yeso de tonalidades grises y oscuras, que contienen a veces intercalaciones de arcillas negras, así como inclusiones margo-calizas llamadas por los del lugar "jabalunas". El yeso es de calidad media y se destina para la fabricación de yeso común de construcción (fotografía n° 10).

Las muestras números 7 y 8 corresponden a las canteras activas "El Charco" (fotografías 11 y 12). El yeso en este punto aparece subvertical o ligeramente inclinado hacia el N,

con una dirección E-O. Localmente aparecen algunos repliegues típicos en estos materiales tan plásticos.

El yeso es de color gris y contiene intercalaciones arcillosas rojizas que en superficie lo tiñen de este color. Su producción se destina como aditivo en las fábricas de cemento.

Hay otra cantera situada a unos 400 metros al O de la anterior que está casi agotada, de la cual se obtenía un yeso blanco-grisáceo válido para construcción, aunque presentaba algunas intercalaciones de "javalunas". La estructura también es diapírica, apareciendo las capas subverticales.

Al N de estas canteras se tomaron las muestras números 10 y 11 en unos frentes abandonados. La estructura es parecida a la anterior, estando las capas subverticales con una dirección E-O. En este afloramiento hay reservas de yeso, sin embargo los accesos son nulos, dada la inexistencia de caminos, por encontrarse enclavado en un valle muy encajado. También se trata de un yeso de mediana calidad.

Seis o siete km al E de Morón, hay un área yesífera, atravesada por el río de la Peña, existiendo una pequeña cantera abandonada de donde extrajeron yeso blanco. Es una zona extraordinariamente alejada de cualquier núcleo habitado y además muy mal comunicada. El yeso en su mayor parte está algo cubierto.

Al S de la zona y a orillas del río Guadaira hay una cantera inactiva (fotografía 13), cantera "El Parroso", en la que se ha explotado un yeso blanco-grisáceo, duro, muy replegado y bandeado, que se sumerge hacia el O bajo un yeso de peor calidad, más arcilloso de color rojizo que tiñe la cantera. Fue tomada la muestra nº 15.

Al S de esta cantera aparece un cerro con un yeso blanco, sin explotar, situado bajo las calizas triásicas. Es un buen ejemplo de Cerro triásico (fotografía 14).

Siguiendo el curso del río hacia el N y sobre todo en su margen derecha aparecen varias áreas de yeso. En una de ellas se tomó la muestra n° 19, en una cantera situada muy próxima a un pitón de ofitas, que conserva restos del edificio volcánico. Las estructuras están deformadas ya que se adaptan al pitón. En la cantera explotaban yeso blanco-duro con intercalaciones arcillosas, siendo la altura del frente de unos 10 metros.

Se puede decir que a pesar de la abundancia de yacimientos de yeso en esta zona, solo cuatro de ellos están en explotación, encontrándose el resto abandonados o sin explotarse.

Se han realizado en esta zona 2 sondeos de investigación verticales, con extracción de testigo continuo mediante sonda tipo Craelius X C-90 a rotación. El total de metros perforados ha sido de 91,50.

El sondeo S-VI-1-1 se ubicó en el área de Cerro Negro, más concretamente a mitad de la ladera O del denominado Cerro La Semilla, alcanzando una profundidad de 61,50 m. El S-VI-1-2 se situó al NO del anterior, en el borde occidental del área de Cerro Negro, perforándose 30,0 metros.

La ley media en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ del sondeo S-VI-1-1 es del orden del 90%. Las proporciones de anhidrita fueron en general inferiores al 5%, cortándose algunos niveles con contenidos de cuarzo, calcita, dolomita, mica e indicios de clorita.

El sondeo S-VI-1-2 ubicado en una plaza de cantera abandonada, tiene una ley media del 80% en $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, indicios de anhidrita (< 5%), pequeñas proporciones de cuarzo, clorita, mica (~ 5%), así como proporciones de dolomita (5-20%), esta última solo en pequeños niveles aislados.

La descripción detallada de las columnas litológicas obtenidas se exponen en el tomo correspondiente.

Se han tomado 19 muestras superficiales, cuya localización se detalla en el plano geológico correspondiente a esta zona. Los resultados de los análisis químicos y de difracción de rayos X, efectuados a las muestras seleccionadas han sido los siguientes:

Número de la muestra	ANÁLISIS QUIMICO (%)							ANÁLISIS MINERALOGICO (%)				
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ Ca 2H ₂ O	SO ₄ Ca	OTROS MINERALES	
VI-1-2	0,42	0,07	31,55	2,48	0,58	39,64	0,05	0,06	75	< 5	Dolomita 20 ; Cuarzo 5	
VI-1-7	1,06	1,09	32,40	0,35	0,19	42,10	0,04	0,06	> 95	< 5		
VI-1-10	1,07	1,14	32,25	0,39	0,19	41,78	0,04	0,07	> 95	< 5		
VI-1-12	0,64	0,93	31,91	0,28	0,06	44,38	0,04	0,05	~ 100			
VI-1-13	0,55	0,80	31,80	0,25	0,07	44,20	0,04	0,05	~ 100			
VI-1-14	0,73	0,92	32,10	0,25	0,09	44,40	0,06	0,05	~ 100			
VI-1-17	0,65	0,90	31,91	0,18	0,08	44,45	0,07	0,04	~ 100			
VI-1-18	0,86	1,00	31,90	0,25	0,09	44,45	0,07	0,05	~ 100			
VI-1-19	0,43	0,86	32,60	0,08	0,07	45,00	0,02	0,04	~ 100			

En la zona VI-1 (Morón de la Frontera) seleccionada se han estimado unas reservas superiores a $200 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.3.7.- Zona VI-2 Coripe-Pruna (Sevilla-Cádiz)

4.3.7.1.- Situación de la zona

Está ubicada, como la anterior, en la parte occidental del Dominio Subbético y concretamente al S de la zona de Morón de la Frontera.

El límite N de la misma es el paralelo $37^{\circ}00'04''$ de latitud N y el S el paralelo $36^{\circ}52'20''$ N. Ocupa aproximadamente $2/3$ partes de la Hoja N° 1036 (OLVERA).

La forma de la zona es apaisada en la dirección E-O, siendo parecida a la de un trapecio. Su límite O es el meridiano de longitud $5^{\circ}30'00''$ y el límite E pasaría por el meridiano de longitud $5^{\circ}8'35''$ O.

El núcleo de población más importante de la zona es Olvera, aunque se ha preferido nombrar a la misma por otros dos municipios, ya que aunque son bastante menos importantes están más relacionados con los afloramientos yesíferos. Estas dos poblaciones Coripe y Pruna, se encuentran respectivamente en el O y E de dicha zona.

La parte O está atravesada en sentido aproximado N-S, por la Carretera Comarcal 339 que une Morón de la Frontera con Ronda, no estando en buen estado debido a lo accidentado de su topografía. Al N de Coripe parte otra carretera en dirección O hacia Montellano, que va atravesando una serie de afloramientos de yeso.

El mayor problema, en cuanto a comunicaciones se refiere, está en la parte N de la zona, en su franja central, ya

que aunque la distancia en línea recta de Coripe a Pruna es inferior a 20 kms, por carretera hay aproximadamente unos 50 kms. Este área de que estamos hablando es atravesada por un antiguo ferrocarril, que nunca entró en funcionamiento pero que sirve a una empresa de Morón de La Frontera para extraer el yeso de esta zona a través de los túneles del mismo, aunque a pesar de esto, en épocas lluviosas el paso por estos túneles queda a veces cortado.

A Olvera se tiene acceso por la C.N. 342. Existe además otra carretera de carácter local que enlaza con Morón pasando por Pruna, que está en regulares condiciones.

4.3.7.2.- Análisis de yacimientos

Si dividiésemos la zona en dos partes (N y S) por un paralelo, diríamos que en toda su mitad S hay pocos yacimientos de yeso y los que existen son de deficiente calidad. Sin embargo en toda su mitad N aparecen numerosas áreas de interés.

Los yacimientos de yeso aparecen ligados a los materiales del Trías "germano-andaluz", formando masas que en la mayor parte de los casos no tienen gran continuidad lateral y que en ocasiones destacan topográficamente por su aspecto diapírico. A menudo aparecen coronados por los materiales calcáreos triásicos.

Al O de Coripe afloran una serie de Cerros que aunque a escala 1:50.000 no presentan grandes dimensiones superficiales, se puede pensar que tengan bastante potencia debido a su carácter diapírico. Tal es el caso de cerro Guerrero; situado a unos 900 metros al O de Coripe. En esta cantera se obtuvo la muestra n° VI-2-1 de yeso blanco, bastante puro.

El yeso está bandeado y presenta tonos blancos, grises y rojizos; además hay intercalaciones arcillosas de 10 a 30 cm de espesor. Estas intercalaciones aparecen sobre todo en el tramo inferior.

A unos 3,5 km al O de Coripe junto al límite provincial Sevilla-Cádiz, hay una cantera inactiva de 15 metros de frente y unos 30 m de anchura, en la cual se observa un yeso replegado de color blanquecino, con pequeñas intercalaciones arcillosas: en general es de buena calidad (fotografías 15 y 16). En esta cantera, el yeso llega hasta culminar el diapiro sin estar recubierto por las calizas como ocurre en otros cerros cercanos.

El área situada al E de Coripe está atravesada por el ferrocarril abandonado, que como ya se ha dicho anteriormente sirve de vía de acceso a los camiones que transportan el yeso de estas canteras a Morón de la Frontera. En este área hay bastantes reservas de yeso, sobre todo en las dos masas situadas al S del vértice Zaframagón (fotografía 17 y 18). En la fotografía n° 17 se observa una cantera inactiva en la que aflora un yeso de color blanco muy bueno, en capas gruesas, con ligeras intercalaciones arcillosas. Tienen una altura de unos 8 metros.

Al N de Zaframagón hay varias canteras inactivas en las que se explotaba un yeso blanco-grisáceo de buena calidad alternando con otras capas más arcillosas de tonos verdosos. Se tomó la muestra n° 4 de yeso blanco bastante puro.

Al S de Pruna hay dos explotaciones activas y una inactiva de yeso de buena calidad. En las activas separan el yeso blanco para fabricar escayola, del negro, que lo utilizan para

yeso corriente de construcción. Se tomaron las muestras n° 8 y 9. La altura del frente de explotación es de más de 12 metros. Parte del yeso es transportado hasta Morón a la fábrica y parte es embarcado crudo hacia Portugal. Al NE de esta masa y situada a unos 4 kms al E de Pruna hay otra cantera activa, de yeso de muy buena calidad, de color blanco, bastante puro, en bancos potentes. La altura de la cantera es de unos 40 metros, existiendo tres frentes escalonados. (Fotografía 19).

En esta zona se han realizado 6 sondeos de investigación, con una sonda tipo Craelius XC-90 a rotación, con extracción de testigo continuo, perforándose un total de 189,25 metros, distribuidos de la siguiente manera:

. S - VI - 2 - 1	49,00 m
. S - VI - 2 - 2	35,00 m
. S - VI - 2 - 2 (bis)	12,00 m
. S - VI - 2 - 3	46,25 m
. S - VI - 2 - 4	24,00 m
. S - VI - 2 - 5	23,00 m
	<hr/>
	189,25 m

Los tres primeros se efectuaron en el área de Coripe , y los tres últimos en el de Pruna.

El sondeo S-VI-2-1 se situó en el paraje denominado Cerro Guerrero, en su vertiente N, donde existe una cantera inactiva. El sondeo se emboquilló en la plaza de cantera existente, distante unos 250 metros de la carretera local de Coripe a Montellano.

El S-VI-2-2 a 4,5 kms al O de Coripe, por la carretera

local de éste último a Montellano, se ubicó en el Cerro de San Pedro, en una cantera abandonada. El S-VI-2-2 (bis) se situó unos 100 metros al O del anterior, y tuvo por objeto , conocer la posible continuidad del yacimiento bajo el recubrimiento de material arcilloso existente. En este último, a los pocos metros se encontraron niveles con grandes proporciones de anhidrita.

La leyes medias en $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ han sido del 80-90% y 90% respectivamente, para los sondeos VI-2-1 y VI-2-2. En ambos existen algunos niveles poco potentes que contienen anhidrita y que alternan con los yesíferos. En algunas de las muestras analizadas se observan indicios de magnesita; así como de cuarzo y calcita.

El sondeo VI-2-3, se situó al SE de Pruna, a 1,5 km de ésta última, en una explotación abandonada. El acceso se realiza desde Pruna por un camino acondicionado para el transporte de camiones y que conduce a un grupo de canteras actualmente activas. El yeso tiene un alto índice de pureza, superior al 90%, aunque existen intercalados pequeños niveles con alto contenido en anhidrita.

El sondeo VI-2-4, se emplazó al SO del anteriormente citado, a unos 400 metros, con una profundidad de 24,00 metros. El testigo obtenido se presenta muy limpio con un contenido medio en yeso superior al 80%, observándose la presencia de algún pequeño nivel carbonatado.

A 3,5 kms al E de Pruna se enclavó el sondeo S-VI-2-5, alcanzando una profundidad de 23,00 metros. Se tiene acceso por una pista que parte de Pruna y que conduce a una explotación activa, lugar donde se emboquilló el sondeo. Los prime

ros 14 metros contienen un yeso de alto índice de pureza, apareciendo luego niveles de brechas y arcillas que alternan con los de yesos.

Las columnas litológicas de estos sondeos, así como los resultados de los análisis efectuados a las diferentes muestras tomadas, con sus correspondientes cotas se insertan en el tomo II.

Se han tomado 11 muestras superficiales. Los resultados de los análisis químicos y de difracción de Rayos X efectuados a las muestras que se han considerado de mayor interés, han sido los siguientes:

Número de la muestra	ANALISIS QUIMICO (%)							ANALISIS MINERALOGICO (%)			
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ Ca 2H ₂ O	SO ₄ Ca	OTROS MINERALES
VI-2-1	0,64	0,06	32,60	0,10	0,16	44,80	0,05	0,09	> 95	tr	tr. magnesita
VI-2-2	0,64	0,14	31,55	0,91	0,08	44,04	0,17	0,12	80	15	magnesita (<5)
VI-2-5	0,54	1,07	32,25	0,21	0,08	44,79	0,13	0,15	> 95	< 5	
VI-2-6	0,43	1,00	32,60	0,08	0,06	41,64	0,04	0,07	> 95	< 5	
VI-2-8	0,64	0,14	31,90	0,74	0,23	45,76	0,10	0,05	> 95	tr	
VI-2-10	0,64	0,21	31,90	0,41	0,03	45,00	0,24	0,05	> 95		magnesita (<5)

En esta zona se han estimado unas reservas de yeso superiores a $300 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.3.8.- Zona VI-4 Alcaudete (Jaén-Córdoba)

4.3.8.1.- Situación de la zona

Está comprendida dentro del Dominio Subbético, en la parte septentrional del mismo.

Administrativamente pertenece a las provincias de Córdoba y Jaén, ocupando la parte SO de la provincia de Jaén y la parte SE de la de Córdoba.

Está atravesada por el río Guadajoz, que sirve asimismo de divisoria provincial. Sus relieves más notables son la Sierra del Ahillo y Orbes situadas respectivamente al NE y NO de Alcaudete. Fuera de la zona, hay otras sierras importantes que la bordean, como son las sierras del Alcaide y de La Lastra situadas al SE de Luque. También hay que mencionar la Sierra de Caniles situada al SE de Alcaudete.

En cuanto a comunicaciones la zona está atravesada por dos carreteras nacionales: la n° 432 Granada-Córdoba y la n° 321 Priego de Córdoba-Martos.

Además está surcada por toda una serie de carreteras locales, por las que puede recorrerse bien todo el área con la sólo excepción de la parte S de Alcaudete, en la que casi todas las pistas quedan cortadas a la altura del río Guadajoz .

La zona tiene una forma irregular estando comprendida dentro de las hojas del M.T.N. a escala 1:50.000 números 946 (Martos); 967 (Baena), 968 (Alcaudete), 989 (Lucena) y 990 (Alcalá la Real). Si bien la mayor parte de la misma queda comprendida dentro de las de Alcaudete y Baena.

Asímismo se puede definir por los siguientes límites:

Al E el meridiano $4^{\circ}1'46''$ O. Su límite O está situado a unos 2,5 km al O de la Estación de Luque. Sus límites N y S respectivamente, quedan definidos por las localidades de Bobadilla y Castil de Campos.

Las dos canteras más importantes de la zona están situadas bastante cerca de Alcaudete, núcleo de población relativamente importante y además nudo de dos carreteras nacionales. Una de ellas está situada unos 6 km al O-NO y la otra a unos 5,5 km al N del mismo respectivamente. Dentro de la zona es ésta la única localidad importante, si bien está rodeada por una serie de núcleos de bastante importancia que se encuentran a poca distancia de los límites de la misma, como son: Martos y Alcalá la Real en la provincia de Jaén, y Priego de Córdoba, Luque y Baena, en la de Córdoba. En general el relieve de esta zona no es muy accidentado y tan solo presentan un relieve más acusado las sierras jurásicas.

4.3.8.2.- Análisis de yacimientos

La zona de estudio se encuentra situada en la parte más septentrional del Dominio Subbético, próxima al Dominio Prebético representado por la serie de Javalcuz-Los Villares, situada al NE de dicha zona.

Los yacimientos de yeso aparecen ligados al Trías subbético, aunque en general no tienen mucha continuidad lateral.

Debido en muchos casos a su aspecto diapírico, su base

no es visible, aunque en algunos puntos se observa un Buntsandstein bien desarrollado que presumiblemente constituye la base del tramo de arcillas y yesos. Esto ocurre, por ejemplo al N del río Víboras donde afloran unas areniscas y arcillas versicolores, típicas de la facies Buntsandstein del Trías germano-andaluz.

Al O de la zona, junto a la estación de Luque, aflora una mancha del Trías situada entre materiales cuaternarios al S y oligocenos al N. Este afloramiento es prácticamente todo él un diapiro de yeso coronado en su parte superior por calizas triásicas. Existen varias canteras a lo largo del mismo, la mayor parte inactivas con la sola excepción de una de ellas en la que se explota un yeso masivo muy duro, cristalino, de tonos grises y marrones, y en algunos puntos aislados, de color muy claro. En la cantera aparecen inclusiones de anhidrita, así como yesos con textura moteada. La altura del frente de cantera es de unos 15 m. La fotografía n° 20 corresponde a otra cantera de este afloramiento situada más hacia el E. En esta fotografía puede observarse que han explotado un nivel de yeso blanco, tipo alabastrino, muy masivo de unos 8-10 m de potencia, que alterna con otros niveles más delgados de yesos grises y arcillas. Al techo de los yesos aparecen las calizas triásicas.

El afloramiento más importante de la zona se encuentra situado a unos 6 km de Alcaudete en dirección NO.

La explotación tiene lugar por bancos escalonados del orden de 8-10 m de altura cada uno de ellos. El yeso es blanco alabastrino y se destina a la fabricación de escayola en instalaciones dotadas con horno giratorio y situadas al S de Alcaudete. En esta cantera el techo de la formación lo constituye una capa de dolomias de 2 m de potencia. Se ha tomado la

muestra n° 1 de yeso blanco.

La otra explotación está situada a 5,5 km al NE de Alcaudete. El yeso es cocido a pie de cantera en un horno rotativo de leña. Esta cantera está en un período de explotación muy avanzado y se pueden estimar que sus reservas no son muy grandes, debido a la forma de presentarse los yesos, ya que se hundan bajo una potente masa de calizas de unos 15-20 m de espesor.

Para extraer el yeso han realizado sucesivos "escalones" (frentes), que sumados unos a otros nos pueden dar una potencia total de unos 80 metros desde el yeso inferior, apoyado sobre unas arcillas versicolores, hasta la base de las calizas.

El frente superior es de yeso blanco con algunos niveles de yeso gris, así como con algunas intercalaciones arcillosas estando muy replegado (fotografías 21 y 22). En este nivel de unos 14 metros de potencia, tomamos la muestra n° 14 de esta zona. El frente intermedio tiene unos 20 m de potencia y en él afloran diversos tipos de yeso; de color crema en la parte inferior y negro encima. El yeso negro es más arcilloso y está finamente veteado. En la parte superior hay 2-3 metros de yesos rojos más arcillosos. Entre este nivel intermedio y el inferior aparecen 15 metros de arcillas grises.

En esta zona de Alcaudete existen aparte de estas tres explotaciones activas, que acabamos de comentar, 23 explotaciones inactivas.

Distribuidas en la masa de materiales triásicos, aparecen gran cantidad de rocas ígneas básicas (ofitas). En la par

te S de Alcaudete (cerro del Tio Hidalgo), aparecen próximos a las masas de yeso unos materiales arcillo-yesíferos con cantos de arenisca, caliza, yeso, etc. que forman una pasta ("Melange") de aspecto tectosedimentario. Algo parecido puede observarse al S del Cerro de los Yesos. La zona del Cerro de los Yesos está sin explotar debido a sus malas comunicaciones. Se tomó la muestra n° 21.

En esta zona (VI-4-Alcaudete) se han realizado 7 sondeos mecánicos a rotación, con recuperación de testigo continuo, verticales, perforándose un total de 267,05 m.

El sondeo S-VI-4-1, se situó en la plaza de cantera de unas explotaciones de yeso ubicada a la altura del punto kilométrico 98 de la CN-321 Málaga-Jaén, y alcanzó una profundidad de 20,45 m. En esta misma cantera y en la base de uno de los frentes superiores se emplazó el S-VI-4-2, perforándose 7,00 metros.

El S-VI-4-3 se ubicó en el nivel superior de una cantera situada al NO de Alcaudete en el paraje "Tumba la Graja" a 8 km de la localidad citada. El acceso se realiza a través de una carretera local que parte de Alcaudete en dirección a la estación de F.F.C.C. del citado pueblo, y de ésta parte otra en dirección a Noguerones, de la cual nace una pista a la altura del punto kilométrico 1 y que conduce a estas canteras. Se perforaron en este sondeo 59,80 metros.

Sondeo S-VI-4-4. Situado al E del anterior y distante de él unos 400 metros, alcanzó una profundidad de 59,50 m. Se colocó en una cantera abandonada allí existente.

Entre los puntos kilométricos 0 y 1 de la carretera lo

cal Alcaudete-Noguerones, arranca un camino carretero que conduce al "Cortijo de Soto Marañón" donde se ubicó el sondeo S-VI-4-5, muy próximo a dicho camino y aproximadamente a 1.500 metros antes de llegar al citado cortijo. Alcanzó una profundidad de 19,50 metros.

El sondeo S-VI-4-6 se colocó en la cantera de "tumba - la graja" en el banco inferior de explotación, existiendo una diferencia de cota con respecto al S-VI-4-3 de unos 70-80 m . La profundidad alcanzada fue de 52,00 metros. Con la ejecución de estos dos sondeos se obtuvo una columna litológica de la masa de yeso existente en este diapiro, de 111,80 metros.

Por último el sondeo S-VI-4-7 se emplazó al NO de los anteriores sobre unos afloramientos yesíferos, cuya situación se describe en el mapa geológico correspondiente a esta zona de Alcaudete. El sondeo alcanzó una profundidad de 48,80 m.

Las columnas litológicas procedentes de los sondeos realizados en esta zona, así como los resultados de los análisis químicos y mineralógicos realizados a las correspondientes muestras se describe en el tomo II de este informe.

Se han tomado en campo, y correspondiente a esta zona, 21 muestras superficiales, de las cuales se han seleccionado 8 a las que se le han realizado análisis químicos y mineralógicos, y cuyos resultados son los siguientes:

Número de la muestra	Análisis químico (%)								Análisis Mineralógico (%)			
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ Ca 2H ₂ O	SO ₄ Ca	OTROS MINERALES	
VI-4- 1	0,05	0,21	32,25	0,51	0,07	43,77	0,03	0,04	> 95		Bassanita (tr)	
VI-4- 4	0,43	0,71	32,26	0,87	0,02	41,36	0,08	0,06	> 95		Dolomita (5)	
VI-4- 6	0,52	0,60	32,25	0,81	0,05	41,60	0,06	0,05	> 95		Dolomita (5)	
VI-4-10	2,14	0,93	31,19	0,63	0,28	42,46	0,23	0,05	> 95		Bassanita (tr) Celestina (5)	
VI-4-12	1,65	0,86	31,64	0,58	0,26	42,70	0,18	0,05	> 95		Bassanita 5	
VI-4-17	0,64	0,14	32,25	0,55	0,22	45,34	0,03	0,08	75	20	Celestina 5	
VI-4-19	0,43	0,57	32,60	0,81	0,09	43,08	0,05	0,05	> 95		Dolomita 5	
VI-4-21	1,07	1,00	32,25	0,24	0,19	43,29	0,12	0,06	> 95		Cuarzo 5	

En esta zona se han estimado unas reservas de yeso superiores a $100 \times 10^6 \text{ m}^3$.

4.3.9.- Zona VI-5 Huelma (Jaén)

4.3.9.1.- Situación de la zona

Se encuentra situada dentro del Dominio Subbético y más concretamente en el Manto de Cambil (GARCIA DUEÑAS, 1967).

Geográficamente está comprendida dentro de las hojas - del M.T.N. a escala 1:50.000 números 947 (Jaén), 948 (Torres), 969 (Valdepeñas de Jaén) y 970 (Huelma).

Los ríos Jandulilla y Campillo atraviesan respectivamente el E y O de la zona. El límite N lo constituye la Sierra Mágina, mientras que el S lo delimita la línea que une las localidades de Carchelejo y Arbuniel.

Los núcleos de población más importantes son Huelma y

Cambil.

A la zona puede accederse por la C.N. n° 323 Jaén-Granada, así como por la también nacional 324 Jaén-Almería. La primera sigue el curso del río Campillo, mientras que la segunda recorre gran parte del área norte.

La C.C 325 Ubeda-Huelma, transcurre por el valle del río Jandulilla y recorre el E de la zona. Existen también otras carreteras locales que comunican los distintos pueblos existentes.

A pesar de tener bastantes accesos, las comunicaciones son en general incómodas debido al relieve tan acusado de la zona.

4.3.9.2.- Análisis de yacimientos

Los yacimientos de yeso de la zona están dentro del Dominio Subbético, y se pueden agrupar fundamentalmente en dos áreas: una situada al O. dentro de lo que GARCIA DUEÑAS (1967) ha denominado Manto de Cambil y otra situada en la parte E. de la zona, a lo largo del valle del río Jandulilla.

Existen sólomente dos canteras en explotación, ambas al E de Huelma. La primera al N del km 160 de la C.N. 324 (Jaén-Almería) y la segunda al E del punto kilométrico 51 de la C.C. Ubeda-Huelma.

En la cantera situada al N del km 160 de la C.N. 324, se observa un yeso masivo gris arcilloso, con algún nivel más puro, blanco, de 1 ó 2 m. El frente es de 7 u 8 metros, mana agua en la base del mismo en su lado N. Su actividad parece

ser intermitente y el material arrancado lo transportan en una carretilla a motor hasta un horno de leña situado a la salida de la cantera donde lo cuecen y fabrican yeso corriente para construcción.

En la segunda, el yeso es de color gris, tiene intercalaciones arcillosas y calcáreas y se encuentra muy replegado. Se tomó la muestra superficial n° 4. La fotografía n° 23 representa un diapiro de yeso de pequeñas dimensiones situado inmediatamente al S del cerro que se explota.

El resto de las canteras existentes en la zona están inactivas. Al O del km 48 (600 m) de la carretera Ubeda-Huelma, en un lugar bastante inaccesible (Cortijo de Casablanca) hay una cantera abandonada de unos 9 metros de altura de frente (Fotografía 24). Los dos metros inferiores son de yesos grises con intercalaciones margo-calcáreas; y hacia arriba alternan los yesos blancos con los grises. Son yesos masivos y duros que afloran en bancos de 1 a 1,5 m de potencia.

Al N de Belmez de la Moraleda, existen varias canteras abandonadas, con niveles de yeso blanco bastante puros, alternando con otros que contienen abundante arcilla y son pobres en yeso, circunstancia que hizo inevitable la explotación selectiva en estas canteras.

En el extremo Nororiental de la zona, a unos 500 m del cruce de la C.C. 325 con la local de Cabra hay una cantera inactiva (Fotografía 25) en la que se explotaba un yeso finamente bandeado, ropiéndose en lajas según los planos de estratificación. En estos planos aparecen intercalaciones de arcillas, y a veces de dolomias y calizas. El frente es de unos 7 metros, siendo la parte alta de tonos cremas, grises

y blancos y la inferior de colores rojos y verde-amarillentos. Tiene una cubierta vegetal de unos 30 cm de espesor. Se tomó la muestra n° 9.

Al S del cementerio de Cambil hay varias canteras juntas, una de las cuales está al O de la carretera. El yeso es de calidad variable, apareciendo desde yesos blancos masivos alabastrinos (muestra n° 10) hasta yesos de color gris, bastante carstificados. Se observan inclusiones margo-calcáreas (Fotografía 26).

Entre Arbuniel y Cambil en las laderas del río Arbuniel aparecen unos yesos de colores grises y rojos fundamentalmente, junto con arcillas, así como bloques de calizas como el de la fotografía 27, de aspecto olistostrómico.

La muestra n° 20 fue tomada al S de la carretera local de Arbuniel a la 323, en una antigua cantera abandonada. El yeso presenta tonos blancos y grises, no es muy duro y está carstificado. Hay una zona rellena por arcilla que puede ser relleno de cavidad cárstica o de fractura (fotografía 28).

Muy cerca del desvío a Carchelejo (unos 500 m al O) hay unas antiguas explotaciones en las que utilizaban unas vagonetas de tracción manual para transportar el yeso hasta los hornos de leña. Dicho yeso está replegado y fracturado - presentando zonas de distinta coloración pero de similar dureza, en general es duro y masivo, la altura del frente es de unos 15 metros. En conjunto parece un diapiro que ha sido erosionado por el arroyo.

Al E.NE de Carchelejo aflora un yeso gris carstificado alternando con otro más arcilloso, que ha sido antigua

mente explotado aunque poco intensamente.

En la vaguada del río Campillo alternan yesos grises de mala calidad con los limos versicolores, fundamentalmente entre los kms 360-362 de C.N. 323.

Saliendo por la C.N. 324 de Cambil hacia el E hay varias canteras abandonadas y varios yacimientos de yesos arcillosos. Al SO de Cambil en los alrededores del Cortijo de Maravedises aflora un yeso de buena calidad, y se tomó la muestra nº 24.

El sondeo S-VI-5-1 se emplazó al NE de Huelma, en la margen izquierda y a la altura del punto kilométrico 51 de la C.C.-325 (Ubeda-Huelma), a unos 150 metros de esta última, en una explotación activa existente.

La perforación alcanzó 28,90 metros, de los cuales, - los 15 primeros metros fueron de yeso masivo alternando con algunos pequeños niveles margo-arcillosos, y los restantes - lo constituyeron niveles alternantes de yeso y arcillas margosas, en los cuales la fracción yesífera contiene un índice alto de pureza, según se puede observar en las muestras procedentes de este sondeo.

La presencia generalizada de niveles margo-arcillosos alternantes con los de yeso, observados en la zona, a través de los frentes abandonados de cantera y cortes naturales - existentes, ha hecho innecesaria la realización de otros sondeos.

Se han recogido 24 muestras superficiales, de las cuales se han realizado análisis químicos y mineralógicos por

difracción de rayos X, a las que se han considerado más representativas. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Número de la muestra	ANÁLISIS QUÍMICO (%)								ANÁLISIS MINERALÓGICO (%)		
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ Ca 2H ₂ O	SO ₄ Ca	O T R O S MINERALES
VI-5-4	0,32	0,07	32,60	0,51	0,47	43,77	0,03	0,05	>95		Bassanita (tr)
VI-5-8	0,64	0,93	32,60	0,13	0,09	44,93	0,04	0,05	>95		Celestina (<5)
VI-5-9	0,60	0,72	32,60	0,12	0,08	44,65	0,04	0,05	>95		Celestina (<5)
VI-5-13	0,64	0,57	32,55	0,09	0,08	44,02	0,03	0,04	>95		Cuarzo (tr)
VI-5-14	0,64	0,57	32,61	0,08	0,09	44,11	0,03	0,04	>95		Cuarzo (<5)
VI-5-16	0,64	0,57	32,60	0,25	0,09	43,77	0,05	0,05	>95	<5	
VI-5-17	0,61	0,48	32,60	0,21	0,09	43,82	0,05	0,05	>95	<5	
VI-5-19	0,64	0,51	32,60	0,19	0,09	44,01	0,05	0,05	>95	(tr)	
VI-5-22	0,56	0,58	32,61	0,20	0,10	44,11	0,04	0,04	>95	(tr)	
VI-5-24	0,54	0,57	32,60	0,19	0,09	44,11	0,04	0,04	>95	(tr)	

Debe hacerse notar que estas muestras superficiales - analizadas, se han tomado de niveles de yeso, habiéndose obtenido en ellas una alta ley en SO₄Ca.2H₂O; sin embargo la abundancia en toda la zona de niveles margo-yesíferos alternantes con los de yeso, disminuyen considerablemente la ley media en SO₄Ca.2H₂O del yacimiento correspondiente.

En esta zona se han estimado unas reservas de yeso superiores a 120 x 10⁶ m³.

4.3.10.- Zona VI-6 Cabra del Santo Cristo (Jaén)

4.3.10.1.- Situación de la zona

La zona se encuentra situada en su totalidad en la provincia de Jaén, entre las sierras de Mágina y de Cabra del Santo Cristo (al O) y de Cazorla (al NO), apareciendo dentro de la zona algunas pequeñas sierras como Chantre, Sierra de Larva y Peña Cambrón. Está recorrida en su extremo E por el río Guadiana Menor, que sigue una trayectoria de NO a SE y en su extremo NO por el río Jandulilla.

Comprende parte de las hojas números 927 (Baeza); núm. 928 (Cazorla), núm. 948 (Torres) y núm. 949 (Pozo Alcón), del Mapa Topográfico Nacional a Escala 1:50.000, quedando limitada aproximadamente por los paralelos 37°40'04" y 37°50'49" de latitud N y los meridianos 3°20'24" y 3°00'00" de latitud O respecto del meridiano de Greenwich.

Los accesos a la zona se pueden realizar, por las carreteras comarcales 325, 328 y 323, de las cuales parten las carreteras locales que van a los dos pueblos más importantes, dentro de la zona, Cabra del Santo Cristo y Huesa. Existe alguna carretera local más, y sobre todo caminos y pistas forestales, que es el medio de acceso más utilizado para recorrer la zona. Está atravesada de S a N por el ferrocarril Linares-Granada.

En el interior de la zona existen las siguientes localidades: Cabra del Santo Cristo en el ángulo SO, Larva en el centro, Huesa y Belerdas en el límite E de la misma. Se encuentra muy poco poblada, y los núcleos próximos más importantes son Jódar, Bedmar, Pozo Alcón y Quesada.

El relieve es muy abrupto en la mitad S y más suave - en la N. Existen algunas sierras en el interior de la zona , formadas por materiales miocenos o jurásicos-cretácicos, que destacan del resto del relieve. Además de los dos ríos citados que la atraviesan, existen grandes bancos producidos - por el Arroyo del Salado o del Rollo, que circula de S a N por la mitad O de la zona, además de los producidos por diversas ramblas encajadas.

Los accesos a las masas de yeso son muy malos, pues en su mayor parte implican recorridos de muchos kilómetros - por caminos y pistas forestales. Por otra parte los accesos desde la zona, a los posibles mercados exteriores a ella son también malos, pues deben hacerse por carreteras comarcales en deficiente estado.

4.3.10.2.- Análisis de yacimientos

Los yacimientos de yeso se encuentran situados dentro del Trías subbético.

El Trías subbético aflora extensamente en la zona. En algunos puntos al O de la misma aparece cabalgando al Cretácico mientras en otros no se observa claramente el muro.

En dicha zona sólo existe una explotación en activo - situada cerca de Huesa, a unos 2 km al O del pueblo. En esta explotación existe un horno continuo que funcionaba con fuel, pero que debido a problemas de costes se abastece hoy con leña.

En esta cantera, el yeso es de color blanco, y contiene pequeños niveles estratificados de arcillas verdosas al-

ternantes con los de yeso. Asimismo se observan intercalaciones de calizas grises tableadas, del orden de 30 cms de espesor, encontrándose todo el conjunto muy replegado dada su estructura claramente diapírica.

La cantera consta de dos frentes; uno superior de unos 15 metros de altura y otro situado bajo este y un poco más al O de unos 10 metros.

Como ya se ha dicho en el apartado anterior, la zona está atravesada por el ferrocarril Linares-Granada, circunstancia que ha permitido tener acceso a trincheras y cortes de roca frescos, descubriendo que en varios puntos del trazado se corta yeso de buena calidad pero que debido al paso del ferrocarril hace impensable o dificulta mucho su explotación. No obstante, se tomó la muestra n° 10 junto al Km 77,6 apareciendo en la trinchera un yeso blanco, duro en bancos de unos 40 cm, y con una altura de frente visto de 4 m.

Entre los km 79,6 y 80 del ferrocarril vuelven a aparecer yesos blancos masivos y de buena calidad, así como otros de color crema pero también de buena calidad. Se tomó la muestra n° 11.

En el km 72,3 aflora un yeso blanco tipo alabastrino, duro aunque algo carstificado. En este punto se tomó la muestra n° 12. Hay otros cerros cercanos que aunque no presentan un corte fresco como éste, son del mismo tipo.

Al NO de este último afloramiento se encuentra otro en el km 71,3 que contiene yeso blanco de buena calidad y que se encuentra coronado por dolomias del Trías. Igualmente a 1,5 kms al NE de la estación de Larva existen unos pequeños afloramientos

ramientos de yeso blanco, algo recubiertos en donde se tomó la muestra n° 13.

Junto a la estación de Huesa hay varias canteras abandonadas, que poseen yeso blanco-grisáceo, en capas de hasta 1 metro. Se encuentra replegado, y al techo contiene unas calizas tableadas blanquecinas de 2 m de potencia. La altura del frente abandonado de cantera es de 5 m (fotografía 29).

La fotografía n° 30 pertenece también al área que estamos describiendo, y situada al S de la estación de Huesa. Existe una cantera inactiva, en el cerro yesífero, en la cual las capas de yeso blanco son subverticales, y tienen a muro y techo respectivamente, arcillas abigarradas y calizas.

En el límite E de la zona, junto a Belerdas, se encuentran yesos de tonos blancos, masivos y carstificados. Existen varias canteras inactivas junto a la carretera, en las cuales el yeso es blanco, masivo en niveles algo plegados. Se tomó la muestra n° 22.

Al O de la estación de Larva hay una mancha de yesos bastante grande, con buzamiento casi vertical y dirección próxima a la E-O (N 85°E). El yeso en superficie se presenta alterado y con aspecto arcilloso, además aparecen placas de yeso espejuelo.

Muy próximo a Cabra, al N del pueblo y a ambos lados de la carretera se encuentran varias canteras que fueron antiguamente explotadas. Son de reducidas dimensiones y contienen yeso sacaroideo de mediana calidad. Sobre él afloran arcillas y margas de tonos verdes y rojos de 4 m de potencia. En la vertiente N del macizo de Cabra, las canteras abandonadas existen

tes, contienen niveles de yeso blanco alternando con otros grises más arcillosos, de aproximadamente 4-5 m de potencia. Sobre estos niveles se apoya un banco de calizas de bastante dureza y tonalidades claras (Fotografía 31).

Al E del pico de las Altarillas, en el collado, aflora yeso de buena calidad, de color grisáceo, bastante duro, y que aparenta estar cabalgando sobre las margas blancas del Cretácico Inferior. Se tomó la muestra n° 3.

La muestra n° 5 fue tomada a 4 km al N de la estación anterior en un cerro de yeso, alabastrino de una potencia de 100-120 m, que se encuentra coronado por calizas triásicas.

En la carretera vieja que parte del Guadiana Menor a Quesada se observan unas masas de yeso aisladas, que parecen cabalgar sobre las margas blancas cretácicas, y a veces sobre las mismas calizas del Triás. Estos yesos están muy tectonizados e incluyen a veces grandes bloques de calizas. Sólo existe un pequeño "rascadero" masivo en la mancha de la carretera vieja de Quesada (fotografías 32, 33 y 34).

Se ha realizado un sondeo mecánico a rotación con recuperación de testigo continuo, alcanzando 46,10 m de profundidad. Dada la imposibilidad de acceder con la máquina a la cima del diapiro, se realizó el sondeo en la plaza de cantera activa, única existente en la zona.

La diferencia de cota existente entre la superficie y el punto de ubicación del sondeo fue de 30 m.

La calidad del yeso observado en el frente de cantera es análogo al obtenido en los 16 primeros m del sondeo VI-6-1, realizado: tramos potentes de yeso alabastrino 95% de pureza, alternando con otros mas pequeños conteniendo margas y arcillas

especialmente.

A partir de los 18 metros el sondeo cortó un potente nivel de anhidrita, que se prolongó hasta los 36 m. Desde esta cota hasta el final aparecieron niveles de yesos grises y oscuros.

La ubicación de este sondeo se efectuó a unos 2,5 Kms al O de la localidad de Huesa. El acceso se realizó a través de la carretera local de Huesa a la "Venta de Bayona", partiendo un carril a unos 2 kms de la primera con dirección O, que lleva a la cantera ya citada.

En esta zona se han estimado unas reservas de yeso superiores a los $350 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Se han recogido 22 muestras superficiales, de las cuales se han realizado análisis químicos y mineralógicos por difracción de Rayos X a las que se han considerado más representativas.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

N° de la muestra	ANÁLISIS QUÍMICO %						ANÁLISIS MINERALÓGICO %				
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ Ca.2H ₂ O	SO ₄ Ca	Otros minerales
VI-6- 3	0,43	0,86	32,61	0,26	0,09	44,73	0,06	0,08	~ 100		
VI-6- 4	0,43	0,92	32,60	0,23	0,05	43,70	0,05	0,07	~ 100		
VI-6- 5	0,43	1,07	32,60	0,21	0,03	43,29	0,02	0,05	~ 100		
VI-6-11	0,86	1,00	31,55	0,60	0,19	44,18	0,20	0,08	~ 100		
VI-6-12	0,43	1,07	32,25	1,44	0,09	39,86	0,04	0,07	> 95		Celestina <5
VI-6-19	0,75	0,10	32,26	0,40	0,32	37,11	0,06	0,05	~ 100		
VI-6-22	0,43	0,57	32,60	0,23	0,05	43,70	0,05	0,07	~ 100		

4.4.- EL BETICO

4.4.1.- Estratigrafía

La zona Bética es la más interna de las tres grandes unidades en que se pueden dividir las cordilleras béticas, por lo cual también se suele llamar Zonas Internas.

Está constituida por materiales paleozóicos y triásicos fundamentalmente y de modo muy local precámbrico y mesozóico - paleógenos (RIVAS, et al, 1.979). Presentan un metamorfismo generalizado de grado diferente según las unidades y de edad pre-alpídica (en parte de los terrenos paleozóicos) y alpídica. Muestra unas estructuras en grandes mantos de corrimiento que afectan al conjunto de los materiales, tanto al zócalo como a la cobertera.

Se diferencian tres grandes complejos que corresponden a tres grandes mantos de corrimiento superpuestos, que son: Complejo Nevado-Filábride, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide. Cada uno de estos complejos se subdivide en otros de rango menor que también presenta estructura en mantos de corrimiento (fig. 4).

Como dentro del Dominio Bético sólo se ha estudiado una zona que comprende la Sierra de Almagro, (Huerca-Overa), nos ceñiremos a la estratigrafía de esta zona.

EGELER y SIMON (1969) distinguen en la parte oriental de la Zona Bética cuatro complejos, que son de abajo a arriba: Complejo Nevado-Filabride, Complejo Ballabona-Cucharón, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide.

En la Sierra de Almagro están representados fundamentalmente los complejos Ballabona-Cucharón y Alpujárride, apareciendo el Maláguide en afloramientos muy aislados y reducidos.

VOERMANS et al (1980) distinguen dentro de la Sierra de Almagro materiales del Complejo Maláguide (que incluye materiales devónicos y terciarios), que afloran muy aisladamente y son de muy escasa entidad (algunos metros cuadrados); La Unidad Partaloa, perteneciente al Complejo Alpujárride y compuesta por materiales cuya edad varía del Precámbrico al Triásico y las unidades Almagro-Cucharón (Permo-Triás) y Ballabona - (Triás superior), pertenecientes al Complejo Ballabona-Cucharón. Por tanto los dos complejos que prácticamente ocupan toda la sierra son el Ballabona-Cucharón y el Alpujárride. La unidad que ocupa más extensión es la de Almagro-Cucharón.

A continuación se describen las características litológicas de las unidades pertenecientes a estos dos complejos.

- Unidad Ballabona. Se compone según VOERMANS (1973) de cinco secuencias litológicas, de abajo a arriba, dos secuencias compuestas de cuarcitas y filitas, seguidas por otras dos secuencias compuestas por filitas, cuarcitas y rocas carbonatadas con intercalaciones de yeso, y finalmente calizas y dolomías, con estratificación de potente a masiva. Las cuatro secuencias inferiores constituyen la formación Ballabona inferior y la secuencia superior la formación Ballabona superior. Localmente se encuentran intrusiones básicas.

Esta última unidad se encuentra representada fundamentalmente en el sector Sur de la Sierra.

- Unidad Almagro-Cucharón (fotografía 37). Se compone -

de cuatro formaciones, de abajo a arriba: formación-cuarcítica, constituida por cuarcitas rojo violeta con alguna intercalación pizarrosa y de yeso en su parte superior, formación calizo-dolomítica, constituida por un tramo de pizarras con algo de yeso y brechas tectónicas entre dos tramos calizo-dolomíticos, formación Cucharón inferior, constituida por filitas, pizarras y cuarcitas, con intercalaciones de yeso, a veces muy importantes y calizas laminadas amarillentas, y formación Cucharón superior, constituida por calizas y dolomías de tonos amarillos y grises con alguna intercalación de filitas y pizarras.

En esta unidad se sitúan la mayoría de los yacimientos de yeso encontrados, concretamente dentro de la formación Cucharón inferior, estando el yeso intercalado estratigráficamente en algunos lugares, aunque en la mayoría de los casos está en forma de masas irregulares de estructura caótica: Esta unidad es la más extendida en la Sierra de Almagro.

Las potencias máximas citadas (VOERMANS 1980) en la Hoja de Huerca-Overa para estas formaciones son de 70 m para la f. cuarcítica, 180 m para la f. calcodolomítica, 100 m para la f. Cucharón inferior y 150 m para la f. Cucharón superior.

El contacto entre la formación calizo-dolomítica y la formación Cucharón inferior es siempre de origen tectónico. En algunos puntos se observa el cabalgamiento de la formación Cucharón inferior sobre las calizas de la formación Cucharón superior.

Tanto la Unidad Ballabona como la Almagro-Cucharón pertenecen al Complejo Ballabona-Cucharón.

- Unidad Partaloa. Pertenece al Complejo Alpujárride. Se pueden distinguir de abajo a arriba las siguientes formaciones: formación de micaesquistos, caracterizada por micaesquistos grises oscuros en la base, y cuarcitas y filitas en la parte superior, formación filítico-cuarcítica, constituida por cuarcitas gris-azuladas con finas intercalaciones filíticas abigarradas en la base, que hacia el techo pasan a filitas de tonos azules, rosados y rojizos con intercalaciones calcáreas y a veces yeso, cerca del techo, y formación carbonatada, constituida por calizas con alguna intercalación filítica en la base y dolomías en la parte superior.

La potencia máxima aflorante es de 30 m para la formación de micaesquistos, 150 m para la formación filítico-cuarcítica y 150 m para la formación carbonatada.

La Unidad de Partaloa pertenecería al Complejo Alpujárride inferior. El Complejo Alpujárride superior no está representado en la sierra.

- Complejo Maláguide. Aflora en algunos puntos aislados de la Sierra de Almagro, en general muy pequeños. Está constituida de abajo a arriba por la formación grauwaca, compuesta por grauwacas verdes, formación de areniscas, constituida por areniscas rojizas, conglomerados y pizarras, y formación caliza, constituida por diferentes tipos de calizas oolíticas y con fauna.

Los depósitos post-mantos están representados principalmente en el sector NO de la sierra, y en el valle del río Almanzora, y comprenden sedimentos, que varían en edad, desde el

Aquitaniense-Burdigaliense al Cuaternario, con predominio de los materiales detríticos.

El "Neógeno antiguo" (VOERMANS, et al, 1980) está formado por calizas, margas y microconglomerados rojos procedentes de los complejos Alpujárride y Maláguide, y el "Neógeno moderno" está formado por conglomerados rojos y calizas organógenas, siendo los materiales detríticos, procedentes del Complejo Nevado-Filábride.

El Cuaternario está constituido sobre todo, por los depósitos aluviales del río Almanzora, así como depósitos coluviales y derrubios de ladera.

4.4.2.- Tectónica

La tectónica de la zona viene caracterizada sobre todo por la acumulación de diferentes materiales, producida por las sucesivas superposiciones de mantos de corrimiento, en los que se observan diferentes fases de plegamientos así como - fracturación.

Basándose en datos de diferentes autores de la Universidad de Amsterdam, VOERMANS, et al (1980) dan un esquema de secuencias tectónicas para la región oriental de la Zona Bética.

Establecen cuatro fases de deformación (D_1 , D_2 , D_3 y D_4). La primera fase (D_1), produce el desarrollo de un plano axial de clivaje (S_1) y de pliegues apretados e isoclinales.

La segunda fase (D_2), produce en las rocas alpujárrides un intenso clivaje de crenulación (S_2) y da lugar a pliegues de todas las escalas, desde abiertos a isoclinales.

La tercera fase (D_3), plegó todas las estructuras precedentes, deformando la S_2 . Los pliegues suelen tener un plano axial de clivaje subvertical y muestran formas conjugadas, dando lugar a "pliegues caja".

La cuarta fase (D_4), produce "Kink bands" con un plano axial de clivaje muy vertical.

Por otra parte se dan tres fases mayores de traslaciones una (T_{1a}) relacionada con la primera fase de deformación (D_1). En el Complejo Ballabona-Cucharón, tuvo lugar una fase de traslación entre D_1 y D_2 (T_{1b}). Entre D_2 y D_3 hubo importantes traslaciones (T_2) que acusaron cabalgamientos de gran escala, con despegues locales internos dentro de las unidades tectónicas. La tercera fase de movimientos de traslación (T_3) es posterior a la D_3 ya que sus pliegues están cortados por estos planos de cabalgamiento.

Se considera a T_{1b} responsable de casi todos los despegues internos de la Unidad Almagro-Cucharón. La fase de movimientos T_2 parece ser responsable del cabalgamiento de las secuencias de los complejos Maláguide y Alpujárride, sobre los Nevado-Filábride y Ballabona-Cucharón.

La fase T_3 de movimientos, parece la causante de la imbricación de materiales del Complejo Maláguide con los del Complejo Alpujárride en la Sierra de Almagro.

En el sector S de la Sierra de Almagro, las rocas de la Unidad Ballabona han sido empujadas sobre las rocas de la Unidad Almagro-Cucharón. El plano de corrimiento va aproximadamente E-O. Esto se habría debido a T_3 o movimientos más jóvenes.

Tras T_3 no hay movimientos de deslizamientos importantes.

Los materiales post-mantos solo están afectados por pliegues y fallas inversas, normales y de desgarre, de fases posteriores a D_4 .

4.4.3.- Historia geológica

Las secuencias litoestratigráficas triásicas del Complejo Ballabona-Cucharón están muy relacionadas con las del Complejo Nevado-Filábride. Hasta el Ladiniense superior tenía lugar una sedimentación psammítica. La forma de depósito de las cuarcitas rojas de dicha formación cuarcítica no es bien conocida. Las pizarras asociadas con yeso indican una sedimentación en medio salino. Las rocas carbonatadas de la formación calizo-dolomítica son de aguas someras y no de mar abierto (se deduce de la fauna de ostrácodos).

Durante los comienzos del Carniense se depositó material pelítico a veces con considerable cantidad de yeso en las formaciones Cucharón inferior y Ballabona inferior, lo que parece indicar sedimentación en un mar somero de evaporación y quizá un medio acuático de bajos fondos. Las secuencias carbonatadas de las formaciones Cucharón superior y Ballabona superior están asociadas a un medio marino.

Las partes superiores de las secuencias pre-(permo) triásicas de las unidades Alpujárrides, fundamentalmente detríticas, son atribuidas a depósitos mediante corrientes de turbidez por comparación con el Complejo Maláguide de la región de Vélez Rubio.

Las series permo-triásicas fundamentalmente pelíticas y con yeso en la parte superior, sugieren un depósito en medio salino. Durante el Triás medio-superior cambiaron bruscamente las condiciones, pues se sedimentaron rocas carbonatadas en un medio marino.

Las rocas de la formación Grauwaca del Complejo Maláguide, representan depósitos de corrientes de turbidez durante el Devónico-Carbonífero.

Las series permo-triásicas pelíticas y psammíticas se debieron depositar en aguas marinas someras, fluviales o lacustres. Durante el Jurásico y Cretácico se sedimentan carbonatos marinos en medios intersticiales. En el Terciario, hasta el Eoceno medio, la sedimentación tiene lugar en aguas marinas, someras o lagunares.

Después de terminar las fases orogénicas alpinas, que dieron lugar a los mantos béticos, no se tienen apenas datos hasta el Mioceno superior. Unicamente existe un pequeño afloramiento del Mioceno inferior en el sector NO de la Sierra de Almagro. Debió existir un período transgresivo, cubriendo el mar extensas zonas al E de las Cordilleras Béticas.

El Neógeno moderno comienza con unos conglomerados depositados en un medio con influencias fluviales y marino-costeras. A continuación existió una etapa erosiva, seguida por una etapa transgresiva que daría lugar a la deposición de arenas, lutitas, margas y margocalizas. En el sector comprendido entre la Sierra de Las Estancias, región de Limaria y Sierra de Almagro, existió un medio de depósito mixto entre marino y lagunar.

Posteriormente, existió una nueva transgresión sobre todo lo anterior que depositó margas y margocalizas azuladas.

Durante el Cuaternario se alcanzó el nivel de la cuenca, levantándose a continuación toda la región, lo que dió lugar al encajamiento de los cursos fluviales.

4.4.4.- Los yacimientos de yeso

Los yacimientos de yeso de la Sierra de Almagro se encuentran en su mayor parte en la formación Cucharón inferior, perteneciente a la Unidad Almagro-Cucharón, que como ya se dijo está constituida por filitas, pizarras y cuarcitas con intercalaciones de yeso a veces muy importantes, y calizas laminadas amarillentas.

En algunos casos, el yeso está intercalado estratigráficamente, pero en general, está en forma de masas irregulares de estructura caótica. En algunas áreas, como la Yesería de la Parra (Al Este de la C.N. 340), la formación Cucharón inferior está casi exclusivamente representada por masas de yeso englobando bloques con distribución casual, consistentes en rocas de la formación Cucharón inferior y de la formación Cucharón superior. En otros casos está caóticamente entre las pizarras, filitas y cuarcitas de esta formación.

En los yacimientos suele aparecer el yeso masivo, blanco sin observarse cristales en general. Parece un yeso de buena calidad.

Además de la formación Cucharón inferior, existe también algún yacimiento de yeso en la Unidad Partalaoa del Complejo Alpujárride, y en la Unidad Ballabona. En el caso de la Unidad Partalaoa, el yeso se encuentra cerca del techo de la formación filítico-cuarcítica (intermedia), constituida en su base por cuar

citadas gris-azuladas con finas intercalaciones filíticas abigarradas, que hacia el techo presenta filitas de tonos azules, rosadas y rojizos con intercalaciones margo-calcáreas y a veces yeso.

El yeso de esta Unidad es parecido al de la Almagro-Cucharón, pero algo más arcilloso, más sacaroideo. Se presenta también masivo.

En la Unidad Ballabona, el yeso se encuentra en la parte alta de la formación Ballabona inferior, compuesta por filitas, cuarcitas y rocas carbonatadas con intercalaciones de yeso.

La potencia de las masas de yeso es muy variable, debido a la geometría con que se presentan. Así en las canteras situadas inmediatamente al SE del km 226,5 de la C.N. 340, la potencia visible es de unos 10 m, mientras en las situadas al E del km 225,5 de la misma carretera (Yesería de la Parra), existe una gran masa de yeso en extensión y con una altura de afloramiento de unos 30 m. Se trata de yeso de una calidad aceptable a buena, que no presenta muchas impurezas, aunque sí bloques dispersos de mármol y otros materiales de la undad a que pertenece.

La cantidad de yeso existente es elevada (casi toda en la formación Cucharón inferior) en toda la Sierra de Almagro, existiendo masas de yeso de las que se pueden extraer grandes volúmenes. El problema más importante es la inaccesibilidad de muchas de ellas, debido a la topografía abrupta, y a las escasas comunicaciones que presenta la sierra.

Actualmente sólo se benefician estos yesos en dos áreas una situada al E del km 225,5 de la C.N. 340 y otra al N de la sierra en un lugar llamado el Rincón, ambas pertenecientes a la formación Cucharón inferior. Existen algunas canteras abandonada

das en esta formación y en la formación filítico-cuarcítica de la Unidad Partaloa, así como en el techo de la formación Ballabona inferior.

El sistema de extracción en las explotaciones actuales, es a cielo abierto, con grandes frentes y empleo de maquinaria apropiada.

4.4.5.- Selección de zonas

En el Dominio Bético solamente se ha seleccionado una zona, denominada Huercal-Overa (Almería) que comprende íntegramente la Sierra de Almagro, situada al N de esta localidad.

Se ha seleccionado esta zona por la potencialidad yesífera de la misma, sobre todo el de la formación Cucharón inferior, en la que ya existen dos explotaciones importantes. El resto de la provincia de Almería ya fue estudiado anteriormente.

Se describen a continuación las características de la zona seleccionada.

4.4.6.- Zona VI-7. Huercal-Overa

4.4.6.1.- Situación de la zona

Esta zona se encuentra situada en su totalidad en la provincia de Almería, al NE de la misma, muy próxima a la provincia de Murcia.

El área investigada comprende en su totalidad la Sierra de Almagro, teniendo como pueblos más próximos, Huercal-Overa - al NO de la misma y Cuevas del Almanzora al SE (fuera de la zona).

Está atravesada en su parte SO por el río Almanzora. Comprende parte de las hojas núm. 996 (Huerca-Overa), núm. 997 (Aguilas), núm. 1014 (Vera) y núm. 1015 (Garrucha) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, quedando limitada por los paralelos 37°18'39" y 37°24'02" de latitud N y los meridianos 1°48'52" y 1°58'17" de longitud O respecto del meridiano de Greenwich. Los accesos a la zona se pueden realizar por la C.N. 323. Al interior de la zona de estudio sólo existe acceso por caminos, pistas forestales y pistas de la Confederación Hidrográfica del Sur.

El relieve es muy abrupto, existiendo cerros muy escarpados, atravesados por ramblas encajadas.

La máxima altura está en el Cerro Cucharón con 711 m mientras que el cauce del río Almanzora está a una altura próxima a los 150 m. Por todo esto las comunicaciones entre el interior de la sierra y las carreteras que las bordean son muy malas. La comunicación con Almería y Murcia, se hace por la C.N. 340.

4.4.6.2.- Análisis de yacimientos

Como ya se dijo, los materiales comprendidos en esta zona pertenecen en su mayor parte a la Unidad Almagro-Cucharón, así como a las Unidades Ballabona (ambas del Complejo Ballabona-Cucharón) y Partaloa (Complejo Alpujárride). Las edades de estos materiales van desde el Pérmico al Trías superior en la Unidad Almagro-Cucharón, siendo la Unidad Ballabona de edad Trías superior. La Unidad Partaloa va desde el Precámbrico y Carbonífero de su formación inferior, al Pérmico y Triásico de las formaciones media y superior.

Las masas de yeso de las formaciones Cucharón inferior y Ballabona inferior son de edad Carniense (Trías superior), mientras que los yesos del techo de la formación filítico-cuarcítica de la Unidad de Partaloa son del Permo-Trías.

La mayoría de los yacimientos de yeso se encuentran en la formación Cucharón inferior (Fotografía 37), presentándose en general como masas irregulares de estructura caótica, que a veces constituyen por sí solas la formación, englobando bloques sin una distribución concreta, de materiales de las formaciones Cucharón inferior y superior. En ocasiones se observan a techo de los yesos unas calizas más o menos continuas, y en otros casos, se presentan bloques de calizas amarillentas fracturadas.

La problemática de las masas de yeso de las unidades Ballabona y Partaloa, es la misma que la de la Unidad Almagro-Cucharón, presentándose a veces interestratificadas, y en muchas ocasiones en masas irregulares con estructuras caóticas debido a la fuerte tectonización.

Por todo lo expuesto las potencias y espesores aflorantes son muy variables, así como la altura topográfica a que se presentan los yacimientos.

El Cuaternario está constituido por depósitos aluviales del río Almanzora, así como, coluviones y derrubios de ladera.

En esta zona existen dos explotaciones activas y 23 inactivas. Las dos explotaciones activas se hallan situadas una al E del km 225,5 de la C.N. 340, en la Yesería de la Parra (actualmente YESOS DE LA UNION) en el borde O de la sierra, y la otra en el borde N de la Sierra de Almagro, en un lugar llamado El Rincón.

Ambas explotaciones se benefician a cielo abierto, mediante frentes simples y escalonados, siendo la altura de los mismos de unos 20 m.

El arranque del material se efectúa mediante explosivos y palas mecánicas, siendo posteriormente trasladado a la fábrica.

En la cantera de la Yesería de la Parra, se explota un yeso blanco grisáceo no muy duro, perteneciente a la formación Cucharón inferior, que engloba bloques de varios metros de mármol dispersos, que los canteros deben evitar. Sobre el yeso, en lo alto de los cerros, aparecen unos bloques pequeños de calizas amarillentas muy duras y fracturadas. Actualmente trabajan en un solo frente, teniendo otras dos canteras abandonadas, donde antiguamente se cocía el yeso en "hornos morunos". En la rambla que atraviesa esta mancha de yeso de N a S se observan también bloques de rocas ígneas. La fábrica está a pie de explotación y funciona con un horno rotativo de fuel. Producen dos variedades de yeso cocido, uno fino y otro tosco para la construcción.

En las canteras de El Rincón, también pertenecientes a la formación Cucharón inferior, se explota un yeso blanco, medianamente duro y masivo, similar al de la Yesería de La Parra. Asimismo, también aparecen bloques de mármol incluidos en el yeso. Existen zonas en que es algo más arcilloso y aparece "espejuelo". La altura del afloramiento es variable entre 60 y 120 metros y está coronado por calizas, de la formación Cucharón superior.

El material es llevado a Puerto Lumbreras (Murcia) donde fabrican yeso cocido fino, y tosco para construcción.

En ambas canteras las reservas son grandes.

Las canteras inactivas existentes, en general, son pequeñas y no suelen sobrepasar los 8-10 m de frente. El Yeso era cocido a pie de cantera, en hornos de leña ("hornos morunos"), y el método de explotación no debía estar muy mecanizado. La calidad del yeso es similar a la de las canteras explotadas. En general el yeso es de buena calidad.

Existen algunas masas de yeso importantes y de buena calidad en las que no existen canteras, como son los yesos del Cerro Cucharón, los situados en el cuadrante suroccidental (muestra núm. 4) y la masa situada al S de las canteras del Rincón.

El problema fundamental es la accesibilidad a los mismos, ya que muchos de los yacimientos situados en el interior de la Sierra de Almagro son casi inaccesibles, y necesitarían para su explotación el acondicionamiento o realización de carriles de varios kilómetros hasta salir a la carretera.

Se han recogido en campo 16 muestras superficiales pertenecientes a diferentes niveles de yeso, habiéndose seleccionado aquellas que se han considerado más representativas y a las que se han realizado análisis químicos y mineralógicos por difracción de rayos X.

Los resultados obtenidos y que a continuación se indican dan un alto contenido en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pero debe tenerse en cuenta, como evidencia los sondeos efectuados, que la presencia alternante de niveles yesíferos más impuros, así como otros arcillosos y carbonatados disminuyen sensiblemente la ley media del yacimiento correspondiente.

N° de la muestra	ANALISIS QUIMICO %							ANALISIS MINERALOGICO %			
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₄ Ca.2H ₂ O	SO ₄ Ca	Otros minerales
VI-7- 1	1,07	0,20	31,19	1,13	0,90	43,90	0,10	0,04	> 95		Magnesita
VI-7- 4	0,64	0,71	32,24	1,09	0,09	36,70	0,08	0,06	> 95		Celestina <5
VI-7- 5	0,60	0,65	32,10	0,98	0,08	36,50	0,07	0,05	> 95		Dolomita 5
VI-7- 7	0,42	0,12	31,55	2,85	0,28	37,80	0,04	0,05	75		Dolomita 25
VI-7- 9	0,47	1,00	32,25	1,45	0,06	39,20	0,08	0,09	> 95		Dolomita (tr)
VI-7-10	0,43	1,36	32,25	1,74	0,07	38,14	0,15	0,13	⇒ 95		Dolomita (tr)
VI-7-13	0,54	0,57	32,26	1,33	0,06	41,30	0,04	0,06	~ 100		
VI-7-15	0,64	0,79	31,55	0,64	0,09	42,60	0,09	0,07	~ 100		

Se han realizado 4 sondeos mecánicos verticales a rotación con recuperación de testigo continuo, perforándose un total de 115,50 m. La ubicación de estos sondeos se ha llevado a cabo en los niveles considerados más representativos y al mismo tiempo con accesos posibles para el desplazamiento de las máquinas, dada en general la dificultosa accesibilidad de la zona.

El sondeo S-VI-7-1 se situó en las inmediaciones de la antigua "Yesería de la Parra" (hoy Yesos La Unión). Se accede a esta yesería por un camino que arranca en dirección O entre los puntos kilométricos 225 y 226 de la carretera Nacional 540 Almería - Málaga.

Se perforaron 43,00 m y como se detalla en la descripción de su columna litológica, son en general yesos conglomeráticos que contienen del orden del 50-60% de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, siendo muy abundante las arcillas y carbonatos. Se cortaron también niveles de yesos alabastrinos de elevada pureza, pero bastante menos potentes que los anteriores.

El sondeo S-VI-7-2 se ubicó en la ladera N del cerro "El Rincón", perforándose 20,00 m. A este cerro se tiene acceso por una pista de la Confederación Hidrográfica del Sur, que parte, con dirección al "Rincón del Palainar", del kilómetro - 233 de la carretera Nacional 340 Almería - Málaga.

Se cortaron niveles de yesos alabastrinos muy puros, pero abundaron tramos bastante potentes de yeso "sucio" con 75% de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y abundante arcilla. Asimismo se cortaron también niveles de conglomerados calcáreos de 2 m de potencia.

Al O de la "Yesería de la Parra", a unos 400 m, en una cantera abandonada, se colocó el sondeo S-VI-7-3, que alcanzó

una profundidad de 37,00 m. Se cortaron niveles de yesos alabastrinos, pero fueron más abundantes los constituidos por yesos conglomeráticos con 70-80% de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Asimismo fueron abundantes la presencia de pequeños niveles fundamentalmente calizos. La ejecución de este sondeo se llevó a cabo con dificultad debido a las numerosas carstificaciones existentes.

Finalmente el sondeo S-VI-7-4 solo alcanzó 15,50 m, ya que a los 10 m desapareció el yeso, empezaron a aparecer carstificaciones, alternando con niveles de arcillas, margas conglomeráticas y calizas.

Los niveles de "yesos en facies conglomerática", cortados en los 10 primeros metros, tienen el 50-60% de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y proporciones de dolomita, micas, cuarzo y algo de caolinita.

Se han estimado en la zona VI-7-Huerca-Overa unas reservas de yeso superiores a $150 \times 10^6 \text{ m}^3$.

5.- ESTUDIO TECNOLOGICO

5.1.- TECNOLOGIA DEL YESO

El proceso de elaboración del yeso comprende, en esencia, tres fases fundamentales: preparación de la piedra de yeso extraída de la cantera o mina; cocción; formulación y fabricación.

Se ha considerado de interés mencionar aquí, de un modo breve, los diferentes procedimientos y medios técnicos comúnmente empleados para llevar a la práctica cada una de las fases anteriormente descritas. Obviamente, de la tecnología empleada dependerá la calidad del yeso elaborado.

5.1.1.- Preparación de la piedra de yeso

La trituración preliminar o primaria tiene como objeto reducir los bloques arrancados a tamaños más pequeños. Esta operación puede realizarse bien en la cantera o en la propia fábrica, aunque ordinariamente se lleva a cabo en la primera.

Esta trituración se realiza por medio de trituradoras giratorias, de mordaza o de impacto, dependiendo el tipo seleccionado, del tamaño de piedra, de la producción deseada, y del tipo de elaboración posterior.

Actualmente las fábricas modernas cuentan con trituradoras gigantes, de impacto, equipadas con motores de 600 Hp y

capacidades de producción de 500-600 tn/h. Los bloques más gruesos de piedra, que pueden llegar a alcanzar un volúmen de 1 m^3 , son reducidos a tamaños comprendidos entre 5-10 cm. Este tipo de maquinaria es muy adecuado para el yeso, especialmente en aquellos casos en que el material contiene humedad en exceso.

La eficacia de la trituración se controla sometiendo el material molido a un cribado mediante un tamiz vibratorio , triturando de nuevo el rechazo obtenido.

Dado que los hornos modernos de cocción, exigen una adecuada granulometría del yeso crudo, con objeto de someter toda la masa a una temperatura homogénea de cocción, la piedra de yeso se somete a una trituración posterior o secundaria. - Esta operación se lleva a cabo mediante una serie de unidades standar, siendo las más utilizadas, las trituradoras de cono, los molinos de martillo, así como los molinos de cilindros lisos o estriados.

Como se ha indicado para la etapa de trituración primaria, la trituración secundaria también se realiza con tamiz vibratorio en el circuito, en parte, para llevar al máximo la eficacia de la trituración y para reducir la producción de ultrafinos, pero también para recuperar la fracción de piedra a utilizar en la fabricación de cemento portland, que es el primer producto comercializable de la elaboración del yeso.

La eliminación de la humedad libre de la piedra de yeso (secado), puede o no usarse en las etapas primaria o secundaria de trituración, dependiendo su necesidad de la cantidad de humedad libre que contenga la piedra extraída. El yeso triturado es difícil de manipular, porque no fluye libremente al

pasar por la malla de la criba, y sobre todo si está húmedo por lo que es necesario añadir un paso de secado a la preparación de la roca, para asegurar el flujo libre del material en los pasos subsiguientes. Esta operación se realiza casi siempre en secadoras rotativas, y debe controlarse cuidadosamente, de forma que la temperatura de la roca no supere los 50°C, siendo éste el punto en el que se inicia la disociación del agua combinada.

En muchos casos, la pureza o calidad del yeso tal como se extrae, es suficientemente elevada, y puede utilizarse sin ningún tratamiento. No obstante, se ha generalizado el uso de técnicas de elaboración a medida que se hace necesario mejorar la calidad de los productos finales, para responder a los más exigentes requisitos del mercado. La forma más común de tratamiento es la simple clasificación del tamaño de partículas por tamizado en seco, separación por aire, u otros medios en los que se elimina una fracción de tamaño que contiene una porción significativa de impurezas. En general, este procedimiento se utiliza para reducir las impurezas de la arcilla o de la arena ("suciedad"), aunque, en algunos casos, las impurezas más duras que el yeso, y que, por lo tanto, tienden a concentrarse en las fracciones de mayor tamaño después de la trituración, se pueden también reducir por tamizado.

5.1.2.- Cocción

En esta segunda fase de elaboración, la calcinación o cocción, tiene por objeto reducir el sulfato cálcico hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a las formas hemihidratada ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) o anhidra (CaSO_4), según las temperaturas de trabajo del horno.

En la práctica, hay cuatro productos calcinados que se

fabrican a escala comercial: las dos formas (α y β) del hemihidrato; una anhidrita soluble y una anhidrita insoluble "calcinada a muerte". Todos los hemihidratos, sea cual fuere su forma de obtención, se denominan generalmente "estuco" en la industria, pero este término no debe confundirse con la mezcla de cemento portland y estuco de arena que se utiliza a veces para aplicación exterior en los edificios. El término "yeso de París" se utiliza también con frecuencia para el hemihidrato, y tuvo su origen de los importantes depósitos de yeso situados bajo y cerca de la ciudad de París (Francia).

Se han identificado dos formas de hemihidrato, - α y β - ambas con la misma forma cristalina; no obstante, la forma β tiene un contenido de energía claramente superior y una mayor velocidad de solubilidad, y las dos formas sólo se pueden distinguir entre sí por métodos analíticos muy complejos. La forma α del hemihidrato es más estable, o menos reactiva, que la forma β , y tiene una menor velocidad de desarrollo de la resistencia. Esto representa un inconveniente en muchos usos del estuco, pero a pesar de todo, el hemihidrato α al adicionarse agua y generar de nuevo el dihidrato, forma un yeso más denso y más fuerte que es conveniente en determinados usos.

El hemihidrato α se puede preparar por disociación de la piedra de yeso en atmósfera saturada de agua por encima de una temperatura de 97°C , y en la práctica se puede realizar generalmente a presión elevada, en presencia de vapor. El hemihidrato β se puede preparar por la disociación del mineral de yeso en vacío a 100°C , pero en la práctica se realiza en un ambiente menos que saturado a la presión atmosférica.

La principal utilización del yeso hemihidratado se en-

cuentra en la fabricación de placas para la pared y en la formulación de yesos para los mercados de la construcción, usos para los que se prefiere el rápido desarrollo de la resistencia, por lo que el hemihidrato β , más reactivo, es más adecuado para esta finalidad. Por otra parte, el hemihidrato α , menos reactivo, con un desarrollo más lento de la resistencia, forma una pieza fundida de mayor resistencia y más densa, y puede ser preferible para usos industriales en los que son importantes estas características.

Otros factores que hay que tener en cuenta en la utilización de estas dos formas de hemihidrato son el coste, (el β es de fabricación mucho más económica), y la demanda de agua (el α necesita menos exceso de agua -más allá de la necesaria para la hidratación- para formar una pasta de consistencia o viscosidad equivalente).

En el proceso de cocción, la piedra de yeso comienza a perder su agua de cristalización cuando alcanza una temperatura de 43 a 49°C, y esta pérdida en la práctica es muy lenta - hasta los 100°C. A los 120°C la deshidratación es considerablemente rápida, y se completa a temperaturas del orden de los 205°- 210°C. Entre los 120° y 160°C tiene lugar la formación del hemihidrato, producto que es conocido como estuco de "primera sedimentación" y que contiene de un 5 a un 6% de agua combinada.

Si se compara este porcentaje con el 20,9% que contiene la piedra de yeso teóricamente pura, se deduce que alrededor del 75% del agua de cristalización o combinada ha sido eliminada.

Las distintas temperaturas empleadas dentro del intervalo de cocción antes indicado (120°-160°C), así como los dife-

diferentes grados de saturación de vapor de agua que pueden establecerse en la atmósfera de trabajo del horno, harán posible que el hemihidrato resultante obtenido, se encuentre en la forma α o β , o constituyendo una mezcla con diferentes proporciones de una y otra.

Si se continua aumentando la temperatura, al llegar aproximadamente a los 170°C , comienza a eliminarse la media molécula de agua que contiene el hemihidrato, obteniéndose un producto conocido como estuco de "segunda sedimentación", 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° - 205°C se han eliminado la media molécula de agua de cristalización que tenía el hemihidrato, obteniéndose el sulfato cálcico anhidro llamado anhidrita soluble o anhidrita α . Este material difiere del hemihidrato por el hecho de tener menos plasticidad, pero sin embargo después de rehidratarse da lugar a un producto con mayor densidad y resistencia. Tiene también una elevada afinidad por la humedad, siendo fundamentalmente útil por sus propiedades secantes.

Aumentando aún más la temperatura, del orden de los 500° - 600°C , no se obtiene ninguna modificación química, es también un sulfato cálcico anhidro, llamado "yeso calcinado a muerte", anhidrita insoluble o anhidrita β , que no absorbe agua (no se rehidrata) habiendo perdido totalmente el carácter aglomerante y por tanto la propiedad de fraguar.

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.

5.1.2.1.- 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 rústico, 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 desprendiéndose 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 inte-
rior 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 deter-
minan la de los gases al abandonar el horno, y la del yeso co-
cido cuando se va descargando.

Estos hornos son poco costosos, tienen un funcionamien-
to sencillo, exigen una mano de obra reducida, poco consumo -
de energía, y pueden alimentarse con cualquier tipo de combus-
tible.

5.1.2.2.- 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 ele-
vado porcentaje de hemihidrato.

El empleo de estos hornos ya es conocido desde hace bas-
tante 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, calde-
ras) y rotatorios.

Los primeros, de tipo fijo, dan en general un yeso bas-

tante 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, 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%.

5.1.2.3.- 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 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 α , 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 impor

tante 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 kg/cm²).

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.

5.1.3.- Formulación y fabricación

El yeso hemihidratado o estuco, obtenido después de la cocción, posee una granulometría relativamente fina, producto de la trituración secundaria a que fue 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 que posteriormente vaya a destinarse el producto acabado.

Hasta antes de implantarse en las industrias el empleo del horno giratorio, el hemihidrato obtenido en los hornos - tradicionales lo constituía una mezcla de partículas en diversos estados de deshidratación, desde las formas dihidrato a la anhidra, es decir, cada partícula no se deshidratava en el

mismo grado, desigualdad que estaba en función del procedimiento de calcinación.

El empleo del horno rotativo, así como el cuidadoso control del proceso de cocción, ha hecho disminuir sensiblemente estas variaciones, pudiéndose obtener hoy un producto muy homogéneo, factor éste muy importante y decisivo al considerar el tipo de tratamiento posterior que hay que aplicar al estuco.

Los primeros intentos para mejorar la utilidad de la formulación del yeso calcinado, fueron la adición de fibras y/o aridos. No obstante, el descubrimiento más importante fue el de que su tiempo de fraguado se podía retardar o acelerar hasta límites muy exactos de tiempo, mezclando ciertos materiales con el estuco. Cuando se mezcla con agua, el yeso adecuadamente calcinado tendrá un tiempo de fraguado (endurecimiento) natural de 25 a 30 minutos, y esto suele ser demasiado rápido para una aplicación satisfactoria a las paredes o techos. No obstante, a finales de la década de 1.870, se descubrió un procedimiento para retardar el fraguado hasta 2 ó 3 horas (o incluso más), pudiendo así fabricarse "yeso de fraguado lento", que fue la clave del rápido desarrollo del uso del yeso en la industria de la construcción.

Los retardadores se obtienen a partir de compuestos orgánicos, pudiéndose utilizar también materiales distintos. En su mayoría, son formulados y fabricados por las principales compañías de yeso para su propio uso. Los aceleradores pueden ser sales naturales o sintéticas, como el sulfato potásico o el mismo yeso crudo. El yeso crudo finamente triturado, o el estuco rehidratado se moldean en un bloque y a continuación se Trituran finamente, utilizándose ambos con frecuencia para

acelerar el fraguado del estuco para la fabricación de placas para la pared. Con el uso apropiado de estos materiales, se puede acelerar el fraguado del yeso a un plazo de 3 a 4 minutos, o retrasarse de manera que el fraguado ocurra al cabo de varias horas.

Sin embargo, el ajuste del tiempo de fraguado puede - provocar variaciones en otras propiedades, especialmente la resistencia, por eso conviene tener gran precaución en el uso de estos materiales. El tipo de estuco y las características del yeso que se formula, se puede controlar con otros aditivos mezclados en proporciones exactas antes del ensacado, y se ha realizado una notable investigación para determinar las fórmulas utilizadas. Entre otros productos, se ofrecen a la industria de la construcción yesos mezclados previamente con arena, perlita expandida o áridos de vermiculita exfoliada, - disponiéndose igualmente de una amplia gama de yesos formula dos para uso industrial.

Uno de los primeros usos del yeso como material de construcción fue el de moldearlo en bloques o baldosas. Para esta operación se desarrollaron máquinas de moldeo continuo , junto con hornos para secar el producto apresurando la evacuación del exceso de humedad. Los bloques se moldean como masas sólidas o como baldosas huecas, y pueden hacerse en cualquier dimensión deseada. En algunos productos se utilizan refuerzos de metal, y otros se moldean sobre un marco metálico para producir una baldosa o placa con "borde metálico". Es práctica - común la adición de fibra para refuerzo, y el uso de un acelerador apresura el fraguado inicial del estuco en el molde.

El principal uso final del yeso, en nuestros días, se encuentra en la fabricación de placas para la pared. En su -

forma más simple, la placa de revestimiento es una losa fina y plana de yeso fabricada por moldeo de una pasta de estuco - en agua, en una "envoltura" de papel, es decir, consiste en un núcleo de yeso con papel, especialmente preparado, pegado a ambos lados y a los bordes. Se trata de un producto complejo, que se fabrica en máquinas muy automatizadas, de gran rapidez para adaptarse a una amplia gama de especificaciones exactas.

La unión entre el papel y el núcleo de yeso se obtiene por el crecimiento de cristales de yeso que se fijan al interior de las fibras del papel cuando se vuelve a hidratar el estuco, sin necesidad de utilizar adhesivos. Se ha investigado ampliamente la formulación de la pasta de yeso utilizada para estas placas de revestimiento, pero fundamentalmente consiste en hemihidrato beta, un acelerador, fibras, almidón y un agente espumante, representando el estuco, al menos, el 95% de los materiales utilizados antes de la mezcla con agua.

Se ha considerado de interés, el insertar aquí un esquema muy simplificado del desarrollo del proceso de una planta completa de yeso, destinada a la fabricación de placas de revestimiento.

- 1) Almacenamiento del estuco
- 2) Aditivos secos
- 3) Dosificación del estuco
- 4) Tornillo de mezclado
- 5) Alimentación del líquido
- 6) Mezclador
- 7) Papel de la cara
- 8) Papel de la parte posterior
- 9) Estación para mezclar y modelar la masa

- 10) Rodillo principal
- 11) Transportador de placa
- 12) Cuchilla
- 13) Horno de aire caliente
- 14) Corte de extremos y empaquetadora
- 15) Apiladora
- 16) Almacenamiento
- 17) Envios

En el proceso de fabricación, los componentes secos se unen con agua en un mezclador de gran energía diseñado para un flujo continuo de material, y la pasta resultante se vuelca sobre una tira móvil de papel, cuyos bordes han sido doblados hacia arriba para formar una cubeta ancha poco profunda. Esta masa se sitúa acto seguido debajo de una segunda tira de papel, y la placa formada provisionalmente se mueve entre - unas guías de bordes y bajo un rodillo de 60 cm de diámetro, denominado "rodillo maestro", que imparte a la placa la anchura y el espesor deseados. Los bordes del papel del fondo se vuelven hacia arriba para formar unas esquinas cuadradas o redondeadas (según se desee) y se añade un adhesivo de manera que el papel superior se pegue a lo largo de sus bordes al inferior. El espesor de la placa se puede variar subiendo o bajando el rodillo maestro, y la placa ahora totalmente formada se desliza a lo largo de una correa transportadora plana.

La velocidad de esta línea de placas varía según el diseño de la máquina y el producto que se fabrica. La longitud de la línea de placas está diseñada para proporcionar un tiempo suficiente (de 5 a 6 minutos) para que el estuco se frague en cuyo momento la tira en movimiento se corta a los intervalos deseados por medio de una cuchilla giratoria, para producir placas individuales preparadas para secado, a fin de

eliminar el exceso de humedad libre. Esto se obtiene haciéndolo pasar por un horno de aire caliente, continuo y de plataformas múltiples, en el que se necesita un control muy exacto para eliminar la humedad libre sin volver a calcinar el núcleo del yeso.

El tamaño más popular de placa de revestimiento es de 1,30 m x 2,70 m x 5 cm de espesor, pero se fabrican y ofrecen al mercado una gran variedad de tamaños. Después de salir del horno, la placa pasa automáticamente a través de dispositivos que alisan los bordes y las cortan a la longitud exacta deseada. Por lo general, una cara se hace con papel de contextura lisa y color claro, que forma la superficie acabada de la pared, y dos placas se colocan acto seguido con estas caras mirándose entre sí para formar un "haz" para su envío. O bien, si se desea, la placa puede pasar a una máquina de acabado, en donde se añade un revestimiento especial, como un papel de vinilo o una imitación de las vetas de la madera, a fin de conseguir un panel pre-decorado.

Los revestimientos de yeso se obtienen de la misma forma general, salvo que se utiliza papel impregnado con asfalto y también se puede añadir asfalto al núcleo para mejorar sus cualidades de resistencia al agua. La placa de yeso se utiliza como base para las paredes emplastecidas en vez de tableros de madera o metálicos, y se hace en la misma máquina que la placa de recubrimiento. El envío del material acabado se realiza por camión o ferrocarril, y la mayoría de las fábricas de placas de revestimiento tienen importantes espacios de almacenamiento junto a la zona de fabricación a fin de mantener existencias adecuadas de los diversos tipos y tamaños de productos.

5.1.4.- Tipos comerciales de yeso para la construcción

El Pliego General de Condiciones para la Recepción de Yesos y Escayolas en las Obras de Construcción (B.O. del E. n° 28, 2 de febrero de 1.972), define las características - que han de reunir los yesos y escayolas normalmente utilizados en las obras de construcción, y especifica los métodos - de análisis químicos, de ensayos físicos y mecánicos, que se han de realizar para determinar las mencionadas características.

En su apartado 1, se dice que estas características - se refiere, con independencia de la materia prima empleada y de los procesos de su fabricación, a productos elaborados y dispuestos para amasarse con agua y ser utilizados directamente en las obras de construcción.

En su apartado 2, se indica la designación de los productos de este Pliego y sus aplicaciones más frecuentes. Quedan excluidas las escayolas utilizadas para fines especiales fuera del campo de la construcción.

Estas designaciones son las siguientes:

- . Y - 12 .- Yeso común de construcción o yeso de construcción (también denominado negro, moreno o tosco), que se utiliza por regla general en la ejecución de tabiques, tableros, enrasillados, bóvedas y bovedillas 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 los mismos, se desea obtener una mayor dureza o resistencia y/o una textura más fina.

Los tipos Y-25F, E-30 y E-35, según se especifica en el subapartado 2.7 del Pliego, pueden emplearse también en la realización de determinados prefabricados, como bovedillas, piezas para conductos, paneles para tabiques, placas acústicas o decorativas para falsos techos, etc.

Los tipos Y-12 e Y-20 son conocidos en el sector como yeso negro o tosco, los Y-25F e Y-25-G como yeso blanco fino; y los E-30 y E-35 como escayola.

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, según la normativa vigente.

5.1.5.- Propiedades del producto acabado

5.1.5.1.- 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 destina.

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.

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 máx. en el tamiz 0,2 mm en % ..	50	45	40	10	2	1

5.1.5.2.- Tiempo y velocidad 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 $\text{-CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O-}$ tiene lugar la hidratación de éste, 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 continua 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, 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.

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 cómo la velocidad de fraguado 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 velocidad de fraguado del yeso, pero no todas son igualmente convenientes, bien por su precio o facilidad de adquisición, bien por el influjo que puedan ejercer sobre las distintas propiedades del material: resistencia, dureza, expansión, etc.

Entre las sustancias retardadoras se pueden distinguir aquellas que disminuyen la solubilidad, como son: glicerina, alcohol, acetona, ácidos acético, bórico, cítrico, fosfórico y sus sales correspondientes.

Otras actúan como coloides protectores; son los compuestos orgánicos de elevado peso molecular, entre los que podemos citar la queratina, caseína, cola, pepsina, productos de descomposición 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 sulfúricos, clorhídrico, nítrico; cloruros, bromuros, ioduros, alcalinos, etc.

La queratina es hoy día la sustancia más empleada a escala 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 efectos de las sustancias añadidas, y su favorable o desfavorable influencia 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.

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

5.1.5.3.- Resistencias mecánicas

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 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 mínima en kgf/cm ² .	12	20	25	25	30	35

5.1.5.4.- Agua de amasado

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.

El efecto de la cantidad de agua sobre la resistencia a la compresión es la siguiente:

<u>Agua de amasado</u> %	<u>Resistencia a la compresión</u> %
45	170
50	150
60	120
80	86
100	57

5.1.5.5.- Humedad

El contenido en humedad tiene también una gran influen-

cia 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 cómo un 1% de humedad reduce la resistencia a la mitad.

5.1.5.6.- 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 aciculares 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.

5.1.5.7.- Otras propiedades

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. Asimismo, es de destacar su poder agresivo en las obras de hormigón de cemento Portland.

También merece destacarse su propiedad protectora contra el fuego. Si el 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 llegará 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 impermeabilidad del yeso, es decir, el encontrar un procedimiento que evite que el yeso fraguado absorba agua, y al mismo tiempo sea económico y práctico, está todavía por resolver.

5.1.6.- Utilización del yeso

Se distinguen fundamentalmente tres grupos principales en los que el yeso tiene su aplicación:

- Construcción.- Todos aquellos productos que se utilizan directamente como material de construcción.
- Industrial.- Incluye los productos utilizados en la fabricación o elaboración de otros materiales.
- Agrícola.- Utiliza el yeso como acondicionador de terrenos, y como fertilizante.

Las diversas categorías de productos de yeso

se establecen según los usos finales y/o los procedimientos de elaboración.

5.1.6.1.- Grupo de la Construcción.

Los productos de yeso se utilizan en la industria de la construcción como materiales para recubrimiento y acabado.

No son componentes estructurales en el sentido de que proporcionen el armazón o estructura de un edificio; este requisito, por el contrario, se cumple con madera, acero, hormigón, bloques de hormigón y ladrillos de adobe o recocidos. En el recubrimiento de un armazón estructural, o en el acabado de una pared de mampostería, es donde el producto de yeso encuentra su mayor utilización, compitiendo en estas aplicaciones con otros materiales de recubrimiento o acabado, como los productos de madera, los plásticos, y otros productos cementosos (cemento, cal, o en las zonas más primitivas, incluso el barro o la arcilla).

Las características básicas del yeso, que le dan valor en la fabricación de materiales para la construcción, son sus cualidades ignífugas, la versatilidad que procede de poder utilizarlo en muchas formas, y su economía de aplicación.

El yeso no es combustible, y es uno de los más eficaces materiales ignífugos conocidos, una propiedad que tiene su base en el contenido de agua combinada del producto. Cuando se vuelve a hidratar la forma hemihidrato de yeso (estuco) para fabricar un material de revestimiento, vuelve al dihidrato, de manera que cuando el calor procedente de un incendio llega a una pared de yeso (o a una placa de revestimien-

to de yeso), empieza de nuevo a perder su agua combinada en forma de vapor que amortigua la transmisión del calor. Las extensas investigaciones sobre la utilización de esta propiedad, han dado lugar a una serie de productos con una alta calificación para incendios, y ésta es una razón importante de la amplia aceptación de los productos de yeso por parte de la industria de la construcción, sobre todo cuando se utilizan armazones de madera.

La gran adaptabilidad del yeso es también una ventaja importante. El yeso se puede utilizar en muchas formas como placas de revestimiento y en bloques o baldosas moldeadas, y con el uso de diferentes procedimientos de calcinación y distintos aditivos, se pueden variar las propiedades físicas, a fin de responder a una amplia gama de requisitos. Estas características proporcionan al arquitecto y al constructor diversas opciones de diseño, y permiten la máxima flexibilidad en la producción de una estructura que responda a las especificaciones deseadas.

Por otra parte, el amplio uso de los productos de yeso para la construcción, se basa en la capacidad de la industria para mantener bajos sus costes de fabricación, y disminuir en sus instalaciones el uso de la mano de obra. El coste relativamente bajo de elaboración del yeso, se debe a sus cualidades no abrasivas y a la baja temperatura de calcinación. La amplia distribución geográfica de los depósitos y el consiguiente bajo coste del transporte, contribuyen igualmente a su entrega económica en obra.

Los prefabricados empleados frecuentemente en construcción 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 el que se van a destinar. Así, puede estar constituida por yeso solo; o por yeso, cal o cemento, y arena; o por último por yeso y una serie de sustancias como pueden ser perlita, vermiculita, resinas, etc., que le confieren las propiedades que se exigen en cada aplicación. 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 dan 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 cuando 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 con yeso, cal, arena y agua.

Las placas pueden ser de dos tipos: normal o armada. La primera 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 tableros de yeso (cartón yeso), producto que se conoce en el mercado con la denominación genérica de "pláster boar". Estos están constituidos por un alma o núcleo de pláster fraguado, emparedado entre dos hojas de papel resistente, solidariamente unidas a él; el alma puede ser sólida o celular y contiene una pequeña cantidad de serrín, fibra u otro relleno similar.

El método de fabricación de 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 éste proceso siguen las operaciones de corte, acabado y almacenamiento.

El panel de pláster se utiliza como unidad constructiva y a su vez elemento de carga. Consta de un panel de celdas hexagonales de pláster y de fibra, cubierto por cada lado por una capa de pláster moldeado. El refuerzo del panel proporciona al conjunto una capacidad de carga sorprendente.

Los paneles se han llegado a hacer de tal altura, que el piso donde se iban a colocar se pudiese hacer de una sola cargada, por ejemplo de 0,60 m de ancho por 3 m de alto. El grosor corriente es de 10 cm.

Para levantar un tabique con paneles, estos se empalman provisionalmente con unas grapas a propósito, y se deja caer en cada junta un chorro de mezcla de pláster líquido. El acabado del tabique es perfecto. Asimismo, añadiendo al agua de mezcla emulsiones de acetato de polivinilo, se aumenta considerablemente la dureza del panel.

En climas áridos y secos, o regiones tropicales, dando al techo suficiente voladizo, estos paneles no necesitan más protección para su uso al exterior. Y en climas húmedos la cara externa del panel puede ir surcada para facilitar su enfoscado. El panel también encuentra su aplicación en techos y tejados planos.

Estos prefabricados, con buenas características anti-térmicas y antiacústicas, tienen una gran aplicación en construcción, especialmente en tabiques y paramentos interiores, en donde su colocación es rápida y económica. La

adición de perlita y vermiculita expandidas a los prefabricados de yeso, disminuye el coeficiente de conductibilidad térmica, y aumenta el grado de capacidad de absorción de agua que presentan estos materiales, especialmente la perlita, aumentan considerablemente la resistencia a los cambios de humedad. Otra ventaja de los prefabricados de la que ya se ha hecho mención es su incombustibilidad, lo que le permite su utilización como cierres antifuego.

5.1.6.2.- Grupo Industrial

El yeso encuentra una gran variedad de mercados en aplicaciones industriales que tienen muy poca o ninguna relación con los productos de la construcción anteriormente citados.

El yeso industrial se puede dividir en tres amplias categorías: calcinado, anhidro, y no calcinado, cada una de las cuales utiliza distintas cualidades del material.

Yeso industrial calcinado

El principal uso del yeso calcinado por parte de la industria, es la confección de moldes para la fabricación de artículos de porcelana sanitaria, cerámica, fundición de metales y objetos decorativos.

El yeso para moldes es de alta pureza (95%), y se vende sobre la base de su demanda de agua, resistencia, color blanco, tiempo de fraguado y cualidades estrechamente controladas de dilatación/encogimiento. Puede hacerse con el hemihidrato β ó α , o con una combinación de ambos.

Otro importante uso industrial es el de agente de cementación en la perforación de pozos, sobre todo en las industrias del petróleo y del gas. Este se suele formular con hemihidrato α de baja resistencia (calcinado a presión), y es muy eficaz para sellar los estratos de roca porosa o cavernosa que se encuentran a menudo en la perforación de pozos de petróleo gas o agua.

Para trabajos dentales y ortopédicos se emplean yesos de muy buena calidad (escayolas), sujetos a rígidas especificaciones, y pudiendo acelerarse hasta tener un tiempo de fraguado de sólo 3 ó 4 minutos.

Yeso anhidro

Además de los yesos industriales de hemihidrato descritos, existen varios productos obtenidos a partir de sulfato cálcico sin agua de cristalización, es decir, con estuco de "segunda sedimentación" hecho cuando la temperatura de calcinación ha sido elevada hasta unos 210°C. Este material que se denomina frecuentemente "anhidrita soluble", tiene una elevada afinidad por el agua, haciendo del mismo un eficaz agente de secado, y se vende en diversas granulometrías para uso como secante en aplicaciones de laboratorio y comerciales.

También se utiliza una anhidrita soluble finamente triturada, como vehículo de ciertos tipos de insecticidas que deben permanecer absolutamente secos para mantener su toxicidad.

Quando el proceso de calcinación se lleva a cabo a una temperatura de 480°C, se obtiene la anhidrita insoluble, an

hidrita β "yeso cocido a muerte" para aplicaciones de cargas industriales o para la fabricación.

El cemento Keene es un nombre genérico para el yeso - calcinado a muerte, que, con el uso de aditivos, puede hacer se fraguar y endurecer después de ser mezclado con agua. Su uso principal es como yeso de pared en donde se desea una densidad, resistencia y dureza exacta.

La calcinación a muerte suele también producir un producto más blanco, y se prefiere cuando el color (esto es, la falta de color) es importante.

Los usos principales de las cargas calcinadas a muerte son, como fuente de calcio en los productos alimenticios, y para la elaboración de la levadura y la cerveza. Sirve asimismo como diluyente o aditivo en composiciones tales como píldoras, caucho, madera artificial, plásticos, papel y pigmentos.

Yeso industrial no calcinado

El yeso natural o "crudo" tiene su principal empleo como retardador en el fraguado de cemento Portland.

Se sabe desde hace tiempo, que los compuestos de sulfato cálcico controlan el tiempo de fraguado del cemento Portland. También controlan la velocidad a la que la pasta del cemento desarrolla su resistencia, así como la contracción de los productos de cemento durante el secado. El uso de compuestos de sulfato cálcico en el cemento, ha sido objeto de amplias investigaciones, y está estrictamente normalizado.

La cantidad de yeso (o mezcla yeso/anhidrita) utilizada depende de:

- Contenido de SO_3 del yeso.
- Tipo de cemento
- Mezclas de materias primas utilizadas para obtener el clinker de cemento.

En la práctica, la cantidad utilizada de yeso variará de un 4 a un 6%, con una media de aproximadamente un 5% en peso de cemento acabado. Se mezcla con el clinker a medida que este se alimenta al molino de trituración, y ambos materiales se muelen juntos.

Se puede emplear yeso crudo, o como se ha indicado más arriba una mezcla de yeso crudo y anhidrita. Cuando se utiliza la mezcla, ésta suele contener un 40% de anhidrita. Normalmente las industrias cementeras prefieren el yeso en estado natural o crudo.

La "terra alba" es un término que se aplica a un yeso crudo finamente molido, de color muy blanco y de gran pureza. Las especificaciones exactas en cuanto a su blancura y tamaño de partículas, varían según el uso final a que se destine.

Tiene la misma utilización general que el yeso calcinado a muerte (anhidro), es decir, como carga inerte o diluyente, y como fuente de calcio soluble y biológicamente disponible. No obstante, como se sabe, los dos productos tienen características diferentes, y no son totalmente intercambiables.

Cuando se utiliza en los productos de panadería y repostería, o en productos farmacéuticos, la terra alba debe responder a las especificaciones del código de productos químicos y alimentos, y generalmente se elabora con yeso de pureza superior al 97%. En una de sus aplicaciones más interesantes, se ha comprobado que es muy conveniente la presencia de cargas de sulfato cálcico para la fermentación de la cerveza, porque ayuda al desarrollo de la apropiada fermentación de la levadura. También tiene aplicación en las industrias del papel, algodón y pinturas.

El yeso utilizado en las fábricas de vidrio es el mineral no calcinado, triturado y dimensionado de manera que tenga una finura similar a la de la arena. El yeso que debe estar bastante libre de polvo, se mezcla a fondo con los demás constituyentes antes de entrar en el horno, y realiza tres funciones: como agente oxidante, como agente afinador y como ayuda para la eliminación de la espuma.

En la industria química, se emplean pequeñas cantidades de yeso crudo para la obtención de sulfato amónico; ahora bien, para este proceso es más conveniente la utilización de anhídrita.

Asimismo, existen patentes que han desarrollado la utilización del yeso crudo para la obtención de ácido sulfúrico y de azufre. En estos procesos, además de ácido sulfúrico se obtiene clinker de cemento Portland. Sin embargo, debido a la gran cantidad de reservas materiales -fuente de estas sustancias-, no se considera en la actualidad competitivo el empleo del yeso como materia prima para su elaboración.

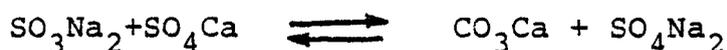
5.1.6.3.- Grupo agrícola

La utilización del yeso en agricultura es muy antigua, especialmente como acondicionador de terrenos.

Se utiliza yeso crudo y calcinado (anhidrita). Este último, al no ofrecer ninguna ventaja considerable sobre el primero y ser un producto de mayor precio, no se utiliza para este fin.

El yeso crudo también llamado "yeso para terrenos", se suele triturar en un molino barrido con aire hasta una finura que varía entre un 75 y un 90% a través del tamiz n° 100 (150 μ m) de la norma ASTM. Otras veces se dispone de un producto tipo granular, tamizado y separado por aire, en cantidades limitadas que darán como media sólo un 20% a través del tamiz núm. 100.

El sulfato cálcico atenúa el carácter alcalino de los suelos arcilloso-calcáreos o alcalinos, mediante la siguiente reacción:



En ella el CO_3Na_2 disuelto confiere alcalinidad al terreno, pero al verificarse la reacción se corrige, ya que el SO_4Na_2 es neutro y aunque el CO_3Ca es alcalino es de efecto muy limitado debido a su difícil solubilidad.

La cantidad de yeso empleado depende de varios factores, como son: alcalinidad del suelo, potencia del estrato del terreno que se quiere corregir y % de reducción de alcalinidad. La cantidad normalmente empleada 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: de 6 a 9 quintales por Ha, en cultivos herbáceos, y de 15 a 25 en cultivos leñosos.

En otros usos relacionados con los agrícolas, el sulfato cálcico triturado, en la forma bihidrato o anhídrido, se añade a menudo como ingrediente en la formulación de piensos compuestos y en las mezclas previas de piensos para el ganado vacuno y ovino. Este uso, proporciona las necesidades totales de azufre de forma segura y fácil de mezclar, aumenta la eficiencia del nitrógeno no proteínico en los piensos compuestos de urea, es un suplemento ideal para mejorar el material de los silos y es un eficaz regulador de la autoalimentación en las granjas.

La forma de utilizar el yeso en agricultura es finamente molido si se trata de yeso natural o crudo, y en gránulos si es cocido.

5.2.- ESPECIFICACIONES DE LOS YESOS PARA LOS DISTINTOS USOS

En este capítulo se hace referencia a las especifica

ciones contenidas en las normas UNE actualmente vigentes, relativas a la piedra de yeso, yesos y escayolas, normas que han sido recientemente revisadas y que figuran con la nueva numeración asignada por el Grupo de Trabajo Específico para los materiales de yeso y derivados (GTT-102), creado por el Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR).

Asimismo se comentan las normas de más frecuente uso exigidas en algunos países.

5.2.1.- Normas españolas

- UNE 41169-73 - Aljez o piedra de yeso. Clasificación. Características.

En esta norma se dan las especificaciones que deben cumplir el aljez o piedra de yeso, utilizada como materia prima para 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-Clasificación, subapartado 3.1, hace la siguiente clasificación de acuerdo con su contenido en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

C L A S E	Contenido mínimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (%)
I extra	95
I	90
II	80
III	70
IV	60

De acuerdo con su tamaño, el subapartado 3.2. establece los cinco tipos de aljez siguientes:

T I P O	Tamaño de piedra comprendida entre m.m.
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, 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	18,33
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 cantera no excederá en ningún caso, del 0,1%.

- UNE 102.010 - Yesos de construcción. Especificaciones.

En su apartado 1.- Objeto, establece las características que han de reunir los yesos de uso más corriente en la in

dustria de la construcción, constituidos por sulfato de calcio hemihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) y sulfato de calcio anhidro (anhidrita, Ca SO_4).

Esta norma en su punto 2 hace referencia a los tipos - Y-12 e Y-20 conocidos en el sector de la construcción como yeso negro o tosco, así como a los Y-25F e Y-25G conocidos como yeso blanco fino. Las definiciones designaciones y aplicaciones de estos tipos se han descrito ya en el apartado 5.1.4 de este informe: Tipos comerciales de yeso para la construcción.

En el apartado 3 de esta norma-prescripciones generales-, se establece que el contenido en agua combinada no debe superar en ningún caso el 8%.

Los índices de pureza deben ser como mínimo los siguientes:

Y-12	70%	Y-25G	80%
Y-20	75%	Y-25F	80%

Por lo que se refiere a la finura de molido; el tanto por ciento en peso de los residuos máximos sobre un tamiz de 200 μm de luz de malla debe ser:

Y-12	50%	Y-25G	40%
Y-20	45%	Y-25F	10%

El principio de fraguado debe estar comprendido entre 2 y 18 min.

El fin de fraguado debe estar comprendido entre 6 y 90 min.

El subapartado 3.5 y 3.6 de esta norma se ocupa de las resistencias mecánicas a flexotracción y a compresión respectivamente.

La resistencia mecánica a flexotracción de probetas prismáticas de 4x4x16 cm debe ser como mínimo:

Y-12	12Kp/cm ²	Y-25G	25kp/cm ²
Y-20	20Kp/cm ²	Y-25F	25kp/cm ²

La resistencia mecánica a compresión debe ser como mínimo:

Y-12	25kp/cm ²	Y-25G	50Kp/cm ²
Y-20	40kp/cm ²	Y-25F	50Kp/cm ²

Los apartados 4 y 5 de la presente norma, hacen referencia al envasado, rotulado y ensayos necesarios que deben realizarse según las normas UNE 102.031 - Yesos y escayolas de construcción. Métodos de ensayo físicos y mecánicos- y UNE 102.032 - Yesos y escayolas de construcción. Métodos de análisis químico.

- UNE 102.011 - Escayolas de construcción. Especificaciones.

En su apartado 1-Objetivo, establece las características que han de reunir las escayolas de uso más corriente en la industria de la construcción, constituidas fundamentalmente por sulfato de calcio hemihidrato (Ca SO₄.1/2 H₂O).

Esta norma en su punto 2, hace referencia a los tipos E-30 y E-35 conocidos en el sector de la construcción como escayola. Las definiciones, designaciones y aplicaciones de

estos tipos se describen en el apartado 5.1.4 de este informe. - Tipos comerciales de yeso para la construcción.

En el apartado 3 de esta norma - Prescripciones generales-, se establece que el contenido de agua combinada no debe superar en ningún caso el 8%.

Los índices de pureza deben ser como mínimo los siguientes:

E-30 85% ; E-35 90%

El principio de fraguado debe estar comprendido entre 2 y 18 min.

El fin de fraguado debe estar comprendido entre 6 y 90 min.

Por lo que se refiere a la finura de molido, el tanto por ciento en peso de los residuos máximos sobre el tamiz de 200 μ m de luz de malla debe ser:

E-30 2% E-35 1%

El subapartado 3.5 y 3.6 de esta norma, se ocupa de las resistencias mecánicas a flexotracción y a compresión - respectivamente.

La resistencia mecánica a flexotracción de probetas prismáticas de 4x4x16 cm debe ser como mínimo:

E-30 30Kp/cm² E-35 35Kp/cm²

La resistencia mecánica a compresión debe ser como mí
nimo de:

E-30 60Kp/cm² E-35 70Kp/cm²

Los apartados 4, 5 y 6 de esta norma hacen referen-
cia al envasado, rotulado, ensayos y citas de normas para -
consulta, sobre los métodos a seguir en los análisis quími-
cos, y ensayos físicos y mecánicos de yesos y escayolas.

- UNE 102.031 - Yesos y escayolas de construcción. Método de
ensayo físico y mecánico.

Su objeto, como indica el punto 1, es establecer los -
métodos de ensayo físicos y mecánicos que se realizan, para
comprobar las especificaciones de los yesos y escayolas de
uso más corriente en la construcción, definidos en las nor-
mas UNE 102.010 y UNE 102.011.

Se da cuenta de los aparatos que deben emplearse, y
la técnica operatoria a seguir en cada caso, para la determi-
nación de la finura de molido; cantidad de yeso correspon-
diente al amasado o saturación; tiempos de fraguado; resis-
tencias mecánicas a flexotracción y compresión, con expre-
sión de los resultados obtenidos.

- UNE 102.032 - Yesos y escayolas de construcción. Métodos -
de análisis químicos

Su objeto, como indica el apartado 1, es describir los
métodos de análisis químico que se aplican a los yesos y es-
cayolas definidos en las normas UNE 102.010 y 102.011.

Después de establecer las condiciones generales de en sayo, indica el fundamento del método, aparatos y reactivos a emplear, así como el método operativo a seguir en cada ca so para la determinación del contenido de agua libre y pre paración de la muestra; contenido de agua combinada; conte nido de iones sulfato ($\text{SO}_4^{=}$); contenido de iones sulfato so lubles en agua; contenido de iones carbonato ($\text{CO}_3^{=}$); conte nido de dióxido de silicio y materia insoluble; contenido - de iones de aluminio y hierro ($\text{Al}^{3+} + \text{Fe}^{3+}$); contenido de iones de calcio (Ca^{2+}); contenido de iones magnesio (Mg^{2+}); contenido de iones cloruro (Cl^-); determinación del PH; y contenido de iones de sodio y potasio.

En su apartado 16 se indica el modo de expresar los resultados del análisis químico de yesos y escayolas.

Finalmente, el apartado 17 de esta norma está dedicado a definir y calcular el índice de pureza.

Es interesante destacar la definición que en el subapartado 17.1 se da del índice de pureza y que es la siguiente: "Se denomina índice de pureza al contenido teórico total de sulfato de calcio y agua combinada del producto, expresado como tanto por ciento en masa y referido a la muestra desecada a 45°C . Se supone que todo el ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) contenido en la muestra corresponde a sulfato de calcio (CaSO_4), ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) y/o ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)".

- UNE 7050 - Cedazos y tamices de ensayo.

En esta norma se determinan las características que han de poseer los tamices empleados en la realización de análisis y ensayos de yesos y escayolas.

5.2.2.- Normas italianas

La normativa italiana viene recogida en las normas - UNI - UNIFICAZIONE ITALIANA-; entre las que hacen referencia al yeso, se citan las siguientes:

- UNI 5371-64 Piedra de yeso para la fabricación de morteros
Clasificación y ensayos.

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:

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

El tamaño de grano viene reflejado en el siguiente cuadro de acuerdo con el apartado 4 de dicha norma.

Clase	Designación	% mínimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
I superior normal	G I - S	95
	G I - N	90
II	G II	80
III	G III	70
IV	G IV	60

La cantidad de cuerpos extraños, según se expresa en su 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 en 5.3 se especifica la composición mineralógica de las distintas clases.

Clase	Composición mineralógica porcentual	Composición química porcentual	
	CaSO ₄ .2H ₂ O	H ₂ O mín.	SO ₃ mín.
G I-S	95	19,88	44,17
G I-N	90	18,83	41,85
G II	80	16,74	37,20
G III	70	14,65	32,55
G IV	60	12,56	27,90

- 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 pavimentos y usos varios.

Según el apartado 2.1.1. 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 ²)	70	90
0,09 UNI 2332 (~ 4450 mallas/cm ²)	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 enlucidos: mínimo 20 minutos
- Yeso para pavimentos y usos varios: mínimo 40 minutos.

Dentro del apartado 2.3 vienen determinados el contenido mínimo en CaSO_4 y el máximo de sustancias extrañas (carbonatos, cloruros, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO etc), en función de los cuales se ha efectuado una clasificación por calidades:

Calidad	contenido mínimo en CaSO_4 %	Contenido en sustancias 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 Newton/cm^2 como en kgf/cm^2 . En el siguiente cuadro se recogen estos valores, tanto de yeso para muro, como para enlucido.

C l a s e	Resistencia mín. a la tracción		Resistencia mín. a la flexión		Resistencia mín. a la compresión	
	N/cm^2	kgf/cm^2	N/cm^2	kgf/cm^2	N/cm^2	kgf/cm^2
Yeso para muro	78,5	8	196,1	20	490,3	50
Yeso para enlucido	117,7	12	294,2	30	686,5	70

5.2.3 - Normas francesas

Las normas francesas que aquí se comentan, 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. En cada una de estas granulometrías, según la duración creciente del tiempo de fraguado, existen dos yesos de construcción núm. 1 y núm. 2.

La designación completa de los productos arriba mencionados es la siguiente:

Yeso grueso de construcción: PGC 1, NF B 12-301

Yeso grueso de construcción: PGC 2, NF B 12-301

Yeso fino de construcción : PFC 1, NF B 12-301

Yeso fino de construcción : PFC 2, NF B 12-301

Según el apartado 2.1 la finura determinada por tamizado (norma NF B 12-401), debe ser tal que el rechazo expresado en tanto por ciento, tenga los valores indicados en la siguiente tabla:

Tamiz de abertura de mallas en mm	Rechazo "r" correspondiente en %	
	P G C	P F C
0,8	$5 \leq r < 20$	$r \leq 2$
0,4	$20 \leq r < 40$	$r \leq 15$
0,2		$r \leq 35$

El tiempo de fraguado expresado en minutos, según el apartado 2.2, debe estar comprendido entre los siguientes límites:

núm. 1	núm. 2
3 < td < 8 10 < tf < 20	6 < td < 15 15 < tf < 45

td = principio de fraguado

tf = final de fraguado

El grado de pureza en CaSO_4 , según 2.4, debe corresponder a un contenido en 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/arena = 1,25. Los resultados son:

Ensayo sobre probetas mantenidas	Resistencia a flexotracción en kgf/cm^2	
	P G C	P F C
2 h en atmósfera húmeda	3,06	5,10
7 d en atmósfera húmeda	6,12	10,20
7 d en atmósfera húmeda después de secada	12,24	20,40

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

En su apartado 4.1 especifica 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, son los que se expresan a continuación:

Tamices de abertura de mallas (μ)	Rechazo "r" correspondiente en %
800	r < 2
400	r < 15
200	r < 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 SO_3 $\geq 40\%$
- La dureza deberá ser al menos igual a 255 bars (260,10 kgf/cm^2), para la que corresponde una profundidad de huella máxima de 250 μm .

- NF B 12-401 - Yesos. Técnicas de Ensayos.

Esta norma tiene por objeto fijar las prescripciones generales y definir las condiciones bajo las que deben ser realizados los ensayos de yesos.

En su apartado 2 se especifican los ensayos físicos y mecánicos, y en el 3 los correspondientes ensayos químicos.

- NF B 12-302--Yesos para Staff (Norma experimental Julio 1970)

Esta norma experimental tiene por objeto precisar las características particulares de los yesos para Staff y los métodos de ensayos correspondientes.

El dominio de aplicación se extiende a los yesos especiales para Staff así como a todos los yesos de moldear usados en decoración.

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. Técnicas de Ensayos).

Los rechazos correspondientes, de acuerdo con el tamiz empleado, son los siguientes:

Tamiz de abertura de malla cuadrada (mm)	Rechazo "r" correspondiente %
0,2	$r \leq 1$
0,1	$r \leq 10$

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 deber 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 resistencia en kgf/cm ²
$\frac{\text{agua}}{\text{yeso}}$	$\frac{\text{yeso}}{\text{agua}}$	
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 CaSO₄ corresponderá a un contenido en SO₃ superior al 45%.

5.2.4.- Normas inglesas

La normativa referente al yeso usado en la construcción, así como en otros usos especiales está dictada por la BRITISH STANDARDS INSTITUTION - B.S.I. - A continuación - se comentan las prescripciones de uso más frecuente.

- BS 1191. Parte 1^a 1967. Pláster de yeso para la construcción.

En su apartado 1.3. se establece la siguiente clasificación:

- Clase A - Pláster de París.
- Clase B - Pláster de yeso semihidratado retardado
- Clase C - Pláster de yeso anhidro.
- Clase D - Cemento Keene

En el apartado 2 de esta misma norma se especifican las calidades y particularidades de cada una de estas clases, que se describen a continuación:

Clase A.- "Pláster de París"

En 1.2 de la presente norma se define el "Pláster de París" como una forma semihidratada sin ningún agregado retardador de fraguado. Es manufacturado en diversos tipos para diferentes usos industriales.

Composición química

- Contenido en SO_3 en peso $>35\%$
- $\text{CaO} > \frac{2}{3}$ de SO_3 en %
- $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$ (solubles) $<0,2\%$ en peso
- Pérdida por calcinación: $4 \leq \text{Pc} \leq 9$ (en %)

Tamaño de las partículas

Residuo en el tamiz B.S. núm. 14 (B.S. 410) $<5\%$ en peso de la muestra.

Resistencia transversal

El módulo de rotura será superior a $0,25 \text{ kgf/mm}^2$.

Clase B.- "Pláster de yeso semihidratado retardado"

Se define como una forma de hemihidrato que contiene una adición de un retardador de fraguado.

Composición química

- Contenido en SO_3 $>35\%$ en peso
- $\text{CaO} > \frac{2}{3}$ de 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 (CaO) $>3\%$ en peso (yeso para listones - metálicos).

Tamaño de las partículas

Residuo en tamiz BS. núm. 14 <1% en peso

Resistencia transversal

Módulo de rotura >0,12 kgf/mm²

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.

Clase C.- "Pláster de yeso anhidro"

Se define como un material constituido esencialmente por sulfato cálcico anhidro (CaSO₄), obtenido por la deshidratación del yeso, y aditivos aceleradores del fraguado.

Composición química

- Contenido en SO₃ >40% en peso
- CaO > $\frac{2}{3}$ de SO₃ por ciento en peso
- Na₂O + MgO (solubles) <0,2 en peso
- Pérdida por calcinación: inferior al 3% en peso

Tamaño de las partículas

Residuo del tamiz B.S. 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 1,82 m sobre la superficie horizontal del pláster, tendrá un diámetro inferior a 4,5 mm.

Clase D.- "Cemento Keene"

En cemento Keene es un nombre genérico para el yeso calcinado a muerte que, con el uso de aditivos, puede hacerse fraguar y endurecer después de ser mezclado con agua. Su principal empleo es para acabados.

Composición química

- Contenido en SO_3 en peso $>47\%$
- $\text{CaO} > \frac{2}{3}$ en% peso de $\text{SO}_3 = 31,3\%$
- $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$ 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.

- BS 1191. Parte 2^a 1967. Pláster de yeso ligero para la Construcción.

Este pláster consiste en una mezcla del yeso clase B, especificado en la norma BS 1191 parte 1^a, con un agregado ligero. Se pueden incorporar aditivos para dotarlos de las propiedades deseadas en cada caso.

En los apartados 1.3 y 2 se da la clasificación y calidades de los distintos tipos, los cuales se enumeran a continuación.

Tipo a.- Pláster "no visto"

Tipo a.1.- Pláster 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 pláster seco $< 849 \text{ kg/m}^3$
- Resistencia a la compresión del pláster colocado $> 95 \text{ grf/mm}^2$.

Tipo a.2.- Pláster 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.- Pláster 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.- Pláster para diferentes usos

- Contenido en sal soluble $\text{Na}_2\text{O}_3 + \text{MgO} < 0,25\%$ 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.- Pláster "visto"

Tipo b.1.- Pláster 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.

- BS 4598. 1970. Pláster 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 μ , y que tenga un rechazo del 2% como máximo en el de 150 μ .

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 y 9,6 MN/m².

El ensayo se realizará de acuerdo con el apartado 4.6 de la presente norma.

5.2.5.- Normas U.S.A.

Se comentan seguidamente las normas ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - de más frecuente uso referidas a piedra de yeso y productos de yeso utilizados en construcción.

- ASTM C 22-50 (renovada en 1972). Especificaciones standard para la piedra de yeso.

Esta norma se refiere al sulfato cálcico con dos moléculas de agua ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Según 1.2 el material para ser considerado piedra de yeso debe contener por lo menos un 70% en peso de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

En su apartado 6 se especifica que el análisis químico y las propiedades físicas de la piedra de yeso se determinan según las normas ASTM C 471. Métodos y ASTM C 472.

- ASTM C 563-72. Método standard de ensayo para determinar el SO_3 óptimo en el cemento Portland.

Esta norma especifica las características que ha de poseer la piedra de yeso (yeso crudo) 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 (150μ), el 94% como mínimo por el tamiz núm. 200 (75μ), y al menos el 84% por el núm. 325 ($45 \mu\text{m}$).

El contenido en SO_3 será al menos del 46%.

- ASTM C 471-72. Análisis químico del yeso y productos de yeso (pláster de yeso de mezclado rápido, pláster de yeso conteniendo fibras de madera, y hormigón de yeso).

En ésta norma se trata de la pureza de los reactivos empleados, preparación de la muestra, cálculo de los contenidos en agua libre, agua combinada, CO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , ClNa y otras sustancias. Asimismo se dan los cálculos encaminados a obtener el índice de pureza.

- ASTM C 61-64. Especificaciones para el cemento 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 2.500 psi (17 MN/m²).

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 μ), y como mínimo el 80% por el tamiz núm. 100 (150 μ).

En cuanto a su contenido en agua combinada no será superior al 2%.

NOTA: la unidad psi corresponde a libra/pulgada y la MN/m² Mega-Newton/m².

- ASTM C 28-68. Especificaciones para plásteres de yeso

Determina, según su apartado 1, los tipos siguientes:

- 1 - Pláster de yeso mezclado rápido
- 2 - Pláster de yeso puro
- 3 - Pláster de yeso puro tipo "R"
- 4 - Pláster de yeso con fibras de madera
- 5 - Pláster de yeso de alta calidad
- 6 - Pláster de yeso para acabados finos

Según su apartado 2, el índice de pureza del yeso calcinado, no será inferior al 66% en CaSO₄ · 1/2 H₂O.

En sus apartados 3, 4 y 5, se recogen las especificaciones que debe cumplir el pláster de yeso de mezclado rápido. La proporción de vermiculita agregada no sobrepasará los 57 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 ($4,1 \text{ MN/m}^2$).

Este tipo de pláster mezclado con arena, no permitirá una adición de ésta superior a los 71 dm^3 por cada 45 kg de pláster calcinado y su resistencia a la compresión no será inferior a 700 psi ($4,8 \text{ MN/m}^2$).

Cuando el pláster de mezclado rápido amasado con arena o perlita, se emplea en albañilería, no deberá contener más de 85 dm^3 de agregado por cada 45 kg de yeso calcinado, y su resistencia a la compresión será por lo menos igual a 400 psi ($2,8 \text{ MN/m}^2$).

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 ($2,2 \text{ MN/m}^2$).

En cuanto al tiempo de fraguado de este tipo de yeso, estará comprendido entre 1,5 y 8 horas.

Las especificaciones del pláster de yeso puro, vienen recogidas en los apartados 6, 7, 8 y 9.

Su contenido en $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ deberá ser superior al 66%. Su tiempo de fraguado estará comprendido entre 2 y 16 ho-

ras y su resistencia a la compresión será como mínimo 750 psi (5,2 MN/m²).

El plâster 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 CaSO₄. 1/2 H₂O será superior al 66%, y su resistencia a la compresión tendrá un valor mínimo de 1.800 psi (12,4 MN/m²).

Los apartados 14, 15, 16 y 17 hacen referencia a las especificaciones requeridas para el plâster de yeso con fibras de madera.

Su contenido en CaSO₄. 1/2 H₂O 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 1.200 psi (8,3 MN/m²).

El plâster de yeso de alta calidad, según los apartados 18, 19 y 20 tendrán 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 plâster de yeso para acabados finos, vienen reflejadas en los apartados 21, 22, 23, 24 y 25:

- Contenido en CaSO₄. 1/2 H₂O >66%
- Tiempo de fraguado: sin retardadores ha de estar com

prendido entre 20 y 40 minutos; con retardadores será superior a 40 minutos.

- Resistencia a la compresión 1.200 psi (8,3 MN/m²)
- Granulometría: pasará íntegramente por el tamiz núm. 14 (1,40 mm), y por lo menos el 60% deberá pasar por el tamiz núm. 200 (150).
- 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 les someta a las pruebas indicadas en la norma ASTM E 84.

En la norma ASTM C 473 Métodos, se especifica la carga mínima para la cual no tendrá lugar la rotura. 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 pláster de molduras.

El contenido mínimo en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ será del 85% (80% de $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$).

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 yeso para enlucidos.

La resistencia a la compresión de ambas clases de material no será inferior a 1.800 psi (12,4 MN/m^2).

En cuanto a su finura pasará la totalidad del material por el tamiz núm. 30 (600), y al menos el 90% por el tamiz núm. 100 (150).

- 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 pláster, y los agregados inorgánicos cumplirán las especificaciones establecidas para los plásteres 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 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 - Rc 500 psi (3,5 MN/m²)

Clase B - Rc 1000 psi (6,9 MN/m²)

- Densidad: igual o menor a 960 Kg/m³.

Normas internacionales

Finalmente se comentan las normas I.S.O. editadas por la ORGANIZACION INTERNACIONAL DE NORMALIZACION, referentes

al yeso.

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

En su apartado 3 hace dos clasificaciones de la piedra de yeso, según su contenido en sulfato cálcico dihidratado y su granulometría.

- % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (C)

Clase	I	C	90%
Clase	II	80%	C 90%
Clase	III	70%	C 80%
Clase	IV	55%	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 no debe sobrepasar el 0,1%.

La humedad no sobrepasará el 4%.

El contenido en granos de dimensiones superiores a los límites fijados en la clasificación granulométrica, no debe exceder del 5% para los grupos 1, 2, 3 y 4; el contenido en granos de dimensiones inferiores a los límites fijados para los grupos 2 y 3 no debe sobrepasar el 20% en peso de la muestra.

Su composición química será la siguiente:

C l a s e	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	$11,51 \leq A < 14,65$

En el apartado 7 y siguientes se especifican los métodos de ensayo para determinar la humedad, agua de cristalización, índice de pureza y otros constituyentes.

- ISO/R 1588 - 1971 (F). Aglomerantes

Conteniendo sulfato de calcio. Definiciones, clasificaciones y nomenclatura.

En el apartado 2. Definiciones Generales, se concretan -
los siguientes términos:

- Aglomerante a base de sulfato de calcio, obtenido por -
deshidratación parcial del yeso: Material pulverulento
llamado "pláster", conteniendo fundamentalmente sulfato
cálcico, y susceptible, en presencia de una cantidad -
apropiada de agua, de fraguar y posteriormente endurecer.
- Aglomerante a base de sulfato cálcico anhidro: material
finamente molido, llamado "aglomerante de anhidrita", -
conteniendo sulfato cálcico anhidro (de origen natural,
artificial, u obtenido por calcinación del yeso) y adi
ciones de catalizadores, que en presencia de una cantidad
apropiada de agua, fragua y más tarde endurece.
- Yeso: material, de origen natural, o artificial, consti-
tuido esencialmente de sulfato cálcico dihidratado.
- Anhidrita natural y anhidrita artificial.

En el apartado 3. Clasificación-, se establece la si-
guiente división:

- Según la principal utilización

Grupo I - Aglomerantes de sulfato cálcico para la cons
trucción.

Grupo II - Aglomerantes de sulfato cálcico para usos -
técnicos.

- Según el estado de hidratación del sulfato cálcico
empleado para la fabricación.

Tipo A - Aglomerantes a base de sulfato cálcico semihidratado.

Tipo B - Aglomerantes a base de sulfato cálcico anhidro.

5.3.- CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DE LOS YESOS DE LAS ZONAS SELECCIONADAS

Ya se ha descrito en 5.1.4.- tipos comerciales de yeso para la construcción-, 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. 2-2-1972).

Igualmente en 5.2.- Especificaciones de los yesos para los distintos usos-, se inserta la actual normativa vigente respecto a las condiciones que han de cumplir las diferentes clases de yesos y escayolas al ser sometidos a los ensayos respectivos, conforme se especifica en el citado Pliego.

En el presente apartado 5.3. se describen los resultados de los ensayos realizados a una serie de muestras procedentes de las zonas seleccionadas dentro de las formaciones yesíferas existentes, ya descritas en el capítulo 4.-Estudio geológico-, habiéndose procurado que estas muestras fueran lo más representativas posible de los yesos que actualmente se elaboran en Andalucía. Debe entenderse, por tanto, que las conclusiones que puedan deducirse aquí, 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 co-

respondiente a una misma zona, que han sido estudiadas en el Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación (I. N.C.E.), 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).

5.3.1.- Yesos de la Depresión de Granada

En la depresión de Granada se ha seleccionado la zona VI-3-ESCUZAR.

Las muestras de yeso crudo y cocido han dado los siguientes resultados:

. Muestra núm. 1 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	14,1%
Contenido en trióxido de azufre	36,2%
Índice de pureza	75,7%

. Muestra núm. 2 - Yeso crudo para escayola

Contenido en agua combinada	17,7%
Contenido en trióxido de azufre	45,1%
Índice de pureza	94,4%

. Muestra núm. 3 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	4,9%
Contenido en trióxido de azufre	51,0%
Índice de pureza	91,6%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 0,1%

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,67
Tiempo de principio de fraguado 16 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado 43 min.

Ensayo de 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 ($40^\circ \pm 2^\circ\text{C}$) 26,0 Kg/cm²

. Muestra núm 4 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada 13,9%
Contenido en trióxido de azufre 43,6%
Índice de pureza 88,0%

. Muestra núm 5 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada 4,7%
Contenido en trióxido de azufre 50,0%
Índice de pureza 90,0%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 39,7%

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y	0,67
Tiempo de principio de fraguado	24 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	37 1/2 min.

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y dos días en estufa (40 ± 2°C)

	26,8 Kg/cm ²
--	-------------------------

5.3.2.- Formaciones yesíferas del Dominio Subbético

Las zonas de yeso seleccionadas han sido:

- . VI-1 Morón de la Frontera,
- . VI-2 Coripe-Pruma,
- . VI-4 Alcaudete,
- . VI-5 Huelma y
- . VI-6 Cabra del Santo Cristo.

ZONA VI-1 - MORON DE LA FRONTERA

. Muestra núm. 1 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	19,6%
Contenido en trióxido de azufre	46,9%
Índice de pureza	99,3%

. Muestra núm. 2 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	4,4%
Contenido en trióxido de azufre	52,2%
Índice de pureza	93,1%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	29,1%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y	0,53
Tiempo de principio de fraguado	8 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	21 min.

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	28,6 kg/cm ²
--	-------------------------

. Muestra núm 3 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	12,2%
Contenido en trióxido de azufre	44,1%
Índice de pureza	87,3%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	40,0%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y =	0,51
Tiempo de principio de fraguado	5 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	20 min.

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	6,1 kg/cm ²
--	------------------------

. Muestra núm. 5 Yeso cocido

Contenido en agua combinada	5,8%
Contenido en trióxido de azufre	47,6%
Índice de pureza	86,7%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	33,2%
---	-------

Observaciones: No se dan valores de los ensayos de consistencia normal y resistencia mecánica a flexotracción, porque la pasta de yeso al cabo de 24 horas, no endureció.

. Muestra núm 6 Yeso crudo

Contenido en agua combinada	17,5%
-----------------------------------	-------

Contenido en trióxido de azufre	39,2%
Índice de pureza	84,1%

. Muestra núm 7 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	4,7%
Contenido en trióxido de azufre	49,1%
Índice de pureza	88,2%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	21,2%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y =	0,59
Tiempo de principio de fraguado	8 min.
Tiempo de fin de fraguado	18 min.

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ($95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ($40 \pm 2^\circ\text{C}$)	25,0 kg/cm ²
--	-------------------------

. Muestra núm 8 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	4,6%
Contenido en trióxido de azufre	49,1%
Índice de pureza	88,1%

Observación: Esta muestra ya no es piedra de yeso, sino que parece ser yeso cocido.

. Muestra núm 9 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	17,0%
Contenido en trióxido de azufre	39,5%
Indice de pureza	84,2%

. Muestra núm 10 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	5,0%
Contenido en trióxido de azufre	49,0%
Indice de pureza	88,3%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	36,3%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y	0,55
Tiempo de principio de fraguado	6 min.
Tiempo de fin de fraguado	22 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	13,3kg/cm ²
--	------------------------

ZONA VI-2-CORRIPE - PRUNA

. Muestra núm 1 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	19,5%
-----------------------------------	-------

Contenido en trióxido de azufre	46,7%
Índice de pureza	98,9%

. Muestra núm 2 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	5,2%
Contenido en trióxido de azufre	54,9%
Índice de pureza	98,5%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	15,3%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y =	0,56
Tiempo de principio de fraguado	6 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	15 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	36,5 kg/cm ²
--	-------------------------

. Muestra núm 3 - Yeso crudo para escayola

Contenido en agua combinada	19,8%
Contenido en trióxido de azufre	47,2%
Índice de pureza	100,0%

. Muestra núm 4 - Producto cocido - Escayola

Contenido en agua combinada	5,7%
Contenido en trióxido de azufre	55,1%
Índice de pureza	99,4%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	0,2%
---	------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y =	0,73
Tiempo de principio de fraguado	17 min.
Tiempo de fin de fraguado	39 1/2 min.

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	39,7kg/cm ²
--	------------------------

. Muestra núm 5 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	17,8%
Contenido en trióxido de azufre	42,8%
Índice de pureza	90,6%

. Muestra núm 6 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	4,2%
-----------------------------------	------

Contenido en trióxido de azufre	50,3%
Índice de pureza	89,7%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	34,8%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y =	0,55
Tiempo de principio de fraguado	7 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	19 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	25,7Kg/cm ²
--	------------------------

. Muestra núm 7 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	18,4%
Contenido en trióxido de azufre	50,6%
Índice de pureza	100,0%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	4,2%
---	------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado de -

saturación A/Y =	0,68
Tiempo de principio de fraguado	6 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	16 min.

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa - (40 ± 2°C) 26,2kg/cm²

. Muestra núm 9 - Producto cocido (escayola)

Contenido en agua combinada	5,7%
Contenido en trióxido de azufre	54,5%
Índice de pureza	98,4%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	1,8%
---	------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y	0,70
Tiempo de principio de fraguado	20 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	39 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa -

(40 ± 2°C) 41,8kg/cm²

. Muestra núm 10 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada 3,1%
Contenido en trióxido de azufre 56,3%
Indice de pureza 98,8%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ... 40,2%

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado
a saturación A/Y 0,51
Tiempo de principio de fraguado 8 min.
Tiempo de fin de fraguado 28 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fa-
bricadas con una relación A/Y = 0,8 y conser-
vadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y
2 días en estufa (40 ± 2°C) 6,6kg/cm²

ZONA VI - 4 - ALCAUDETE

. Muestra núm 1 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada 19,8%
Contenido en trióxido de azufre 49,0%
Indice de pureza 100,0%

. Muestra n^o 2 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	5,4%
Contenido en trióxido de azufre	54,8%
Índice de pureza	98,5%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	1,9%
---	------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y =	0,73
Tiempo de principio de fraguado	20 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	49 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2° C)	39,1kg/cm ²
---	------------------------

. Muestra n^o 3 - Producto cocido (escayola)

Contenido en agua combinada	5,5%
Contenido en trióxido de azufre	53,6%
Índice de pureza	96,6%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	28,4%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación , A/Y =	0,59
Tiempo de principio de fraguado	19 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	29 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas - fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	37,0Kg/cm ²
--	------------------------

. Muestra núm 4 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	17,9%
Contenido en trióxido de azufre	42,8%
Índice de pureza	90,7%

. Muestra núm 5 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	5,6%
Contenido en trióxido de azufre	49,9%
Índice de pureza	90,4%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	22,0%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y =	0,55
--	------

Tiempo de principio de fraguado	8 min
Tiempo de fin de fraguado	22 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C) 30,1 kg/cm²

ZONA VI-5 HUELMA

. Muestra núm 1 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	19,8%
Contenido en trióxido de azufre	48,1%
Índice de pureza	100,0%

. Muestra núm 2 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	4,6%
Contenido en trióxido de azufre	55,4%
Índice de pureza	98,8%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 30,5%

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y = 0,70

Tiempo de principio de fraguado	8 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	28 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	34,1kg/cm ²
--	------------------------

. Muestra núm 3 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	19,7%
Contenido en trióxido de azufre	48,6%
Índice de pureza	100,0%

. Muestra núm 4 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	4,4%
Contenido en trióxido de azufre	52,5%
Índice de pureza	93,6%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	33,0%
--	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y =	0,58
Tiempo de principio de fraguado	6 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	11 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media a dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y dos días en estufa (40 ± 2°C) 24,2kg/cm²

ZONA VI-6 - CABRA DEL STO CRISTO

. Muestra núm 1 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	20,1%
Contenido en trióxido de azufre	48,1%
Índice de pureza	100,0%

. Muestra núm 2 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	4,7%
Contenido en trióxido de azufre	49,6%
Índice de pureza	89,0%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7.050	36,1%
--	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y =	0,61
Tiempo de principio de fraguado	7 1/2 min
Tiempo de fin de fraguado	20 min.

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C) 30,0kg/cm²

5.3.3.- Formación yesífera perteneciente al Dominio Bético

Se ha seleccionado únicamente la zona VI-7 HUERCAL-OVERA (Almería), ya que el resto de las zonas de interés en esta provincia, se encuentran estudiadas en el informe "Investigación de Yesos del Sudeste".

. Muestra núm 1 - Yeso crudo especial

Contenido en agua combinada	19,6%
Contenido en trióxido de azufre	47,6%
Índice de pureza	100,0%

. Muestra núm 2 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	18,8%
Contenido en trióxido de azufre	44,4%
Índice de pureza	94,9%

En esta muestra no se ha podido realizar el resto de los ensayos porque la granulometría es totalmente heterogénea.

. Muestra núm 4 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	9,4%
-----------------------------------	------

Contenido en trióxido de azufre	51,2%
Índice de pureza	96,4%

. Muestra núm 5 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	2,5%
Contenido en trióxido de azufre	46,8%
Índice de pureza	82,1%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	25,8%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación, A/Y =	0,47
Tiempo de principio de fraguado	7 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	21 1/2 min.

Ensayo de resistencia a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8, conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	22,6kg/cm ²
---	------------------------

. Muestra núm 6 - Yeso crudo

Contenido en agua combinada	12,3%
Contenido en trióxido de azufre	45,6%
Índice de pureza	89,8%

. Muestra núm 7 - Yeso cocido

Contenido en agua combinada	3,2%
Contenido en trióxido de azufre	40,8%
Índice de pureza	72,6%

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	31,5%
---	-------

Ensayo de consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y =	0,44
Tiempo de principio de fraguado	9 min.
Tiempo de fin de fraguado	26 1/2 min

Ensayo de resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de dos series de probetas fabricadas con una relación A/Y = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5% Hr) y 2 días en estufa (40 ± 2°C)	20,5kg/cm ²
--	------------------------

5.4.- AJUSTE DE LOS YESOS DE LAS ZONAS A LA NORMATIVA EXIGIDA EN EL PLIEGO DE CONDICIONES VIGENTE

Los distintos tipos de yeso crudo y cocido, ensayados en el I.N.C.E según el Pliego vigente, procedentes de las canteras y fábricas existentes en las zonas yesíferas seleccionadas, constituyen un exponente altamente representativo de las calidades que actualmente se elaboran en Andalucía - referente a yesos y escayolas.

En este capítulo se encuadran los tipos de yesos ensayados, en el Pliego General de condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción, partiendo de los resultados obtenidos en los ensayos y que se exponen en el apartado 5.3.

Para esta clasificación, se han tenido en cuenta las normas españolas (punto 5.2.1.), haciéndose constar que los ensayos efectuados a las muestras se han realizado siguiendo el método operativo exigido por las normas U.N.E.

En 5.2 se comentan algunas normas referentes a varios países extranjeros; es obvio señalar que los resultados de los ensayos efectuados a las muestras según la Norma Española, no son comparables respecto a las normas extranjeras. Para que ello hubiese sido posible, se habría necesitado ensayar cada muestra con el método operativo exigido por cada país.

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 las formaciones correspondientes.

5.4.1.- Yesos de la depresión de Granada

ZONA VI-3 - ESCUZAR

La muestra núm 1, de yeso crudo, por su contenido en $\text{Ca.SO}_4.2\text{H}_2\text{O}$ (composición mineralógica) y agua de cristalización, según la norma UNE.41.169-73 pertenece a la clase III. Esta norma concuerda esencialmente con La Recomendación ISO/1587-1972 (F) - Piedra de yeso para la fabricación de aglo-

merantes.

Las muestras núm 2 y 3 son, respectivamente, un tipo de yeso crudo y calcinado procedente de una misma fábrica y representan por tanto, el material crudo ya preparado para ser introducido en el horno, y el producto elaborado después de la calcinación.

La muestra núm 2 se ha clasificado según la norma UNE 41.169 como clase II, ya que su contenido de 17,7% de agua de cristalización, no alcanza el valor mínimo exigible de 18,83% para que pudiera englobarse dentro de la clase I.

La muestra núm 3, según los resultados obtenidos y según el Pliego del Yeso y la Escayola, vigente, se clasifica como Y-25F - Yeso fino o yeso blanco-, que puede emplearse normalmente en la ejecución de enlucidos o blanqueados, y en general en los trabajos de acabado o revestimientos. El índice de pureza y la finura de molido corresponde a E-35 - 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 en los que se desea obtener una mayor dureza o resistencia y/o una textura más fina.

Igualmente las muestras núm 4 y 5, pertenecen también a un mismo centro de producción de yeso, antes y después de la cocción respectivamente. La núm 4 es una muestra de yeso crudo, tiene un contenido de 13,9% de agua combinada y se clasifica de clase IV, ya que no contiene el mínimo de 14,65% exigible para poder asignarle la clase III.

Según el Pliego, y por los resultados obtenidos, la -

muestra núm 5, representativa de un tipo de yeso cocido, se clasifica como Y-25G - Yeso de granulometría gruesa, utilizada para determinados prefabricados-. El índice de pureza - 90,0%-corresponde a E-35.

5.4.2.- Formaciones yesíferas del Dominio Subbético

ZONA VI-1 - MORON DE LA FRONTERA

De una de las más importantes fábricas de Morón de la Frontera, dedicadas a la elaboración de prefabricados, se tomaron las muestras núm 1 y 2 correspondientes, respectivamente, a material crudo y escayola.

El tipo de yeso crudo (muestra 1), posee un alto índice de pureza -99,3%- así como un contenido óptimo en su composición mineralógica y química, clasificándose según la norma UNE 41.169 como clase I EXTRA.

El producto cocido, representado por la muestra núm 2, según su índice de pureza corresponde a E-35, pero a la vista de todos los resultados obtenidos en los correspondientes ensayos, y según el Pliego vigente, se clasifica como : Y-25G - Yeso de granulometría gruesa, utilizado para determinados prefabricados-.

Las muestras núm. 3 y 4 también se refieren a material crudo y producto elaborado pertenecientes a una misma fábrica. La núm 3 representativa de piedra de yeso, se ha clasificado según los resultados obtenidos en los ensayos - como clase IV. El producto cocido -muestra 4- no cumple los valores mínimos exigidos en el Pliego, y por otra parte las probetas tardan más de 24 horas en endurecer.

En la muestra núm. 5 perteneciente a un tipo de yeso cocido, no se han dado valores de los ensayos de consistencia normal y resistencia, porque la pasta de yeso, al cabo de 24 horas, no endureció.

Las muestras núm 6 y 7 proceden igualmente, de una misma fábrica. La primera es piedra de yeso, a partir de la cual se obtiene la segunda (producto cocido). El material crudo contiene un 84,1% de índice de pureza y según la norma UNE 41.169 pertenece a la clase II. El producto cocido se ha clasificado, según el Pliego, como Y-25G, aunque su índice de pureza corresponde a 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.

La muestra núm 8 solicitada en fábrica como representativa de yeso crudo, al ser ensayada se ha podido comprobar, por los resultados obtenidos, que parece tratarse de yeso ya cocido. La muestra núm 9 procedente de la misma fábrica, se ha clasificado según la Norma UNE 41.169 como piedra de yeso perteneciente a la clase II.

Por último, la muestra núm 10 perteneciente a otro tipo de yeso cocido producido en la zona, se clasifica según el Pliego como 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, bobedillas de yeso entre viguetas de madera y forjados "a fuego", realización de guardanidos y como conglomerante auxiliar en obra. El índice de pureza corresponde a E-30. La finura del molido corresponde a Y-25G.

ZONA VI-2 - CORIPE - PRUNA

Las muestras núm 1, 2, 3 y 4, proceden de la fábrica quizás más importante de Andalucía, tanto en producción como en moderna tecnología, radicada en Morón de la Frontera, dedicada preferentemente a la elaboración de determinados prefabricados, y que posee sus canteras de explotación de piedra de yeso en el término de Pruna.

Las muestras núm 1 y 2, piedra de yeso y yeso cocido respectivamente, tienen un elevado índice de pureza. La muestra cruda ha sido clasificada según UNE 41.169 de clase I EXTRA. El yeso cocido se ha clasificado, según los resultados obtenidos como Y-25G; no obstante, su índice de pureza y la resistencia mecánica a flexotracción corresponde al tipo E-35.

Las muestras núm 3 y 4, son representativas de una calidad de piedra de yeso y producto elaborado, respectivamente, que se emplea en la fabricación de prefabricados.

La muestra cruda tiene un índice de pureza del 100%, y pertenece por tanto a la clase I EXTRA, según la norma UNE 41.169. El producto cocido ensayado, ha sido clasificado según el Pliego del Yeso y la Escayola vigente como E-35.

Al área de Pruna pertenecen también las muestras núm. 5, 6, 7, 8 y 9, que son elaboradas en otra importante fábrica situada en Morón de la Frontera.

La muestra núm 5, representativa de yeso crudo, pertenece a la clase II. A partir de este crudo se elabora yeso cocido, cuya representación es la muestra núm 6, que tiene

un índice de pureza que corresponde al tipo E-30, pero que considerando todos los resultados de los ensayos efectuados y que exige el Pliego, se clasifica como Y-25G.

La muestra núm 8, representativa de otro tipo de yeso cocido, se clasifica como Y-25F. Su índice de pureza corresponde a E-35.

La muestra núm 7 representa un tipo de yeso crudo, de alto índice de pureza (100%) que pertenece según la norma - UNE 41.169 a la clase I EXTRA. El yeso elaborado (muestra - núm 9) con esta materia prima, se clasifica como E-30, teniendo un índice de pureza y una resistencia mecánica a flexotracción que corresponden al tipo E-35. Este tipo de yeso elaborado (E-30) se destina a la fabricación de productos prefabricados.

Finalmente la muestra núm 10 (yeso cocido) se ha tomado de otra fábrica, y según los resultados obtenidos en los ensayos efectuados, no alcanza el valor mínimo de resistencia mecánica a flexotracción exigido en el Pliego.

ZONA VI-4 - ALCAUDETE

En esta zona se han tomado 5 muestras (2 de piedra de yeso y 3 de yeso cocido), para ser sometidas a los ensayos exigidos en el Pliego.

Las muestras núm. 1, 2 y 3 pertenecen a un mismo centro de producción. La núm 1 (yeso crudo), contiene 100% de índice de pureza, así como excelentes contenidos en agua combinada (19,8%) y SO₃ (49,0), siendo clasificada como I EXTRA. Los dos tipos de yeso cocido se han clasificado como sigue:

Muestra núm 2 - Su índice de pureza y resistencia mecánica a flexotracción corresponden a E-35, y por el conjunto de resultados obtenidos en los ensayos exigidos en el Pliego se ha clasificado como E-30.

La núm 3, también representativa de yeso cocido, ha sido clasificada como Y-25G, si bien el índice de pureza y la resistencia mecánica a flexotracción corresponden a E-35.

Las muestras núm. 4 y 5 pertenecen, asimismo, a piedra de yeso (núm 4) y al yeso obtenido después de la calcinación. La núm 4 ha sido clasificada como crudo II, y el yeso cocido (núm 5) como Y-25G. Esta última tiene el índice de pureza correspondiente al tipo E-35, y su resistencia mecánica a flexotracción al E-30.

ZONA VI-5 HUELMA

La muestra núm 1 (yeso crudo), contiene un índice de pureza del 100%, y contenidos de agua combinada y trióxido de azufre del 19,8% y 48,1% respectivamente, perteneciendo según la norma UNE 41.169 a la clase I EXTRA. El yeso cocido obtenido a partir de este crudo, al que pertenece la muestra 2, a la vista de los resultados obtenidos y según el Pliego del Yeso y la Escayola vigente, se clasifica como Y-25G. Su índice de pureza corresponde a E-35, y su resistencia mecánica a flexotracción a E-30.

Las muestras núm. 3 y 4 se han recogido en una misma fábrica y son representativas respectivamente, del tipo de piedra de yeso empleado en la cocción, y del yeso elaborado.

La núm 3, al igual que la núm 1, tiene contenidos óp-

timos en agua combinada y SO_3 , así como análogo índice de pureza, clasificándose según UNE 41.169 como piedra de yeso - I EXTRA. La muestra núm 4 tiene un índice de pureza que corresponde al tipo E-35, su finura de molido corresponde a Y-25 G, pero considerando globalmente todos los resultados de los ensayos a ella realizados, exigidos en el Pliego, se clasifica como Y-20.

ZONA VI-6 - CABRA DEL SANTO CRISTO

En esta zona, actualmente sólo existe una fábrica, en el término de Huesa, dedicada a la elaboración de yeso.

La muestra núm 1 (piedra de yeso) ha sido clasificada en el I.N.C.E - al igual que la totalidad de las muestras - que se insertan en este capítulo-, como piedra de yeso perteneciente a la clase I EXTRA, según la norma UNE 41.169. El yeso cocido elaborado (muestra núm 2), a la vista de los resultados de los ensayos y según el Pliego del Yeso y la Escayola, ha sido clasificado como Y-25G. Su índice de pureza y su resistencia mecánica a flexotracción corresponden a E-30.

5.4.3.- Formación yesífera perteneciente al Dominio Bético

ZONA VI-7 - HUERCAL - OVERA

La muestra núm 1 representativa de yeso crudo, se ha clasificado, según UNE 41.169, como I EXTRA. La muestra núm. 2, representa otro tipo de yeso crudo, utilizado como la muestra anterior por la misma fábrica, y pertenece a la clase I.

La muestra núm 3, representativa de yeso cocido, y per

teneciente a la fábrica anterior, tiene un índice de pureza del 94,9%, y contenidos de agua combinada y SO_3 de 4,8% y 53,0% respectivamente, pero no se ha podido realizar el resto de los ensayos porque su granulometría era totalmente heterogénea, posiblemente debido a que la muestra que nos fue entregada en dicha fábrica, no había sido sometida aún a la última molienda de preparación final.

De otra fábrica existente en la zona se tomaron las muestras núm. 4, 5, 6 y 7.

La muestra núm 4 (yeso crudo) tiene un índice de pureza del 96,4%, pero no posee, según la norma UNE 41.169, el contenido mínimo exigido en agua de cristalización o también llamada combinada. La muestra núm. 6, también de yeso crudo, tiene un 89,8% de índice de pureza, un 12,3% de agua combinada y un 45,6% de SO_3 , perteneciendo según UNE 41.169 a la clase IV.

Las muestras núm. 5 y 7 representan dos tipos de yeso cocido.

La muestra núm 5 se clasifica según el Pliego como Y-20 - Yeso que además de los empleos 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". En esta muestra, su índice de pureza corresponde a Y-25, y su finura de molido es la correspondiente al tipo Y-25 G.

Por último, la muestra núm 7 de yeso cocido, se clasifica según el Pliego como Y-12. La finura de molido corresponde a Y-25G, y su resistencia mecánica a flexotracción al

tipo Y-20.

5.5.- LA INDUSTRIA DEL YESO EN LAS ZONAS SELECCIONADAS

En este apartado se describe brevemente, por zonas, el estado actual en que se encuentra la industria extractiva y transformadora del yeso en la región andaluza.

Se comenta el número de explotaciones que actualmente están inactivas, el grado de mecanización de las canteras y fábricas, la clase de yeso elaborado, su producción anual, así como el ámbito de mercado. Estos últimos datos han sido facilitados por los propios empresarios.

Finalmente se sintetizan los problemas por los que atraviesa la industria del yeso en la región, de carácter general unos y local otros, que inciden juntos, según el punto de vista empresarial, en el mal momento actual.

5.5.1.- ZONA VI - 1 - Morón de la Frontera (Sevilla)

Se han contabilizado 22 canteras en la zona, de las cuales sólo 4 están actualmente activas.

Estas explotaciones, medianamente mecanizadas, se encuentran ubicadas en los parajes "Cerro Negro" y "Rancho del Charco", y constituyen los dos núcleos extractivos más importantes.

Las industrias transformadoras que se abastecen de esta piedra de yeso son abundantes, y elaboran en su mayor parte yeso común de construcción.

La intensa actividad extractiva existente hasta hace pocos años en la zona, y especialmente en el área de "Cerro Negro", era llevada a cabo por pequeños fabricantes que con taban cada uno con sus propias canteras e instalaciones.

La crisis del sector de la construcción, agravada por el encarecimiento de la mano de obra, llevaron a no pocos fa**bricantes** al cese definitivo de sus actividades, mediante el cierre de sus canteras y fábricas, teniendo otros que agru**parse**, aportando sus canteras y cerrando también sus instala**ciones**, constituyéndose en sociedad única dedicada a la fa**bricación** de yeso.

La fábrica perteneciente a la sociedad de yeseros que acabamos de indicar, se encuentra situada al S.O. de Cerro Negro, muy próxima a las canteras de su propiedad, de las que se abastece. La planta está equipada con horno rotativo, con capacidad de 200 tn/día, que trabaja en atmósfera seca y utiliza fuel-oil como combustible.

El consumo de piedra de yeso, según datos recogidos en la propia fábrica es de 36.000 tn/año, produciendo anualmente del orden de 24.000 tn de yeso del tipo Y-25.

Los principales mercados lo constituyen, Sevilla en primer lugar, Huelva y Extremadura (preferentemente, provincia de Badajoz).

También del área de Cerro Negro, y mediante la compra de material crudo, se surten del orden de 6 pequeños fabricantes "supervivientes" de la crisis a que antes aludíamos, que funcionan intermitentemente y en régimen familiar, con instalaciones rudimentarias. Este yeso elaborado carece por

tanto de la debida homogeneidad y control de calidad, y su bajo costo de producción le permite competir en el mercado, con un más bajo precio de venta.

En el área denominada "Rancho del Charco", situada a 10 Kms de Morón, en dirección a Puebla de Cazalla, existen 2 canteras activas, propiedad de una fábrica ubicada en la localidad de Alcalá de Guadaira, de las que se extraen - 120.000 tn/año. El material crudo se destina a la producción de 20.000 tn/año de yeso del tipo Y-25, y el resto es empleado en la industria del cemento.

La fábrica se encuentra bien mecanizada, cuenta con 2 hornos rotativos continuos, que trabajan en atmósfera seca y alimentan su hogar con fuel-oil. El área de destino de la producción es de carácter regional.

Además de las 2 fábricas ya citadas, existen otras 3 ubicadas en la localidad de Morón de la Frontera, que se abastecen de pedra de yeso, procedente de sus explotaciones situadas en los alrededores de Pruna, ésta última perteneciente a la zona VI-2, estudiada en este informe.

Dichas fábricas están dotadas de moderna maquinaria, contando con, machacadoras primarias del tipo B.C.V; molinos ML-5; hornos rotativos para cocción en atmósfera seca, contínuos y discontinuos; así como maquinaria adecuada para la elaboración de planchas prefabricadas de escayolas.

Según datos obtenidos de los empresarios, durante las visitas realizadas a estas fábricas, en 1981 se extrajeron de las canteras de Pruna un total de 250 a 300.000 tn de piedra de yeso, de las que 60.000 tn de primera calidad, se ex-

portaron a Portugal por ferrocarril desde Morón de la Frontera.

La producción conjunta de estas 3 fábricas, fué durante el año 1981 de 80.000 tn de escayola del tipo E-35, 20.000 tn de yeso del tipo Y-12, 5.000 tn del Y-20, así como 60.000 tn del tipo Y-25 (Y-25 F e Y-25 G).

El mercado de los prefabricados de escayola es de ámbito nacional, mientras que el de yeso tiene carácter regional, abarcando también la provincia de Badajoz.

Los problemas por los que atraviesan las industrias yesíferas son múltiples, de carácter general unos y local otros.

Los de carácter general pueden sintetizarse en los siguientes:

- El mal momento que atraviesa el sector de la construcción, del que depende la casi totalidad de la producción española de yeso.
- El bajo precio que tiene este producto, agravado por el encarecimiento de la mano de obra, y la falta de mecanización de gran número de instalaciones extractivas.

Entre los problemas de carácter local, pueden destacarse:

- La incidencia del transporte, muy considerable en esta zona, ya que las empresas de mayor entidad tie

nen que abastecerse de piedra de yeso de la localidad de Pruna, distante 34 kilómetros de Morón, teniendo que efectuarse el recorrido a través de una carretera de sinuoso trazado, estrecha, y en regular estado de conservación.

- La abundancia de pequeñas yeseras, a las que se ha hecho alusión antes, llevadas en régimen familiar, con funcionamiento intermitente, que eludiendo cualquier tipo de control fiscal y de calidad, pueden ofrecer el producto obtenido a más bajo precio que las empresas legalmente establecidas, y dando así origen a una desigual competencia. Se ha dado el caso de pequeños yeseros que han vendido su producto, a 300 kilómetros de distancia y en una zona que cuenta con fábricas de yeso, a un precio más barato que el de venta de su propia zona.

- La desunión de gran parte de los empresarios, producto de la cual es la exportación al exterior, a discreto precio, de piedra de yeso de calidad extra pudiendo ser elaborada en la zona por aquellos otros que tienen gran producción anual de escayolas, y cuentan con limitadas reservas de materia prima. Ello traería consigo una ganancia en el valor añadido, así como un buen uso de las reservas de crudo de yeso de óptima calidad, que no son ilimitadas, y deben administrarse cuidadosamente para asegurar el futuro de la industria del yeso en Morón de la Frontera.

5.5.2.- ZONA VI - 2 - Coripe - Pruna (Sevilla-Cádiz)

Existen más de 20 canteras abandonadas, la mayoría de las cuales son de pequeñas dimensiones, y han sido utilizadas para la extracción de piedra de yeso para usos locales.

Las únicas 3 canteras activas están situadas en las proximidades de la localidad de Pruna, y el crudo extraído se traslada en camiones a las fábricas de yesos y escayolas existentes en Morón de la Frontera, exportándose otra parte en estado crudo a Portugal, como se ha indicado en el punto 5.5.1.

En la localidad de Coripe, se ha creado una sociedad en régimen de cooperativa, dedicada a la explotación de piedra de yeso, y cuyo objetivo a corto plazo es la venta del crudo a las fábricas de Morón de la Frontera, para la elaboración de escayolas.

5.5.3.- ZONA VI - 3 - Escuzar (Granada)

Esta zona se encuentra poco desarrollada en cuanto a explotaciones e industrias de yeso, aún cuando sus perspectivas le son muy favorables, ya que cuenta con abundantes reservas de yeso de buena calidad y se encuentra muy cerca (unos 20 Kms) de la ciudad de Granada.

Existen actualmente 2 explotaciones activas, situadas en el extremo W de la masa de yesos, muy próximas entre sí, cerca de la carretera comarcal 340, entre los puntos kilométricos 23 y 24, en el paraje denominado "Cerro de la Venta".

Una de estas explotaciones, es llevada en régimen familiar, están empleados 3 obreros, y se encuentra poco mecanizada. La extracción de la piedra de yeso se realiza mediante pequeñas voladuras, seleccionándose los tamaños y calidades prácticamente a mano, ayudándose con una criba vibrante.

El crudo se carga en camiones de mediano tonelaje, y es enviado a una fábrica de escayola, próxima a la cantera y situada en la localidad de Ventas de Huelma. También abastece a otra fábrica existente en Granada que funciona intermitentemente.

Al norte de esta cantera, y separados unos 12 metros del frente actual, se realizó el sondeo S-VI-3-4, de 56,50 mts de profundidad, cortándose yeso alabastrino de gran pureza, con algunas intercalaciones arcillosas, que son separadas en cantera. Según datos facilitados por el propietario, la producción en cantera, de piedra de yeso fué en 1981 de 40.000 tn.

La otra cantera activa, existente en la zona, está situada al sur de la anterior, y presenta análogas características, en cuanto a personal empleado, sistema de explotación y grado de mecanización. El crudo extraído se destina a la elaboración de yeso de construcción en una fábrica ubicada en la localidad de Alhendín, a 23 Kms de la cantera.

Son por tanto 3, las fábricas que elaboran y transforman la piedra de yeso en esta zona.

La principal de ellas se encuentra ubicada en la localidad de Ventas de Huelma, y elabora productos prefabricados de escayola (planchas, tabiques, etc). Cuenta con un horno rotativo continuo que trabaja en atmósfera seca alimentado -

por fuel-oil, tiene empleados a 15 obreros, 1 administrativo y 1 técnico titulado, produciendo anualmente del orden de 20.000 tn de escayola de los tipos E-30 y E-35, siendo el área de mercado de carácter regional.

Las otras 2 fábricas son de pequeña-medianas dimensiones, elaboran yeso blanco (del orden de 10.000 tn/año cada una), cuentan con hornos rotativos y tienen un mercado local. Una de estas fábricas está dedicada en su mayor parte a la elaboración de hidróxido de cal.

En resumen, puede decirse que las empresas dedicadas a la extracción y elaboración de yesos en esta zona, son de poca entidad, y sin capacidad económica para desarrollar la industria del yeso en un área que, como ésta, se encuentra próxima a importantes centros de consumo y cuenta con abundantes reservas de yeso de buena calidad.

5.5.4.- ZONA VI - 4 - Alcaudete (Jaén-Córdoba)

Dentro de esta zona seleccionada, existen unas 22 explotaciones, de las cuales, solamente 2 están activas en la actualidad.

Una tercera cantera activa, existente en la provincia de Córdoba, en el término municipal de Luque, abastecía de piedra de yeso a una fábrica de cemento cercana, encontrándose en la actualidad parada.

La cantera más importante, tanto en volumen de extracción, como de reservas, se encuentra situada en el paraje denominado "Tumba la Graja" al NW de Alcaudete. Su explotación

se lleva a cabo mediante bancos escalonados de 10-12 mts de altura y 40-80 mts de frente, teniendo una producción de 40.000 tn/año de piedra de yeso, que se transporta en camiones a la fábrica situada en las afueras de Alcaudete.

Esta fábrica se encuentra situada al SE de Alcaudete, entre los puntos kilométricos 365 y 366 de la carretera nacional 432, Granada-Córdoba.

Cuenta con 4 hornos rotativos, (2 para la elaboración de yeso y 2 para la fabricación de escayola), pero en la actualidad, tanto para la obtención de uno como del otro producto, mantienen en funcionamiento un sólo horno y a bajo rendimiento (30%) debido a la poca demanda de producto.

La producción es de 18.000 tn/año de yeso cocido del tipo Y-25, y del orden de 12.000 tn/año de escayola de la clase E-35. El área de destino de la producción es regional.

La segunda cantera está situada al NE de Alcaudete, en el punto kilométrico 98 de la carretera nacional 321 Málaga-Jaén. La explotación se realiza en 2 bancos escalonados, de unos 20 mts de altura el primero y 30-40 mts el segundo, siendo la longitud del frente de 50 mts. La producción de piedra de yeso según datos facilitados por los propietarios de la cantera es de 25-30.000 tn/año. Este material es transportado en camiones hasta la fábrica, que se encuentra próxima a la cantera.

La fábrica cuenta con 2 hornos rotativos continuos que trabajan en atmósfera seca, alimentados por fuel-oil, pero que ultimamente han sido adaptados para la utilización de

leña como combustible. Actualmente se producen 14.000 tn/año de yeso del tipo Y-25, siendo el área de mercado de ámbito regional.

Los problemas por los que atraviesa el sector en esta zona, son prácticamente los mismos que los citados para las zonas anteriormente descritas.

5.5.5.- ZONA VI - 5 - Huelma (Jaén)

En el área que comprende esta zona, se han contabilizado 26 explotaciones inactivas, de pequeñas dimensiones, cuyo material ha sido utilizado antiguamente para la construcción de los cortijos cercanos.

En la actualidad sólo existe una empresa dedicada a la extracción y elaboración de yeso con funcionamiento continuo durante el año, y se encuentra situada en el punto kilométrico 51 de la carretera comarcal 325 de Ubeda a Huelma, al E de ésta última.

La extracción se realiza en 2 bancos escalonados, de unos 15-20 mts de altura y con una longitud del frente de 30-40 mts. Las reservas de yeso en este punto no parecen ser muy elevadas, ya que sobre el diapiro y en su parte N descansa un banco de calizas que impide la explotabilidad del yeso en profundidad. La producción anual de yeso crudo es de 20.000 tn, variando ésta según las necesidades de consumo.

El material crudo tiene un corto recorrido, ya que la fábrica a la que abastece se encuentra a 100 mts de distancia.

La fábrica cuenta con machacadora de mandíbulas para la trituración primaria, 2 molinos de rodillos para la molienda secundaria, 2 hornos rotativos continuos que trabajan en atmósfera seca, de 65 tn de capacidad cada uno, estando sus hogares alimentados con leña.

La producción de esta fábrica es de 10.500 tn/año de yeso común de construcción, siendo el área de mercado regional.

5.5.6.- ZONA VI - 6 - Cabra del Santo Cristo (Jaén)

Existen en la zona 18 explotaciones abandonadas (la mayoría de ellas de pequeñas dimensiones), y sólo una cantera activa, a 2,5 Kms al O. de la localidad de Huesa.

Dicha cantera está situada en la falda S.E. del "Cerro de la Pradera". Tiene un frente de 30 m de longitud, y el laboreo se lleva a cabo en dos bancos escalonados de 10 m de altura el inferior y 15 m el superior.

El arranque se realiza mediante grandes voladuras, con periodicidad mensual, y el material se transporta a la fábrica, situada al S. de la cantera a unos 300 m de esta última. La producción en cantera ha sido en 1981 de 20.000 tn.

La fábrica se encuentra medianamente mecanizada; cuenta con un horno rotativo continuo, que trabaja en atmósfera seca, adaptado recientemente para el consumo de leña, de 70 tn de capacidad. Según datos tomados en la propia fábrica, la producción en 1981 ha sido de 10.000 tn de yeso de construcción, con un área de ventas, especialmente en las locali

dades de la serranía pertenecientes a la provincia de Jaén.

En esta zona, aún cuando las reservas de yeso son abundantes, no se ha desarrollado la industria del yeso, debido principalmente, a su aislamiento de los principales núcleos de población importantes más cercanos, dado que no existe una red adecuada de carreteras y la orografía es bastante accidentada.

5.5.7.- ZONA VI - 7 - Huercal - Overa (Almería)

Dentro de los límites de la zona seleccionada existen 23 canteras abandonadas (en general de pequeñas dimensiones), y 2 explotaciones activas.

La primera se encuentra situada a 6 Kms al E de la localidad de Huercal-Overa, en el paraje denominado "El Rincón del Palainar".

Se trabaja en un frente de 60-70 m de longitud y 15-30 m de altura. El arranque se realiza con explosivos, y la trituración primaria con martillos neumáticos en la propia cantera. El crudo es enviado en camiones a la fábrica situada en la localidad de Puerto Lumbreras (Murcia), distante 35 Kms. La producción de piedra de yeso es del orden de 15.000 tn/año.

La segunda cantera activa es de menores dimensiones que la primera; se explota la piedra de yeso en un frente de 30 m de longitud y 15 m de altura.

La producción es, según datos facilitados, de 10.000 tn/año y se destina a la elaboración de yeso blanco y yeso

moreno o tosco, de construcción, en fábrica situada a unos 100 mts de la cantera.

La fábrica se encuentra medianamente mecanizada. Cuenta con una machacadora de mandíbulas, dos molinos de rodillos, y dos hornos rotativos continuos de 70 tn cada uno de capacidad, que utilizan como combustible fuel-oil.

La producción total es del orden de las 5.000 tn/año de yeso de construcción (blanco y negro), y su mercado de ventas comprende la provincia de Almería y parte de la de Murcia.

Los problemas por los que atraviesa el sector en la zona, aparte de los generales ya reiterados anteriormente, radican principalmente en la competencia existente, dado el elevado número de fábricas de yeso ubicadas en un radio de acción bastante reducido, y que obligan a las empresas a trabajar con un bajo rendimiento (30 a 40% de su capacidad de producción).

6.- CONCLUSIONES

En la investigación realizada en la región andaluza, se han localizado masas de yeso de edad miocena en la DEPRESION DE GRANADA y triásica en el SUBBETICO Y BETICO.

DEPRESION DE GRANADA

Se ha seleccionado en esta Depresión la zona VI-3 - Escuzar (Granada).

Los afloramientos yesíferos mas interesantes de la Depresión de Granada, se encuentran en las proximidades de la localidad de Escuzar.

El yeso aflora en una franja de unos 12 Kms de longitud, que se extiende desde el Cerro de la Venta hasta el cortijo y arroyo de Santapudia. La anchura de esta franja es algo superior a 1 Km en su parte central (proximidades de Escuzar), adelgazándose hacia los extremos.

Se han realizado 8 sondeos en el yacimiento de yeso de Escuzar, perforándose un total de 330,70 m.

En general el paquete yesífero está constituido por bancos, de 3 a 5 m de potencia, de yesos alabastrinos, a veces brechoides, muy blancos, que alternan con otros bancos menos potentes de limos yesíferos o de yesos con intercalaciones margo-arcillosas. Este paquete tiene una potencia del orden de los 200 metros. A techo de este paquete exis-

ten unas calizas con alto contenido en celestina.

Se han estudiado 56 muestras procedentes de los son
deos efectuados, y 13 muestras superficiales tomadas en cam
po.

Las leyes medias obtenidas en $\text{SO}_4 \text{ Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ son del
orden del 80-90%. Se han apreciado indicios de celestina ,
sobre todo en los niveles de techo de la formación yesífera.
Raramente se han observado indicios de anhidrita.

Dentro de la zona seleccionada se han estimado unas
reservas superiores a 200 millones de m^3 .

La industria del yeso en esta zona se encuentra me
diana-bajamente desarrollada, pese a poseer un crudo de bue
na calidad.

Existen actualmente 3 explotaciones activas; una si-
tuada en la carretera de El Turro a Cacín, y 2 en el Cerro
de la Venta. El grado de mecanización de estas canteras es
medio-bajo.

Estas canteras abastecen 3 fábricas situadas en Ven
tas de Huelma, Granada y Alhendin, que producen yeso fino
o yeso blanco del tipo Y-25 F, que se emplea en la ejecu-
ción de enlucidos o blanqueados, y en general en los traba-
jos de acabado o revestimientos. El otro tipo de yeso ela
borado en la zona pertenece al Y-25G -yeso de granulometría
gruesa-, utilizado para determinados prefabricados.

El área de mercado tiene carácter regional.

En resumen, la zona de Escuzar contiene crudos de -

muy buena calidad, óptimos para elaborar yesos finos, escayolas y prefabricados; en su conjunto, es la zona de yesos de mejor calidad entre las estudiadas.

SUBBETICO

Se han seleccionado 5 zonas dentro de este Dominio. Los afloramientos yesíferos son de edad triásica y su común denominador es que todos ellos en mayor o menor grado, contienen niveles margoarcillosos como impurezas.

En general, los yacimientos contienen niveles de anhidrita, siendo más abundantes en profundidad. Las zonas seleccionadas han sido las siguientes:

Zona VI-1 - Morón de la Frontera (Sevilla)

Las masas de yeso tienen en general carácter diapírico, apareciendo al techo de los yesos los materiales calcáreos triásicos, lo cual les confiere su típico aspecto de cerros redondeados, coronados en la mayoría de las veces por resaltes calcáreos más duros.

Se han realizado 2 sondeos, perforándose un total de 91,50 m. Se han estudiado 9 muestras superficiales y 24 muestras procedentes de las columnas de sondeos.

Los yesos son abundantes, pero contienen dolomita y anhidrita en proporciones variables. No puede hablarse en esta zona de frentes constituidos por niveles puros de yeso, ya que es constante en mayor o menor grado, la presencia de intercalaciones margosas y/o dolomíticas, de aspecto a simple vista arcilloso.

La ley media en $\text{SO}_4 \text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ obtenida en los sondeos efectuados ha sido del orden del 80-90%.

En esta zona se han estimado unas reservas superiores a 200 millones de m^3 .

Actualmente existen 4 explotaciones activas, ubicadas en los parajes "Cerro Negro" y "Rancho del Charco" y constituyen los dos núcleos extractivos de la zona. El grado de mecanización de estas explotaciones es mediano a bajo.

Las industrias transformadoras que se abastecen de esta piedra de yeso son abundantes y elaboran en su mayor parte yeso común de construcción.

Sin embargo, las 3 fábricas más importantes ubicadas en Morón de la Frontera se abastecen de piedra de yeso procedente del área de Pruna (Zona VI-2).

En resumen puede decirse que en esta zona de Morón de la Frontera, la industria del yeso se encuentra muy desarrollada.

Debe hacerse notar que este desarrollo se debe, fundamentalmente, a la transformación del material procedente del área de Pruna con el que se obtienen escayolas y prefabricados.

El crudo de yeso existente en esta zona VI-1 de Morón, salvo excepciones (muestra 1 procedente del "Rancho del Charco"), no es apto para la elaboración de prefabricados. Actualmente, las muestras de yeso crudo analizadas pertenecen a las clases II y IV, y los productos elaborados en fábrica

pertenecen a los tipos Y-25G e Y-12 fundamentalmente.

Zona VI-2-Coripe-Pruna (Sevilla-Cádiz)

En esta zona se encuentran abundantes masas de yesos, formando parte de los materiales del triás "germano-andaluz" que en la mayor parte de los casos no tienen gran continuidad lateral, y que en ocasiones destacan topográficamente por su aspecto diapírico.

Estos yesos tienen, en general, un alto índice de pureza en algunos casos superior al 90% de $\text{SO}_4 \text{ Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pero también contienen niveles intercalados de anhidrita y material carbonático, aunque en general son de escasa potencia, como se desprende del análisis efectuado a los sondeos y que figuran en el tomo II.

Estos yesos son aptos para la elaboración de escayolas y prefabricados, y de hecho constituyen la materia prima de la que se surten las fábricas existentes en Morón, como se ha señalado anteriormente.

Se han estimado unas reservas de yeso superiores a 300 millones de m^3 .

Se han realizado 6 sondeos, perforándose un total de 189,25 m. Las muestras analizadas procedentes de estos sondeos han sido 48. Asimismo se han estudiado 6 muestras superficiales.

Actualmente existen 3 canteras activas en esta zona, concretamente en el área de Pruna, con alto grado de mecanización, y el crudo extraído se traslada en camiones a las fá-

bricas de Morón de la Frontera.

Los ensayos tecnológicos efectuados a las muestras -
crudas, tomadas en las distintas fábricas visitadas, clasifi-
can a la mayoría de éstas como de la clase I EXTRA. Asímis-
mo, los productos elaborados pertenecen a los tipos Y-25 -
(Y-25G e Y-25F), E-30 y E-35.

En resumen puede decirse que esta zona es muy intere-
sante, ya que contiene crudos de primera calidad, muy aptos
para la elaboración de productos prefabricados.

Zona VI-4-Alcaudete (Jaén-Córdoba)

Se han realizado 7 sondeos con un total de 267,05 m
perforados. Se han estudiado 32 muestras procedentes de es-
tos sondeos y 8 superficiales tomadas en campo.

Se han estimado unas reservas de yeso superiores a
100 millones de m³.

En esta zona se encuentran niveles yesíferos de bas-
tante pureza, pero en general circunscritos a los estratos -
más próximos a la superficie. Los sondeos analizados nos
indican que en profundidad las facies presentes son anhidrí-
ticas.

Es común la presencia de niveles carbonatados, espe-
cialmente de calizas dolomíticas ("carniolas"), que contie-
nen celestina.

Actualmente existen 2 canteras activas en esta zona
que abastecen de piedra de yeso a dos fábricas situadas en

las proximidades de Alcaudete.

La piedra de yeso extraída pertenece en su mayor parte a la clase I Extra; y el tipo de producto elaborado es Y-25G y E-30 principalmente.

Puede resumirse que esta zona posee buenos yacimientos de yeso de alta ley en $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pero no son muy abundantes. Son más frecuentes los yacimientos con niveles de impurezas, especialmente secuencias carbonatadas y margosas, circunstancia que hace que la ley media en yeso no sea alta, como lo demuestra el conjunto de los sondeos analizados.

Zona VI-5-Huelma (Jaén)

La presencia generalizada de niveles margo-arcillosos, así como de rocas carbonáticas margosas, que alternan con los yesos, permite afirmar que se trata de una zona de escaso interés, desde el punto de vista de obtención de piedra de yeso de primera calidad en grandes cantidades, para elaboración de productos prefabricados.

Se realizó 1 sondeo de 28,90 m al NE de Huelma, analizándose 4 muestras procedentes de este sondeo, así como 10 superficiales tomadas en diferentes yacimientos de la zona.

Tanto las muestras del sondeo, como las superficiales analizadas, se han tomado de niveles de yeso, habiéndose obtenido una alta ley en $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$; sin embargo la abundancia en toda la zona de niveles margo-yesíferos alternantes con los de yeso, disminuyen considerablemente la ley media en $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ del yacimiento correspondiente.

Se han estimado unas reservas de yeso superiores a 120 millones de m³.

En la actualidad sólo existe una empresa dedicada a la extracción y elaboración de yeso con funcionamiento continuo durante el año. El crudo explotado se ha clasificado I Extra según los resultados de los ensayos tecnológicos efectuados; el producto elaborado se ha clasificado como Y-25G.

En resumen puede decirse que esta zona tiene poca actividad extractiva y transformadora, dado que en general los yacimientos no tienen la suficiente pureza en $SO_4Ca.2H_2O$ para poderse explotar masivamente.

Zona VI-6-Cabra del Santo Cristo (Jaén)

Se trata de una zona que posee niveles de yeso de tipo alabastrino, de buena calidad de 8-10 m de potencia, bajo los cuales abundan niveles alternantes de yesos más o menos margosos con niveles algo carbonatados. También es frecuente, en profundidad, la presencia de niveles de anhidrita.

Es de destacar la amplitud de la zona, en la que se han estimado una reservas de yeso superiores a los 350 millones de m³. La actividad extractiva y transformadora es escasa, debido principalmente a la inexistencia de una red de carreteras en la zona, la inaccesibilidad en la mayor parte de los casos del yacimiento, y la ausencia de importantes núcleos de población próximos a la zona.

BETICO

La zona VI-7-Huerca-Overa, única seleccionada en es

te Dominio, posee yesos triásicos, de una ley media en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ del orden del 70-80%, conteniendo como principales impurezas, arcillas con inclusiones carbonatadas.

La calidad media de la piedra de yeso, en general, no es apta para la obtención de yeso fino de buena calidad y menos aún de escayola.

Se han estimado unas reservas del orden de 150 millones de m^3 .

Se realizaron 4 sondeos con 115,50 m perforados. Se analizaron 9 muestras de sondeos y 8 superficiales.

La actividad extractiva y transformadora de esta zona es deficiente, dado que los yesos en general no son de muy buena calidad.