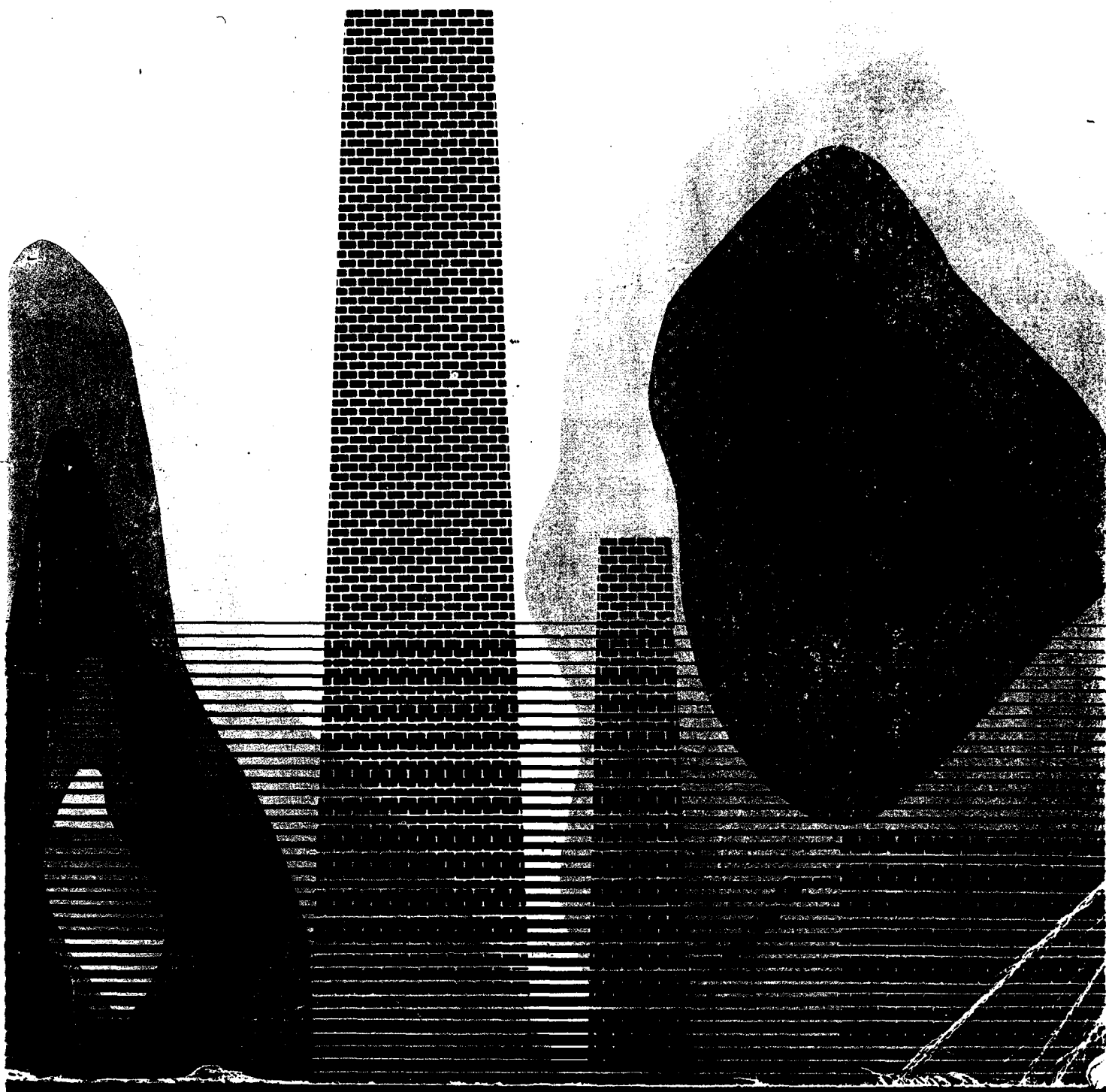


APLICACION DE TECNOLOGIA DE YESOS
A LA ZONA CENTRO

00560



00560

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

PLAN NACIONAL DE LA MINERÍA
PLAN NACIONAL DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS
NO ENERGETICAS

APLICACION DE TECNOLOGIA DE YESOS
A LA ZONA CENTRO

Octubre, 1978

09700

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

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- ANTECEDENTES	1
2.- INTRODUCCION	4
2.1.- SITUACION DE LA ZONA CENTRO	5
2.2.- HISTORIA GEOLOGICA DE LA ZONA CENTRO ...	5
2.3.- TIPOS DE YESO EXPLOTABLE	8
2.4.- MASAS CANTERABLES	9
2.5.- ZONAS SELECCIONADAS	10
2.6.- SONDEOS	10
2.7.- ANALISIS	11
2.8.- CONCLUSIONES	12
3.- TECNOLOGIA DEL YESO	15
3.1.- INTRODUCCION	16
3.2.- METODO DE TRABAJO	16
3.3.- PROPIEDADES GENERALES DE LOS YESOS NATU- RALES	17
3.4.- EXPLOTACION	18
3.4.1.- Arranque	20
3.4.2.- Trituración primaria	21
3.5.- FABRICACION	22
3.5.1.- Trituración secundaria	22
3.5.2.- Secado	22
3.5.3.- Procesos de deshidratación y co- cción	23
3.5.4.- Tipos de hornos	26
3.5.4.1.- Cocción en atmósfera - seca o no saturada ...	26
3.5.4.2.- Cocción en atmósfera - saturada	29

	<u>Pág.</u>
3.5.5.- Procedimientos especiales de cocción	31
3.5.6.- Preparación del producto final	32
3.6.- TIPOS COMERCIALES DE YESO PARA LA CONSTRUCCION	32
3.7.- PROPIEDADES DEL PRODUCTO ACABADO	34
3.7.1.- Grado de finura	34
3.7.2.- Tiempo y velocidad de fraguado	35
3.7.3.- Resistencias mecánicas	39
3.7.4.- Agua de amasado	40
3.7.5.- Humedad	40
3.7.6.- Permeabilidad	41
3.7.7.- Otras propiedades	41
3.8.- UTILIZACION DEL YESO	42
3.8.1.- Grupo de la Construcción	43
3.8.2.- Grupo Industrial	47
3.8.2.1.- Yeso industrial calcinado	48
3.8.2.2.- Yeso anhidro	48
3.8.2.3.- Yeso industrial no calcinado	50
3.8.3.- Grupo agrícola	52
3.9.- ESPECIFICACIONES DE LOS YESOS PARA LOS DISTINTOS USOS	54
3.9.1.- Normas españolas	54
3.9.2.- Normas italianas	61
3.9.3.- Normas francesas	64
3.9.4.- Normas inglesas	68
3.9.5.- Normas U.S.A.	74
3.9.6.- Normas internacionales	81
4.- CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DEL YESO DE LA ZONA CENTRO	85
4.1.- FORMACION DE YESOS DEL CRETACICO DE LA SIERRA DE ALTOMIRA	87

	<u>Pág.</u>
4.2.- FORMACION DE YESOS OLIGOCENOS	88
4.3.- FORMACION DE YESOS MIOCENOS DE LA CUENCA DEL TAJO	94
4.4.- FORMACION DE YESOS MIOCENOS DE LA SUB- CUENCA DE HUETE	111
4.5.- AJUSTE DE LOS YESOS DE LA ZONA A LA NORMA TIVA EXIGIDA A LOS USOS A QUE SE DESTI- NAN Y OTROS POSIBLES EMPLEOS	112
4.5.1.- Formación de yesos del Cretácico de la Sierra de Altomira	114
4.5.2.- Formación de yesos oligocenos ..	114
4.5.3.- Formación de yesos miocenos de - la Cuenca del Tajo	119
4.5.4.- Formación de yesos miocenos de - la Subcuenca de Huete	124
4.6.- CONCLUSIONES	126
5.- ESTUDIO ECONOMICO	128
5.1.- ASPECTO GENERALES	129
5.1.1.- Geografía física	129
5.1.2.- Población	130
5.1.3.- Renta y producto	133
5.2.- PANORAMA GENERAL DEL SECTOR DEL YESO ...	138
5.2.1.- Producción mundial	138
5.2.2.- Mercado internacional del yeso .	143
5.2.3.- Estructura del sector	146
5.2.4.- Producción nacional	147
5.2.5.- Consumo nacional	149
5.2.6.- Mercado exterior	151
5.2.7.- Transporte y su evolución	160
5.3.- LA INDUSTRIA DEL YESO EN LA ZONA CENTRO.	161
5.3.1.- Industria extractiva	161
5.3.2.- Industria transformadora	169

	<u>Pág.</u>
5.4.- PROBLEMATICA DEL SECTOR	174
5.4.1.- Problemas geográficos y de in- fraestructura	174
5.4.2.- Problemas de financiación	175
5.4.3.- Problemas tecnológicos	175
5.4.4.- Problemas de legislación	176
6.- CONCLUSIONES	177
BIBLIOGRAFIA.-	183

1.- ANTECEDENTES

En 1.967 se inició la realización del proyecto "Plan Nacional de Investigación de Yesos en España". Este programa, elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España, y aprobado en su día por la superioridad, surgió ante la necesidad de un revisión y reestructuración del estado en que se encontraba la industria del yeso en nuestro país.

Con objeto de que su realización pudiese llevarse a cabo de un modo sistemático a lo largo de todo el territorio nacional, dicho Plan fue subdividido en ocho zonas, de las cuales se han investigado las siguientes: Zona I "Centro" - (1968), Zona II "Cataluña" (1969), Zona III "Sureste" (1970), Zona IV "Levante" (1971) y Zona V "Depresión del Ebro y Cuenca del Duero" (1975).

El estudio de las cuatro primeras zonas fue enfocado fundamentalmente bajo los puntos de vista geológico y mineralógico de los yacimientos yesíferos, y no contempló los aspectos tecnológicos de la industria del yeso, especialmente los concernientes a calidades y especificaciones requeridas para cada tipo de utilización, tal como se hizo en la Zona V "Depresión del Ebro y Cuenca del Duero".

El presente proyecto "Aplicación de Tecnología de Yeso a la Zona Centro", complementario del denominado "Plan Nacional de Yesos. Zona I - Centro", tiene por objeto realizar el estudio de los yesos de esta zona, enfocado desde el punto de vista de sus características tecnológicas, ajustando sus posibles calidades industriales a la normativa vigente según

los distintos usos a que se pueden destinar. Con la actualización de estos estudios, la Zona I - "Centro" se lleva al mismo nivel de conocimientos que la Zona V - "Depresión del Ebro y Cuenca del Duero".

2.- INTRODUCCION

Para la realización del presente proyecto "APLICACION DE TECNOLOGIA DE YESOS A LA ZONA CENTRO", se han tomado como base de partida los resultados de los trabajos de investigación obtenidos en el proyecto "PLAN NACIONAL DE INVESTIGACION DE YESOS ZONA I - "CENTRO, elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España en 1.968.

En los sucesivos apartados de este capítulo se da un breve resumen del contenido del proyecto últimamente citado, así como de las conclusiones obtenidas.

2.1.- SITUACION DE LA ZONA CENTRO

La Zona Centro, tal y como fue considerada, ocupa parte de las provincias de Guadalajara, Cuenca, Madrid y Toledo, coincidiendo con la parte alta de la Cuenca del Tajo. La única alineación montañosa la constituye la Sierra de Altomira, dirigida de N a S y situada en el borde oriental de esta zona.

Hidrográficamente pertenece a la Cuenca del Tajo, río este que atraviesa la Zona Centro desde la Sierra de Altomira hasta Toledo, siguiendo una trayectoria NE-SW; tributario del Tajo es el Jarama, que a su vez recibe por su margen izquierda las aguas del Henares y las del Tajuña, y por la derecha las del Manzanares.

2.2.- HISTORIA GEOLOGICA DE LA ZONA CENTRO

La potente serie de sedimentos paleozóicos son plegada

dos por los movimientos hercínicos, cuya fase principal se sitúa entre el Silúrcio y el Estefaniense. Posteriormente - las intrusiones graníticas, con las consiguientes metamorfizaciones, unidas a la intensa acción postorógenica, originan un macizo cratonizado. Este plegamiento está actualmente representado por la Cordillera Carpeto-Vetónica.

Sobre esta masa paleozóica cratonizada, se instala la sedimentación mesozoica, en principio de aguas profundas, - con depósitos de tipo carbonatado. A finales del Secundario y principios del Terciario la sedimentación empieza a efectuarse en aguas más someras, con el consiguiente depósito - de materiales detríticos. La profundidad de la cuenca de sedimentación sigue disminuyendo, y así, en el Oligoceno, nos encontramos ya con depósitos típicamente salobres, que originan las potentes masas de yeso existentes en el Oligoceno inferior.

Esta disminución progresiva en la profundidad de la cuenca de deposición, nos evidencia un levantamiento general, indicio indudable del comienzo de los movimientos alpinos. La serie mesozoica - paleógena se instala con carácter transgresivo sobre la masa paleozoica arrasada.

El Mesozoico es esencialmente carbonatado, y únicamente en sus postrimerías, comienza a presentar carácter detrítico.

El Paleógeno, yace concordantemente sobre el Cretácico y constituye una formación de unos 1.000 m de espesor.

Esta formación está constituida en su base por yesos masivos pertenecientes al Oligoceno inferior. En su parte superior es en esencia detrítica, representada por conglomerados, areniscas y arcillas, que a medida que nos acercamos al interior de la cuenca, pasan a margas arenosas, margas y

calizas. Este paquete esencialmente detrítico se atribuye - al Oligoceno superior.

En la situación descrita surge el ciclo diastrófico - alpino, que se manifiesta con esfuerzos principales de componente E.

Ante estos esfuerzos se presentan dos medios de características diferentes: un medio cratonizado, competente, rígido, que reacciona ante los esfuerzos alpinos, fracturándose en grandes bloques. El otro medio, de sedimentos mesozoicos - paleógenos, blandos, incompetentes, reacciona ante los empujes alpinos, plegándose.

La fracturación de los bloques del cratón, con su consiguiente basculamiento, origina una serie de fosas o cubetas, donde se instala discordantemente la sedimentación miocena.

La cuenca del Tajo, colmatada por sedimentos miocenos, se extiende desde la sierra de Altomira (anticlinorio mesozoico emergido, que constituye una alineación montañosa en dirección N-S), hasta el Macizo Central y los Montes de Toledo, adoptando una disposición triangular.

Al E de la Sierra de Altomira se originan pequeñas subcuencas miocenas, que son colmatadas rápidamente en un medio sedimentológicamente tranquilo (ausencia de aportes detríticos). Dadas las escasas dimensiones de éstas, la evaporación fue muy rápida, facilitando la deposición de sedimentos químicos muy puros.

La potente serie miocena de carácter continental, instalada en la Cuenca del Tajo, se extiende horizontalmente -

sin interrupción, a lo largo de más de un centenar de kilómetros.

Está constituida por tres tramos característicos: uno inferior, arcilloso, con presencia de niveles detríticos, - de color generalmente rojizo; un tramo medio de coloración gris, formado por margas yesíferas, y otro superior, constituido por margas y calizas blanquecinas de naturaleza eminentemente continental: "calizas de los páramos", que constituyen superficies tabulares de gran desarrollo, muy características del paisaje castellano. Estos tres tramos han sido datados por el profesor H. Pachecho como Tortoniense el inferior, Sarmatiense el intermedio y Pontiense el superior.

Respecto a los terrenos cuaternarios, quedan reducidos a los aluviones de los ríos y a terrazas de los mismos.

2.3.- TIPOS DE YESO EXPLOTABLE

Se han diferenciado tres tipos de yeso, identificado cada uno de ellos con un nivel estratigráfico.

- Yesos Garumnenses. Muy puros, de color blanco o rosado, - de alto contenido en sulfato cálcico bihidrato, alabastrinos en muchas ocasiones, y a veces con anhidrita. Aparecen muy tectonizados y presentan intercalaciones delgadas de caliza.
- Yesos Oligocenos. También muy puros, de gran riqueza en - sulfato cálcico bihidrato, a veces alabastrinos, masivos y con algunos paquetes de anhidrita.
- Yesos Miocenos. Menos puros que los anteriores, con presencia de arcilla dispersa entre el yeso, y con intercalaciones de bancos arcilloso-margosos. Aparecen algunas intercalaciones de niveles de anhidrita y es frecuente la existencia de lentejones salinos.

2.4.- MASAS CANTERABLES

Se señalaron en el estudio 38 masas canterables de yeso, repartidas por las distintas áreas seleccionadas que se citan en el siguiente apartado. La ubicación y delimitación de estas áreas o zonas dentro de la Zona I - "Centro", se llevó a cabo tras considerar los yacimientos de yeso de interés.

Los criterios seguidos para delimitar estas masas canterables fueron cuatro:

- a) Calidad de material. - Se comprende fácilmente, que este sea uno de los puntos básicos, para separar masas consideradas como canterables. La calidad de los yesos es muy variable de unas zonas a otras, pero se han elegido aquellas masas que presentaban caracteres de rentabilidad.
- b) Topografía. - Es también otro factor clave para la cartografía de masas de yeso. Se ha procurado señalar las masas, de forma que corresponda a un desnivel topográfico, puesto que así puede hacerse una explotación escalonada a cielo abierto, que resulta mucho más rentable que el sistema de galerías y pozos que habría que utilizar en un área llana.
- c) Accesos. - El transporte del material extraído en las canteras, ha de hacerse, como es lógico, en unas condiciones de máxima economía. Para ello los accesos hasta el pie de la cantera son fundamentales.
- d) Cubicaje. - El total de millones de metros cúbicos que posean de reserva las masas canterables es básico para darles un orden de prioridad en una posible explotación masiva, siempre que las calidades de los yesos sean similares.

En el capítulo V - Masas Canterables de la memoria - correspondiente a la investigación de yesos-Zona I-Centro-, se da la cubicación así como la localización de estas masas, dentro de cada área seleccionada.

2.5.- ZONAS SELECCIONADAS

Se seleccionaron 12 áreas o zonas de interés, cuya nomenclatura, así como la edad de los yesos que contienen, es la siguiente:

Zona I - 1	-	Jadraque	-	Yesos Oligocenos
Zona I - 2	-	Cogolludo	-	Yesos Oligocenos
Zona I - 3	-	Torrelaguna	-	Yesos Oligocenos
Zona I - 4	-	Aranzueque	-	Yesos Miocenos
Zona I - 5	-	Almoguera	-	Yesos Miocenos
Zona I - 6	-	Almonacid de	-	Yesos Miocenos
		Zorita	-	Yesos Cretácicos
Zona I - 7	-	Huete	-	Yesos Miocenos
Zona I - 8	-	Fueñtidueña		
		de Tajo	-	Yesos Miocenos
Zona I - 9	-	Vallecas	-	Yesos Miocenos
Zona I -10	-	Chinchón	-	Yesos Miocenos
Zona I -11	-	Valdemoro	-	Yesos Miocenos
Zona I -12	-	Alameda de la		
		Sagra	-	Yesos Miocenos

2.6.- SONDEOS

El objetivo principal de los sondeos efectuados en la Zona Centro fue, principalmente el de comprobar las calidades de los yesos en las distintas formaciones donde estos se encuentran; también se pretendía ver la potencia de los paquetes yesíferos y determinar su techo y muro.

Los sondeos se marcaron siguiendo dos criterios: el de servir para establecer la columna base de la formación existente en la zona estudiada, y el de comprobar las variaciones laterales de los niveles determinados en la columna base.

Los sondeos marcados, lo fueron, con el objeto de atravesar los yesos pertenecientes a tres formaciones geológicas distintas: Garumnense, Oligoceno y Mioceno.

En la formación yesífera garumnense se han situado 3 sondeos, con un total de 277,2 m perforados, los tres en el ámbito de la zona I-6.

En la formación yesífera oligocena se marcaron 17 sondeos, pertenecientes a las zonas I-1, I-2 y I-3, con un total de 1.214,22 m perforados.

En el paquete de yesos miocenos se efectuaron 36 sondeos distribuidos en las zonas I-4, I-5, I-7, I-8, I-9, I-10, I-11 y I-12, siendo 2.556,35 el número de metros perforados.

Se efectuaron por tanto 56 sondeos con un total de 4.047,77 m perforados.

2.7.- ANALISIS

Procedentes del desmuestre de los sondeos citados, y con objeto de determinar su composición, se estudiaron 857 muestras.

Por análisis químico se determinaron los contenidos de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO y ClNa . Se conocieron igualmente los porcentajes de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sulfato cálcico bihidrato), CaSO_4 (anhidrita), así como la presencia de otros minerales medianu

te el estudio de cada muestra por Rayos X. Los minerales más frecuentes son dolomita, calcita, cuarzo, CO_3Mg , glauberita y arcilla.

En la parte del informe dedicada a planos, sondeos y fotografías, de la Investigación de Yesos de la Zona Centro, se da la situación del sondeo dentro de la zona a que pertenece, su columna litológica completa, la cota y composición de las muestras analizadas, así como las conclusiones obtenidas en cada uno de ellos.

2.8.- CONCLUSIONES

- Se diferenciaron tres tipos de yesos: Oligocenos, Garumnenses y Miocenos.
- Los yesos del Cretácico (garumnenses) son muy puros, con alto contenido en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, casi sin anhidrita y alabastrinos en muchas ocasiones. Se encuentran en la Zona I-6.
- Los yesos oligocenos son también muy puros, masivos, de gran riqueza en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y con algunos paquetes de anhidrita. Aparecen en las zonas I-1, I-2 y I-3. En ésta última son de calidad muy inferior y poseen gran cantidad de arcilla.
- Los yesos Miocenos son menos puros que los anteriores; contienen arcilla dispersa entre el yeso así como intercalaciones de bancos arcilloso-margosos. Aparecen intercalaciones de niveles de anhidrita y es frecuente la existencia de lentejones salinos. Se presentan en las zonas I-4, I-5, parte de I-6, I-7, I-8, I-9, I-10, I-11 y I-12.

- De entre las zonas de yesos miocenos hay que distinguir la zona I-7. Esta corresponde a una subcuenca mucho más cerrada que la cuenca del Tajo, donde la evaporación fue mucho más rápida y por consiguiente la calidad del yeso es mejor (ausencia más acusada de aportes detríticos).
- Se han seguido cuatro criterios para delimitar las 38 masas de yeso canterable definidas en la Zona Centro: calidad del material, cubicaje, accesos y factores topográficos que puedan influir en la explotabilidad del yeso.
- Estas 38 masas totalizan unos 10.000 millones de metros cúbicos de yeso canterable, distribuidos entre las cuatro provincias que ocupan la Zona Centro.
- Madrid totaliza 6.155 millones (56%) distribuidos entre cinco zonas yesíferas: 25 millones en la zona I-3, 630 millones en la I-8, 1.700 millones en la I-9, 2.200 millones en la I-10 y 1.600 millones en la I-11.
- Toledo posee 1.500 millones de metros cúbicos de yeso canterable (14%) integrados totalmente en la zona I-12.
- Cuenca tiene 1.900 millones de metros cúbicos de yeso canterable (17%) que pertenece a la zona I-7.
- Guadalajara totaliza 1.410 millones de metros cúbicos de yeso canterable (13%), distribuidos entre las zonas I-1 (130 millones), I-2 (300 millones), I-4 (300 millones), I-5 (500 millones) y I-6 (180 millones de metros cúbicos de yeso).

La distribución de los 10.000 millones de metros cúbicos de yeso canterable en la Zona Centro en función de los grupos estratigráficos a que pertenecen queda así:

- Yesos garumnenses: 159 millones de metros cúbicos - (2%), pertenecientes a la zona I-6 (Guadalajara).
- Yesos Oligocenos: 455 millones de metros cúbicos - (4%) distribuidos por las zonas I-1 (Guadalajara) , I-2 (Guadalajara) y I-3 (Madrid).
- Yesos Miocenos: 10.351 millones de metros cúbicos - (94%) pertenecientes a las zonas I-4, I-5, I-6 (provincia de Guadalajara), I-7 (provincia de Cuenca) , I-8, I-9, I-10, I-11 (provincia de Madrid), y I-12 - (provincia de Toledo).
- Respecto a la calidad de los yesos, hay que destacar en primer lugar las masas de yeso de la zona I-1 (130 millones de metros cúbicos), las de la zona I-2 (300 millones), las de la zona I-6 (159 millones), las de la zona I-7 (1.900 millones), las de la zona I-5 (500 millones), y las de la zona I-4 (300 millones).

3.- TECNOLOGIA DEL YESO

3.1.- INTRODUCCION

El presente capítulo tiene por objeto conocer las características técnicas de los yesos elaborados en las distintas fábricas existentes en la Zona Centro, a partir de yeso crudo o natural desmuestrado en las áreas o zonas seleccionadas.

El conocimiento de estas características ha permitido ajustar los diferentes tipos de yesos y escayolas a la normativa vigente, según los usos a que se destinan y otros posibles empleos.

3.2.- METODO DE TRABAJO

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.

Por otra parte, se han valorado debidamente todos los datos recogidos en el trabajo de campo, tanto en las visitas a las canteras como a las fábricas.

En el apartado 3.9, se comenta la normativa de uso más frecuente, referente al yeso y sus productos, de diferentes países: España, Italia, Francia, Inglaterra y USA; así mismo, se han considerado las normas internacionales (ISO).

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

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

3.3.- PROPIEDADES GENERALES DE LOS YESOS NATURALES

El yeso es un mineral constituido esencialmente por sulfato de calcio con dos moléculas de agua de cristalización. Es una roca blanca que, en general, no presenta esta coloración debido a las impurezas que posee.

Esta variedad de yeso, denominada yeso común o aljez, - cristaliza en el sistema monoclinico, presentando las siguientes propiedades físicas y químicas: p.e. = 2,314 a 2,328; dureza = 1,5 a 1, de la escala de Mohs; solubilidad en agua de aproximadamente 0,24%, a 0°C, que aumenta progresivamente hasta un máximo de 0,25%, a 36°C, para posteriormente ir disminuyendo, también de modo progresivo.

La piedra de yeso es poco soluble en agua, insoluble - en alcohol etílico, y no produce efervescencia con los ácidos.

En cuanto a la anhidrita, es un mineral constituido, - esencialmente, por sulfato de calcio anhidro, de coloración blanca o blanca-grisácea, en la que es escasamente perceptible la cristalización. Esta cristalización tiene lugar en el sistema rómbico y presenta las siguientes propiedades físicas y químicas: p.e. 2,899 a 2,985; dureza = 3 a 3,5 en la escala de Mohs; no toma agua de hidratación, y por encima de 40°C presenta el mínimo de solubilidad de todos los materiales similares, compuestos esencialmente por sulfato cálcico.

3.4.- EXPLOTACION

Los yacimientos de yeso son explotados a cielo abierto (canteras), y mediante labores subterráneas (minas).

La explotación a cielo abierto se realiza por bancos - escalonados, cuya alternancia es función del espesor de la capa de yeso (10 a 20 m por banco). El frente de cantera puede tener grandes longitudes (500 a 1.500 m). Los espesores - de recubrimiento, así como la presencia de capas estériles intercaladas, constituyen frecuentemente una importante labor de desmonte que encarece notablemente el precio de la explotación.

Los inconvenientes que pueden presentarse en una cantera son los siguientes:

- Desmonte de importantes volúmenes de roca estéril.
- Ubicación muy próxima a núcleos urbanos y que supongan una alteración de cualquier índole en el entorno de ellos.
- Disminución del rendimiento en áreas frecuentemente lluviosas, dificultándose los accesos e impidiéndose una mayor productividad.

Sin embargo, la gran ventaja de una cantera, es la de permitir la explotación de la totalidad del banco de yeso.

Cuando los bancos se encuentran a una cierta profundidad, se hace obligada la explotación subterránea (mina), ya que de lo contrario, los grandes desmontes a realizar, debidos al recubrimiento existente, harían prohibitiva la labor extractiva.

Se excavan galerías en forma de ojiva de grandes dimensiones (8 a 12 m de longitud, 15 a 20 m de altura). Estas con cortadas por otras galerías perpendiculares, de manera que los pilares resultantes, de una anchura de 5 a 8 m, representan alrededor de la mitad de la masa total de yeso explotable. Un espesor de 2 a 3 m de yeso queda igualmente en la parte inferior y superior de la galería.

La explotación por galerías presenta los siguientes inconvenientes:

- Pérdida del 50% del yeso explotable
- Dificultad de entibación y necesidad de eventuales trabajos de apuntalamiento (posibles hundimientos).
- Consumo un poco más elevado de explosivo (fallas y grietas que pueden ser importantes).

Estos inconvenientes están compensados por un número de ventajas:

- Posibilidad de trabajar en todo tiempo
- Roca conteniendo poco agua
- No presenta problemas de ubicación

En las doce áreas seleccionadas de la Zona Centro objeto del presente estudio, el escaso o nulo recubrimiento existente permite que la totalidad de las explotaciones se lleven a cabo mediante canteras.

De las 124 explotaciones declaradas activas en 1.966, y de las que sólo 92 estaban realmente en funcionamiento en aquel año, quedan trabajando únicamente 55 en 1.978.

Este decrecimiento - próximo al 50% - experimentado a lo largo de estos últimos 12 años, pone de manifiesto la paulatina pérdida del carácter extremadamente minifundista del Sector. La mayor parte de las explotaciones con una insuficiente mecanización y muy bajo rendimiento, unido al constante aumento del coste de la mano de obra, han contribuido con su cierre al descenso antes mencionado.

El volumen de piedra de yeso extraído, no obstante, ha experimentado un constante aumento a lo largo de estos años. La mayoría de las canteras actualmente en explotación cuentan con una maquinaria adecuada, que les permite un alto rendimiento, con un mínimo coste de mano de obra.

3.4.1.- Arranque

En las canteras existentes en la Zona Centro, la potencia de las capas de yeso que son objeto de explotación oscila entre 5 y 15 metros. Estos espesores permiten que el laboreo se realice mediante un banco único, cuya potencia coincide con la altura del frente de cantera.

Es frecuente que la capa de yeso explotable descansa horizontalmente sobre otra margosa, tomándose el techo de ésta última como plaza de cantera. En este caso, y dado el escaso o nulo recubrimientos, con un frente único se puede explotar en toda su potencia el banco de yeso.

En otras ocasiones, la plaza de cantera se asienta sobre piedra de yeso. Se trata de niveles explotables de gran potencia, que exigirían para ser aprovechados en todo su espesor, una altura mayor del frente, en unos casos, y un laboreo mediante bancos escalonados en otros.

De todo lo indicado más arriba se deduce que la mejora del rendimiento de una cantera está en función directa con la maquinaria empleada. Así, por ejemplo, la altura de un frente de cantera viene condicionado por la longitud que pueda darsele al barreno efectuado con el vagón perforador de que se dispone.

Las canteras existentes en la Zona Centro tienen mecanizados sus sistemas de extracción.

El arranque de la roca se realiza con el empleo de explosivos. Los barrenos se realizan con máquinas perforadoras equipadas con barrena helicoidal. Los bloques arrancados se cargan en camiones mediante palas mecánicas para su transporte a la planta de trituración primaria.

3.4.2.- Trituración primaria

La trituración preliminar o primaria, tiene por objeto reducir los bloques arrancados a tamaños más pequeños. Esta operación puede hacerse indistintamente, bien en cantera o en la propia fábrica, aunque ordinariamente se lleva a cabo en la primera. En el área que nos ocupa, la mayoría de las fábricas se encuentran colindando con las canteras, siendo mínimo el transporte de la piedra a la planta de trituración.

La planta de trituración primaria, existente en la fábrica más moderna de la Zona Centro, cuenta con una trituradora gigante, de impacto, equipada con un motor de 600 Hp y con capacidad de producción de 500-500 t/h. Los bloques más gruesos de piedra llegan a alcanzar un volumen de 1 m^3 , y son reducidos a tamaños comprendidos entre 5-10 cm. Este tipo de trituradoras son muy adecuadas para el yeso, sobre todo en aquellos casos en que el material contenga humedad en exceso.

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

3.5.- FABRICACION

3.5.1.- Trituración secundaria

Los hornos modernos de cocción, exigen una adecuada granulometría del yeso crudo, con objeto de someter toda la masa a una temperatura homogénea de calcinación.

Para este fin, la piedra de yeso se somete a una trituración posterior o secundaria. Esta operación se lleva a cabo mediante una serie de unidades standard, siendo las más frecuentes las trituradoras del tipo de cono, los molinos de martillo, así como los molinos de cilindros lisos o estriados. Al igual que en la trituración primaria, se lleva aquí un control de la molienda con objeto de evitar la producción de ultrafinos, y asegurar un tamaño de grano adecuado, apto para iniciar el recorrido en el horno de cocción.

3.5.2.- Secado

Cuando la piedra de yeso extraída de la cantera contiene una excesiva cantidad de humedad libre, se hace necesaria su eliminación mediante el secado.

Esta operación puede realizarse en las etapas de trituración primaria o secundaria, si bien no siempre es necesaria, dependiendo su uso, como se ha dicho, de la cantidad de agua que contenga la roca.

Si el yeso triturado está húmedo es difícil de manipular, porque no fluye libremente al pasar por la malla de la criba, por lo que es necesario añadir un paso de secado a la preparación de la roca, para asegurar el flujo libre de material en los pasos subsiguientes. Las secadoras rotativas empleadas deben controlarse cuidadosamente, para que la temperatura de la roca no supere el punto en el que comienza la disociación del agua combinada.

3.5.3.- Procesos de deshidratación y cocción

El sulfato cálcico dihidratado - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -, por la acción del calor, - teóricamente entre $120-125^\circ\text{C}$ -, pierde las tres cuartas partes de su agua de cristalización, transformándose en sulfato cálcico hemihidratado - $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ - llamado yeso cocido. Este producto, que tiene carácter de aglomerante, presenta la importante propiedad de fraguar, por adición de agua, regenerando el dihidrato.

Los modernos procesos de cocción actualmente empleados, están encaminados a dejar a la molécula de yeso con la cuarta parte de su agua de cristalización, de forma constante.

Para conseguir esta homogeneidad en la carga tratada en un horno de calcinación, existen una serie de factores - tales como la calidad de la materia prima, finura de grano - en la molienda secundaria, método de cocción, control de la temperatura y tiempo de calcinación, que deben cuidarse rigurosamente.

En nuestro país, en la mayoría de los casos, y hasta no hace mucho tiempo, se ha venido fabricando yeso por un método rudimentario, con unas instalaciones en donde los hornos empleados han carecido totalmente de un adecuado con

trol de temperatura y tiempo de cocción, dando un producto deshidratado heterogéneo, asemejándose muy pocas veces al yeso cocido o hemihidratado que hemos definido más arriba.

En la práctica, la deshidratación de la piedra de yeso es muy lenta hasta los 100°C; a partir de 120°C es considerablemente rápida y se completa a temperaturas superiores a los 240°C. Entre 120°C y 160°C tiene lugar la formación del hemihidratado, y las distintas temperaturas empleadas, dentro de este intervalo de cocción, darán lugar a distintos tipos de yeso con propiedades y usos diferentes.

Se conocen dos variedades alotrópicas de hemihidratado: α y β . La forma α es más estable, o menos reactiva - que la forma β , y tiene una menor velocidad de desarrollo de la resistencia. El hemihidrato α es de fraguado más rápido, mientras que el β fragua más lentamente y con menos coste.

A partir de los 170°C, comienza a eliminarse la media molécula de agua que contiene el hemihidrato, obteniéndose un producto que amasado con agua tiene un fraguado tan rápido que le impide su utilización como mortero, empleándose exclusivamente para estucos y modelados.

A los 200°C se ha eliminado la media molécula de agua de cristalización, obteniéndose el sulfato cálcico anhidro llamado anhidrita soluble o anhidrita α , de fraguado muy lento.

Aumentando la temperatura aún más, del orden de los 500-600°C, no se obtiene ninguna modificación química, pero sí la transformación en sulfato cálcico anhidro, llamado también anhidrita insoluble, anhidrita β o "yeso cocido a muerte", perdiéndose totalmente la propiedad del fraguado.

Cerca de los 1000°C se produce una parcial disociación del CaSO_4 , obteniéndose cerca de un 3% de cal viva y formándose, además, sulfato de calcio básico. Este producto resultante se denomina yeso hidráulico.

Existen una serie de factores que inciden directamente sobre la temperatura a la que ha de tener lugar la cocción.

Estos factores son, fundamentalmente:

Granulometría.- La velocidad de cocción está relacionada con el tamaño de grano del yeso empleado. Debido a la baja conductividad térmica del yeso, se cuecen con mayor lentitud los granos gruesos que los finos. En estas circunstancias, la transformación del dihidrato en hemihidrato en el interior de los granos gruesos, experimenta un retraso, siendo conveniente en estos casos sobrepasar la temperatura de primera cocción (125°C, temperatura de paso de dihidrato a hemihidrato), a 160°C; con objeto de tener así una ausencia total de yeso dihidratado. La presencia de éste último es pernicioso; por un lado acelera extraordinariamente el fraguado del yeso cocido, aún conteniendo pequeñas proporciones, y por otro, mayores proporciones son capaces de debilitar la resistencia del producto fraguado.

Densidad.- Las diferencias de densidad de la piedra de yeso, influyen considerablemente sobre la velocidad de deshidratación. Esta velocidad se verá disminuida utilizando granos gruesos en lugar de granos finos.

Agitación de la masa.- Esta se efectúa con objeto de exponer toda la superficie de los granos a la deshidratación.

presión de vapor.- La acción del vapor de agua, dentro de un amplio intervalo de temperaturas y presiones de trabajo, desplaza los equilibrios de muchas formas, favoreciendo, según los casos, la formación de semihidrato o anhídrita, tanto soluble como insoluble.

En atmósfera de vapor puro y para cualquier temperatura, la transformación de la anhídrita soluble en hemihidrato es muy rápida. Sin embargo, y paralelamente a esta transformación, incluso a temperatura relativamente baja, hay una segunda reacción que produce sobrecocido a expensas del hemihidrato. Esta velocidad de transformación en sobrecocido es más rápida cuando la temperatura es más elevada.

3.5.4.- Tipos de hornos

Existen dos grandes grupos de hornos, cuya diferencia fundamental estriba en la forma de llevarse a efecto la cocción de la piedra de yeso, que puede realizarse en atmósfera seca o no saturada, y en atmósfera saturada.

3.5.4.1.- Cocción en atmósfera seca o no saturada

La cocción en atmósfera seca, o al menos no saturada de vapor de agua, se lleva a cabo en hornos en los que la piedra de yeso está en contacto directo con el fuego, o lo que es lo mismo, con los gases de combustión. A su vez, estos hornos pueden ser de dos tipos: fijos y rotativos. Entre los fijos se pueden incluir los de tipo rudimentario, los de cuba (intermitentes y continuos) y los de columna. Hasta épocas muy recientes, ha sido muy frecuente en nuestro país el uso del horno de tipo rudimentario (horno rústico ó "moruno"). Este es un horno de fuego directo constituido por tres muros de 3 a 4 metros de altura, provisto de aberturas. Se construye con la ayuda de gruesos trozos de

piedra, que se disponen en forma de bóveda, constituyendo el hogar, mientras que la carga está formada con trozos más pequeños. El combustible (leña, carbón) se coloca en el hogar, y los gases de combustión atraviesan la masa de yeso, desprendiéndose junto con la humedad y el agua de hidratación.

La operación completa de cocción y enfriamiento dura de 3 a 5 días. La roca cocida y enfriada, es entonces sacada del horno, y triturada. La capacidad de un horno de este tipo varía entre 100-300 m³.

Los hornos de cuba, hoy en desuso, tienen un funcionamiento análogo a los hornos de cal. Se componen de una torre de mampostería de 1-1,5 m de diámetro y 4-6 m de alto. La carga se efectúa, en capas alternadas, por la parte superior (un lecho de yeso de 20 cm, un lecho de combustible), y la descarga por la parte inferior.

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 sobrecocio, dando distintas variedades de anhidrita. Las capas de yeso crudo situadas en la zona intermedia, darán 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 en yeso crudo.

Esta misma distribución de productos existentes en la carga del horno después de la cocción, 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.

Los hornos de cuba tienen un rendimiento superior al de los "rústicos", menor gasto de combustible y la posibilidad de una marcha continua. Sin embargo, el yeso está mezclado con las cenizas de combustión, que le comunican un color oscuro y un grado de impureza no apto para ciertos usos.

Los hornos rotativos suponen un gran avance en la calidad del yeso obtenido, por la constante agitación a que se somete la masa durante la cocción.

Existen numerosos tipos de hornos rotativos constituidos por tubos cilíndricos de 1 a 2,50 metros de diámetro, - 10 a 30 metros de longitud y revestidos interiormente de ladrillos refractarios. Un hogar exterior alimentado por fuel, envía la llama al interior del horno, en sentido ascendente y a contracorriente de la piedra. En la pared interior del tubo cilíndrico existe un dispositivo constituido por paletas o cadenas que permite agitar constantemente la masa de yeso en su recorrido por el interior del horno, aprovechando el giro de éste, permitiendo su íntimo contacto con los gases calientes.

La temperatura se controla por medio de pirómetros, - que determinan la de los gases a la salida del horno, y la del yeso cocido.

Este tipo de horno rotativo, es el actualmente empleado en las fábricas existentes en la Zona Centro, objeto de estudio, y que elaboran yeso tosco o negro y blanco.

Los de mayores dimensiones tienen 3 metros de diámetro y 40 metros de longitud. La temperatura de cocción es de 175°C y la producción es aproximadamente de 700 t, pudiendo tener capacidad para 1000 t.

Es normal que los hornos tengan una capacidad de producción comprendida entre 100 y 300-400 t. Los más usados en esta zona tienen un diámetro comprendido entre 1,10 y 1,36 metros y una longitud entre 18 y 24 metros.

Estos hornos son poco costosos, tienen un funcionamiento sencillo, exigen una mano de obra reducida, y poco consumo de energía.

3.5.4.2.- Cocción en atmósfera saturada

La cocción en atmósfera saturada se caracteriza en que el yeso no está en contacto directo con los gases de combustión. La atmósfera de cocción la constituye el vapor de agua a una mayor o menor presión, y el producto calcinado contiene un elevado porcentaje en hemihidrato.

Los hornos pueden ser fijos (de panadero, autoclave, marmitas) y rotativos.

Los primeros, de tipo fijo, dan en general un yeso bastante homogéneo, pero son antieconómicos cuando se trata de obtener una producción en grandes cantidades.

El horno autoclave es calentado con vapor a presiones de 2 a 12 atmósferas. Se obtienen yesos (hemihidratos - α) de muy buena calidad, muy duros y se utilizan para estucos.

En el horno de marmita, el yeso finamente molido es vertido en una marmita fija o rotatoria colocada sobre un

hogar. El vapor de agua es evacuado por una chimenea. La marmita fija cuenta con un agitador vertical que remueve constantemente el yeso durante la cocción. La marmita puede igualmente girar y el yeso es entonces homogenizado mediante paletas fijadas en el interior de ésta. La descarga se realiza a través de un escotillón situado en la parte inferior, y la temperatura puede alcanzar los 180°C.

El producto obtenido es muy homogéneo, pero no permite gran producción. Las marmitas pueden contener de 15 a 20 t de yeso finamente molido, la cocción a 180°C dura aproximadamente 2 horas, y el combustible utilizado es fuel, aunque algunas veces también puede usarse gas natural.

El horno rotativo en atmósfera saturada, es hoy día - el más empleado en el mundo para la fabricación de yeso en gran escala.

El yeso finamente molido es cargado en un horno rotativo cerrado y calentado exteriormente. Los hornos más utilizados y más modernos son los hornos Beau o sus variantes, verdaderas marmitas alargadas giratorias con carga y descarga prácticamente automáticas (diámetro del orden de 2 metros, longitud de 8 a 10 metros).

El horno rota sobre el hogar, de manera que los gases de combustión que se desprenden de este último recorren las paredes periféricas de aquél. Con esta disposición, los gases de combustión no están en contacto directo 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; puede utilizarse cualquier tipo de combustible, siendo factible el empleo de hogares modernos y económicos.

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, no se ha podido sobrepasar todavía un rendimiento del 65%.

3.5.5.- Procedimientos especiales de cocción

En estos últimos años se viene desarrollando, especialmente por parte de Francia, EEUU y Rusia -países que figuran hoy a la 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 - este muy importante para su aplicación en la técnica odonto

lógica y en óptica de alta precisión, donde además de las rigurosas tolerancias existentes (0,0025 mm), se exigen altas resistencias (superiores a 700 kg/cm^2).

La cocción del yeso sin intervención del combustible - se está poniendo en práctica con bastante éxito. El método consiste en mezclar la piedra de yeso molida con cal viva, - también molida, con o sin adición de agua. El yeso se deshidrata por el calor desprendido al apagarse la cal a expensas del agua presente.

El sistema de molienda y cocción conjuntas, consistente en triturar la piedra en un molino de bolas al tiempo que se inyecta aire caliente, es otro de los procedimientos existentes actualmente. Este aire caliente es el encargado de suministrar el calor necesario para la deshidratación.

3.5.6.- Preparación del producto final

Después de la cocción, el yeso es sometido a la acción de trituradores especiales, equipados de martillos o de discos provistos de dientes de percusión girando a gran velocidad. La clasificación mecánica se hace con la ayuda de cribas, tamices vibrantes o selectores de aire. Cada fase de la fabricación del yeso está acompañada normalmente de una operación de eliminación del polvo residual, mediante separadores de polvo electrostáticos o ciclones.

3.6.- TIPOS COMERCIALES DE YESO PARA LA CONSTRUCCION

Actualmente, en el mercado nacional se distinguen los tipos: yeso grueso, yeso fino y escayolas, como los comúnmente empleados para las obras de construcción.

Cada uno de estos tipos abarca las clases cuyas designaciones y aplicaciones se mencionan seguidamente, y cuyas especificaciones están insertas en el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción (B.O.E 2-2-1972), extractadas en su apartado 3.9.1 de este informe.

Yeso grueso: Y-12, Y-20, Y-25 G

Yeso Fino : Y-25 F

Escayola : E-30, E-35.

Y-12.- Yeso común de construcción (también denominado negro moreno o tosco), que se utiliza por regla general en la ejecución de tabiques, tableros, enrasillados, bóvedas y bovedillas de ladrillos, bovedillas de yeso - entre viguetas de madera y forjados "a fuego", realización de guarnecidos y como conglomerante auxiliar - en obra.

Y-20.- Yeso de construcción que además de los empleos antes citados para el Y-12, puede utilizarse para la ejecución de revestimientos interiores de una sola capa, - bien sea realizada de una sola vez, bien con la técnica denominada "yeso lavado".

Y-25 G.- Se designa así al yeso de granulometría gruesa utilizado para determinados prefabricados.

Y-25 F.- Yeso fino o yeso blanco que se emplea normalmente en la ejecución de enlucidos o blanqueos, y en general - en los trabajos de acabado de revestimientos.

E-30.- Escayola, que puede utilizarse en corridos de molduras de perfiles delicados, ejecución de modelos, fabricación de plancha lisa, y en general en los trabajos de decoración.

E-35.- Escayola con análogos empleos que la anterior, que se utiliza cuando en aquellos se desea obtener una mayor dureza o resistencia y/o una textura más fina.

NOTA.- Los números de las distintas designaciones, indican - la resistencia mecánica mínima a flexotracción, (expresada en kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado) que debe alcanzar la pasta preparada con los distintos productos, al ser ensayada.

3.7.- PROPIEDADES DEL PRODUCTO ACABADO

3.7.1.- 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.

Para los tipos negro, blanco y escayola indicadas más arriba las normas españolas fijan los porcentajes de los residuos máximos que deben obtenerse al pasar el yeso por determinados tamices, con independencia de la materia prima empleada y del proceso de fabricación seguido. Son los siguientes:

Abertura del tamiz (mm)	Residuos máximos		
	Yeso negro %	Yeso blanco %	Escayola %
1,6	8	1	-
0,2	20	10	1
0,08	50	20	16

Actualmente y según y 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

3.7.2.- 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 comienza 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 cristali-

zando. 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, sien-do 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 so-bre el tiempo de fraguado, como son: la temperatura del agua de amasado, la relación agua-yeso, tiempo transcurri-do desde la cocción y la molienda, y la granulometría del - yeso.

El fraguado rápido del yeso tiene lugar cuando el pro-ceso 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 se triplica al aumentar la relación yeso-agua de 100: 80 a 100:45.

Otro hecho a considerar, es el tiempo transcurrido desde la cocción. En efecto, Ostwald ha puesto de manifiesto - que el yeso que está recién cocido, fragua más rápidamente - que el mismo material calcinado hace tiempo. Puede esto explicarse por el hecho de que el hemihidrato va acompañado - generalmente del dihidrato y la anhidrita, 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 anhidrita 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; ácidosulfúrico, - 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 desfavorsable 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.

Las normas españolas prescriben lo siguiente referente al tiempo de fraguado:

Tipo de yeso	principio	fin
De fraguado rápido	2 a 5 minutos	menos de 15 minutos
De fraguado lento	5 a 15 minutos	menos de 30 minutos
Escayola	4 a 15 minutos	menos de 30 minutos

Según el Pliego antes citado, las especificaciones exigidas en cuanto a tiempo de fraguado para los distintos tipos de yeso son:

Tiempo de fraguado

Principio: entre 2 y 18 minutos

Final : entre 6 y 90 minutos

3.7.3.- Resistencias mecánicas

Las normas españolas exigen las siguientes especificaciones:

Tipo de yeso	Tracción Kgf/cm ²	Compresión Kgf/cm ²
Yeso negro	30	75
Yeso blanco	40	100
Escayola	70	150

Tanto la resistencia a la tracción como a la compresión, están íntimamente ligadas a: la naturaleza y composición del yeso, cantidad de agua de amasado, y contenido de humedad en el momento de la rotura.

El Pliego General de Condiciones vigente 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

3.7.4.- 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> en Kgf/cm^2
45	170
50	150
60	120
80	86
100	57

3.7.5.- Humedad

El contenido en humedad tiene también una gran influencia en la pérdida de resistencia; si después de secar en una estufa una probeta de yeso amasado, con el 60% de agua, se le añaden determinadas cantidades de agua, se obtienen los siguientes resultados:

<u>Agua añadida (%)</u>	<u>Pérdida de resistencia (%)</u>
0	0
0,04	33
1	52
5	56
25	56

En este cuadro observamos cómo un 1% de humedad reduce la resistencia a la mitad.

3.7.6.- 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.

3.7.7.- 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 su

perficie expuesta al fuego, continuará gradualmente hacia el interior constituyendo una protección. Indudablemente llega - un momento en que este efecto protector resultará ineficaz, - pero ha salvado perfectamente los primeros momentos de una elevación de temperatura.

El problema de la impermeabilización del yeso, es decir, el encontrar un procedimiento que evite que el yeso fraguado absorba agua, y al mismo tiempo sea económico y práctico, está todavía por resolver.

3.8.- UTILIZACION 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 existentes se establecen según los usos finales y/o los procedimientos de elaboración.

El grupo de la construcción utiliza alrededor del 65% de la piedra de yeso extraída, y produce aproximadamente el 90% del valor total del producto de yeso. El grupo industrial utiliza el 25% de la roca, produciendo sólo el 7-8% del valor del producto, y el resto es el empleado por el yeso agrícola.

3.8.1.- 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 igníferos conocidos, una propiedad que tiene su base en el contenido de agua combinada del producto. Cuando se vuelve a hidratar la forma semihidrato de yeso (estuco) para fabricar un material de revestimiento, vuelve al dehidratarse, de manera que cuando el calor procedente de un incendio llega a una pared de yeso (o a una placa de revestimiento 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 va
riadas.

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, decoraci
ón 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 espe

cial, 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-board". 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 un 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. En panel también encuentra 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 iónica de estos. Asimismo, la gran 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.

3.8.2.- Grupo Industrial

El yeso encuentra una gran variedad de mercados en aplicaciones industriales que tienen muy poca o ninguna re-

lación. 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.

3.8.2.1.- 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 ven de 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 semihidrato 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 semihidrato 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.

3.8.2.2.- Yeso anhidro

Además de los yesos industriales de semihidrato descritos, existen varios productos obtenidos a partir de sulfa-

to cálcico sin agua de cristalización. Este material de partida, obtenido a temperatura de calcinación de aproximadamente 200°C se denomina anhidrita soluble ó anhidrita α , 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.

Cuando el proceso de calcinación se lleva a cabo a temperaturas del orden de 500-600°C se obtiene la anhidrita insoluble, anhidrita β "y yeso cocido a muerte" que tiene una importante aplicación en la elaboración del cemento Keene.

El 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 uso principal es como yeso de pared en donde se desea una densidad, resistencia y dureza extra.

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.

También es usado el yeso anhidro, 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.

3.8.2.3.- 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 norma lizado.

La cantidad de yeso (o mezcla yeso/anhidrita) utiliza do 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 mate riales 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 para cristal 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 realizar 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 anhidrita.

Asimismo, existen numerosas patentes para 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 de materiales - fuente de estas sustancias -, no se considera en la actualidad competitivo el empleo del yeso como materia prima para su elaboración.

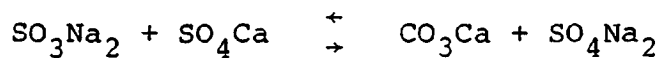
3.8.3.- Grupo agrícola

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 - núm. 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 extracto 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 anhidra, 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.

3.9.- ESPECIFICACIONES DE LOS YESOS PARA LOS DISTINTOS USOS

Se hace referencia en este capítulo a las especificaciones vigentes exigidas a la piedra de yeso, yeso y escayola en nuestro país. Asimismo se comentan las normas de más frecuente uso exigidas en algunos países.

3.9.1.- Normas españolas

El Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR), recoge entre sus normas - UNA NORMA ESPAÑOLA (UNE)-, varias relacionadas con el yeso:

- 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.

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

En ella se da cuenta de los aparatos empleados, así como los procedimientos operatorios, obtención y precisión de los resultados relativos a los ensayos físicos de finura, consistencia normal, tiempo de fraguado, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión.

Esta norma concuerda parcialmente con la americana -
A.S.T.M, C 26-42.

- UNE 7065 - Métodos de análisis químicos de yesos y escayolas.

Se enumeran los aparatos empleados y los reactivos que han de necesitarse. Los métodos de ensayo tienen por objeto la determinación del contenido de: H_2O combinada, CO_2 , SiO_2 , residuo insoluble, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , SO_3 y $ClNa$. Asimismo contiene los cálculos necesarios para obtener en tanto por ciento las cantidades de dihidrato, semihidrato y anhidrita, de la muestra analizada.

Esta norma concuerda con la C 26-42 de la A.S.T.M.

- UNE 41022 - Yesos corrientes para la construcción. Norma de Calidad.

Esta norma tiene por objeto establecer características que han de reunir los yesos de uso más corriente en la industria de la construcción, según su clasificación en:

Yeso de 1^a (blanco)

Yeso de 2^a (negro)

Cada una de estas calidades, a su vez, podrán ser de fraguado rápido o lento.

Según se incluye en su punto 2 - Definiciones, el yeso de 1^a (blanco), provendrá de la calcinación de la piedra de yeso más pura, sirviendo la menos pura para la obtención de yeso de 2^a (negro). El yeso de 1^a se empleará preferentemente en blanqueos, estucados y, en general, en los trabajos de acabado. El yeso de 2^a (negro), se utilizará en la ejecución de bóvedas, tabicados, enrasillados, tendidos, y además trabajos que por sus características no aconsejen utilizar el yeso de 1^a.

En el punto 3 de esta norma, se establecen las condiciones generales que deben cumplir estos yesos, que en resumen son:

El contenido mínimo de sulfato cálcico semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) expresado en % en peso, será de 66 y 50 para el yeso de 1^a y 2^a respectivamente.

En los yesos de fraguado rápido, éste, empezará entre 2 y 5 minutos y terminará antes de 15 minutos; en los yesos de fraguado lento, empezará entre 5 y 15 minutos y terminará antes de 30 minutos.

Las probetas prismáticas de 4 x 4 x 16 cm, de pasta normal, ensayadas a la flexión, con una separación entre apoyos de 10,67 cm, resistirán, como mínimo, una carga central de:

Yeso de 1^a : 160 Kgf

Yeso de 2^a : 120 Kgf

En el apartado 3.4, se establece que la resistencia mínima a la compresión determinada sobre las medias probetas del ensayo a la flexión, será de 100 y 75 Kgf/cm² para el yeso de 1^a y 2^a respectivamente.

La finura de molido, se especifica en el apartado 3.5, señalándose el % de los residuos máximos que se obtendrán al pasar la totalidad de las muestras por cada uno de los tamices indicados:

TAMICES	Yeso de 1 ^a Residuos %	Yeso de 2 ^a Residuos %
Tamiz 1,6 UNE 7050	1	8
Tamiz 0,2 UNE 7050	10	20
Tamiz 0,8 UNE 7050	20	50

Los análisis químicos de los yesos a que se refiere esta norma se efectuarán según la norma UNE 7065, y los ensayos físicos de acuerdo con la norma UNE 7064.

- UNE 41023 - Escayola para la construcción. Norma de calidad

Esta norma tiene por objeto establecer las características que ha de reunir la escayola de construcción, material - constituido fundamentalmente por sulfato cálcico semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), que se emplea en el acabado y decoración de interiores, enlucidos y estucados muy finos y otros fines especiales.

En el punto 2 - Condiciones Generales - y en sus correspondientes apartados, se determinan las especificaciones que han de cumplir las escayolas para la construcción.

En ellas se hace constar que el contenido de sulfato cálcico semihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), será del 80% en peso. El principio del fraguado tendrá lugar entre 4 y 15 minutos, y su final antes de 30 minutos.

En su apartado 2.3 - Resistencia a la flexión -, se expresa que las probetas prismáticas normalizadas (4x4x16 cm) de pasta normal, ensayadas a la flexión con una separación entre apoyos de 10,67 cm, resistirán, como mínimo, una carga central de 280 kg.

La resistencia a la compresión - según el apartado 2.4 - , determinada sobre las mismas probetas del ensayo a la flexión, no será inferior a 150 kgf/cm^2 .

Finalmente, en 2.5 de la citada norma, se fija que el tanto por ciento de los residuos máximos que se obtendrán al pasar la escayola por los tamices será:

Tamiz 0,2 UNE 7050, residuos 1%

Tamiz 0,8 UNE 7050, residuos 16%

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

En esta última norma, que es la más reciente, se recopilan las especificaciones que debe cumplir la piedra de yeso para su utilización como materia prima en la fabricación de conglomerantes a base de yeso, o como producto de adición en la fabricación de otros materiales de construcción.

Esta norma en su apartado 3.1 hace la siguiente clasificación, atendiendo a su contenido mínimo en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:

Clase	Contenido mínimo de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ %
I extra	95
I	90
II	80
III	70
IV	60

Teniendo en cuenta los tamaños, el apartado 3.2 establece los siguientes tipos:

Tipo	Tamaño de piedra comprendida entre mm
1	0 y 20
2	20 y 50
3	50 y 150
4	0 y 150
5	0 y 300

Por otra parte, en su apartado 4.1, además de la composición mineralógica ya indicada, se expresa la composición química a la que ha de responder la muestra desecada a 45°C hasta peso constante, y que es la siguiente:

Clase	Agua de cristalización mínima %
I extra	19,88
I	18,33
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 del 0,1%.

El Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de Construcción, se encuentra publicado en el Boletín Oficial del Estado nº 28, 2 febrero 1.972.

Dicho pliego tiene por objeto, definir las características que han de reunir los yesos y las escayolas normalmente utilizadas en las obras de construcción y especificar los métodos de análisis químicos y de ensayos físicos, mecánicos, que se han de realizar para determinar las mencionadas características.

La designación de productos en este pliego y sus aplicaciones más frecuentes se describen en el apartado 3.6. de este estudio.

Tipo		Y-12	Y-20	Y-25 G	Y-25 F	E-30	E-35
Aplicaciones más frecuentes		Conglomerados de albañilería Guarnecidos		Prefabricados	Enlucidos y prefabricados	Decoración, prefabricados	Plancha lisa
P R E S C R I P C I O N E S	<u>C. Química:</u>						
	H ₂ O comb. máx. en %	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
	Índice de pureza %	70	75	80	80	85	90
	<u>F. Molido:</u>						
	Retención máx. en el tamiz 0,2 UNE 7050 - en %	50	45	40	10	2	1
	<u>Resistencia mecánica a flexotracción min. - en kg/cm²</u>	12	20	25	25	30	35

Tiempo de fraguado

principio en minutos: entre 2 y 18

final en minutos : entre 6 y 90

En el cuadro adjunto tomado del apartado 1.4. de dicho pliego, se establecen las prescripciones vigentes.

3.9.2.- 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 ensayo.

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:

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

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

Granulometría	Dimensión del grano mm
0/20	de 0 a 20
20/50	de 20 a 50
50/150	de 50 a 150
0/150	de 0 a 150
0/300	de 0 a 300

La cantidad de cuerpos extraños, según se expresa en 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

3.9.3.- 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 ≤ r < 20	r ≤ 2
0,4	20 ≤ r < 40	r ≤ 15
0,2		r ≤ 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 $\text{SO}_3 \geq 40\%$
- 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 rotura 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 CaSO_4 corresponderá a un contenido en SO_3 superior al 45%.

3.9.4.- 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 cantidad 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 (CaSO_4), obtenido por la deshidratación del yeso, y aditivos aceleradores del fraguado.

Composición química

- Contenido en SO_3 >40% en peso
- $\text{CaO} > \frac{2}{3}$ de SO_3 por ciento en peso
- $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$ (solubles) <0,2 en peso
- Pérdida por calcinación: inferior al 3% en peso

Tamaño de las partículas

Residuo 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 en-
tre 4. y 5,5 mm.

- BS 4598. 1970. Pláster para impresiones dentales.

Esta norma recoge en su apartado 2 los requerimien-
tos exigidos a los yesos para estos usos:

Clínicos: Deberá tener un color rosado y estar des-
provisto de materias extrañas indeseables.

En caso de rotura la fractura será limpia de forma
que las impresiones puedan ser perfectam^{en}te ensam-
bladas.

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 600μ , y que tenga un rechazo del 2% como máximo en el de 150μ .

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/m^2 .

El ensayo se realizará de acuerdo con el apartado - 4.6 de la presente norma.

3.9.5.- 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 (150 μ), el 94% como mínimo por el tamiz núm. 200 (75 μ), y al menos el 84% por el núm. 325 (45 μm).

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 com puesto de yeso calcinado anhidro, cuyo fraguado es acele rado 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/m³ 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 ($8,3 \text{ MN/m}^2$)
- Granulometría: pasará íntegramente por el tamiz núm. 14 (1,40 mm), y por lo menos el 60% deberá pasar por el tamiz núm. 200 (150μ).
- 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/m²).

En cuanto a su finura pasará la totalidad del material por el tamiz núm. 30 (600 μ), y al menos el 90% por el tamiz núm. 100 (150 μ).

- 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.- $R_c > 500 \text{ psi (3,5 MN/m}^2\text{)}$

Clase B.- $R_c > 1000 \text{ psi (6,9 MN/m}^2\text{)}$

- Densidad: igual o menor a 960 kg/m^3

3.9.6.- 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 calcico dihidratado y su granulometría.

- % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O (C)}$

Clase I $C \geq 90\%$

Clase II $80\% \leq C < 90\%$

Clase III $70\% \leq C < 80\%$

Clase IV $55\% \leq C < 70\%$

- Granulometría

Grupo 1: de 0 a 20 mm

Grupo 2: de 20 a 50 mm

Grupo 3: de 50 a 150 mm

Grupo 4: de 0 a 150 mm

Grupo 5: de 0 a 300 mm

En su apartado 4 se recogen las especificaciones técnicas, según las cuales su contenido en cuerpos extraños -mezclados accidentalmente y no provenientes de la explotación-, del yacimiento no debe sobrepasar el 0,1%.

La humedad no sobrepasará el 4%.

El contenido en gramos 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 semihi-
dratado.

Tipo B - Aglomerantes a base de sulfato cálcico anhidro.

4.- CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS
DEL YESO DE LA ZONA CENTRO

En el apartado 3.6 de este informe - Tipos comerciales de yeso para la construcción - se han descrito la designación y aplicaciones más frecuentes de los productos incluidos en el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción (B.O.E. 2-2-72).

Asimismo, en 3.9 - Especificaciones de los yesos para los distintos usos - se incluye una tabla con las condiciones que han de cumplir las diferentes clases de yesos y escayolas, al ser sometidas a los ensayos respectivos, conforme se especifica en dicho Pliego.

Con objeto de conocer las calidades y características técnicas de los yesos de la ZONA CENTRO, de acuerdo con las condiciones exigidas en el citado Pliego, se han ensayado - una serie de muestras procedentes de las distintas formaciones yesíferas existentes, ya descritas.

Se ha procurado que las muestras seleccionadas sean lo más representativas posible de los yesos que actualmente se elaboran en cada área. Debe entenderse, por tanto, que - las conclusiones que puedan deducirse de este capítulo, se limitan única y exclusivamente a los resultados obtenidos en tales muestras, que aunque representativas no son susceptibles de una generalización absoluta.

Se han tomado muestras de yeso crudo y calcinado correspondientes a una misma zona, que han sido estudiadas en el Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación (INCE), siguiendo el método operativo especificado en el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción, vigente (B.E.O. 2-2-72).

4.1.- FORMACION DE YESOS DEL CRETACICO DE LA SIERRA DE ALTOMIRA

Dentro de esta formación se ha seleccionado la zona I - 6 - Almonacid de Zorita.

ZONA I - 6 - ALMONACID DE ZORITA

Actualmente, las antiguas fábricas dedicadas a la producción de yeso se encuentran cerradas.

Se ha tomado una muestra de piedra de yeso en una cantera abandonada (muestra núm. 16).

Los bancos de yeso presentan intercalaciones calcáreas, que en ocasiones tienen cierta potencia, circunstancia que dificulta la explotación. La muestra seleccionada se ha tomado en estado puro, es decir, sin contenido de estas impurezas.

MUESTRA NUM. 16.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	20,21 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	45,19 %
Índice de pureza	97,03 %

4.2.- FORMACION DE YESOS OLIGOCENOS

Dentro de ésta formación se han estudiado las zonas - I - 1 Jadraque, I - 2 - Cogolludo y I - 3 Torrelaguna.

ZONA I - 1 JADRAQUE

Existen tres fábricas activas, dos de ellas dentro de la zona, en el término municipal de Jadraque, y una en sus proximidades (Cendejas de la Torre), que elaboran yeso negro, blanco y escayola.

Las muestras de crudo y cocido, procedentes de las fábricas existentes, han sido analizadas con los siguientes resultados:

MUESTRA NUM. 1.- Crudo para escayola

Contenido en agua combinada	20,10 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	45,50 %
Índice de pureza	97,60 %

MUESTRA NUM. 2.- Producto cocido (Escayola)
-----Análisis químico

Contenido en agua combinada	5,2 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	50,9 %
Índice de pureza	91,7 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	0,5 %
---	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,68
Tiempo de principio de fraguado	8 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	13 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^{\circ}\text{C}$)	37.0 kg/cm ²
--	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0,5 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)	85,8 %
Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca)	5,9 %

MUESTRA NUM. 3.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada (H_2O)	20,05 %
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO_3)	44,00 %
Índice de pureza	94,85 %

MUESTRA NUM. 4.- Yeso fino cocido
-----Análisis químico

Contenido en agua combinada	3,5 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	40,7 %
Índice de pureza	72,7 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ... 5,2 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,63
 Tiempo de principio de fraguado 7 1/2 min.
 Tiempo de fin de fraguado 24 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 25,6 kg/cm²

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 1,3 %
 Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) 52,1 %
 Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca) 0,0 %
 Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca) 5,9 %

MUESTRA NUM. 5.- Yeso grueso cocido
-----Análisis químico

Contenido en agua combinada 5,3 %
 Contenido en anhídrido sulfúrico 51,7 %
 Índice de pureza 93,2 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ... 23,1 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,60
Tiempo de principio de fraguado	6 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	19 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 21,0 kg/cm²

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	9,6 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) ...	53,2 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca) ...	30,4 %

ZONA I - 2 - COGOLLUDO

Existe actualmente una fábrica, situada en el término municipal de Fuencemillán, dedicada a la fabricación de escayolas. El crudo procede de su cantera de yeso alabastrino que posee en el término de Aleas. (muestras núms. 6 y 7).

Se ha tomado igualmente otra muestra de crudo de la zona, procedente de una cantera inactiva en las proximidades de Fuencemillán (muestra núm. 8).

Asimismo, existe en esta zona otra fábrica de pequeñas dimensiones funcionando en régimen intermitente, que elabora yeso por procedimientos rudimentarios (horno "moruno").

MUESTRA NUM. 6.- Crudo para escayola

Contenido en agua combinada	20,55 %
Contenido en anhídrido sulfúrico (SO ₃)	46,20 %
Índice de pureza	99,09 %

MUESTRA NUM. 7.- Producto cocido (Escayola)

Análisis químico

Contenido en agua combinada	6,5 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	54,7 %
Índice de pureza	99,5 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	2,7 %
---	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,72
Tiempo de principio de fraguado	17 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	42 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa (45 ± 5°C)	40,2 kg/cm ²
---	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	7,7 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)	72,5 %
Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca)	19,3 %

MUESTRA NUM. 8.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	19,70%
Contenido en anhídrido sulfúrico	43,21%
Índice de pureza	93,14%

ZONA I - 3 - TORRELAGUNA

La actividad de ésta zona se centra en dos fábricas dedicadas a la producción de escayola. Ambas extraen el crudo de la misma formación. Se han tomado muestras en una de ellas, tanto del crudo como del correspondiente elaborado - (muestras núms. 9 y 10).

Asimismo se ha tomado una muestra crudo de la zona - (muestra núm. 11).

MUESTRA NUM. 9.- Crudo para escayola

Contenido en agua combinada	20,61%
Contenido en anhídrido sulfúrico	44,20%
Índice de pureza	99,75%

MUESTRA NUM. 10.-

Contenido en agua combinada	5,7 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	52,9 %
Índice de pureza	95,6 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	1,0 %
---	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,67
Tiempo de principio de fraguado	16 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	46 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^{\circ}\text{C}$)	38,3 kg/cm ²
--	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	13,1 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)	60,7 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca)	10,6 %

MUESTRA NUM. 11.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	16,22 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	35,19 %
Índice de pureza	95,75 %

4.3.- FORMACION DE YESOS MIOCENOS DE LA CUENCA DEL TAJO

A esta formación pertenecen las zonas I - 4 Aranzueque, I - 5 Almoguera, I - 8 Fuentidueña de Tajo, I - 9 Vallecas, I - 10 Chinchón, I - 11 Valdemoro y I - 12 Alameda de la Sagra.

ZONA I - 4 - ARANZUEQUE

En esta zona no existen actualmente fábricas en producción. Solamente una cantera extrae piedra de yeso, con destino a una fábrica de cemento situada en la provincia - de Madrid.

Se ha tomado una muestra de piedra de yeso representativa de la zona (muestra núm. 12).

MUESTRA NUM. 12.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	19,49 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	41,20 %
Índice de pureza	89,53 %

ZONA I - 5 - ALMOGUERA

Se ha tomado muestra de crudo, así como de los dos - tipos de yeso cocido que se elaboran en la única fábrica - existente en la zona (muestras núms. 13, 14 y 15).

MUESTRA NUM. 13.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	18,68 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	39,82 %
Índice de pureza	86,37 %

MUESTRA NUM. 14.- Yeso fino cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada	6,5 %
-----------------------------------	-------

Contenido en anhídrido sulfúrico	45,8 %
Índice de pureza	84,3 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	9,5 %
---	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,70
Tiempo de principio de fraguado	7 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	22 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^{\circ}\text{C}$)	24,6 kg/cm ²
--	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	14,4 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) ...	56,4 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca)	13,5 %

MUESTRA NUM. 15.- Yeso grueso cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada	4,7 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	47,6 %
Índice de pureza	85,6 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ... 32,3 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,64
 Tiempo de principio de fraguado 9 1/2 min.
 Tiempo de fin de fraguado 31 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 27,5 kg/cm²

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 5,7 %
 Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) 56,8 %
 Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca) 0,0 %
 Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca) 23,1 %

ZONA I - 8 - FUENTIDUEÑA DE TAJO

No hay ninguna explotación. La muestra analizada procede de una cantera abandonada, seleccionada de entre las existentes.

MUESTRA NUM. 19.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada 18,60 %

Contenido en anhídrido sulfúrico	41,90 %
Índice de pureza	89,83 %

ZONA I - 9 - VALLECAS

De las 33 fábricas que operaban en 1967, solo 3 tienen hoy actividad, elaborándose en ellas yeso blanco y negro. De una de ellas se han tomado tanto el crudo como los dos tipos de yeso elaborados. (muestras núms. 20, 21 y 22).

Una cuarta fábrica existente produce escayola, pero no se ha considerado, ya que el crudo procede de una formación yesífera que no pertenece al área objeto de este estudio.

MUESTRA NUM. 20.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	16,28 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	37,09 %
Índice de pureza	79,33 %

MUESTRA NUM. 21.- Yeso fino cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada	5,7 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	46,9 %
Índice de pureza	85,4 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	5,0 %
---	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,64
Tiempo de principio de fraguado	7 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	17 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$)	36,0 kg/cm ²
--	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	6,5 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) ...	63,4 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca)	13,5 %

MUESTRA NUM. 22.- Yeso grueso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada	4,1 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	42,5 %
Índice de pureza	76,4 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	53,9 %
---	--------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,70
Tiempo de principio de fraguado	9 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	40 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^{\circ}\text{C}$)	19,4 kg/cm ²
--	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	5,5 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)	47,7 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca)	23,2 %

ZONA I - 10 - CHINCHON

La principal explotación y fábrica se encuentra en el término de Morata de Tajuña (muestras 26 y 27). Las situadas en los términos de Chinchón, Colmenar de Oreja y Villaconejos, se encuentran inactivas unas, y funcionando en régimen intermitente otras.

MUESTRA NUM. 26.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	15,30 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	33,00 %
Índice de pureza	71,30 %

MUESTRA NUM. 27.- Yeso grueso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada	4,1 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	43,6 %
Índice de pureza	78,2 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	39,8 %
---	--------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,56
Tiempo de principio de fraguado	7 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	25 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ($95 \pm 5^\circ$ Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$)	22,7 kg/cm ²
--	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	5,8 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) ...	46,7 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca)	25,7 %

ZONA I - 11 - VALDEMORO

Se ha incluido en esta zona el conjunto de canteras y fábricas existentes en el término municipal de San Martín de la Vega, que se encuentran más próximas a la I-11 que a la I-10, aunque en esta última se encuentre enclavado el casco urbano de San Martín de la Vega.

Aunque dentro de los límites propiamente dichos de la zona I-11 sólo existe una fábrica activa en el casco urbano de Valdemoro (muestras 28, 29 y 30), la inclusión del conjunto antes descrito, situado en las proximidades de su borde - Nor-occidental, le sitúa en primer lugar en cuanto a producción de yeso, entre las doce zonas seleccionadas en este estudio.

En efecto, de entre las fábricas existentes, merece especial mención por su volumen de producción y modernización de sus instalaciones YECESA, situada en la carretera de Pinto a San Martín de la Vega.

Constituye esta empresa una cooperativa formada por fabricantes de yeso, algunos de los cuales mantienen también sus propias industrias, aunque con menor producción, y otros han cerrado sus instalaciones incorporándose a esta sociedad.

Esta fábrica tiene una capacidad de producción de 584.000 t, y una producción actual de alrededor de las 400.000 t, cifra que representa aproximadamente el 70% de la producción de la provincia de Madrid.

Cuenta con dos hornos rotatorios de cocción, cada uno con 1.000 t de capacidad y 700 t de producción. La temperatura de cocción es de 175°C.

La planta de trituración primaria consta de un molino gigante de percusión de 600 Hp, y una producción de 500-550 t/h, reduciendo la piedra a tamaño de grano del orden de 5-10 cm.

Las plantas de trituración secundaria y de refino cuentan también con moderna maquinaria, destacándose igualmente los silos de almacenamiento y el equipo de máquinas rotatorias de envasado.

Se ha tomado muestra de crudo, así como de los dos tipos de yeso cocido que se fabrican (muestras núms. 23, 24 y 25).

MUESTRA NUM. 23.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	18,70 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	42,20 %
Índice de pureza	90,70 %

MUESTRA NUM. 24.- Yeso fino cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada	4,0 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	47,3 %
Índice de pureza	84,4 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	1,1 %
---	-------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,76
Tiempo de principio de fraguado	18 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	48 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa (45 ± 5 °C)	33,7 kg/cm ²
--	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	1,4 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)	60,2 %
Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca)	22,8 %

MUESTRA NUM. 25.- Yeso grueso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada	4,2 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	46,8 %
Índice de pureza	83,8 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050	45,2 %
---	--------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondientes al amasado a saturación	A/Y = 0,58
Tiempo de principio de fraguado	9 min.
Tiempo de fin de fraguado	42 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara humedad (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa (45 ± 5 °C) 23,0 kg/cm²

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$) 2,1 %
 Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) 51,0 %
 Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca) 0,0 %
 Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca) 30,7 %

MUESTRA NUM. 28.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada 18,17 %
 Contenido en anhídrido sulfúrico 38,70 %
 Índice de pureza 93,96 %

MUESTRA NUM. 29.- Yeso fino cocido
-----Análisis químico

Contenido en agua combinada 5,5 %
 Contenido en anhídrido sulfúrico 45,4 %
 Índice de pureza 82,7 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 9,1 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,69
 Tiempo de principio de fraguado 9 min.
 Tiempo de fin de fraguado 23 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 29,0 kg/cm²

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 11,0 %
 Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) 51,6 %
 Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca) 0,0 %
 Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca) 20,1 %

MUESTRA NUM. 30.- Yeso grueso cocido
-----Análisis químico

Contenido en agua combinada 6,5 %
 Contenido en anhídrido sulfúrico 45,0 %
 Índice de pureza 83,0 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 46,4 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,55
 Tiempo de principio de fraguado 7 min.
 Tiempo de fin de fraguado 22 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 18,0 kg/cm²

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	16,8 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)	48,3 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca)	17,9 %

ZONA I - 12 - ALAMEDA DE LA SAGRA

La actividad se centra en Alameda de la Sagra y Año-
ver de Tajo.

En Alameda de la Sagra existen actualmente cuatro fá-
bricas dedicadas a la producción de yeso negro y blanco.
Se ha tomado en una de ellas, material crudo y producto -
elaborado (muestras núms. 31, 32 y 33) para su correspon-
diente análisis.

En Año-ver de Tajo dos empresas producen distintos ti-
pos de yeso y escayola (muestras 34, 35, 36 y 37). Asimis-
mo se fabrican planchas para la edificación.

MUESTRA NUM. 31.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	18,97 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	41,09 %
Índice de pureza	88,82 %

MUESTRA NUM. 32.- Yeso fino cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada	4,9 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	45,1 %
Índice de pureza	81,6 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 0,8 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,67
 Tiempo de principio de fraguado 14 1/2 min.
 Tiempo de fin de fraguado 21 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 29,7 kg/cm²

Análisis fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 6,4 %
 Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) 57,5 %
 Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca) 0,0 %
 Contenido en anhídrita insolubles (SO_4Ca) 17,7 %

MUESTRA NUM. 33.- Yeso grueso cocidoAnálisis químico

Contenido en agua combinada 4,8 %
 Contenido en anhídrido sulfúrico 42,8 %
 Índice de pureza 77,6 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 47,8 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,57

Tiempo de principio de fraguado	9 1/2 min.
Tiempo de fin de fraguado	37 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa (45 ± 5°C)	25,2 kg/cm ²
---	-------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato (SO ₄ Ca.2H ₂ O)	5,5 %
Contenido en semihidrato (SO ₄ Ca. 1/2 H ₂ O) ...	52,6 %
Contenido en anhidrita soluble (SO ₄ Ca)	0,0 %
Contenido en anhidrita insoluble (SO ₄ Ca)	19,5 %

MUESTRA NUM. 34.- Yeso crudo

Contenido en agua combinada	17,23 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	36,00 %
Índice de pureza	78,43 %

MUESTRA NUM. 35.- Crudo para escayola

Contenido en agua combinada	19,74 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	44,00 %
Índice de pureza	94,54 %

MUESTRA NUM. 36.- Yeso fino cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada	5,6 %
Contenido en anhídrido sulfúrico.....	49,7 %
Índice de pureza	90,1 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 0,5 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,69
 Tiempo de principio de fraguado 8 1/2 min.
 Tiempo de fin de fraguado 30 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 33,8 kg/cm²

MUESTRA NUM. 37.- Producto cocido (escayola)Análisis químico

Contenido en agua combinada 5,7 %
 Contenido en anhídrido sulfúrico 50,5 %
 Índice de pureza 91,6 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 0,2 %

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación A/Y = 0,68
 Tiempo de principio de fraguado 16 1/2 min.
 Tiempo de fin de fraguado 52 1/2 min.

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda ($95 \pm 5\%$ Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$) 36,6 kg/cm²

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	9,9	%
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) ..	57,4	%
Contenido en anhidrita soluble (SO_4Ca)	0,0	%
Contenido en anhidrita insoluble (SO_4Ca) .	24,3	%

4.4.- FORMACION DE YESOS MIOCENOS DE LA SUBCUENCA
DE HUETE

A esta formación pertenece la zona I - 7 Huete.

ZONA I - 7 - HUETE

Se ha tomado muestra de la única cantera activa y fábrica en producción (muestras núms. 17 y 18).

MUESTRA NUM. 17.-

Contenido en agua combinada	20,93	%
Contenido en anhídrido sulfúrico	46,50	%
Índice de pureza	99,98	%

MUESTRA NUM. 18.- Yeso grueso cocido

Análisis químico

Contenido en agua combinada	2,9 %
Contenido en anhídrido sulfúrico	51,9 %
Índice de pureza	91,1 %

Finura de molido

Retención máxima en el tamiz 0,2 UNE 7050 ...	24,0 %
---	--------

Consistencia normal

Relación agua/yeso correspondiente al amasado a saturación	A/Y = 0,63
Tiempo de principio de fraguado	6 min.
Tiempo de fin de fraguado	Al cabo de 4 h no alcanza la dureza necesaria

Resistencia mecánica a flexotracción

Resistencia media de 2 series de probetas fabricadas con una relación agua/yeso = 0,8 y conservadas 5 días en cámara húmeda (95 ± 5 % Hr) y 2 días en estufa ($45 \pm 5^\circ\text{C}$)	9,5 kg/cm ²
--	------------------------

Análisis de fases

Contenido en dihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	5,1 %
Contenido en semihidrato ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) ...	29,6 %
Contenido en anhídrita soluble (SO_4Ca)	0,0 %
Contenido en anhídrita insoluble (SO_4Ca)	56,4 %

4.5.- AJUSTE DE LOS YESOS DE LA ZONA A LA NORMATIVA EXIGIDA A LOS USOS A QUE SE DESTINAN Y OTROS POSIBLES EMPLEOS.

El presente capítulo tiene por objeto encuadrar los distintos 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 y que se exponen en los capítulos 4.1 a 4.4.

Para esta clasificación, se han tenido en cuenta las especificaciones españolas (apart. 3.9.1), haciéndose constar que los ensayos efectuados a las muestras se han realizado siguiendo el método operativo exigido por la norma UNE.

En el capítulo 3.9 se comentan algunas normas referentes a distintos 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 había necesitado ensayar cada muestra con el método operativo exigido por cada país.

No obstante, además de la clasificación del producto según las normas UNE, en algunos casos se insertan las posibles utilizaciones según las normas extranjeras, ateniéndonos sólo y exclusivamente a que cumplen algunas de sus especificaciones.

Se han considerado las leyes medias obtenidas en los sondeos, a través de los análisis mineralógicos y químicos de las distintas muestras seleccionadas.

Las leyes medias de los sondeos están referidas sólo y exclusivamente a los tramos yesíferos, no considerándose, por tanto, la montera y los niveles potentes de fracción poco o nada yesífera; sí se tienen en cuenta, por el contrario, aquellos tramos de poca potencia, pobres en yeso, que

en ocasiones son separados a pie de cantera para obtener un producto de más alta calidad.

No es de extrañar, por tanto, que estas leyes sean inferiores a las de los yesos crudos empleados en la fabricación de producto elaborado (capítulos 4.1 a 4.4).

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.

4.5.1.- Formación de yesos del Cretácico de la Sierra de Altomira

ZONA I - 6 - ALMONACID DE ZORITA

La ley media en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ obtenida de los sondeos realizados puede estimarse del orden del 85%. Las impurezas más frecuentes son: calcita, dolomita y arcilla.

La muestra núm. 16, representativa de la piedra de yeso existente en la zona, dio un índice de pureza del 97,03%, clasificándose según la norma UNE 41.169 como I Extra. Perteneció a la clase I - superior en la norma UNI y a la clase I en la ISO.

4.5.2.- Formación de yesos Oligocenos

En ella quedan integradas las zonas I - 1 Jadraque, I - 2 Cogolludo y I - 3 Torrelaguna.

ZONA I - 1 JADRAQUE

El índice de pureza medio en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ obtenido a través de los sondeos realizados, ha sido del orden del 80%.

El índice de pureza del crudo (muestra núm.1 del capítulo 4.2) es de 97,60 %; por tanto, según la norma UNE - 41.169, este yeso pertenece a la clase I EXTRA.

Las normas ISO clasifican esta piedra de yeso como - clase I, y las UNI como I - superior (designación: GI - S).

La muestra núm. 2, representativa de un yeso elaborado a partir del crudo anterior, de acuerdo con los ensayos efectuados según el Pliego, se clasifica como E-35.

Los posibles empleos de este yeso según las especificaciones extranjeras son los siguientes:

Normas ASTM.- Por su contenido en $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ puede utilizarse para su empleo en Pláster de yeso para acabados finos, Pláster de yeso puro, Pláster de yeso puro tipo "R", Pláster de molduras y yesos de enlucidos.

Norma B.S.I.- Por su contenido en SO_3 , este tipo de yeso puede emplearse en la obtención de Pláster de París, - Pláster de yeso hemihidratado retardado, y Pláster de yeso anhidro.

Normas N.F.- En función de su contenido en SO_3 , finura de molido y tiempo de fraguado, este tipo de yeso se puede utilizar como yeso fino de muy alta dureza.

Normas UNI.- Por su índice de pureza se engloba a este yeso dentro de la clase 1^a de yesos para la edificación,

siempre que su contenido en sustancias extrañas sea menor - del 10%; por su tiempo de fraguado pertenece al tipo denominado yeso para muros.

La muestra cruda núm. 3, posee también un elevado índice de pureza (94,85 %), clasificándose según UNE 41.169 - en clase I EXTRA. Según UNI 5371-64 -Piedra de yeso para la fabricación de morteros-, se clasifica por su contenido en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, como I - normal. En la norma ISO/R 1587-1972 (F) - Piedra de yeso para la fabricación de aglomerantes- , en función de su contenido en sulfato cálcico dihidratado , pertenece a la clase I.

Las muestras núms. 4 y 5 representan dos tipos de yeso calcinado obtenidos a partir del crudo anterior (muestra núm. 3).

El primer tipo se clasifica como Y-12. La finura de molido corresponde a Y-25 F. La resistencia mecánica a flexotracción corresponde a Y-25. El segundo tipo se clasifica según el Pliego del yeso y la escayola, vigente, como Y-20. El índice de pureza corresponde a E-35. La finura de molido corresponde a Y-25 G.

El primer tipo de yeso cocido puede utilizarse, ateniéndonos al contenido en SO_3 , en la fabricación de Pláster de París, Pláster de yeso hemihidratado retardado y Pláster de yeso anhidro de la norma B.S.I. Inglesa.

En la normativa Francesa (N.F.), este tipo de yeso - queda incluido dentro del yeso fino para construcción en su clase 2..

Por lo que se refiere a la Normativa Italiana (UNI), este tipo de yeso queda englobado dentro de la clase 2^a.

El segundo tipo de yeso (muestra núm. 5), cumple el mínimo exigido en cuanto a SO_3 para su utilización en la fabricación de Pláster de París, Pláster de yeso hemihidratado retardado, Pláster de yeso anhidro y Cemento Keene, según las normas B.S.I. inglesas.

Su contenido en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ (53,2%) no es el mínimo necesario exigido en las especificaciones Pláster de yeso (ASTM - C 28 - 68). Asimismo esta norma no la cumple la muestra núm. 4.

En la norma Francesa NF B 12 - 301, este tipo de yeso queda incluido dentro del tipo de yeso fino de construcción clase (6 núm.) 2.

La norma Italiana encuadra este tipo de yeso dentro de la clase 2^a (UNI - 6782 - 73).

Las impurezas más corrientes existentes en la zona son calcita, dolomita, cuarzo y magnesita.

ZONA I - 2 - COGOLLUDO

El índice de pureza medio en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ obtenido a través de los sondeos efectuados, ha sido del orden del 75-80 %.

Se han tomado las muestras núms. 6 y 7 representativas de piedra de yeso y producto cocido.

El yeso cocido, con un índice de pureza del 99,09%, está englobado dentro de la clase I EXTRA en las normas españolas. Pertenece a la clase I - superior según la norma italiana, y a la clase I según I.S.O.

El yeso cocido tiene un índice de pureza del 99,5 %, con un contenido en SO_3 del 54,7 %. A la vista de los resultados obtenidos en los distintos ensayos efectuados, esta muestra se clasifica como Y-25 F. El índice de pureza y la resistencia mecánica a flexotracción corresponden a R-35.

Según la norma italiana pertenece a la clase 1^a, siendo el tiempo de fraguado superior al mínimo exigido para su empleo en muros, enlucidos y pavimentos.

La muestra núm. 8, representativa de un tipo de yeso crudo de la zona, tiene un índice de pureza del 93,14 % y se clasifica según UNE 41.169 como I. Pertenece a la clase I - normal en la norma italiana y a la clase I en la normativa - ISO.

ZONA I - 3 - TORRELAGUNA

El contenido medio de $\text{SO}_4\text{Ca}.2\text{H}_2\text{O}$ de las muestras analizadas, procedentes de los sondeos efectuados en la zona, ha sido, aproximadamente, del 70%.

La muestra núm. 9, con el 95,75% de índice de pureza, pertenece a la clase I EXTRA. Pertenece al tipo I - superior y I en las normativas italiana e ISO.

La muestra núm. 10, elaborada a partir de la anterior, se clasifica según el Pliego como E-35. Según la norma NFB 12-303 puede utilizarse como yeso fino de construcción para enlucidos de muy alta dureza, así como yesos para staff.

Según las normas italianas, este yeso queda clasificado como clase 2^a dentro de la norma UNI - 6782 - 73.

La muestra núm. 11, representativa de un tipo de piedra de yeso de la zona, posee un índice de pureza del 76,04%, y se encuadra según las normas española, italiana e ISO en la clase III.

4.5.3.- Formación de yesos miocenos de la Cuenca del Tajo

ZONA I - 4 - ARANZUEQUE

La muestra de yeso crudo representativa de la zona, - pertenece a la clase I, según la norma UNE 41.169, y a la clase II según las normativas UNI e ISO.

ZONA I - 5 - ALMOGUERA

Las muestras núms. 14 y 15 son representativas de los dos tipos de calcinados que se fabrican en la zona a partir de un mismo crudo (muestra núm. 13).

El crudo tiene un índice de pureza del 86,37% y se clasifica en la clase II según las normas UNE, UNI, e ISO.

La muestra núm. 14 ensayada, se clasifica como Y-20. - El índice de pureza corresponde a Y-25. La finura de molido corresponde a Y-25 F.

Según la norma UNI - 6782 - 73 - Yeso para la edificación-, por su contenido en SO_4Ca (77,8 %), se clasifica de calidad tercera. Por su tiempo de fraguado está dentro de los límites exigidos por la norma, para su empleo en muros y enlucidos. Su finura de molido y resistencias mecánicas son - adecuadas para éste último empleo.

Su contenido en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ (56,4 %) es inferior al mínimo exigido (66%) en la norma ASTM - C 28-63. Especificaciones para Pláster. Asimismo, tampoco cumple esta especificación para yesos de enlucidos y Pláster de molduras (ASTM-C - 59 - 73).

La muestra núm. 15, representativa de otro tipo de yeso cocido, se clasifica como Y-25 G. El índice de pureza corresponde a E-30, según el Pliego del yeso y la escayola vigente.

El contenido medio en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de las muestras analizadas procedentes de los sondeos efectuados en la zona, es del orden del 70%.

Las impurezas más frecuentes son, cuarzo, dolomita, arcilla y calcita.

ZONA I - 8 - FUENTIDUEÑA DE TAJO

La ley media obtenida en los sondeos efectuados es del orden del 75%, siendo sus impurezas más normales ilita, calcita, cuarzo, glauberita, y CO_3Mg .

La muestra de yeso crudo seleccionada tiene un índice de pureza del 89,83%, y se encuadra según UNE 41.169 dentro de la clase I. Según las normas UNI e ISO pertenece a la clase II.

ZONA I - 9 - VALLECAS

En los sondeos efectuados en esta zona se ha obtenido

una ley media del 70%, siendo las impurezas más frecuentes calcita, ilita, cuarzo, CO_3Mg , y dolomita.

El índice de pureza de la muestra de yeso crudo (núm. 20) es del 79,33%, quedando incluida según la norma española en la clase II; las normas ISO y UNI la incluyen en la clase III.

Las muestras n.ºs. 21 y 22 son representativas de dos tipos de yeso calcinado. La primera queda clasificada, según el Pliego, como Y-25 F. El índice de pureza corresponde a E-30. La resistencia mecánica a flexotracción corresponde a E-35.

En cuanto a la segunda, a la vista de los resultados - y según el Pliego del yeso y la escayola vigente, se observa que la finura de molido supera el valor máximo permitido para el Y-12. El índice de pureza corresponde a Y-20. La resistencia mecánica a flexotracción corresponde a Y-12. Asimismo, y debido especialmente a su gruesa granulometría y bajo contenido en $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, no cumple los requisitos mínimos exigidos por la normativa extranjera para los distintos usos.

La muestra n.º 21, según la norma italiana, pertenece a la clase 3^a. No cumple las especificaciones de la norma - ASTM - C 28 - 68.

ZONA I - 10 - CHINCHON

En los sondeos efectuados en esta zona se ha obtenido una ley media del 70%, siendo las impurezas más frecuentes - ilita, dolomita, CO_3Mg , y calcita.

El índice de pureza de la muestra de yeso crudo (n.ºm.26) es del 71,30%, quedando incluida según la norma española en la clase III; en esta misma clase la incluyen las normas ISO y UNI.

La muestra n.ºm. 27, representativa de un tipo de yeso cocido en la zona, tiene un índice de pureza de 78,2%; por sus características tecnológicas se clasifica como Y-20. La finura de molido corresponde a Y-25 G.

Su gruesa granulometría y bajo contenido en SO_4Ca . $1/2 \text{H}_2\text{O}$, principalmente, reducen su campo de aplicación dentro de la normativa extranjera.

ZONA I - 11 - VALDEMORO

Los análisis efectuados a las muestras de yeso crudo - seleccionadas, representativas de la zona y tomadas en fábrica, se han clasificado como sigue:

La muestra n.ºm. 23, según la norma UNE 41.169, pertenece a la clase I. Se clasifica dentro de la clase I - normal y I en las normas UNI e ISO respectivamente.

La muestra n.ºm. 28 pertenece a la clase II en las normas UNE, UNI e ISO.

Las muestras n.ºms. 24, 25, 29 y 30, representativas de tipos de yeso cocido elaborados en la zona, se clasifican, según el Pliego del yeso y la escayola vigente en España, como sigue:

Muestra núm. 24: Se clasifica el producto ensayado como Y-25 F. La finura de molido y la resistencia mecánica a flexotracción corresponden a E-30.

Muestra núm. 25: Se designa como Y-12. El índice de pureza corresponde a Y-25. La resistencia mecánica a flexotracción corresponde a Y-20.

Muestra núm. 29: La muestra ensayada se clasifica como Y-25 F.

Muestra núm. 30: Se clasifica como Y-12. El índice de pureza corresponde a Y-25.

La utilización de estos yesos según las especificaciones extranjeras es la siguiente:

Normas A.S.T.M.- Las especificaciones para Pláster exigen como mínimo un contenido del 66% de $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$, contenido al que no llegan ninguna de las muestras arriba indicadas. Asimismo, su porcentaje en semihidrato es insuficiente para su empleo en enlucidos y Pláster de molduras (ASTM C - 28 - 68 y ASTM C - 59 - 73).

Normas U.N.I.- En función del contenido en CaSO_4 , la muestra núm. 24 pertenece a la clase 2^a, mientras que las otras tres restantes se encuadran dentro de la clase 3^a según la norma UNI - 6782 - 73 - Yeso para la edificación.

La ley media obtenida en los sondeos de la zona se ha estimado en 70%. Las impurezas más frecuentes son: cuarzo, - dolomita, calcita y CO_3Mg .

ZONA I - 12 - ALAMEDA DE LA SAGRA

Se han analizado tres muestras de crudo representativas de la zona (núms. 31, 34 y 35). Según la norma UNE 41.169, pertenecen, por el orden mencionado, a las clases - II, III y I. A estas mismas clases pertenecen según la norma ISO/R. 1587 - 1972 (F). Piedra de yeso para la fabricación de aglomerantes.

En la norma UNI, la muestra núm. 35 pertenece a la clase I - Normal. Para las otras dos (31 y 34), corresponden las clases II y III respectivamente.

Las muestras de yeso calcinado ensayadas pertenecientes a esta zona, conforme a los resultados obtenidos, presentan las siguientes observaciones:

La muestra núm. 32 se clasifica como Y-25 F. La finura de molido corresponde a E-35. En cuanto a la núm. 33 se ajusta a la designación Y-12; su índice de pureza corresponde a Y-20, y su resistencia mecánica a Y-25.

La muestra núm. 36 se clasifica como E-30. El índice de pureza y la finura de molido corresponden a E-35. En cuanto a la núm. 37 se clasifica como E-35.

4.5.4.- Formación de yesos miocenos de la Subcuenca de Huete

ZONA I - 7 - HUETE

La ley media en $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, obtenida a través de las muestras procedentes de los sondeos practicados en esta zona, ha sido superior al 85%. Las impurezas más frecuentes son: calcita, dolomita y arcilla.

Debe destacarse en esta zona la muy alta calidad de la piedra de yeso, y las grandes reservas existentes. Sin embargo, actualmente cuenta con una muy baja producción, limitándose la actividad a una fábrica poco mecanizada, que funcionando en régimen intermitente (2 ó 3 días al mes), y elabora solamente la calidad denominada yeso común de construcción, también llamado tosco ó negro.

La muestra del crudo obtenida de la única cantera en explotación (muestra núm. 17), tiene un índice de pureza - del 99,98% y se clasifica según la norma UNE 41.169 como I Extra. Dentro de las normativas ISO y UNI pertenece a la clase I y I - superior respectivamente.

Deben resaltarse los óptimos resultados obtenidos en el análisis efectuado a ésta piedra de yeso (apartado 4.4), que por otro lado es bastante representativa de la zona. Su elevado índice de pureza es el más alto obtenido en el conjunto de las 12 zonas que componen el estudio que se lleva a cabo.

La muestra cocida (núm. 18) obtenida a partir del crudo anterior, y representativa del yeso elaborado en la zona, se ha sometido a un ensayo completo según el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción, vigente, y sus resultados se exponen en el apartado 4.4. Asimismo, se le ha practicado un análisis de fases, con objeto de conocer los contenidos en semihidrato, dihidrato y anhidritas.

A la vista de los resultados, y según el Pliego de yeso vigente, se comprueba que la muestra ensayada no cumple los requisitos establecidos en cuanto a resistencia y tiempos de fraguado.

4.6.- CONCLUSIONES

Las conclusiones que se insertan en este apartado han sido deducidas de los resultados de los análisis efectuados en las distintas formaciones.

Formación de yesos del Cretácico de la Sierra de Altomira

- La calidad de la piedra de yeso es alta.
- Actualmente no existe ninguna explotación.
- No existe, por tanto, ninguna industria transformadora.
- Este material permitiría la fabricación de un yeso de buena calidad.

Formación de yesos oligocenos

- La piedra de yeso es de muy alta calidad.
- La mecanización de las canteras es buena.
- La industria transformadora tiene un nivel de mecanización alto.
- Se elaboran yesos de gran calidad, escayolas y productos prefabricados.

Formación de yesos miocenos de la Cuenca del Tajo

- En general la calidad de la piedra de yeso se puede clasificar de media-alta.
- El volumen de extracción de material, así como la - mecanización de las canteras, es muy variable de - unas zonas a otras. Areas como Valdemoro y Alameda de la Sagra tienen gran actividad, mientras que - otras como Fuentidueña de Tajo y Aranzueque no tienen actualmente ninguna explotación ni planta de elaboración de yeso.
- La industria transformadora tiene un buen nivel de mecanización en la zona I - 12 Alameda de la Sagra, y excelente en la I - 11, donde se ha incluido la nueva fábrica existente en las proximidades de San Martín de la Vega.
- Los yesos elaborados son de calidad media.

Formación de yesos miocenos de la Subcuenca de Huete

- La piedra de yeso es de excelente calidad.
- La extracción es nula, salvo en un punto donde la - mecanización es baja.
- En el único punto donde se lleva a cabo cierta actividad transformadora, la mecanización es muy baja y el rendimiento mínimo.
- El producto elaborado es deficiente, pudiéndose obtener, dada la buena calidad de la piedra de yeso , yesos de gran calidad, escayolas y prefabricados.

Formación de yesos miocenos de la Cuenca del Tajo

- En general la calidad de la piedra de yeso se puede clasificar de media-alta.
- El volumen de extracción de material, así como la - mecanización de las canteras, es muy variable de - unas zonas a otras. Areas como Valdemoro y Alameda de la Sagra tienen gran actividad, mientras que - otras como Fuentidueña de Tajo y Aranzueque no tienen actualmente ninguna explotación ni planta de elaboración de yeso.
- La industria transformadora tiene un buen nivel de mecanización en la zona I - 12 Alameda de la Sagra, y excelente en la I - 11, donde se ha incluido la nueva fábrica existente en las proximidades de San Martín de la Vega.
- Los yesos elaborados son de calidad media.

Formación de yesos miocenos de la Subcuenca de Huete

- La piedra de yeso es de excelente calidad.
- La extracción es nula, salvo en un punto donde la - mecanización es baja.
- En el único punto donde se lleva a cabo cierta actividad transformadora, la mecanización es muy baja y el rendimiento mínimo.
- El producto elaborado es deficiente, pudiéndose obtener, dada la buena calidad de la piedra de yeso, yesos de gran calidad, escayolas y prefabricados.

5.- ESTUDIO ECONOMICO

5.1.- ASPECTOS GENERALES

5.1.1.- Geografía física

La Zona Centro ocupa parte de las provincias de Guadalajara, Cuenca, Madrid y Toledo, coincidiendo con la cuenca del Tajo. Está limitada por el NW por la cordillera Carpeto vetónica y por el S por los Montes de Toledo. La Sierra de - Altomira constituye la única alineación montañosa dirigida - de N a S y situada en el borde oriental.

La red hidrográfica está regida por el cauce del río Tajo, que atraviesa el área que nos ocupa, desde la Sierra - de Altomira hasta Toledo, siguiendo una trayectoria de NE a SW. Tributario del Tajo es el Jarama, que a su vez recibe, - por su margen izquierda, las aguas del Henares y las del Tajuña, y por la derecha las del Manzanares.

Los núcleos de población más importantes están consti tuidos por las capitales de provincia, destacando por el número de habitantes Madrid; según datos de 1975, la población de las ciudades del área estudiada es la siguiente:

Madrid:	3.634.007
Toledo:	45.955
Cuenca:	38.315
Guadalajara:	38.166

En cuanto a vías de comunicación, existe una muy buena distribución de carreteras, que facilitan el transporte - de unas áreas a otras. Las principales son las nacionales ra diales N-I, N-II, N-III y N-IV.

5.1.2.- Población

La evolución seguida por la población en las cuatro - provincias que caen dentro de la competencia del estudio, así como su comparación con el total nacional, es como sigue:

CUADRO - IPOBLACION: MEDIA ANUAL

	1969	1971	1973	1975
Cuenca	256.897	243.955	234.731	224.791
Guadalajara	152.936	146.013	143.629	140.345
Madrid	3.952.451	3.861.093	4.099.183	4.344.479
Toledo	477.462	466.039	464.014	464.696
TOTAL	4.479.746	4.717.100	4.941.557	5.174.311
ESPAÑA	33.291.787	34.003.178	34.758.046	35.711.641

Fuente: BANCO DE BILBAO.

El área de la Zona Centro es una de las más pobladas del país. Con una superficie que supone el 10% de la total, su población suponía, en 1975, el 15% de la total del país. Esta elevada densidad de población se justifica considerando que la provincia de Madrid, con una superficie de 7.995 km², que supone el 1,58% de la total del territorio nacional, tenía, en 1975, una población que suponía el 12,16% del país.

En su conjunto, el número de habitantes ha venido aumentando en estos últimos años a una tasa anual del 5%. La población de las provincias de Cuenca y Guadalajara viene experimentando anualmente un paulatino descenso, mientras que

la de Toledo permanece estacionada. Madrid, sin embargo, viene experimentando un aumento próximo al 6%.

En 1969 estas cuatro provincias representaban el 13,4% del total nacional y en 1975 era del 14,4%. Este constante aumento de la población en la Zona Centro, se debe exclusivamente al aumento que viene experimentando la provincia de Madrid, o más concretamente su capital. La población alcanzada en la Zona Centro, en 1969, fue de 4.479.746 habitantes, pasando en 1975 a los 5.174.311 habitantes.

CUADRO - II

PORCENTAJE DE VARIACION

	71/69	73/71	75/73
Cuenca	- 5,0	- 0,5	- 4,2
Guadalajara	- 4,5	- 1,6	- 2,3
Madrid	+ 7,5	+ 4,4	+ 6,0
Toledo	- 2,4	- 0,4	+ 0,2
TOTAL	+ 5,2	+ 4,7	+ 4,7
ESPAÑA	+ 2,1	+ 2,2	+ 2,7

Fuente: BANCO DE BILBAO

Las variaciones registradas en cada provincia ha sido de igual signo a lo largo de los años que indica el Cuadro II, a excepción de la de Toledo que pasó de un -0,4% de variación durante 1973/1971 a un +0,2% durante el bienio 75/73. En el conjunto de las cuatro provincias, el incremento ha sido superior al registrado por el total nacional, aunque -

a lo largo de estos últimos bienios esta diferencia va disminuyendo.

El coeficiente de población activa (tasa de actividad) es análogo en la Zona Centro (37,06%) al de la media nacional (37,43%). La distribución por provincias, así como la tasa de actividad, es como sigue:

CUADRO - III

POBLACION OCUPADA Y POBLACION ACTIVA

Año 1975	Población ocupada	Población activa	Tasa actividad
Cuenca	73.010	75.313	33,50
Guadalajara	46.602	47.865	34,11
Madrid	1.554.796	1.628.097	37,48
Toledo	147.538	166.401	35,81
TOTAL	1.821.946	1.917.676	37,06
TOTAL NACIONAL	12.621.930	13.367.490	37,43

Fuente: BANCO DE BILBAO - 1975

La estructura del empleo por sectores productivos es la siguiente:

CUADRO - IV

ESTRUCTURA DEL EMPLEO (%)

	AGRICULTURA			INDUSTRIA			SERVICIOS		
	1971	1973	1975	1971	1973	1975	1971	1973	1975
Cuenca	58,4	55,3	50,5	18,7	16,4	18,3	22,9	28,3	31,2
Guadalajara	47,0	34,8	29,8	24,0	33,6	35,7	29,0	31,6	34,5
Madrid	2,5	2,2	2,0	39,7	39,6	38,6	57,8	58,2	59,4
Toledo	46,3	41,2	35,3	28,9	30,3	33,6	24,8	28,5	31,1
NACIONAL	28,4	25,1	22,9	35,4	36,1	36,8	36,2	38,8	40,3

Fuente: BANCO DE BILBAO

Durante el período 1971-1975 la población activa de la zona centro, experimentó los mismos desplazamientos que la nacional. Es decir, descenso en el Sector primario y aumentos en los dos restantes. No obstante, si exceptuamos Madrid, los índices provinciales, en el sector agrícola, están muy por encima de la media nacional.

Los sectores de la industria y servicios registran unos índices crecientes, en particular en el referente al de servicios, donde la tasa de población activa aumenta constantemente. Estos índices están por debajo de la media nacional a excepción de Madrid, que están por encima, especialmente el referente al sector de Servicios. En este sector industrial, debido a la sucesiva automatización de los procesos productivos (provincia de Madrid), y a la escasa industrialización en las otras tres, se viene registrando sólo un ligero aumento de la población empleada.

5.1.3.- Renta y producto

En el año de 1975, las provincias comprendidas en el área de la zona centro, obtuvieron una renta total de 950.471

millones de pesetas, lo que supuso el 18,3% de la nacional, - que frente al 15% de participación de la población, da origen a una renta per cápita media regional de 183.690 pts, cifra - que está por encima de la media nacional, que para 1975 fue de 144.731 pts.

En el cuadro V se da la evolución seguida por los ingresos y renta per cápita desde 1969 a 1975. A lo largo de este período, estas cuatro provincias conjuntamente han tenido un ritmo creciente de sus ingresos provinciales superior, incluso, al nacional. Para éste último la tasa de incremento - fue del 20,8% anual, mientras que para dichas provincia, fue del 22,6% anual.

De las cuatro provincias que comprende nuestro estudio, si las consideramos individualmente, solamente la de Madrid - tiene una tasa de incremento de ingresos superior a la nacional. No obstante, esta tasa es suficiente para compensar la de las tres restantes, y que considerada la media del conjunto provincial, siga estando por encima de la media nacional.

La participación de los ingresos del conjunto provincial en el total nacional, según se deduce del cuadro V, ha ido en ligero aumento, pasando del 17,08 en 1969 al 18,38% en 1975.

La renta "per cápita" media nacional fue en 1975 de - 144.731 pts. Para ese año, las registradas en las cuatro provincias son las siguientes:

	<u>INGRESOS (10⁶ pts)</u>	<u>LUGAR QUE OCUPA TOTAL NACIONAL</u>	<u>%</u>	<u>RENTA PER CAPITA</u>	<u>LUGAR QUE OCUPA EN EL TOTAL NAL.</u>
Cuenca	22.398	45°	2,3	99.639	42°
Guadalajara	18.793	47°	2,0	133.906	22°
Madrid	857.435	1°	90,2	197.361	2°
Toledo	51.845	32°	5,5	111.568	33°

PROVINCIAS	1.969		1.971		1.973		1.975	
	10 ⁶ pts	per cápita (pts)	10 ⁶ pts	per cápita (pts)	10 ⁶ pts	per cápita (pts)	10 ⁶ pts	per cápita (pts)
Cuenca	9.014	35.088	11.203	45.922	17.657	74.237	22.398	99.639
Guadalajara	7.378	48.242	9.340	63.967	13.257	92.268	18.793	133.906
Madrid	274.913	76.525	377.801	97.848	558.548	138.601	857.435	197.361
Toledo	19.589	41.027	24.724	53.051	37.633	81.103	51.845	111.568
TOTAL	310.894	69.399	423.068	89.688	627.095	126.902	950.471	183.690
TOTAL NACIONAL	1.820.101	54.671	2.406.102	70.761	3.448.605	99.271	5.168.569	144.731

Fuente: BANCO DE BILBAO

Se observa que solamente la renta "per cápita" correspondiente a Madrid es superior a la media nacional, ocupando el segundo puesto en el total nacional. Esta circunstancia hace que la renta "per cápita" media, correspondiente al conjunto de las cuatro provincias, sea de 183.690 pts, cifra bastante superior a la media nacional.

La producción bruta conjunta de todas las provincias de este estudio representó el 17,6% de la nacional, en el año 1975, mostrando un aumento del 59,8% respecto al año 1973. La producción creció en todas las provincias, siendo Madrid la que experimentó el más fuerte incremento (63,3%). El incremento de las tres provincias restantes fue el siguiente: Guadalajara (37,2%), Toledo (37,1%) y Cuenca (28,5%).

En 1975 la aportación de Madrid a la producción bruta del área que venimos denominando zona centro, fue del 89,5%. Las tres provincias restantes aportaron sólo el 10,5% distribuyéndose así: Toledo (5,8%), Cuenca (2,5%) y Guadalajara (2,2%). En el Cuadro VI se da la producción provincial por sectores (valor añadido bruto) durante el período 1971-1975. Se dan asimismo las cifras totales respecto a la Zona Centro, y las producciones brutas totales nacionales para estos cinco años.

Pos sectores de actividad, el de servicios es el más importante, siguiéndole a larga distancia el de Industria. Ambos suponen alrededor del 95% de la producción en el área de la Zona Centro. En 1975 el sector servicios suponía el 63,9% de la producción bruta del área, con un aumento sobre el año 1973 del 62%. A continuación, y por orden de importancia, figura el sector industrial, con el 32,6% y un aumento del 63,5%.

El sector primario tiene una incidencia casi nula en el sistema productivo de la Zona Centro. Para 1975 supuso -

PRODUCCION PROVINCIAL POR SECTORES (V.A.B.) - 10⁶ pts

Provincias	AGRICULTURA			INDUSTRIA			SERVICIOS			TOTALES		
	1971	1973	1975	1971	1973	1975	1971	1973	1975	1971	1973	1975
Cuenca	4.903	8.871	9.376	2.823	3.449	5.080	5.038	6.964	10.335	12.764	19.284	24.791
Guadalajara	2.665	3.664	4.031	3.545	6.026	8.806	4.314	6.003	8.649	10.524	15.693	21.531
Madrid	4.567	5.522	7.983	118.684	176.009	289.916	216.870	364.708	594.584	385.121	546.239	892.483
Toledo	8.538	13.688	13.682	8.880	13.193	21.124	11.305	15.650	23.535	28.723	42.531	58.341
TOTAL	20.673	31.746	35.072	133.932	198.677	324.926	282.527	393.325	637.148	437.132	623.747	997.146
NACIONAL	320.953	447.932	549.663	944.444	1.409.907	2.211.218	1.329.031	1.872.363	2.892.330	2.594.428	3.730.202	5.653.211

Fuente: BANCO DE BILBAO

el 3,5% en ésta región, estando bastante por debajo de la media nacional. El aumento respecto a 1973 del sector agrícola, en la Zona Centro, fue tan sólo del 10,5%.

Este sector participó en la producción agrícola nacional con el 6,4% en 1975, cifra idéntica a la registrada en 1971.

La participación provincial en los sectores, expresado en %, correspondiente a 1975 fue la siguiente:

<u>Provincias</u>	<u>Agricultura</u>	<u>Industria</u>	<u>Servicios</u>	<u>Prodc. bruta</u>
Cuenca	26,7	1,6	1,6	2,5
Guadalajara	11,5	2,7	1,4	2,1
Madrid	22,8	89,2	93,3	89,5
Toledo	39,0	6,5	3,7	5,9

En los siguientes cuadros, se exponen, para el período 1971-1975: la participación de los sectores en el total nacional, expresado en 10^6 pts (Cuadro VII); la importancia provincial por sectores en la Zona Centro (Cuadro VIII) y la participación provincial por sectores en la producción bruta (cuadro IX).

5.2.- PANORAMA GENERAL DEL SECTOR DEL YESO

5.2.1.- Producción mundial

La producción mundial de yeso alcanzó en 1974 - según fuentes de Minerals Yearbook -, 66,1 millones de toneladas. Si comparamos esta cifra con la obtenida en 1966 - 48,8 millones de toneladas -, el aumento experimentado en estos años ha sido de 35,5%. En 1966, siete países - EEUU, Canadá, Francia, URSS, España, Italia e Inglaterra produjeron alrededor del 70% del total mundial. En 1974 estos mismos paí-

	1.971			1.973			1.975		
	Centro	Nacional	%	Centro	Nacional	%	Centro	Nacional	%
Agricultura	20.673	320.953	6,4	31.745	447.932	7,0	35.072	549.663	6,4
Industria	133.932	944.444	14,2	198.677	1.409.907	14,1	324.926	2.211.218	14,7
Servicios	282.527	1.329.031	21,3	393.325	1.872.363	21,0	637.148	2.892.330	22,0
Prod. bruta	437.132	2.594.428	16,9	623.747	3.739.202	16,7	997.146	5.653.211	17,6

Fuente: BANCO DE BILBAO

	AGRICULTURA			INDUSTRIA			SERVICIOS			PRODUCCION BRUTA		
	1971	1973	1975	1971	1973	1975	1971	1973	1975	1971	1973	1975
Cuenca	23,7	27,9	26,7	2,1	1,7	1,6	1,8	1,8	1,6	2,9	3,1	2,5
Guadalajara	12,9	11,6	11,5	2,7	3,0	2,7	1,5	1,5	1,4	2,4	2,5	2,1
Madrid	22,1	17,4	22,8	88,6	88,6	89,2	92,7	92,7	93,3	88,1	87,6	89,5
Toledo	41,3	43,1	39,0	6,6	6,7	6,5	4,0	4,0	3,7	6,6	6,8	5,9
CENTRO	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: BANCO DE BILBAO

	AGRICULTURA			INDUSTRIA			SERVICIOS		
	1971	1973	1975	1971	1973	1975	1971	1973	1975
Cuenca	38,4	46,0	37,8	22,1	17,9	20,5	39,5	36,1	41,7
Guadalajara	25,3	23,3	18,7	33,7	38,4	40,9	41,0	38,3	40,4
Madrid	1,2	1,0	0,9	30,9	32,2	32,5	68,0	66,8	66,6
Toledo	29,7	32,2	23,5	31,0	31,0	36,2	39,3	36,8	40,3
CENTRO	4,7	5,1	3,5	30,6	31,9	32,6	64,6	63,1	63,9
NACIONAL	12,4	12,0	9,7	36,4	37,8	39,1	51,2	50,2	51,2

Fuente: BANCO DE BILBAO

ses suministraron el 71% del yeso mundial. España figura entre los cinco primeros países productores.

Cinco países - R.F. Alemana, Irán, Méjico, Australia e India, con producciones superiores al millón de toneladas, - aportan el 15% del total mundial.

Entre 1966 y 1974, la producción mundial ha aumentado a una media anual del 4%. El mayor aumento lo registró el año 1972 (21,3%); 1968, 1969, 1971 y 1973 registraron también aumentos, aunque menores; 1967 registró un descenso de producción del 3,1% respecto del año anterior. Asimismo fueron de signo negativo 1970 y 1974.

A pesar de la abundancia de depósitos de yeso en el mundo, la producción, a cierto nivel, se halla muy concentrada en determinadas áreas geográficas. En estas áreas el 90 % de la producción de cada una de ellas corresponde a un número limitado de países, mientras que, en países próximos a estos, la producción es pequeña o inexistente.

Ello da lugar a unas corrientes de importación y exportación entre países pertenecientes a dichas áreas. Estas áreas son las siguientes: Europa, América del Norte (incluido Méjico) y Lejano Oriente (incluido Australia).

Europa, con el 48,8% -en 1974- de la producción mundial, es la mayor productora de yeso. Seis países - Francia, URSS, España, Italia, Inglaterra y R.F. Alemana - producen - el 85,7% del total europeo y el 41,8% del mundial.

América del Norte es la segunda área en importancia en la producción de yeso, con el 33,8% del total mundial. Tres países destacan como grandes productores. EE.UU., Canadá y Méjico, que conjuntamente obtienen el 97,2% de la producción americana.

YESO: PRODUCCION MUNDIAL POR PAISES (10³ t)

PAISES	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
	779	740	742	676	628	593	838	960	886
(1)	164	171	171	200	169	179	165	182	198
Albuquerque	357	372	407	440	486	479	552	637	661(e)
(1)	5.289	5.116	5.959	5.732	5.110	6.826	6.788	6.856	
Albania	263	281	268	282	288	315	375	375	375
Algeria	1.461	1.342	1.521	1.826	1.468	1.593	2.958	3.250	3.500(e)
Algeria	207	211	216	235	308	330	441	463	463
	219	219	250(e)	285	293	299(e)	425	481	423
	3.280	3.310	3.310	3.302	3.349	3.501(e)	3.858(e)	3.858(e)	3.858(e)
	762	782	782	810	849	849(e)	937(e)	937(e)	937(e)
	2.593	2.910	3.135	3.104	3.329	3.173	4.546	4.928	4.850(e)
	4.509	4.706	4.865	4.877	4.716	4.716	5.181(e)	5.181(e)	5.181(e)
	4.372	4.607	4.664	4.595	4.274	4.172	3.823	4.243	3.434
	289	269	371	535	421	590	566	501	500(e)
(1)	5.438	4.710	5.392	5.800	5.731	6.079	8.099	8.389	8.235
	194	168	209	255	282	309	486	393	296
	1.155	979	1.259	1.219	1.290	1.298	1.651	1.669	1.529
	8.778	8.547	9.116	8.963	8.558	9.449	12.328	13.558	11.999
	297	309	317	359	409	408	462	533	614
	460	251	570	470	436	527	471	577	616
	602	502	502	549	549	945	661(e)	694(e)	717(e)
	1.297	1.152	1.322	1.367	920	1.087	1.218	974	1.157
	1.806	1.816	1.906	2.000	2.098	2.249	2.646	2.646(e)	2.646(e)
	502	502	562	550	600	Sd	Sd	Sd	Sd
	600	506	602	560	538	529	513	417	368
	101	103	110	136	170	133	170	196	207
	221	221	241	300	320	340	371	395	394
	817	929	859	869	845	895	1.057	1.279	1.323
Países	1.348	1.391	1.219	858	2.523	3.755	2.846	3.354	3.886
TOTAL	48.821	47.322	50.129	51.693	51.579	53.106	64.470	67.858	66.109

Caldos anhidrita

Caldos

MINERALS YEARBOOK

Por último, el área del lejano Oriente y Australia parece un poco más difícil de delimitar debido a su gran extensión, dado que abarca casi toda Asia y Australia. Cinco países -India, Iran, Australia, China y Japón- produjeron en 1974 el 9,3% del total mundial.

Resumiendo, se puede decir que, al ser éste un material que abunda tanto en la naturaleza, no presenta serios problemas de localización. La casi totalidad de los países poseen depósitos de yeso en su subsuelo, bien en explotación o no. El que dichos depósitos sean explotados depende de los costes que tengan que soportar, así como de las distancias a los centros consumidores.

Áreas con grandes posibilidades yesíferas son: América del Sur, África y Asia. En estas áreas existen gran número de depósitos de yeso, de los cuales muy pocos son explotados, y la mayoría de ellos con medios rudimentarios, abasteciendo preferentemente, a mercados locales con elevados costes. Los mercados en estas áreas crecerán, debido sobre todo a la industria de la construcción, lo que influirá sin duda en la puesta en marcha y modernización de los depósitos.

5.2.2.- Mercado internacional del yeso

El comercio del yeso, entre países importadores y exportadores, está influenciado fuertemente por la proximidad geográfica existente entre ellos, pudiendo decirse que, salvo excepciones, el mercado internacional del yeso tiene un marcado carácter regionalista.

Si bien el número de países productores es elevado, la proporción de países exportadores es pequeña comparada con el de importadores.

Los principales países exportadores europeos son Francia, Polonia y la R.F. Alemana.

Los países pertenecientes al Mercado Común Europeo, se abastecen principalmente de los países asociados. Dentro del M.C.E. sólo dos países, Francia e Italia, tienen yacimientos suficientes para poder cubrir las necesidades de yeso crudo de sus asociados. De ellos Francia es la que exporta mayores cantidades. Italia, por el contrario, tiene dificultades debido a la mala localización de sus depósitos.

La R.F. Alemana, productor de una cierta entidad, importa yeso de Francia y Austria, sobre todo para las regiones del Centro y Sur, procedente de los depósitos situados - al norte de los citados países.

Bélgica y Holanda, que no cuentan con yacimientos de yeso, tienen que recurrir a la importación de crudo y semielaborado, siendo Francia su principal abastecedor.

Los países nórdicos compran preferentemente a Polonia, Francia, (Finlandia a URSS) y a otros países, (Suecia a España).

EE.UU. importa únicamente yeso crudo para sus fábricas de semi-elaborados, procedente de países cercanos donde operan grandes compañías norteamericanas por medio de filiales.

El factor determinante de las corrientes internacionales lo da, no la escasez de este material, como puede suceder con otros minerales, sino su precio de entrega. Países - con numerosas reservas y grandes producciones, prefieren importar yeso de países próximos, dado que, el precio de entrega, a veces, es más bajo que el suyo. Y particularizando más

se puede decir que son los costos de transporte los que inciden fuertemente a la hora de elegir las posibles fuentes de aprovisionamiento de yeso.

Canadá, por ejemplo, prefiere importar yeso de Méjico por mar para las provincias del Este debido a que los fletes por mar son mucho más bajos que el coste de transportar el yeso por ferrocarril desde Manitoba.

En cuanto al futuro del comercio internacional del yeso es difícil predecirlo, puesto que las compras o ventas se basan en criterios de precios y de localización de los depósitos. Algunos países importan yeso crudo procedente de países donde operan sus propias compañías, y en los cuales los costes son mucho más bajos.

A corto plazo, se prevé un aumento del comercio internacional del yeso, sobre todo hacia países en vías de desarrollo, donde los índices de producción de cemento se espera sean más altos que en los países desarrollados. Por lo tanto, dicho aumento del consumo tendrá que ser cubierto por importaciones de yeso, en los casos en que los costes de producción sean altos. También se espera un aumento en lo referente a productos prefabricados y paneles de cartón yeso, hacia países de climas secos o donde el ritmo de construcción de viviendas económicas sea muy elevado.

Por el contrario, a largo plazo, el déficit de yeso de algunos países se irá superando una vez pasada la primera etapa de la actividad constructora (que es en la que se importarán la mayoría de los materiales necesarios), acudiendo en una segunda hacia la explotación de sus propios recursos.

5.2.3.- Estructura del sector

El número de explotaciones dedicadas en nuestro país a la extracción de yeso, ha ido experimentando un notable descenso. En 1967 existían en España 761 establecimientos y en 1977 tan sólo 330.

El personal empleado, también ha seguido una evolución descendente; en 1967 trabajaban en dichas explotaciones 2.893 personas, y en 1977 el número de personal ocupado fue de 1.080.

El número de personal empleado por cantera está entre 3 y 4 personas de media, cifra bastante reducida si la comparamos con otros sectores mineros. El siguiente cuadro nos muestra la evolución seguida desde el año 1967.

CUADRO - XI

ESTRUCTURA DEL SECTOR DEL YESO

Años	n° de explotaciones	personal	personal/explotación
1967	761	2.893	4
1968	770	2.888	4
1969	680	2.444	4
1970	658	2.427	4
1971	629	1.889	3
1972	462	1.529	4
1973	371	1.271	3
1974	348	1.200	3
1975	343	1.195	3
1976	338	1.192	3
1977	330	1.080	3

Fuente: Estadística Minera de España.

La estructura del sector es marcadamente minifundista. Existen numerosas empresas pequeñas que operan de una forma intermitente y cuyos operarios alternan con otras ocupaciones -agricultura-. Debido a esta intermitencia en las labores, la capacidad potencial no es aprovechable íntegramente.

Esta excesiva atomización, debido a la proliferación de depósitos, es la principal causa de todos los problemas que tiene planteado el sector del yeso.

La productividad es baja dado el elevado número de explotaciones con métodos artesanos y rudimentarios, aunque actualmente estas han ido descendiendo en casi un 100% respecto a 1964.

5.2.4.- Producción nacional

España cuenta con abundantes depósitos de yeso, de la mejor calidad, diseminados por toda la geografía. Los principales depósitos de yeso se encuentran localizados en la mitad oriental de la península; sin embargo, la parte occidental del país es ampliamente deficitaria.

La producción nacional de yeso tiene cierta importancia dentro del contexto mundial de la industria del yeso.

Como se aprecia en el siguiente cuadro, la producción española de yeso ha registrado un progresivo aumento en el período 1967-1977, a excepción del año 1974 que experimentó un retroceso.

La estructura productiva del yeso se caracteriza, en general, por una excesiva atomización de sus explotaciones, que les hace poco rentables; algunas de estas son explotadas ocasionalmente, creando serias dificultades para la in

CUADRO - XIIPRODUCCION DE YESO (t)

Años	Nacional
1967	2.910.716
1968	3.135.187
1969	3.104.707
1970	3.329.164
1971	3.173.513
1972	3.247.084
1973	3.520.000
1974	2.006.566
1975	4.220.024
1976	4.908.673
1977	5.481.522

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

roducción de medios mecánicos de explotación; ello se traduce en una escasa y deficiente productividad.

El mercado del yeso es de ámbito local, como corresponde a un producto de precio bajo en el que resulta antieconómico el transporte a grandes distancias. Esto condiciona la actividad productiva de las diferentes canteras diseminadas prácticamente por todo el país, impidiendo que la zona de influencia de las empresas sea, por regla general, superior a un radio de 100 km.

En general, los yesos españoles son de buena calidad y la capacidad de extracción superior a nuestras necesidades de consumo.

La evolución previsible de la industria yesífera española seguirá la tendencia iniciada hace años por países tales como Francia e Italia, donde se ha reducido notablemente el número de fábricas; al mismo tiempo que se modernizan, se aumenta la producción y se mejoran las calidades exigidas.

5.2.5.- Consumo Nacional

En España, la mayor parte de la producción de yesos es absorbida por fábricas dedicadas a la cocción.

Por sectores demandantes, hay que hacer notar que son varias y muy distintas las industrias que utilizan yeso, bien crudo o calcinado. El sector de la construcción es el principal demandante de yeso, con el 80%, aproximadamente, del total. De esta proporción, el 70% es suministrado directamente a las obras, y el resto a través de almacenistas. La demanda del yeso por parte de este sector es muy variable, al ser muy sensible la industria de la construcción a las oscilaciones de la actividad económica.

Las fábricas de cemento constituyen otro de los sectores demandantes de yeso, aunque la mayor parte de ellas tienen sus propias canteras. De todos los materiales que se emplean en la producción de cemento, el 8% aproximadamente es yeso. Otra industria consumidora es la cerámica, que absorbe yeso como material de moldeo.

Aparte de los usos mencionados, que son los más importantes, el yeso se utiliza en una extensa variedad de aplicaciones cuya demanda no tiene aún importancia en nuestro mercado.

Por otro lado, el consumo de productos prefabricados de yeso no registra el mismo grado de utilización que en otros países. Falta de maquinaria adecuada para su elaboración, y poca penetración en el mercado nacional, obstaculizan su introducción en la construcción.

Los paneles de yeso ofrecen enormes ventajas para la construcción de tipo funcional, a la vez que permiten infinidad de acabados. Las propiedades que poseen, tales como las de aislamiento térmico y acústico, les hacen ser un material muy demandado para los modernos tipos de edificaciones.

La industria de prefabricados tiene buenas perspectivas, ya que la producción que se podría alcanzar y la calidad de los mismo (obtenidos a partir de los yesos nacionales), podrían permitir su implantación en el mercado interior y su posible introducción en los mercados exteriores. Tal logro se alcanzaría con el desarrollo de industrias de productos prefabricados de yeso, considerados como materiales cada día más útiles en la construcción.

En España, la industria del yeso se circunscribe a mercados locales, situados cerca de la fábrica. Las grandes fábricas de yeso están situadas, generalmente, en las proximidades de los grandes centros consumidores.

En la actualidad el radio de influencia de una fábrica de yeso común no supera los 100 km. Más allá de esta distancia no parece aconsejable la adquisición de yeso, pues, siendo un material barato, no soporta transportes a largas distancias, salvo en zonas deficitarias en yeso. La industria de prefabricados soporta mayores distancias, debido a que sus precios permiten desplazamientos más largos.

5.2.6.- Mercado exterior

España posee abundantes depósitos de yeso de buena - calidad, localizados, buena parte de ellos, cerca de puer- tos de mar. El comercio exterior, sin embargo, es de poca importancia; las exportaciones suponen el 12% de la produc- ción nacional de yeso crudo, y las importaciones el 0,09 % de la misma.

La evolución seguida por las importaciones y exporta- ciones de yeso desde 1967 se expresan en el siguiente cua- dro:

CUADRO - XIIICOMERCIO EXTERIOR DEL YESO

AÑOS	I M P O R T A C I O N		E X P O R T A C I O N	
	T	10 ³ pts	T	10 ³ pts
1967	888	1.858	4.389	3.534
1968	1.009	2.154	4.249	3.459
1969	1.119	1.880	15.446	9.216
1970	1.246	3.534	4.136	4.124
1971	3.966	5.158	17.805	7.501
1972	921	3.098	137.919	35.459
1973	1.381	5.047	146.044	37.555
1974	2.891	11.229	211.540	78.692
1975	3.230	8.182	133.096	36.910
1976	3.351	12.852	363.196	81.177
1977	4.847	21.477	635.097	152.785

Fuente: D.G. ADUANAS.

El año 1971 marca el comienzo de una fuerte expansión de nuestras exportaciones de yeso crudo, puesto que de las 4.136 t exportadas en 1970, se pasó a 211.540 t en 1974, llegándose en 1977 a 635.097 t. Se observa, por tanto, que en un período de siete años, la cifra de exportación se ha multiplicado por 153.

En 1977, el 80% de la exportación de yeso español, - fue absorbido por los mercados de Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega, países éstos que anteriormente eran abastecidos por yeso procedente, principalmente, de Francia y Polonia.

Asimismo, se han abierto nuevos mercados en Africa , principalmente en Costa de Marfil, Togo, Camerun, Nigeria, Ghana y Dahomey.

El principal mercado, como se ha dicho más arriba, es el europeo, que absorbe el 82% de nuestras exportaciones . En estos últimos años se ha registrado un fuerte aumento - de las exportaciones, concretamente a Suecia y Dinamarca; siguiéndole en importancia Noruega y Finlandia. Otras cantidades de menor entidad son para Francia, Países Bajos y Portugal.

El mercado africano absorbió en 1977 alrededor del - 13% de la exportación, sobresaliendo Costa de Marfil. (3,8%), Togo (2%) y Camerun (1,7%).

España compra, principalmente, a Francia (71%), Inglaterra (13%), y Marruecos (3%), éste último, para abastecer el mercado canario.

Los menores costes de extracción que parece se van - consiguiendo, así como los abundantes depósitos de yesos -

- XIV

DISTRIBUCION DEL COMERCIO EXTERIOR DEL YESO POR PAISES (IMPORTACION)

I S E S	I M P O R T A C I O N									
	t					10 ³ pts				
	1973	1974	1975	1976	1977	1973	1974	1975	1976	1977
ta (R.F.)	57	29	16	36	16	354	401	325	547	343
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
rca	-	0,040	-	-	-	-	-	-	147.437	-
dia	-	-	-	-	-	-	-	-	31.481	-
a	87	661	959	1.530	3.849	529	2.390	2.632	5.991	15.360
a	2	0,290	0,100	0,200	-	18	24	10	36	-
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bajos	-	-	-	20	-	-	-	-	109	-
al	-	-	-	-	4	-	-	-	-	14
Unido	325	454	292	353	239	1.694	3.300	2.739	3.577	2.829
	2	-	-	-	-	6	-	-	-	-
	0,02	0,027	-	-	0,060	4	8	-	-	0,0402
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecuatorial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
de Marfil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
africana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U.	129	882	48	66	83	1.937	4.555	1.215	1.613	241
aa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cos	777	862	1.914	1.345	653	500	549	1.257	976	516
ania	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ela	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
rica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
no Expres	1,98	2,97	0,86	-	-	5	2	4	-	-
T A L	1.381	2.891	3.230	3.351	4.847	5.047	11.229	8.182	12.852	21.477

:: D.G. ADUANAS. Estadísticas del Comercio Exterior de España.

XV

DISTRIBUCION DEL COMERCIO EXTERIOR DEL YESO POR PAISES (EXPORTACION)

S E S	E X P O R T A C I O N									
	t					10 ³ pts				
	1973	1974	1975	1976	1977	1973	1974	1975	1976	1977
(R.F.)	-	-	-	2	-	-	-	-	6	-
	3.966	4.887	3.828	4.235	4.664	3.512	6.061	5.784	6.570	8.673
a	2.000	57.648	32.030	-	216.091	384	11.757	6.502	26.943	41.998
a	-	9.305	15.590	-	97.250	-	2.076	2.980	5.484	26.779
	120	175	4.295	8.812	6.283	201	558	942	2.449	2.533
	380	-	-	-	-	660	-	-	-	-
	5.770	10.060	5.690	2.870	18.106	1.154	2.085	1.084	473	3.097
ajos	-	-	-	-	2.000	-	-	-	-	440
	831	864	611	500	946	1.635	1.757	244	90	601
ido	2.325	2.650	30	-	-	476	543	66	-	-
	118.073	100.700	40.433	107.162	174.756	24.524	20.395	8.782	21.671	36.518
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	270	-	-	-	-	787
	-	4.303	1.656	-	1.750	25.781	-	2.518	-	3.380
aire	-	7.550	-	-	4.000	-	1.954	-	-	780
	-	-	-	5.000	5.955	-	-	-	950	2.536
uatorial	10	25	10	-	-	15	42	21	-	-
	3.150	-	-	-	-	893	-	-	-	-
Marfil	2.000	3.012	7.500	33.863	24.077	350	918	2.047	10.153	7.152
	-	268	225	55	25	-	350	282	92	63
	-	8.458	7.665	-	7.780	-	1.527	1.342	-	1.517
	-	-	1.855	6.500	6.429	-	-	306	1.072	1.883
	-	-	5.595	10.960	10.455	-	-	923	1.808	2.038
	6.051	-	5.000	3.000	12.440	1.779	-	825	495	2.577
	-	-	-	-	6.090	-	-	-	-	4.730
fricana	1.088	1.170	898	990	1.007	1.475	1.863	1.796	2.125	2.442
	-	-	-	-	2.584	-	-	-	-	8.479
	-	-	-	-	5.550	-	-	-	-	1.896
udita	-	-	-	-	45	-	-	-	-	53
	-	-	-	8.020	24	-	-	60,528	-	103
a	-	-	-	0,03	40	-	-	0,69	-	1.070
	-	2	-	0,010	0,094	-	15	-	3	4
a	0,041	-	-	-	-	13	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	11	-	-	-	-
	100	-	-	-	-	223	-	-	-	-
	-	255	-	-	-	-	675	-	-	-
	-	-	-	20	-	-	-	-	27	-
Expres	175	178	180	300	3.300	250	328	361	693	643
A L	146.044	211.540	133.096	363.196	635.097	37.555	78.692	36.910	81.177	152.785

G. ADUANAS. Estadísticas del Comercio Exterior de España.

situados cerca de los puertos de embarque, han contribuido a un aumento de las exportaciones.

Otro capítulo dentro del comercio exterior del yeso - es el de los productos manufacturados, ya que si bien el tonelaje comercializado no es muy alto, sí lo es, en cambio, su valor en comparación con el comercio exterior del yeso - crudo.

Las importaciones-exportaciones durante el período - 1967-1977 se expresan en el cuadro XVI.

CUADRO - XVI

COMERCIO EXTERIOR DE ELABORADOS DE YESO

AÑO	IMPORTACIONES		EXPORTACIONES	
	t	10 ³ pts	t	10 ³ pts
1967	209	2.046	204	35.498
1968	242	2.258	182	32.878
1969	402	3.699	311	41.524
1970	495	4.487	606	50.146
1971	437	5.439	1.220	44.284
1972	974	7.803	1.843	55.910
1973	2.912	20.013	2.019	53.479
1974	5.305	41.866	5.093	61.468
1975	3.484	33.601	8.200	82.521
1976	8.522	88.648	7.794	72.278
1977	9.081	111.930	6.593	81.508

Fuente: D.G. ADUANAS

Las cantidades comercializadas han ido en aumento especialmente a partir de 1973, año en el que las importaciones registraron un alza casi del 200% en cantidad, respecto a 1972, y el 156% en valor. Al mismo tiempo, nuestras exportaciones alcanzaron sus valores más altos en 1975, habiéndose producido un ligero descenso en los dos últimos años.

E.E.U.U. y Francia constituyen los dos mercados más importantes en nuestras exportaciones de productos manufacturados de yeso. E.E.U.U. compró en 1977 por valor de 34,1 millones de pts, que representa el 41,9% del valor total. Las ventas a Francia suponen el 25% del total.

Las importaciones españolas proceden en su mayoría de Francia y R. Unido. En 1977 el valor de las compras a estos dos países en manufacturados de yeso supuso el 58% del valor total. Para ese mismo año, el resto de la importación se efectuó de Portugal, Japón, Taiwan e Italia principalmente, así como de otros varios de menor importancia.

La producción española es suficiente, tanto para cubrir sus necesidades, como para desarrollar la exportación, aunque ésta es muy reducida y responde, en la mayoría de los casos, a pedidos concretos, sin que existan canales de organización adecuados para su comercialización, que, de lo contrario, impulsarían la venta de cara al exterior, tanto de la piedra de yeso, como de productos manufacturados de calidad.

Las importaciones, en conjunto, no son muy importantes; no obstante, es necesario destacar la importancia que en el conjunto de las mismas representan las realizadas a base de prefabricados, así como el creciente ritmo que están tomando. Por lo tanto, sería conveniente establecer las

bases para promover el desarrollo de estos productos, con vistas a cortar, primero las importaciones y facilitar después la exportación, ya que las posibilidades de nuestros yesos son ilimitadas, tanto en calidad, como en cantidad.

La dificultad más importante con la que se enfrenta - el yeso elaborado español, de cara a la exportación, es la falta de una calidad mínima exigida por lo compradores, así como la competencia desfavorable en los países europeos pertenecientes al Mercado Común, por parte del yeso francés, - más próximo a dichos mercados.

Sin embargo, el yeso español puede tener una ventaja, cual es, el bajo coste de extracción, que armonizándolo con el coste del transporte por mar, desde yacimientos situados en zonas costeras, pudiera competir con el yeso francés en diversas zonas europeas cercanas al mar.

Así está sucediendo con los países escandinavos; el bajo coste de extracción y el transporte por mar facilitan las exportaciones de yeso crudo almeriense, desde el puerto de Aguilas (Almería).

Otro posible mercado sería el africano, dada su proximidad, especialmente en productos manufacturados de yeso, - tales como paneles de cartón yeso, tan útiles para la construcción en climas calurosos y húmedos.

Las posibilidades de exportación del yeso español habrán de examinarse, dada la acusada incidencia de los costes de transporte, en relación con el mercado más próximo, es decir, el mercado europeo.

En relación con las características y posibilidades - de los mercados exteriores, cabe formular las siguientes - consideraciones.

CUADRO - XVII

DISTRIBUCION DEL COMERCIO EXTERIOR DE MANUFACTURAS DE YESO POR PAISES

PAISES	I M P O R T A C I O N								E X P O R T A C I O N							
	t				10 ³ pts				t				10 ³ pts			
	1974	1975	1976	1977	1974	1975	1976	1977	1974	1975	1976	1977	1974	1975	1976	1977
Alemania R.F.	0,569	1,395	125	1	9	236	1.462	485	3	1	0,577	1	523	373	1.049	968
Andorra	-	-	-	-	-	-	-	-	284	348	115	155	970	1.881	757	924
Francia	2.679	853	3.598	7.725	15.604	8.441	20.950	48.896	4.566	7.542	7.352	5.770	11.853	23.490	24.646	20.521
Italia	194	84	49	29	3.370	1.543	2.302	4.564	0,177	0,559	0,812	0,480	78	180	298	195
Portugal	19	8	13	38	3.346	1.495	1.887	6.823	0,668	0,309	0,222	0,601	164	141	104	289
E. Unido	1.791	2.515	4.294	1.111	15.145	18.460	34.941	16.101	1	-	2	0,349	253	-	208	95
Bélgica	-	-	-	-	-	-	-	-	0,404	1	103	123	128	332	1.752	3.005
Malta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	1.349
Libia	-	-	-	-	-	-	-	-	79	49	91	59	1.244	572	2.353	1.409
Colombia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,068	55	-	-	63	1.071
Chile	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	3.807	-	-
E.E.U.U.	0,140	0,113	0,197	0,215	31	12	45	35	108	182	75	76	38.596	41.549	28.397	34.168
Panamá	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	4	2	1.640	1.126	1.797	1.303
Venezuela	-	-	-	-	-	-	-	-	3	15	17	9	1.155	3.205	5.521	6.843
Arabia Saudita	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	2	217	2	-	73	1.443
Taiwan	0,036	0,814	14	66	9	145	2.195	13.004	-	-	-	-	-	-	-	-
Japón	8	11	79	54	1.154	2.965	19.950	19.398	2	5	1	11	166	472	334	87
E.E.U.U. en OCEA	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,849	2	499	547	413	1.230
Irlanda	607	-	-	-	2.827	-	-	-	0,284	-	-	-	25	-	-	-
Polonia	-	-	303	-	-	-	3.106	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros	6,3	10,7	49,8	56,8	371	304	1.810	2.624	42,5	27,2	29,5	107,6	4,72	4.846	4.413	6.609
T O T A L	5.305	3.484	8.522	9.081	41.866	33.601	88.648	111.930	5.093	8.200	7.794	6.593	61.468	82.521	72.278	82.508

Fuente: D.G. ADUANAS. Estadísticas del Comercio Exterior de España.

a) El consumo aparente mundial de yeso y anhídrita es del orden de los 60 millones de t, con un crecimiento anual del 3-4 %.

b) El comercio internacional tiene poca importancia, - puesto que solamente el 15% de la producción total mundial es comercializada en el exterior.

c) En consecuencia, el valor del comercio internacional no es muy elevado; dentro de éste, el de pláster y paneles - de yeso tienen un mayor valor relativo que el de yeso crudo.

d) De los datos del mercado internacional del yeso se puede deducir, en general, la proximidad geográfica entre - comprador y vendedor, que da un carácter marcadamente regionalista a este tipo de mercado, debido a la incidencia de los precios de transporte.

e) Dado que el yeso es una sustancia voluminosa, el transporte puede llegar a ser un factor crítico para sus pre cios, debido a los altos costes del mismo; por ello, la tendencia consiste en aprovechar yesos procedentes de los pro prios consumidores. Uno de los mercados más estables de yesos, es el de los prefabricados y esto motiva que los mismos pro ductores de prefabricados hayan iniciado investigaciones en sus propios países, así como en países limítrofes, capaces - de suministrar yeso. Como resultado de estas investigaciones, se han puesto en explotación varios depósitos que de forma - segura les suministran sus propias necesidades. Ello ha limi tado mucho más el mercado internacional.

f) Seis países: Francia, URSS, España, Italia, Inglaterra y R.F. Alemania, aportan el 85,7 % de la producción europea y el 41,8 % de la total mundial; respecto de los mercado

dos europeos cualquiera de estos países, excepto, quizá, Italia, se encuentran en mejor situación geográfica que España. Las producciones de estos países se hallan estabilizadas en los últimos años debido a una falta de dinamismo en la demanda.

g) Los países importadores, y en particular el área - europea - posible centro consumidor del yeso español-, buscan mercados próximos donde abastecerse, pudiendo decirse, que - el mercado europeo de exportación está dominado especialmente por Francia.

h) El factor determinante de las corrientes internacionales lo da, no la escasez de este material, como puede suceder con otros minerales, sino su precio de entrega. Regiones pertenecientes a países con grandes producciones y reservas, prefieren importar yeso de países próximos, dado que el precio de entrega es más bajo que el suyo. Este es el motivo - por el que Francia, Alemania y otros países, sean a la vez importadores y exportadores. Son los costes del transporte - los que inciden a la hora de elegir las fuentes de aprovisionamiento interiores o exteriores.

5.2.7.- Transporte y su evolución

El yeso es transportado en camiones; el transporte por ferrocarril es prácticamente inexistente.

Para esta clase de industrias parece aconsejable utilizar medios de transporte cuyos costos no repercutan excesivamente, a ser posible, en el precio final del producto. El transporte a granel permite el envío en óptimas condiciones a mayores distancias.

En la actualidad, y dado el volumen que entra en el - mercado variable y coyuntural al que tiene que adaptarse, re

quiere un medio de transporte flexible, que únicamente es posible mediante camiones.

Para el transporte internacional el único medio posible es el marítimo. Este se usa principalmente para el transporte de yeso a otros países, dado su menor coste en relación con otros transportes, ya que se pueden enviar grandes toneladas a largas distancias, con una menor incidencia en el precio de entrega del yeso.

Cuando se alcance el desarrollo de los productos prefabricados, el transporte no incidirá tan fuertemente en el precio final, dado el mayor precio de venta del producto.

5.3.- LA INDUSTRIA DEL YESO EN LA ZONA CENTRO

5.3.1.- Industria extractiva

NUMERO DE CANTERAS

El área estudiada en el presente proyecto comprende parte de las provincias de Madrid, Toledo, Cuenca y Guadalajara, pero no la totalidad de las mismas. En el estudio estadístico, que se expone a continuación, se hace referencia a los totales provinciales, pudiendo darse el caso de que algunas de las canteras activas incluidas en los cuadros, queden fuera del perímetro reconocido.

Como se observa en el cuadro XVIII, el número de canteras activas pertenecientes al conjunto regional, ha experimentado en el período 1967 - 1973 un descenso análogo a la evolución seguida por el total nacional. Sin embargo, a partir de 1973, éste número, tanto a nivel regional como nacional, se encuentra estabilizado.

CUADRO - XVIIINUMERO DE CANTERAS

AÑOS	total de las cuatro provincias	total nacional	% sobre el total nacional
1967	158	761	20,7
1968	132	770	17,1
1969	111	680	16,3
1970	109	658	16,5
1971	91	629	14,4
1972	68	462	14,7
1973	56	371	15,1
1974	50	348	14,3
1975	58	343	16,9
1976	59	338	17,4
1977	55	330	16,6

Fuente: Estadísticas Minas de España.

CUADRO - XIXDISTRIBUCION DE LAS CANTERAS POR PROVINCIAS EN %

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Cuenca	22,2	20,4	18,9	21,1	19,8	17,6	17,9	28,0	22,4	15,2	18,2
Guadalajara	17,1	17,4	17,1	16,5	20,9	17,6	19,6	16,0	13,8	15,3	12,8
Madrid	37,3	38,7	40,6	39,5	37,4	32,4	33,9	38,0	32,7	37,3	34,5
Toledo	23,4	23,5	23,4	22,9	21,9	32,4	28,6	18,0	31,1	32,2	34,5
T O T A L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

El número total de canteras en las provincias englobadas dentro del estudio y su evolución en el período 1967-1977, se indican en el cuadro XIX, anteriormente expuesto.

ANEXO - I

EVOLUCION DEL NUMERO DE CANTERAS Y PERSONAL EMPLEADO

AÑOS	Cuenca		Guadalajara		Madrid		Toledo		NACIONAL	
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
1967	35	87	27	98	59	353	37	148	761	2893
1968	27	58	23	90	51	281	31	118	770	2888
1969	21	52	19	79	45	210	26	125	680	2444
1970	23	50	18	69	43	205	25	118	658	2427
1971	18	37	19	71	23	163	20	66	629	1889
1972	12	21	12	51	22	122	22	72	462	1529
1973	10	30	11	42	19	94	16	65	371	1271
1974	14	41	8	33	19	86	9	41	348	1200
1975	13	38	8	32	19	97	18	66	343	1195
1976	9	32	9	40	22	107	19	77	338	1192
1977	10	31	7	29	19	87	19	68	330	1080

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

Como se aprecia en el anexo I, en el período 1967-1974 se ha generalizado en las cuatro provincias el descenso del número de canteras activas. En 1975 éste número permaneció estacionario, salvo Toledo que duplicó su actividad. En 1976 - aumentó el número de canteras activas, con respecto a 1975, - en cada una de las provincias, salvo en Cuenca que fue inferior, y en 1977 volvió a aumentar sólo en Cuenca.

VOLUMEN DE PRODUCCION Y VALOR DE LA MISMA

La evolución que ha seguido la producción de piedra de yeso, para el conjunto de las cuatro provincias consideradas,

a lo largo del período 1967-1977, ha sido la que muestra el anexo II.

CUADRO - XX

PRODUCCION DE PIEDRA DE YESO (m³)

Años	total de las cuatro provincias	total nacional	% sobre el total nacional
1967	477.507	1.819.198	26,2
1968	433.816	1.959.617	22,1
1969	353.544	1.940.442	18,2
1970	357.805	2.080.728	17,2
1971	450.082	1.983.446	22,7
1972	459.419	2.029.428	22,6
1973	372.535	2.062.457	18,1
1974	215.705	1.014.225	21,2
1975	469.221	2.086.692	22,4
1976	666.707	2.481.104	26,9
1977	582.925	2.645.517	22,0

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

La producción conjunta de piedra de yeso en estas provincias, ha experimentado distintas fluctuaciones a lo largo del período 1967-1977. En 1974, a pesar de que el descenso fue considerable, aumentó su aportación (%) sobre el total nacional. En 1975 y 1976 estas provincias experimentaron una fuerte elevación de su producción, representando el 26,9 % del total nacional para 1976, volviendo a descender dicha contribución en el 77 (22%), pese a su aumento de producción.

Esta producción es aportada por las diferentes provincias de la siguiente manera:

CUADRO - XXI

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION POR PROVINCIAS (%)

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Cuenca	4,2	3,9	4,8	4,9	3,0	2,8	4,4	5,8	7,1	5,5	8,4
Guadalajara	6,5	14,3	7,3	6,8	17,1	22,3	9,9	6,8	6,3	6,8	9,8
Madrid	61,2	53,4	50,4	50,5	50,5	44,4	58,4	68,6	57,4	60,4	51,4
Toledo	28,1	28,4	37,5	37,8	29,4	30,5	27,3	18,8	29,2	27,3	30,4
T O T A L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

Esta distribución se ha mantenido durante el período - citado, salvo ligeras variaciones, de una forma bastante cons tante.

La evolución que ha tenido en valor la producción de - piedra de yeso, nos la da el anexo III, en el cual se puede observar que, la tendencia seguida a lo largo del período - 1967-1977, ha sido en términos absolutos de aumento, con retro cesos poco importantes en los años 1969 y 1973. El valor de la producción ha pasado de 54,7 millones de pts en 1967 a 156,1 millones de pts en 1977, o lo que es lo mismo se ha mul tiplicado el valor de 1967 por 2,8, aumento que es muy parale lo al experimentado por el total nacional durante el mismo pe ríodo.

El valor de la producción conjunta de las cuatro pro-
vincias, así como su participación en el total, es el siguien
te:

CUADRO - XXIIVALOR DE LA PRODUCCION (10³ pts)

Años	total de las cuatro provincias	total nacional	% sobre el total nacional
1967	54.737	223.504	24,5
1968	52.730	257.861	20,5
1969	56.571	242.242	23,4
1970	57.420	265.784	21,6
1971	59.450	275.190	21,6
1972	63.493	303.266	20,9
1973	55.760	301.380	18,5
1974	68.270	331.885	20,6
1975	94.326	385.591	24,5
1976	139.080	493.451	28,2
1977	156.193	611.813	25,5

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

PERSONAL EMPLEADO

La evolución que ha experimentado el personal empleado en la extracción de piedra de yeso, a lo largo del período - 1967-1977, nos la da el anexo I. En él se puede apreciar que, en el conjunto nacional, se está registrando un descenso continuado, aunque es bastante atenuado en estos últimos tres años. En 1977 el número de personas empleadas era de 1.080, - es decir, casi la tercera parte del personal empleado en 1967.

En el conjunto de las cuatro provincias, se registra - la misma tendencia que para el total nacional durante el período 1967-1977.

PRODUCCION DE PIEDRA DEL YESO (m³)

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Cuenca	19.792	16.924	16.944	17.690	13.247	13.038	16.360	15.500	33.085	33.866	48.589
Guadalajara	31.334	62.048	25.811	24.444	77.109	102.252	36.837	18.147	29.780	44.905	57.188
Madrid	292.067	231.849	178.358	18.544	227.305	204.029	217.597	182.797	269.246	402.715	299.784
Toledo	134.314	122.995	132.431	135.127	132.421	140.100	101.741	50.250	137.110	182.221	177.364
NACIONAL	1.819.198	1.959.617	1.940.442	2.080.728	1.983.446	2.029.428	2.062.457	1.014.225	2.086.692	2.481.104	2.645.517

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

EVOLUCION DEL VALOR DE LA PRODUCCION DEL YESO (10³ pts)

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Cuenca	2.474	2.200	2.363	2.520	2.618	2.768	2.808	5.709	9.328	11.450	15.379
Guadalajara	4.222	8.687	4.357	4.204	8.030	11.066	5.021	5.671	8.240	14.840	22.452
Madrid	34.426	278.822	32.996	33.400	32.204	30.096	33.096	45.115	47.601	68.627	65.156
Toledo	13.615	14.021	16.855	17.296	16.598	19.263	14.835	11.775	29.157	44.163	53.200
NACIONAL	223.504	257.861	242.242	265.784	275.190	303.266	301.380	331.885	385.591	493.451	611.813

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

CUADRO - XXIII

NUMERO DE PERSONAS EMPLEADAS

Años	total de las cuatro provincias	total nacional	% sobre el total nacional
1967	686	2.893	23,7
1968	547	2.888	18,9
1969	466	2.444	19,1
1970	442	2.427	18,2
1971	337	1.889	17,8
1972	266	1.529	17,3
1973	231	1.271	18,1
1974	201	1.200	16,7
1975	233	1.195	19,5
1976	256	1.192	21,4
1977	215	1.080	19,9

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

Se observa en el cuadro anterior que el número de personas empleadas en el conjunto provincial, ha alcanzado, según datos oficiales, el nivel más bajo -201 empleados- en 1974, casi la tercera parte del alcanzado en 1967.

La distribución del personal empleado por provincias - se expresa en el cuadro XXIV.

5.3.2.- Industria transformadora

Según datos oficiales, el volumen de producción alcanzado por las fábricas de yeso y escayola situadas en el área de la Zona Centro, fue en 1976 de 488.104 t de yeso y 113.765 t de escayola.

CUADRO - XXIV

DISTRIBUCION DEL PERSONAL EMPLEADO POR PROVINCIAS (%)

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Cuenca	12,6	10,6	11,2	11,3	11,0	7,9	13,0	20,4	16,3	12,5	14,4
Gualajara	14,3	16,5	16,9	15,6	21,1	19,2	18,2	16,4	13,7	15,6	13,5
Madrid	51,5	51,4	45,1	46,4	48,3	45,9	40,6	42,8	41,6	41,8	40,5
Toledo	21,6	21,5	26,8	26,7	19,6	27,0	28,2	20,4	28,4	30,1	31,6
T O T A L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Estadísticas Mineras de España.

La producción de las cuatro provincias que componen el estudio, y su comparación con el total nacional durante el período 1972-1976 fue la siguiente (cuadro XXV):

CUADRO - XXV

PRODUCCION DE YESO Y ESCAYOLA (t)

AÑOS	YESO (t)			ESCAYOLA (t)		
	Cuatro provincias	Nacional	%	Cuatro provincias	Nacional	%
1972	439.012	1.731.957	25,3	64.926	221.822	27,2
1973	460.252	1.749.871	26,3	63.980	236.769	25,1
1974	470.915	1.784.868	26,3	89.642	274.652	32,6
1975	437.867	1.801.592	24,3	99.700	277.736	35,8
1976	488.104	1.933.108	25,2	113.765	323.285	35,2

Fuente: Memorias del Cemento. Dirección de Minas e Industrias de la Construcción.

Se observa que las producciones de yeso y escayola han ido aumentando regularmente, salvo el retroceso experimentado por el conjunto regional en la producción de yeso durante 1975. En este mismo año, sin embargo, la producción de escayola creció con respecto al año anterior.

En estos últimos años, mientras la participación provincial en el total nacional, en cuanto a producción de yeso, permaneció estabilizada, la fabricación de escayola experimentó un crecimiento, situándose en el 35,2 % en 1976.

Por provincias, la producción se expone en el cuadro - XXVI.

La producción de yeso de la provincia de Madrid supera el 75% del total elaborado en el conjunto de las cuatro provincias. Este alto porcentaje, salvo ligeras fluctuaciones, viene manteniéndose a lo largo de los años que comprende el cuadro XXVII.

Sin embargo, debe resaltarse el hecho de que hasta hace pocos años, la gran producción de Madrid, se debía a la existencia de un gran número de pequeñas fábricas, especialmente en las áreas que hemos denominado zona I-9-Vallecas, - I-10-Chinchón y I-11 Valdemoro. Hoy esta inmensa mayoría de pequeños fabricantes han cerrado sus deficientes instalaciones, agrupándose en régimen cooperativista, y creando la fábrica situada en las proximidades de San Martín de la Vega, que elabora el 70% de la producción de Madrid.

La segunda provincia en importancia en producción de yeso es Toledo, con el 16,5 % del total, elaborándose principalmente en la zona I-12-Alameda de la Sagra. Cuanca y Guadajajara suponen juntas sólo el 6,9 %.

FABRICACION POR PROVINCIAS DE YESO Y ESCAYOLA EN (t)

	1972		1973		1974		1975		1976	
	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola
Cuenca	4.527	5.600	20.260	5.000	20.665	6.864	12.727	7.634	12.923	8.855
Guadalajara	21.000	10.416	35.650	4.850	30.363	20.697	20.831	23.019	21.146	27.286
Madrid	321.725	43.910	313.550	28.330	327.137	45.327	326.454	50.413	373.614	58.622
Toledo	81.760	5.000	90.792	25.800	92.750	16.754	77.855	18.634	80.421	19.002

Fuente: Memoria del Cemento.

CUADRO - XXVII

DISTRIBUCION POR PROVINCIAS (%)

	1972		1973		1974		1975		1976	
	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola	Yeso	Escayola
Cuenca	3,3	8,6	4,4	7,8	4,4	7,6	2,9	7,6	2,6	7,8
Guadalajara	4,8	16,1	7,8	7,6	6,4	23,1	4,7	23,1	4,3	24,0
Madrid	73,3	67,6	68,1	44,3	69,5	50,6	74,6	50,6	76,6	51,5
Toledo	18,6	7,7	19,7	40,3	19,7	18,7	17,8	18,7	16,5	16,70
T O T A L	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

En producción de escayola, las diferencias no son tan marcadas como en el caso del yeso. Madrid tiene la mitad de la producción (51,5 %), siguiéndole en importancia Guadalajara (24,0 %) y Toledo (16,7 %). Cuenca sólo participa con el 7,8 % en el total provincial.

5.4.- PROBLEMATICA DEL SECTOR

5.4.1.- Problemas geográficos y de infraestructura

La Zona Centro cuenta con abundantes depósitos de yeso, algunos de ellos de excelente calidad.

Dada la abundancia de depósitos, se puede decir que el centro consumidor influye en la explotación de depósitos cercanos al mismo. Algunos depósitos de muy buena calidad y fácil explotación se encuentran inactivos, debido a su lejanía de los centros de consumidores; otros, sin embargo, con condiciones menos favorables, se hallan en activo a causa de su proximidad a los centros de consumo. Como ejemplo de lo anteriormente expuesto, puede citarse la zona I-7-Huete, que contando con abundantes yacimientos de yeso de muy buena calidad, se encuentra casi inactiva, dada su distancia a Madrid, principal centro de consumo de la Zona Centro.

La abundancia de yacimientos trae como consecuencia la proliferación de pequeñas explotaciones, la mayoría de ellas trabajadas con carácter intermitente y con escasa mecanización. Este ha sido el caso, hasta hace muy poco tiempo, de la zona I-9-Vallecas, que se ha visto además favorecida por su proximidad al principal centro de consumo. Hoy, sin embargo, el bajo rendimiento de las instalaciones, junto al encarecimiento de la mano de obra, han reducido notablemente este minifundismo, dando paso a las cooperativas de fabricantes de yeso.

5.4.2.- Problemas de financiación

Como consecuencia del hasta ahora carácter minifundista del sector, las explotaciones han sido poco rentables y por tanto poco atractivas al capital.

La mayor parte de las necesidades financieras de las empresas se cubren con fondos propios, es decir, tienen un índice muy elevado de autofinanciación. A pesar de ello, esta capacidad de autofinanciación es muy reducida por la baja rentabilidad de las explotaciones, con lo cual, la financiación de esta industria es muy problemática.

Es necesario, por tanto, para su racionalización, la instrumentación de facilidades crediticias, que permitieran una moderna mecanización de las explotaciones, a la vez que fomentar la instalación de industrias dedicadas a la elaboración de transformados de esta sustancia (prefabricados), y desarrollar la investigación de nuevas aplicaciones para la misma.

5.4.3.- Problemas tecnológicos

Existen actualmente en la Zona Centro - provincias de Guadalajara y Toledo principalmente - diversas industrias dedicadas a la elaboración de productos prefabricados. No obstante, a nivel nacional, continúa sin prestársele todavía la debida atención, con objeto de obtener calidades semejantes a las producidas por otros países más adelantados. Debe sin embargo señalarse, la labor de investigación que vienen desarrollando algunos centros estatales, con objeto de desarrollar la tecnología del sector.

El desarrollo de la producción de elementos prefabricados en nuestro país generaría una mayor demanda de estos -

productos, evitando las importaciones que actualmente se realizan.

5.4.4.- Problemas de legislación

En la actualidad existen unas disposiciones referentes a las condiciones técnicas y dimensiones mínimas que deberán reunir las industrias de fabricación de yeso.

Una de las disposiciones exige una capacidad mínima de 100.000 t anuales para las nuevas instalaciones, y apoyar la ampliación de las antiguas hasta alcanzar las 60.000 t anuales, medida esta, que va encaminada a corregir el minifundio.

También se le está prestando una mayor atención a la calidad y competitividad de los materiales producidos por las fábricas, exigiéndoles el cumplimiento de las normas de calidad existentes. A tal efecto, existe el Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción, publicado en 1968 y revisado en 1972.

El Instituto Nacional para la Calidad de la Edificación (I.N.C.E.), organismo dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, cuenta con laboratorios donde se realizan controles periódicos de calidad, con objeto de que los productos controlados cumplan el Pliego antes indicado.

6.- CONCLUSIONES

A ESCALA MUNDIAL

- La producción mundial de piedra de yeso en 1974 fue de 66,1 millones de toneladas. El aumento medio anual durante el período 1966-1974 fue del 4 %.
- Siete países, E.E.U.U., Canadá, Francia, U.R.S.S., España, Italia e Inglaterra producen el 71% de la producción mundial. España figura entre los cinco primeros países productores.
- Siete países, Francia, U.R.S.S., España, Italia, Inglaterra y R.F. Alemania produjeron en 1974 el 85,7 % del total europeo y el 41,8 % del mundial. España figura entre los tres primeros países productores europeos.
- El mercado internacional del yeso tiene un carácter regionalista.
- Los principales países europeos exportadores son: Francia, Polonia y la R.F. Alemania.
- Los países pertenecientes a la C.E.E. que no cuentan con yacimientos de yeso, se abastecen especialmente de Francia. Esta última, junto con Italia, tiene yacimientos suficientes para cubrir las necesidades de yeso crudo de sus asociados.

- El coste del transporte incide directamente sobre el precio de entrega, factor éste determinante del establecimiento de las actuales corrientes internacionales del mercado del yeso.
- A corto plazo se prevé un aumento del comercio internacional, especialmente dirigido a aquellos países en vías de desarrollo, que incrementen su índice de producción de cemento. Asimismo, se espera un aumento en lo referente a productos prefabricados en aquellos países de clima seco, o donde el ritmo de construcción de viviendas sea muy elevado.
- A largo plazo, el déficit de yeso de algunos países se superará una vez concluida la primera etapa de la actividad constructora, recurriendo a sus propios recursos en etapas posteriores.

A ESCALA NACIONAL

- La producción nacional de yeso crudo fue de 5.481.522 toneladas en 1977, cifra que tiene cierta importancia dentro del contexto mundial de la industria del yeso.
- Alrededor del 80% de esta producción es calcinado, empleándose en el sector de la construcción. Entre el 10-15 % se dedica a la fabricación de cemento. El resto es consumido por diversas industrias.
- La industria de productos prefabricados de yeso va desarrollándose, pero muy lentamente; la falta de maquinaria adecuada y de penetración en el mercado nacional, obstaculizan su completa introducción en

el sector de la construcción. No obstante, la calidad de los yesos nacionales permite la implantación de una sólida industria de prefabricados, que abasteciera el mercado interior, y que en un futuro fuera capaz de introducirse en los mercados exteriores.

- En 1977 la exportación ha sido de 635.097 toneladas, cifra que es 153 veces mayor a la alcanzada en 1970 (4.136 t).
- El 80% de la exportación de yeso crudo correspondiente a 1977, fue absorbida por los mercados de Dinamarca, Suecia, Finlandia y Noruega, países que antes - eran abastecidos principalmente por Francia y Polonia. Asimismo, se han abierto recientemente nuevos - mercados en países africanos, que absorbieron en 1977 el 13 % de nuestra exportación.
- Las importaciones de yeso crudo proceden principalmente de Francia, Inglaterra y Marruecos, éste último para abastecer el mercado canario.
- El comercio exterior de productos manufacturados de yeso, tiene un alto valor comparado con el de yeso crudo.
- Las exportaciones españolas de productos manufaturados de yeso se dirigen principalmente a E.E.U.U. y Francia.
- Nuestras importaciones de productos elaborados, proceden en su mayoría de Francia y R. Unido.

- Se viene registrando un déficit creciente en nuestra balanza de pagos respecto al comercio exterior - de productos manufacturados de yeso. Este desequilibrio iniciado en 1976 se ha visto incrementado en 1977.
- Debe destacarse el creciente ritmo que están tomando las importaciones de productos prefabricados a base de yeso. Es necesario, por tanto, promover el desarrollo de estos productos en nuestro país, con objeto - de disminuir nuestras importaciones, al mismo tiempo que obtener una calidad competitiva que haga factible la expansión de nuestras exportaciones.

A ESCALA DE ZONA

- En el área de la Zona Centro, Madrid-capital constituye el principal y más importante centro de consumo de la producción.
- Dada la abundancia de yacimientos de yeso próximos a este centro de consumo, han proliferado, -hasta que el coste de la mano de obra la ha hecho prohibitiva-, multitud de pequeñas explotaciones y fábricas insuficientemente mecanizadas, que han dado al sector en la región un marcado carácter minifundista.
- Esta fuerte dependencia entre la ubicación de la explotación y el centro de consumo, ha permitido que - se beneficien yacimientos bastante deficientes, pero muy cercanos, y otros, sin embargo, de mejor calidad pero más distantes, apenas se exploten. No obstante, la implantación de industrias integrales de yeso -

con gran producción a pie de estos últimos yacimientos, sería la gran solución; el menor coste de fabricación equilibraría la incidencia del transporte en el precio de venta del producto manufacturado, puesto ya en el centro de consumo. Esta circunstancia, - unida a la mejora de calidad, le haría competitivo en el mercado.

- En estos últimos diez años se ha reducido notablemente el número de explotaciones y pequeñas fábricas, habiéndose iniciado recientemente la creación de agrupaciones de fabricantes de yeso funcionando en régimen cooperativista, siendo ya hoy una realidad - YECESA, fábrica situada en los alrededores de Madrid, dotada de modernas instalaciones, y que elabora aproximadamente el 70 % del yeso producido en la provincia.
- El volumen de producción alcanzando en 1976 ha sido de 488.104 toneladas de yeso calcinado, y 113.765 toneladas de escayola; cifras que representan el 25,2% respectivamente del total nacional.

B I B L I O G R A F I A

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS.
- ASTM - C22 - 50 (ren. 1972). Especificaciones standard para la piedra de yeso.
- ASTM - C28 - 68. Especificaciones para plásteres de yeso.
- ASTM - C36 - 73. Especificaciones para tabiques de yeso.
- ASTM - C59 - 73. Especificaciones para yesos de enlucidos y pláster de molduras.
- ASTM - C61 - 64. Especificaciones para el cemento Keene.
- ASTM - C317- 64. Especificaciones para el hormigón de yeso.
- 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.
- APPLEVARD, F.C., Industrial Minerals and Rocks, AIME. 1975.
- ARREDONDO, F.
 - "Estudio del yeso". I "Fabricación". Informes de la Construcción núm. 42. Madrid 1952.
 - "Estudio del yeso". II "Modificaciones de la velocidad de fraguado". Informes de la Construcción núm. 43. Madrid 1975.

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

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

Estudio de Materiales. II El yeso. Madrid 1972.

- BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO 2-2-1972.

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

- BRITISH STANDARDS INSTITUTION

B.S.I. 1191 - Parte 1^a Plaster de yeso para la construcción.

B.S.I. 1191 - Parte 2^a Plaster de yeso ligero para la construcción.

B.S.I. 4598 - Plaster para impresiones dentales.

- CENTRE D'INFORMATION DU PLATRE

Gypsum.

Revue d'architecture 1969.

- CENTRE D'INFORMATION DU PLATRE

Le Platre.

Documents Techniques. Paris.

- COMANN, R.K.

Gypsum.

CONGHLIN, J.P.

Hydratation - Rate studies of Gypsum Plasters:

Effects of Small Amounts of dissolved substances. Bu -
Mines of Inv. 5477. 1959.

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

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

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

DIRECCION GENERAL DE ADUANAS., M. HACIENDA. Estadística -
del Comercio exterior de España 1973-1977.

D.G. DE MINAS E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION. Memoria del
Cemento, y yesos 1972-1976.

GROVES, A.W.

"Gypsum and anhydrite"

Mineral Resources División - London 1958.

HAVARD, J.F.

Gypsum. Industrial Minerals and Rocks.

HOLMES, G.H.J.

Mining, Milling, and Manufacturing Methods at the Blue
Diamond Corp's Gypsum Property, Clark cont, Nev. In-
formation circular 7555. United States Department of
the Interior. Bureau of Mines, March 1950.

.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. Depresión del Ebro y Cuenca del Duero.

.M.E. Hojas geológicas, escala 1:50.000 núms. 485 Valdepeñas de la Sierra, 486 Jadraque, 509 Torrelaguna, 510 Marchamalo, 536 Guadalajara, 559 Madrid, 560 Alcalá de Henares, 561 Pastrana, 562 Sacedón, 582 Getafe, 583 Arganda, 584 Mondejar, 585 Almonacid de Zorita, - 605 Aranjuez, 606 Chinchón, 607 Tarancón, 608 Huete, 630 Yepes.

.M.E. Mapa geológico de España, escala 1:200.000. Síntesis geológica.

Núms. 38 Segovia, 39 Sigüenza, 45 Madrid, 46 Cuenca-Guadalajara y 53 Toledo.

.M.E. Mapa de Rocas Industriales, escala 1:200.000. Hojas núms. 38 Segovia, 39 Sigüenza, 45 Madrid, 46 Cuenca-Guadalajara y 53 Toledo.

DUSTRIE DE LA CHAUX, DU CIMENTET DU PLATRE

Notions Générales sur L'Industrie du platre.

R.A.N.O.R.

- UNE 7050 - Cedazos y tamices de ensayo.
- UNE 7064 - Ensayos físicos de yesos y escayolas empleados en construcción.
- UNE 7065 - Métodos de análisis químicos de yesos y escayolas.

UNE 41022 - Yesos corrientes para la construcción. Norma de calidad.

UNE 41023 - Escayola para la construcción. Norma de calidad.

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

- KELLEY, K.K.

Thermodynamie Properties of Gypsum and Its Dehydration Products.

Bu Mines tech Paper 625. 1941.

- MINERAKS YEARBOOK

United States Department of the Interior 1966-1974.

- MOYER, F.T.

"Gypsum and anhydrite"

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

- NORME FRANCAISE

NF B 12-301 Yesos de construcción

NF B 12-302 Yesos para Staff

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

NF B 12-401 Yesos. Técnicas de ensayos.

- ORGANIZACION INTERNACIONAL DE NORMALIZACION

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

ISO/R 1588 - 1971 (F). Aglomerantes conteniendo sulfato de calcio. Definiciones, - clasificación y nomenclatura.

- P.N.M.I.

DAL RE F.

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

- RIDDELL, W.C.

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

- RUIZ FALCO, A.

"El yeso en España".

- SERVICIO DE ESTUDIOS DEL BANCO DE BILBAO.

Renta Nacional de España - 1969 - 1971 - 1973 - 1975.

- SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA.

Plan Nacional de Minería 1970-1971.

- SERVICIO DE PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA.

Estadística Minera de España. 1967-1977.

- TURCO, T.

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

- UNIFICAZIONE ITALIANA

UNI - 6782 - 73 Yeso para la edificación.

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