

PETROGRAFIA Y MINERALOGIA DE ARCILLAS EN RELACION CON PROCESOS DE COCCION RAPIDA

JOAQUIN BASTIDA CUAIRAN
Instituto de Química Técnica

Institut Valencià de Química Aplicada.
Institució Alfons el Magnanim.
Diputació Provincial de Valencia.

RESUMEN

El objeto de la presente comunicación es considerar las características de unas cuantas arcillas, que básicamente representan los distintos tipos de arcillas existentes en la provincia de Castellón y zonas limítrofes de las provincias de Valencia y Teruel, en relación con procesos de cocción rápida aplicables a la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos.

SUMMARY

The present communication was intended to study the characteristic properties of some clays which may be considered typical for the argils found in the Spanish province of Castellón as well as in the bordering zones of Valencia and Teruel, and their relationship to the quick kiln-burning processes applied in the manufacture of ceramic pavements and coatings.

RESUME

L'objet de la présente communication est d'étudier les caractéristiques de quelques argiles qui représentent, pur l'essentiel, le différents types d'argiles existant dans la province de Castellón et dans les zones limitrophes des provinces de Valence et de Teruel, par rapport aux procédés de cuisson rapide applicables à la fabrication de carrelages et de revêtements céramiques.

ZUSAMMENFASSUNG:

Gegenstand der Mitteilung ist die Erörterung der Eigenschaften einiger Tonerden, die im wesentlichen als stellvertretend für die in der span. Provinz Castellón sowie den angrenzenden Gebieten der Provinzen Valencia und Teruel vorkommenden Tone angesehen werden können. Diese Eigenschaften werden im Zusammenhang mit den Schnellbrennprozessen untersucht, die bei der Herstellung von Keramikfußbodenbelägen und -auskleidungen zum Einsatz gelangen.

INTRODUCCION

Las arcillas constituyen materia prima básica en la fabricación de los productos considerados (pavimentos y revestimientos cerámicos).

Básicamente, en el procesado de estas materias primas se distinguen tres pasos. (1) Desagregación de la roca en varias fases hasta conseguir un polvo. (2) Moldeado de este polvo. (3) Cocción, previo secado.

En la cocción del producto moldeado y secado nos podemos referir a: (1) Ciclos de la primera cocción en los sistemas tradicionales de bicocción (aplicados a pavimentos y revestimientos porosos). (2) Ciclos de cocción rápida en sistemas de monococción, ya sea de gres rojo o de gres blanco.

Nos referimos principalmente a algunos aspectos petrográficos con incidencia en el procesamiento general (calimetría, compactación, presencia de concreciones calcáreas o ferruginosas, materia orgánica, variabilidad de estas características). Algunos de estos aspectos tienen singular importancia a la hora de desarrollar ciclos cortos de cocción.

A continuación nos referimos a la composición mineralógica cualitativa y cuantitativa de las fracciones arcillosas, tratando de observar las relaciones entre aquella y la naturaleza de las fases desarrolladas en cocción, al objeto de establecer criterios en la selección de arcillas que formen parte de formulaciones destinadas a cocción rápida.

I. CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS DE INTERES GENERAL.

En la Tabla I se recogen las principales características pe-

trográficas y aplicadas de los tipos considerados.

Estos tipos de arcillas se sitúan en diferentes unidades litológicas:

- PT = Pizarras paleozóicas de Poble Tornesa (Castellón).
- SJ = Argilitas rojas del Buntsandstein de San Juan de Moro (Castellón).
- VI = Argilitas rojas de materiales de facies keuperoides, de Villamalur (Castellón).
- CO = Argilitas rojo-verdosas de capas Weald (Cortes de Arenoso, Castellón).
- V = Arcillas predominantemente rojas de facies Weald (Villar del Arzobispo, Valencia).
- T = Arcillas versicolores de la formación Arenisca del Maestrazgo (Traiguera, Castellón).
- CP = Arcilla laterítica del Barremiense (Fredes, Castellón).
- CA = Arcilla gris de las Capas de Utrillas (Cañada de Verich, Teruel).
- M = Margas beiges del Aptiense (Morella, Castellón).
- SE1, 2, 3 = Arcillas marrones, grises y verdes, terciarias de la cuenca de Segorbe.
- A = Arcillas margosas miocenas (Araya, Castellón).

Consideramos los datos más significativos en dicha tabla. a + L se refiere al contenido en finos (fracción arcilla + limo).

El test del penetrómetro (TP) da una medida de la compactación natural de la roca.

	a+L	a	C	R	H	TP	CC	E	NC	NF
PT	30-32	10-12	0	47(20)	14,6	3	r	No	No	No
SJ	42-50	12-14	0,5-1,5	33(14)	13,7	2	r	No	No*	No
VI	90	52	5	--	19,3	25	r	No*	No	No*
CO	45	15	4,8	4,2	14	4-6	r	No	No	No*
V	75	35	0,5	2,5	15	45-65	r	No	No	No
T	60	34	1	1,3	16	40	r	No*	No	No*
CP	n.d.	n.d.	0	32	n.d.	14	r	No	No	No
CA	99	95	0	1(0,1)	19,6	35	b	No*	No	No
M	n.d.	15	45	14	16,6	40	a	No	No	No
SE1	50	30	7,5	5(1)	19,8	28	r	No	No*	No
SE2	n.d.	10	10	3,2(0,2)	14,6	15	r	SI	No	No
SE3	n.d.	35	38	1	15	15	a	SI	No	No
A	85	40	35	1	18,4	10	a	No	No	No

TABLA 1: Algunas características de muestras totales de las arcillas tipo consideradas. Extraído de BASTIDA (2).

a + L = % fracción. <math>< 50\mu</math>. a = % de fracción <math>< 2\mu</math>. R = rechazo sobre tamiz de 50 μ en agua. H = altura de asentamiento por vibración. TP = test de penetrómetro. CC = color en cocción. (r = rojo, b = blanco, a = amarillo). Cocción a 1020°C. E = test de eflorescencia. NC = nódulos calcáreos. NF = nódulos ferruginosos.

Las últimas cinco filas (excluida SE1) corresponden a arcillas margosas, de elevados contenidos en carbonatos.

El valor de C (calimetría) presenta escasa variación si se consideran distintas capas en un yacimiento y distintos yacimientos, para los tipos representados por PT, SJ, CO, V, CP y CA.

En arcillas del Terciario, el área considerada, se tiene gran variabilidad granulométrica y de contenido en carbonatos. Los tipos extremos en cuanto a calimetría, serían las arcillas marrón oscuro de Geldo-Segorbe, y las arcillas amarillas de Araya-Alcora.

Existe una notable variabilidad granulométrica. De estas variabilidades, son muy representativos los yacimientos de la zona de Mas Vell (término de Alcora, Castellón). En esta zona se da asimismo la presencia de caliches (concreciones calcáreas) de tamaño y abundancia variados, y lo mismo ocurre en arcillas análogas de Valencia y Teruel.

También es variable C en arcillas del tipo VI, presentándose variaciones en un mismo yacimiento. En relación con este tipo de materiales, suelen presentarse problemas de eflorescencias.

En yacimientos como los de CO (Cortes) y T (Traiguera) pueden presentarse concreciones ferruginosas, predominantemente limoníticas y de tamaño entre 2 y 15 cms. de longitud máxima.

En el diagrama de Casagrande, se ilustran los valores de los límites de Atterberg para estos materiales. En el mismo, las referencias f.1 corresponden a fracciones arcillas (<math>< 2\mu</math>). (Fig. 1).

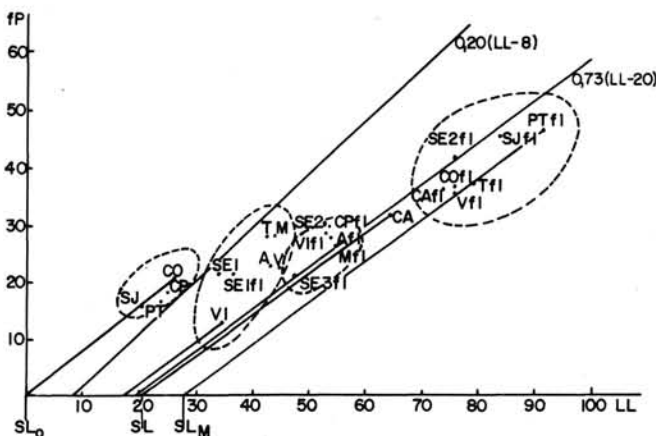


Fig. 1

En el diagrama de Bain (límite plástico frente a índice de plasticidad) las muestras se hallan localizadas en la zona de arcillas caoliníticas e illíticas. Ello es consecuencia de una relativa homogeneidad mineralógica, en lo referente a la fracción arcilla. (Fig. 2).

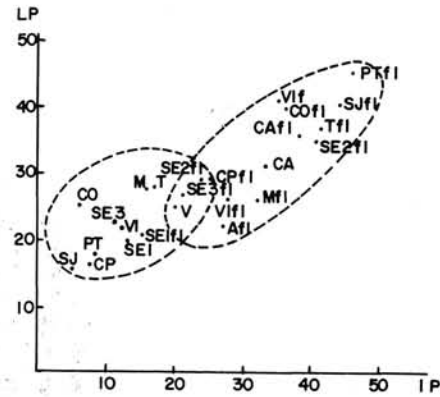


Figura 2. Diagrama de Bain.

En las tablas 2 y 3, se recogen las composiciones semi-cuantitativas de las fracciones <math>< 2\mu</math> y >math>50\mu</math>.

	I	K	C	INT	HG	CD	Q	S	s	O
PT	XX	-	X				X			
SJ	XX	X		XX	XX			-		L
VI	XX	X	X	-	X	X	X	-		
CO	XX	X			XX		X	-		
V	XX	XX		-	XX		X			
T	XX	XX			X		X			
CP	X	X			XX					g
CA	X	XX								
M	XX		X	X		X				
SE1	XX				X	X	X			
SE2	XX				X		X			
SE3	XX			-		X	-			X
A	XX	X	X			X	X			

TABLA 2: Mineralogía de la fracción arcilla. Simbología: I = illita; K = caolinita; c = cloritas; INT = interstratificados; HG = hematites y/o goethita; CD = calcita y/o dolomita; Q = cuarzo; S = sulfatos; s = sulfuros; O = otros minerales existentes; L = lepidocrocita; g = gibbsita.

- = Existente; X = abundante; XX = muy abundante.

	Q	F	M	c	g	C	D	H	G	m	Pi	Mr	Px	R	A	Br	D	T	b	Ø
PT	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SJ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
VI	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
CO	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
V	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
T	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
CP	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
CA	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
M	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SE1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SE2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SE3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
A	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

TABLA 3: Mineralogía de la fracción arena. Explicación.

Q = cuarzo
 F = feldspatos.
 M = moscovita.
 c = clorita.
 g = glauconita.
 C = calcita.
 b = biotita.
 D = dolomita
 H = hematites
 G = goethita.
 m = magnetita.
 Pi = pirita.
 Mr = marcasita.
 Ø = fósiles.
 Px = piroxenos.
 R = rutilo.
 A = anatasa.
 Br = brooquita.
 D = distena.
 T = turmalina.

La parte superior de cada casilla se refiere a fracción agena gruesa, y la inferior a fracción arena fina ($<100\mu$).

Predominante ($<50\%$)	Abundante ($15-50\%$)
Presente ($>5\%$)	Común ($5-15\%$)
Simplemente existente	

La tabla 4 contiene análisis químicos de las arcillas consideradas, ya sean muestras totales, fracción arcilla (subíndice 1), fracción limo (subíndice 2) y nódulos (subíndice n, N).

Las características reseñadas en la Tabla 1, tienen incidencia en procesos anteriores a la cocción.

Señalemos, que los materiales menos plásticos (ver diagrama de Casagrande) son los más cementados, estos materiales, asimismo, son los menos dispersables en agua.

Con carácter general deberá tenerse presente la existencia de constituyentes accesorios cuya transformación térmica tenga lugar en el intervalo de temperaturas de cocción, es el caso de la oxidación de la materia orgánica y de los sulfuros, y la descomposición térmica de los carbonatos. Nos referiremos nosotros a la variabilidad de estos constituyentes en las arcillas consideradas.

1.— MATERIA ORGANICA Y SULFUROS

El contenido en materia orgánica de las distintas arcillas consideradas es variable.

En arcillas rojizas, es inferior al $0,3\%$; mayores contenidos se dan en arcillas verdosas y pardoverdosas, y mayores todavía en arcillas grises y negras ($>1\%$).

En arcillas de origen marino, contenidos en materia orgánica superior al $0,3\%$ suelen asociarse con la presencia de siderita y leptocloritas.

La presencia de elevados contenidos en materia orgánica y la de sulfuros de hierro (pirita y marcasita, dispersas o bien en cristalitas $>50\mu$, o en concreciones) suelen ir asociadas.

De las arcillas que figuran en la tabla 1, los mayores contenidos en materia orgánica corresponden a las muestras PT, CA, SE2 (pizarra de Pobla Tornesa, arcilla gris de Cañada y Verich y arcilla gris de Geldo-Segorbe, respectivamente).

En yacimientos situados en el Cretácico Superior (Formaciones Escucha, Utrillas y Areniscas del Maestrazgo) se tienen niveles de elevados contenidos en materia orgánica, fundamentalmente lignito, con sulfuros, sulfatos y azufre reacionados. Se tienen ejemplos en las localidades de Utrillas, Andorra, Cañada de Verich, Traiguera.

En materiales miocénicos lacustres se presentan capas de elevados contenidos en materia orgánica, en relación con tramos margosos, pudiendo ser de naturaleza lignitosa o bituminosa; existen asimismo niveles con sulfuros. Un ejemplo típico se tiene en las arcillas grises de Geldo-Segorbe.

2. CARBONATOS

Ya hemos indicado que las cinco últimas filas de la tabla 1, correspondían a arcillas margosas. En estas arcillas, el carbonato predominante es calcita, y puede ser microcristalina o en cristales de tamaño arena; eventualmente, fragmentos de fósiles.

En las arcillas del tipo VI (de Villamalur, representativa de materiales de facies keuperoides) suelen tenerse asimismo carbonatos, predominando las dolomita, y tanto microcristalinos como en tamaño arena.

En las demás arcillas consideradas, calcita y dolomita son constituyentes accidentales, circunscritos normalmente a la fracción arena, y más raramente en fracciones finas. Eventualmente puede darse siderita en las fracciones finas (en ar-

cillas de los tipos SJ, VI, CO y V, correspondientes respectivamente a argilitas de San Juan de Moró, arcillitas de Villamalur, arcillitas de Cortés, y arcillas de Villar).

En otros trabajos (2) pueden hallarse más precisiones al respecto.

Ya nos hemos referido, anteriormente, a la variabilidad en las calcimetrías en los distintos tipos.

II. COMPOSICION MINERALOGICA CUALITATIVA.

En cuanto a la temperatura de cocción, de pastas de uso estructural es tradicional en cerámica, la división en tierra cocida, mayólica y gres; la primera con temperaturas de cocción inferiores a 1000°C , y con temperaturas de cocción ordinariamente superiores a 1100°C en tercer caso.

En las pastas de gres interesa un contenido mínimo en carbonatos.

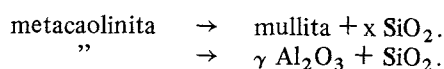
La naturaleza de la fracción arcillosa silicatada influye sobre la temperatura en que se alcanzan unas características mecánicas y texturales óptimas, a igualdad de otros factores del proceso.

Estas consideraciones son de gran importancia en pastas de gres y/o semigres. Debe tenerse presente que las características propias del producto acabado se obtienen alcanzando una temperatura mínima de cocción, y se aplica un tiempo de maduración variable. En cocción rápida se aplica una temperatura de cocción más elevada y obviamente se reduce el período de permanencia. Este proceso se ve favorecido por el empleo de composiciones cuya transformación textural es más temprana.

Nos referimos muy sumariamente a las transformaciones térmicas que tienen lugar en los filosilicatos presentes en las arcillas consideradas.

Existe una documentación relativa al comportamiento de caolinitas, de ella puede resumirse que caolinitas de alta cristalinidad originan mullita desde 1200°C , mientras que las de baja cristalinidad la forman ya a 1100°C . La haloisita H da lugar a mullita a 1220°C , mientras la haloisita-Ca lo hace a 1080°C .

LEMAITRE et al. (13) señalan las reacciones paralelas en el intervalo $900-1050^{\circ}\text{C}$:



La montmorillonita, a 900°C , origina cuarzo, anortita, cristobalita y cordierita. Las ricas en Fe y portadores de K, dan lugar a escasas fases cristalinas (11). Tanto el cuarzo como la cristobalita formados son de carácter de inversión incierto; se origina asimismo enstatita (3).

En cuanto a illitas, algunos autores observan la persistencia de la estructura hasta al menos 1000°C (15).

GRIM & BRADLEY (10), calentando illitas, determinan espinela a 850°C , que aumenta en cuantía y tamaño hasta 1200°C y sugieren que la capa octaédrica de la red, arrastrando Al_2O_3 , MgO y Fe_2O_3 , da lugar a espinela en tanto que los álcalis y la sílice originan un vidrio amorfo. A 1100°C aparece mullita, siendo las cantidades de mullita y espinela complementarias. Los ejemplares ricos en espinela funden a temperaturas algo más bajas. Dichos autores no observan evidencias de formación de cuarzo.

En illitas ricas en FeO y álcalis no se detecta el desarrollo de fases cristalinas (11), lo cual se relaciona con la formación de fases vítreas.

En moscovita, la destrucción de la red tiene lugar a 1050°C originando una fase espinela de composición intermedia entre Al_2O_3 y $\text{MgO Al}_2\text{O}_3$ ó $\text{FeO Al}_2\text{O}_3$, el proceso de for-

TABLA 4

	PC	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO ₂	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	I	K	Q	H	C
PT	5,33	62,12	20,78	0,00	5,98	0,51		1,13	2,74	1,02	5,09					
PT ₁	7,87	48,42	27,39	0,00	7,83	0,16		0,56	1,13	4,92	1,93					
SJ	7,25	57,26	16,90	0,46	7,95	2,54		2,53	4,62	0,38	5,75	39,12	4,68	37,39		
SJ ₂	5,82	61,60	18,99	0,33	7,53	0,45		1,26	3,01	0,12	5,51	25,48	23,33	38,54		
SJ ₁	7,57	43,08	28,42	0,00	12,27	0,60		1,97	4,79	1,01		39,5		19,55		
VI ₁	8,28	40,41	20,70	0,00	11,84	0,32		11,96	6,22	0,43	3,31					
VI ₂	12,33	42,08	16,07	0,00	8,29	5,78		9,77	4,94	0,59	4,45					
VI _T	14,49	37,00	16,90	0,40	7,43	7,00		12,60	4,38	0,25	3,73					
CO ₁	7,56	48,99	28,34	0,67	5,09	0,70	0,04	1,40	6,28	0,67	2,93	53,17	18,06	16,26	5,09	
CO ₂	4,48	63,46	15,92	6,60	6,63	0,25	0,04	0,58	4,56	0,80	6,69					
CO _T	5,78	54,91	23,61	0,56	8,48	0,42	0,04	0,87	4,74	0,41	3,95	40,11	20,64	18,34	8,48	
V ₁	9,77	47,52	26,15	0,39	8,72	0,56		1,58	4,14	1,14	3,08	45,49	31,99	16,88	5,64	
V ₂	4,56	66,68	16,19	0,45	8,41			0,51	2,56	0,18	6,99					
V _T	5,65	61,30	16,19	0,40	7,03	4,04		1,40	3,84	0,16	6,43	43,22	10,83	46,00	3,95	
CP	12,0	41,46	34,30	0,92	9,16	0,92		0,25	0,39	0,59		3,29	85,03	0,75	10,36	
CP ₂	12,36	41,37	33,23	0,78	9,09	0,97		0,32	0,96	0,24		6,68	84,11	1,20	7,65	
CP _n	12,75	42,72	35,51	0,35	7,65	0,65		0,20	0,79	0,12		8,12	79,53	1,93	9,09	
CP _N	13,58	16,72	17,25	1,14	50,03	0,43		0,30	0,15	0,13						
CA	11,79	52,34	32,22	0,00	1,17	0,51		0,22	0,88	0,40						
CA ₁	14,50	52,91	29,31	0,00	1,34	0,50		0,33	0,44	0,51						
M	24,31	28,69	11,33	0,39	4,71	25,32	0,07	1,74	2,49	0,43						
M ₂	7,72	61,84	15,43	0,44	3,38	5,05	0,00	1,05	4,02	0,27						
M ₁	23,15	30,10	10,62	0,00	5,38	23,72	0,00	1,75	4,35	0,76						
SE1 _T	7,90	52,63	18,23	0,93	7,29	3,50	0,86	2,65	6,14	0,27		51,99	4,43	27,07	7,29	6,23
SE1 ₂	8,27	52,76	18,10	1,22	6,55	3,83	0,86	2,82	5,30	0,37		44,88	2,15	31,46	6,55	6,81
SE1 ₁	8,90	53,95	16,90	0,37	7,06	4,32	0,17	2,61	5,32	0,25		45,05	0,00	33,59	7,06	8,64
SE ₂	14,28	45,64	19,79	0,37	7,44	4,43	0,06	2,25	4,04	0,57						
SE ₃	17,68	36,25	14,83	0,43	5,03	18,55	0,07	3,29	3,49	0,21						
A	21,98	34,57	12,28	0,28	6,21	21,19		1,49	2,45	0,52	4,78	20,69		25,27		37,83
A ₂	24,51	30,47	9,89	0,40	3,57	27,91		1,05	2,18	0,15	5,23	18,46		17,08		49,83
A ₁	15,88	38,79	19,67	0,55	3,44	8,03		2,32	4,67	0,51	3,35	39,48		12,95		14,28

mación se inicia antes de la destrucción total de la mica. A temperaturas más elevadas puede variar el mecanismo produciéndose otras fases: mullita, leucita, α Al_2O_3 , tridimita y fase amorfa (vidrio potásico).

En las cloritas, la deshidratación de la capa micácea puede producirse de modo gradual o brusco; en cualquier caso se acompaña de la destrucción de la estructura (endotérmico de 750°C - 850°C) (4). A 950°C , la peninita origina olivino y espinela. A partir de cloritas ferríferas, se observa enstatita, cristobalita y hematites (18).

Coincidiendo con el principio de la destrucción de las illitas, se observa un aumento de la fracción de porosidad de mayor tamaño ($1,65 - 10\mu$). A 1040°C , un inicio de vitrificación (con aumento de los poros $< 0,4\mu$). En cloritas se señala una evolución de la distribución de poros análoga a la de illitas (13).

En la tabla 2 figuran las composiciones de las fracciones arcilla, pudiendo apreciarse: 1) Arcillas caoliníticas, 2) Arcillas caolinítico-illíticas, 3) Illíticas y 4) Clorítico-illíticas.

Por difracción de rayos X, en las correspondientes arcillas cocidas a 1050°C se observa en los distintos grupos: 1) Escasa cristalización con cuarzo y mullita 2) y 3) Cuarzo y hematites, mullita, feldespatos, dióxido. A estos constituyentes se añaden anortita, wollastonita y enstatita en muestras con cierto contenido inicial en carbonatos; en las arcillas margosas cocidas, predominan anortita y dióxido. 4) Mayor número de fases: dióxido, anortita, mullita, feldespato potásico, espinela, forsterita y wollastonita.

En pastas cocidas de gres monococción italianas, RAVAGLIOLI & POLLIFRONE (17), señalan composiciones del tipo de la cuatro.

Efectivamente, a partir de minerales arcillosos cloríticos, se originan principalmente espinela y olivinos. El hecho de tenerse una evolución estructural más temprana favorece la práctica de la cocción rápida al rebajar la temperatura de cocción. Por otra parte el desarrollo de fases como forsterita, corindón, wollastonita es interesante desde el punto de vista de la resistencia al choque térmico (vease tabla 5). Sin

embargo, en arcillas predominantemente cloríticas se tienen unos estrechos rangos de cocción que las hacen inadecuadas en función de las características del horno.

Contenidos moderados en loritas, junto a otros filosilicatos puede resultar beneficioso. De ahí el interés de determinadas arcillitas, principalmente rojas, complejas en cuanto a la asociación de filosilicatos presentes conteniendo candiditas, minerales micáceos y cloritas e interestratificados variables. Un ejemplo de estas arcillas se tiene en los yacimientos del Paleozóico de Luciana (Ciudad Real), de importantes reservas.

Ejemplos de arcillas predominantemente illítico-cloríticas se tienen en arcillas de facies Keuper.

III. COMPOSICION MINERALOGICA CUANTITATIVA. DIAGRAMAS DE GRESIFICACION.

Siendo candiditas, illitas y cuarzo, componentes principales de las arcillas consideradas, resulta de gran interés observar la influencia de sus proporciones relativas sobre porosidad y contracción a diversas temperaturas de cocción. BRINDLEY & UDAGAWA (6) estudian mezclas con un contenido en cuarzo del 25% y de contenidos variables en caolinita y moscovita por una parte, y caolinita e illita, por otra. Citaremos sus resultados.

En formulaciones con moscovita, las mínimas porosidades se alcanzan a 1150°C con porcentajes de moscovita superiores a 45, sin que de ello se derive un notable aumento de la contracción lineal. Vease figura 4.

Las diferencias más sensibles para mezclas con moscovita y mezclas con illitas, para temperaturas superiores a 1150°C se dan para contenidos de caolinita entre 45 y 65%. Tampoco se tienen unas modificaciones sensibles en la contracción, al cambiar el tanto por ciento de moscovita o de illita.

En mezclas illíticas se tiene, entre 1100°C y 1200°C un relativamente amplio palier de contracción coincidiendo con las mínimas porosidades. Véase figura 5.

TABLA 5.
Coeficientes de dilatación lineal total de fases frecuentes en productos cerámicos (7)

FASE	FORMULA	COEFICIENTE (cm/cm/ $^\circ\text{C}$)
Corindón	$\alpha \text{Al}_2\text{O}_3$	88×10^{-7}
Cuarzo	SiO_2	120×10^{-7}
Mullita	$\text{Al}_4\text{O} (\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{12})$	53×10^{-7}
Pseudowollastonita	CaSiO_3	96×10^{-7}
Anortita	$\text{Ca} (\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	43×10^{-7}
Forsterita	Mg_2SiO_4	98×10^{-7}
Clinoestata	MgSiO_3	82×10^{-7}
Dióxido	$\text{CaMg} (\text{Si}_2\text{O}_6)$	68×10^{-7}
Cordierita	$\text{Mg}_2\text{Al}_3 (\text{AlSi}_5\text{O}_{18})$	11×10^{-7}
Hematites	Fe_2O_3	94×10^{-7}
Magnetita	Fe_3O_4	87×10^{-7}
Vidrio	$\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$	90×10^{-7}
Sílice fundida	SiO_2	5×10^{-7}

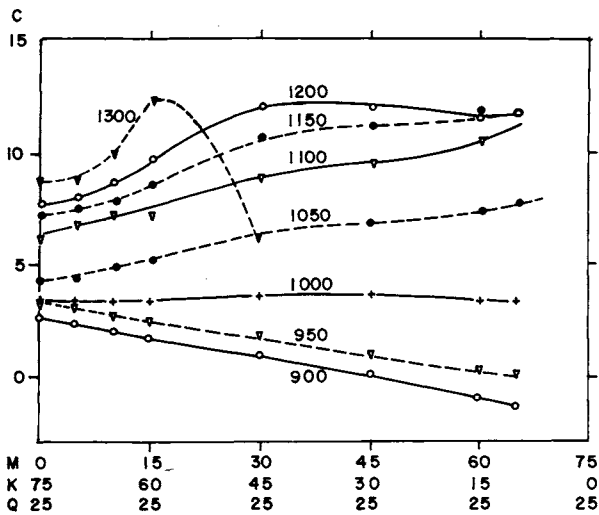


Figura 4a. Contracción lineal (C), en función del contenido en moscovita (M), en mezclas con caolinita (K) y un 25% de cuarzo (Q).

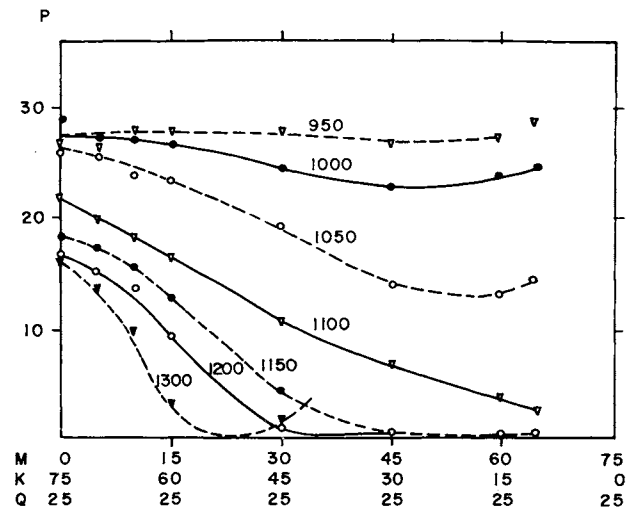


Figura 4b. Porosidad en las mismas mezclas.

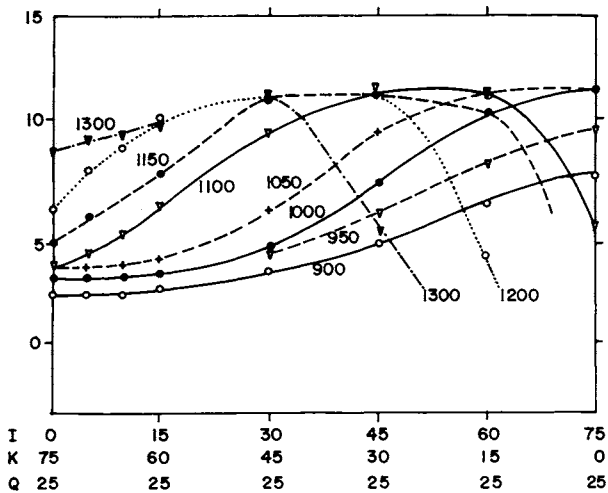


Figura 4c. Contracción lineal en función del contenido en illita (I), en mezclas con caolinita (K), y cuarzo (Q).

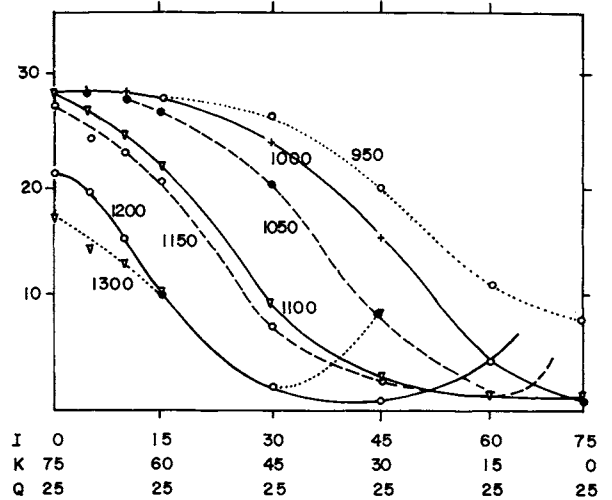


Figura 4d. Porosidad en las mezclas de la figura anterior.

Las observaciones anteriores justifican el interés práctico de las llamadas arcillas sericíticas en formulaciones donde se tiene predominio de caolinita. El término sericita es utilizado por los petrógrafos al referirse a cristales de moscovita de pequeño tamaño, o a illitas de tamaño relativamente grande (en comparación con los habituales en arcillas) de alta cristalinidad y elevado contenido en K_2O .

Estas consideraciones son de interés para la práctica de la cocción rápida tanto en gres blanco (especialmente) como en gres rojo.

Los diagramas de gresificación efectuados con las arcillas consideradas en la tabla 1, presentan cuatro tipos de comportamientos (véase figura 6).

1º El propio de arcillas de contenidos elevados en carbonatos, con un brusco aumento de la porosidad al caer la contracción coincidiendo con la fusión, que sobreviene dentro del rango de temperaturas de cocción propio del gres (Ej. DG13).

2º. El propio de arcillas caoliníticas, caolinito-illíticas de contenidos bajos o nulos en carbonatos, y presentando en la

tabla 1 valores de $H > 14$ (Ejemplos: arcilla de Cañada, CA; Villar, V y Traiguera, T).

3º El de las arcillas muy cementadas ($H < 14$, en la tabla 1). (Ejemplos: arcillas de Cortes, CO; arcilla de San Juan de Moró, SJ; pizarra de Poble Tornesa, PT).

4º Comportamientos intermedios entre el 1º y el 2º (Ejemplos: arcilla marrón de Segorbe, SE1, y arcilla roja de Villamalur, VI).

El segundo tipo representa el caso de las arcillas empleadas en fabricación de gres, y en que se practica habitualmente cocción rápida.

Las arcillas semejantes al tipo SE1, cuando el contenido en carbonatos es despreciable, son susceptibles de ser utilizadas para rebajar la temperatura en que se alcanza la porosidad mínima, al aumentar el contenido en fases micáceas, tal como se ha señalado en el epígrafe anterior.

Análogo papel pueden desarrollar arcillas sericíticas, y arcillas complejas como las antes citadas, siendo en ellas los contenidos en carbonatos de muy bajos o nulos, por regla general.

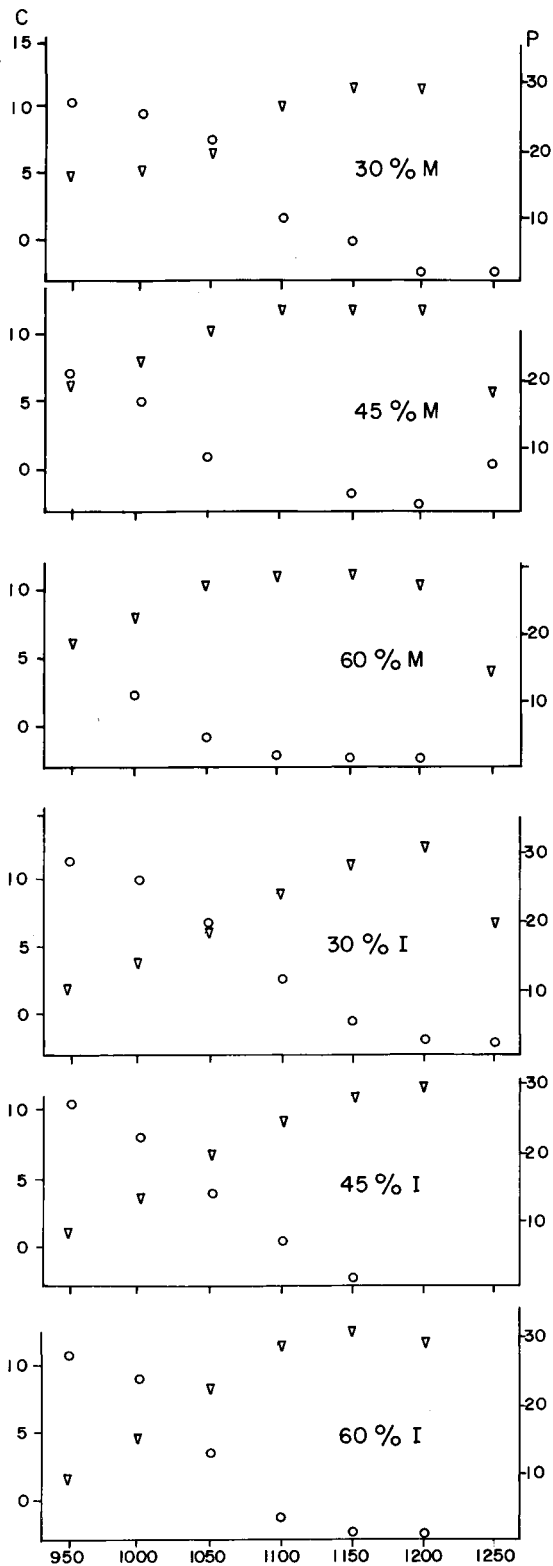


Figura 5. Contracción (C) y porosidad (P), en mezclas de 25^o/o de cuarzo, caolinita y moscovita (M) o illita (I). El ^o/o de este último componente se indica en cada diagrama. Según (6).

IV. CONCLUSION

En resumen, los criterios a emplear en la selección de arcillas para formulaciones destinadas a cocción rápida son:

1.— Contenidos mínimos en carbonatos, cuya descomposición origina pérdida de características en el cuerpo cerámico con independencia de poder ocasionar defectos en el vidriado.

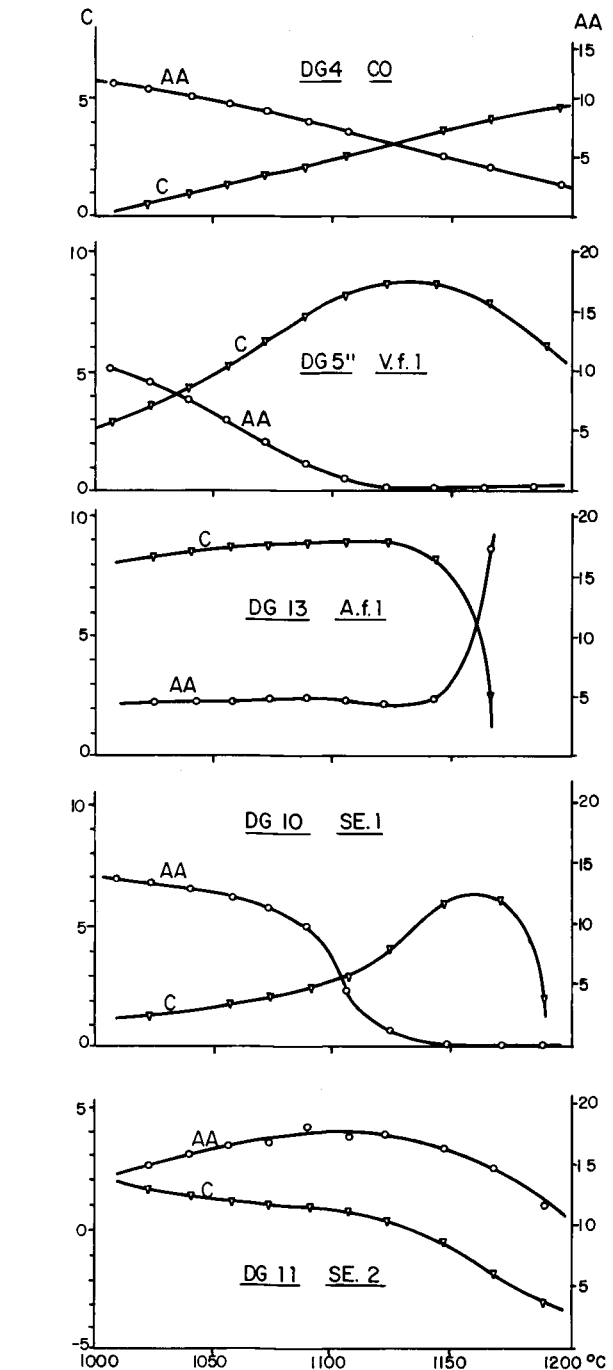


Figura 6. Diagramas de gresificación de arcillas de varios tipos de la tabla 1. Los DG 5 y 13 corresponden a fracciones arcilla.

2.— Contenidos mínimos en materia orgánica que dificulten la aparición del defecto de corazón negro.

3.— Introducción de arcillas gresificantes, así:

- a) Para productos de color blanco: arcillas sericíticas o bien arcillas predominantemente illíticas (obviamente de contenidos bajos en hematites).
- b) Para productos rojos: arcillas illíticas y arcillas complejas. Obteniéndose el rango de cocción necesario, con la formulación caolinítica de base.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BAIN, J. 1971. Clay Minerals (9), pp. 1-17.
- (2) BASTIDA, J. 1981. Mineralogía de las arcillas cerámicas de la provincia de Castellón. Tesis. Universidad Autónoma de Barcelona.
- (3) BRANDLEY & GRIM, 1951. The American Mineralogist (96), pp 182-201.
- (4) BRINDLEY y col. 1950. Acta Cryst, (3), pp. 25-30.
- (5) BRINDLEY & NAKAHIRA, 1959. J. Amer. Cer. Soc. (42) pp. 311-20.
- (6) BRINDLEY & UDAGAWA, 1960. J. Amer. Cer. Soc. (43), pp. 59-65.
- (7) BROWNELL, 1976. Structural Clay Products. Springer-Verlag. Viena.
- (8) ESCARDINO y col. 1980. Estudio de las pastas de gres para pavimentos. Reunión Técnica de la Sección de Cerámica Blanca y Revestimientos Cerámicos de la S.E.C.V.
- (9) GALAN, E. 1973. Spanish ceramic clays. AIPEA, Milán.
- (10) GRIM & BRADLEY, 1940. J. Amer. Cer. Soc. (23), pp. 242-248.
- (11) GRIM & KULBICKI, 1957. Bull. Soc. Fr. Ceram.(36) pp. 21-28.
- (12) GRIM, R.F. 1968. Clay Mineralogy. McGraw-Hill.
- (13) JOUENNE, 1975. Traité des céramiques et matériaux minéraux. Ed. Septima. Paris.
- (14) LEMAÏTRE & DELMON, 1976. Clay Minerals, (11), pp. 313-325.
- (15) MAEGDEFRAU & HOFMAN, 1973. Z. Krist. (98), pp. 31-59.
- (16) NORTON, 1976. Elements of Ceramics. Academic Press. Londres.
- (17) RAVAGLIOLI & POLIFRONE, 1979. Materia prima ceramiche. Faenza Editrice.
- (18) SHIROZU, H. 1962. Clay Sci. (5), pp. 20-25.