

# ESTUDIO DE LA APLICACION INDUSTRIAL DE CAOLINES DE GALICIA

G. CAMPILLO\*  
 R. CONDE-PUMPIDO\*\*  
 J. J. FERRON\*\*  
 F. GUITIAN\*\*  
 A. VARELA\*\*\*  
 C. R. BALTAR\*\*\*\*

\* Seminario de Estudios Cerámicos de Sargadelos (Lugo).  
 \*\* Dpto. Edafología y Química Agrícola, Universidad de Santiago de Compostela.  
 \*\*\* Instituto de Minerales de Sargadelos (Lugo).  
 \*\*\*\* Laboratorio Xeolóxico de Laxe, O Castro-Sada.

## RESUMEN

En el presente trabajo se propone una sistemática de caracterización de caolines para su uso en las industrias cerámica y papelera, aplicándose la misma a una serie de caolines gallegos. A partir del conocimiento de las limitaciones que presentan dichos materiales, se estudian y ponen a punto los métodos para la mejora de sus propiedades ópticas y reológicas.

### Posibilities of industrial applications of kaolins from Galicia

A systematic for kaolins characterization to be used in the ceramic and paper industries is described. It has been applied to several Galician kaolins and limitations in their optical and rheological properties has been found. Guideline procedures for the beneficiation of that properties are proposed.

### Étude de l'application industriel des kaolins galiciens

Dans ce travail on propose une systematique de caractérisation de kaolins pour son usage par les industries céramique et du papier, en aplicant la meme a un ensemble de kaolins Galiciens. D'après la connaissance des contraintes qu'ils ont, on etudient et son mises en point les méthodes pour l'amélioration de ses propriétés.

### Untersuchungen über technische Verwendungsmöglichkeiten von galizischen Kaolinen

In der Arbeit wird eine Charakterisierungssystematik der Kaolineigenschaften unter dem Gesichtspunkt der Eignung verschiedener Kaoline zum Einsatz in der Keramik- und Papierindustrie vorgeschlagen, wobei die erarbeiteten Kriterien konkret auf eine Reihe galizischer Kaoline angewandt werden. Die beschränkten Einsatzmöglichkeiten dieser Kaoline sind bekannt; es werden daher Verfahren zur Verbesserung ihrer optischen und rheologischen Eigenschaften erörtert und in ihrer Implementierung beschrieben.

## 1. INTRODUCCION

Dada la deficiente calidad técnica de los caolines gallegos y la ausencia de tecnología autóctona para la mejora de aquellas propiedades que condicionan su aplicación en procesos industriales selectivos, los objetivos de este trabajo pueden resumirse en:

- establecer y sistematizar los métodos de caracterización de caolines para su uso industrial;
- diseño, construcción y puesta a punto de una planta piloto semi-industrial de lavado de caolines para mejorar especificaciones granulométricas y mineralógicas;
- a partir del conocimiento de las limitaciones generales que presentan los materiales, estudiar los métodos de blanqueo, así como los procedimientos

- de mejora de las propiedades reológicas en barbotinas de caolín;
- la aplicación de los procedimientos estudiados a una serie de caolines gallegos.

## 2. MATERIALES ESTUDIADOS

Las 14 muestras de materiales caoliníferos estudiados en este trabajo, localizadas en el mapa de la figura 1, son de origen residual, con la única excepción del caolín de A Guarda (1). Se trata de minerales en los que la caolinita se presenta, en gran proporción, en forma de apilamientos de partículas individuales.

El análisis mineralógico se ha realizado por las técnicas de difracción de rayos X (DRX), análisis térmico diferencial (ATD), microscopía electrónica de barrido (MEB) y análisis químico, sobre las muestras en bruto y la fracción menor de 2 micrómetros, por los procedimientos habituales. El análisis granulométrico completa la caracterización de cada muestra.

(1) Original recibido el 15 de octubre de 1986.

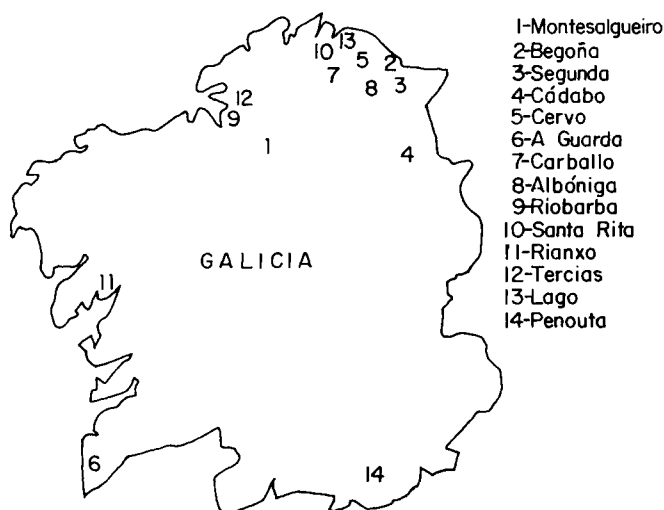


Fig. 1.—Localización geográfica de los caolines estudiados.

### 3. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Los resultados obtenidos en la caracterización de las muestras para la fracción todo-uno y menor de 2 micrómetros se recogen en las tablas de la I a la IV.

El análisis mineralógico revela que, con la excepción de caolín de Cádabo, no se supera el 40% de minerales del grupo de la caolinita. Su grado de orden es generalmente bajo y el índice de cristalinidad no se corresponde con el origen residual, siendo sus valores menores de lo esperado como consecuencia de la presencia de haloisita, detectada como metahaloisita en 10 de las 14 muestras (2).

Las impurezas más frecuentes son el cuarzo y los minerales micáceos, presentando en algunos casos pequeños porcentajes de feldespatos y gibsita.

Las distribuciones granulométricas destacan por los pequeños contenidos en fracciones finas, ya que, a pesar de una relativa abundancia de materiales inferiores a 44 micrómetros, sólo en dos casos se supera el 15% de fracción menor de 2 micrómetros. Este hecho, acompañado

TABLA I

COMPOSICION MINERALOGICA DE LOS CAOLINES ESTUDIADOS  
(fracción todo-uno/ %)

Caolín	Grupo caolinita	Grupo micas	Cuarzo	Feldespatos	Gibsita	Interlam
Montesalgueiro	15	35	50	—	—	—
Begoña	20	35	45	—	—	—
Segunda	10	30	40	20	—	—
Cadabo	90	—	10	—	—	—
A Guarda	40	10	50	—	—	—
Cervo	20	30	50	—	—	trazas
Carballo	40	30	30	—	—	—
Albóniga	20	25	50	—	—	5
Santa Rita	20	25	40	10	5	trazas
Riobarba	40	20	40	—	—	—
Rianxo	35	15	45	5	—	—
Tercias	30	25	45	trazas	—	—
Lago	35	20	45	—	—	trazas
Penouta	10	10	40	40	—	—

TABLA II

ANALISIS QUIMICO DE LOS CAOLINES ESTUDIADOS  
(fracción todo-uno/%)

Caolín	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PC
Montesalgueiro	72,8	18,5	0,50	trazas	0,11	0,72	0,11	0,78	6,3
Begoña	63,5	23,0	1,51	0,85	0,16	0,87	0,31	3,50	6,1
Segunda	65,5	17,0	0,40	trazas	0,30	0,41	1,21	3,51	5,0
A Guarda	63,0	25,0	1,14	0,58	0,03	0,30	0,14	1,81	7,7
Cervo	71,0	19,6	0,75	trazas	0,05	0,46	0,04	2,20	5,6
Cadabo	52,0	34,0	0,90	0,14	0,15	0,75	0,08	—	13,8
Carballo	60,0	26,0	1,44	1,25	0,36	0,68	0,25	2,01	7,8
Albóniga	74,5	15,7	1,24	trazas	0,06	0,92	0,10	2,02	5,3
Santa Rita	70,0	21,0	0,64	trazas	0,06	0,19	0,16	3,01	5,2
Riobarba	68,0	22,5	0,81	trazas	0,05	0,04	0,06	1,10	7,5
Rianxo	69,0	22,1	0,51	trazas	0,08	0,14	0,14	1,62	6,4
Tercias	72,0	19,5	0,60	trazas	0,15	0,20	0,11	1,51	5,8
Lago	69,5	21,5	1,02	trazas	0,15	0,40	0,10	1,22	6,1
Penouta	73,4	16,7	0,40	trazas	0,19	0,25	4,31	3,01	1,6

TABLA III  
DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LOS CAOLINES ESTUDIADOS  
(fracción todo-uno/%)

Caolín	> 2 mm	> 1 mm	>150 µm	>75 µm	>44 µm	>20 µm	>10 µm	>2 µm	<2 µm
Montesalgueiro	17,5	13	23	4	2,5	4	2,5	11	18
Begoña	—	0,1	2	9,5	20,5	37,5	16	12	2,5
Segunda	0,5	0,5	9	27	23,5	15,5	10,5	13	0,5
A Guarda	—	—	24	13	9	10	7	16,5	20,5
Cervo	16	10,5	24	6	10	5,5	5	12,5	10,5
Carballo	1,5	1,5	12	14,5	20	14,5	12,5	18	5,5
Albóniga	2	2,5	20,5	13,5	19	18	6,5	14,5	3,5
Santa Rita	3,5	11,5	35,5	9	8,5	10	6	11,5	4,5
Riobarba	—	16	16	15	9	11,5	9,5	17,5	5,5
Rianxo	2,5	8,5	44,5	7,5	4,5	7	5	15,5	5
Tercias	1	7	29	9	6	12	7	21,5	7,5
Lago	5,5	16	29	5,5	0,5	6,5	4,5	21	11,5
Penouta	8	20	27	20	10	7,5	2,5	3	2

TABLA IV  
COMPOSICION MINERALOGICA Y PARAMETROS ESTRUCTURALES DE LA FRACCION MENOR DE 2 MICRAS

Caolín	Grupo caolinita	Grupo micas	Cuarzo	Otros	I. cristal (D.R.X.)	I. asimetría (A.T.D.)	Politipo
Montesalgueiro	85-90	10-15	—	—	1,1	2,0	T
Begoña	65-75	20-30	<5	—	0,47	2,0	pM-T
Segunda	80	20	—	—	0,44	1,7	pM-T
Cadabo	95	20	—	—	0,40	2,5	T
A Guarda	85	15	—	—	0,32	2,0	pM
Cervo	95	5	—	semc.<5	1,0	1,3	T-pM
Carballo	90	10	—	—	0,35	2,9	pM-T
Albóniga	85-90	5	—	Inter.(5-10)	0,28	2,0	pM
Santa Rita	90	—	—	Gibs.(10)	0,39	2,0	T-pM
Riobarba	95	5	—	Gibs.<5	0,63	2,2	pM-T
Rianxo	95-100	5	—	—	0,80	2,0	T-pM
Tercias	90-95	5-10	—	Gibs.<5	0,59	2,1	pM-T
Lago	95	<5	—	Inter.(5)	0,66	2,3	pM-T
Penouta	80-85	15-20	—	—	0,60	1,6	T

de la riqueza en minerales del grupo de la caolinita, muy superior en general al porcentaje de fracción granulométrica arcillosa, indica la presencia de partículas de caolinita formadas por apilamientos típicos («libros») de los caolines residuales o con procesos cortos de transporte y sedimentación.

#### 4. TRATAMIENTO Y PROCESOS DE PURIFICACION DEL CAOLIN

Se ha constatado que caolines con análisis químico, mineralógico o granulométrico muy similar o incluso geológicamente comparables, presentan aptitudes técnicas radicalmente diferentes (2), lo que establece la imposibilidad de valorar con seguridad un caolín mediante algunas pruebas sencillas. En consecuencia, se ha elaborado una sistemática de pruebas de valoración de un caolín como materia prima que, esquematizada en la figura 2 parte de un tratamiento de clasificación granulométrica realizado en planta de hidrociclones, diseñada y construida al efecto, que permite la obtención de hasta nueve fracciones de diferente distribución sobre las que, en función de sus características, realizar los ensayos técnicos.

Los resultados de la aplicación sistemática del tratamiento sobre la totalidad de las muestras se recogen en las tablas V a IX. Para este trabajo, y en virtud de consideraciones económicas, el estudio de la aptitud cerámica se realizó sobre la fracción IV (finos del ciclón de 70 µm). Para la caracterización papelera se eligió, salvo en los casos de los caolines Begoña, Segunda y Cádabo, la fracción VIII (finos de ciclón de 25 µm), por ser la de mayor de viabilidad industrial, más fina y enriquecida en minerales del grupo de la caolinita. Los caolines Begoña y Segunda tienen un enriquecimiento de la fracción menor de 2 micrómetros en las distintas etapas del ciclonado pequeño y prácticamente nulo en lo que respecta a la fracción VIII. Por lo que se refiere al caolín de Cádabo, la imposibilidad de desleírlo en agua y someterlo al lavado normal en planta piloto, obligó a una molienda en molino de bolas por vía húmeda durante 22 horas, para obtener una fracción de trabajo sobre la que realizar los ensayos técnicos.

El carácter residual de los caolines estudiados condiciona la calidad de los productos procedentes del lavado, incluso prolongando el hidrociclonado hasta el final del tratamiento: granulometría gruesa y presencia de impu-

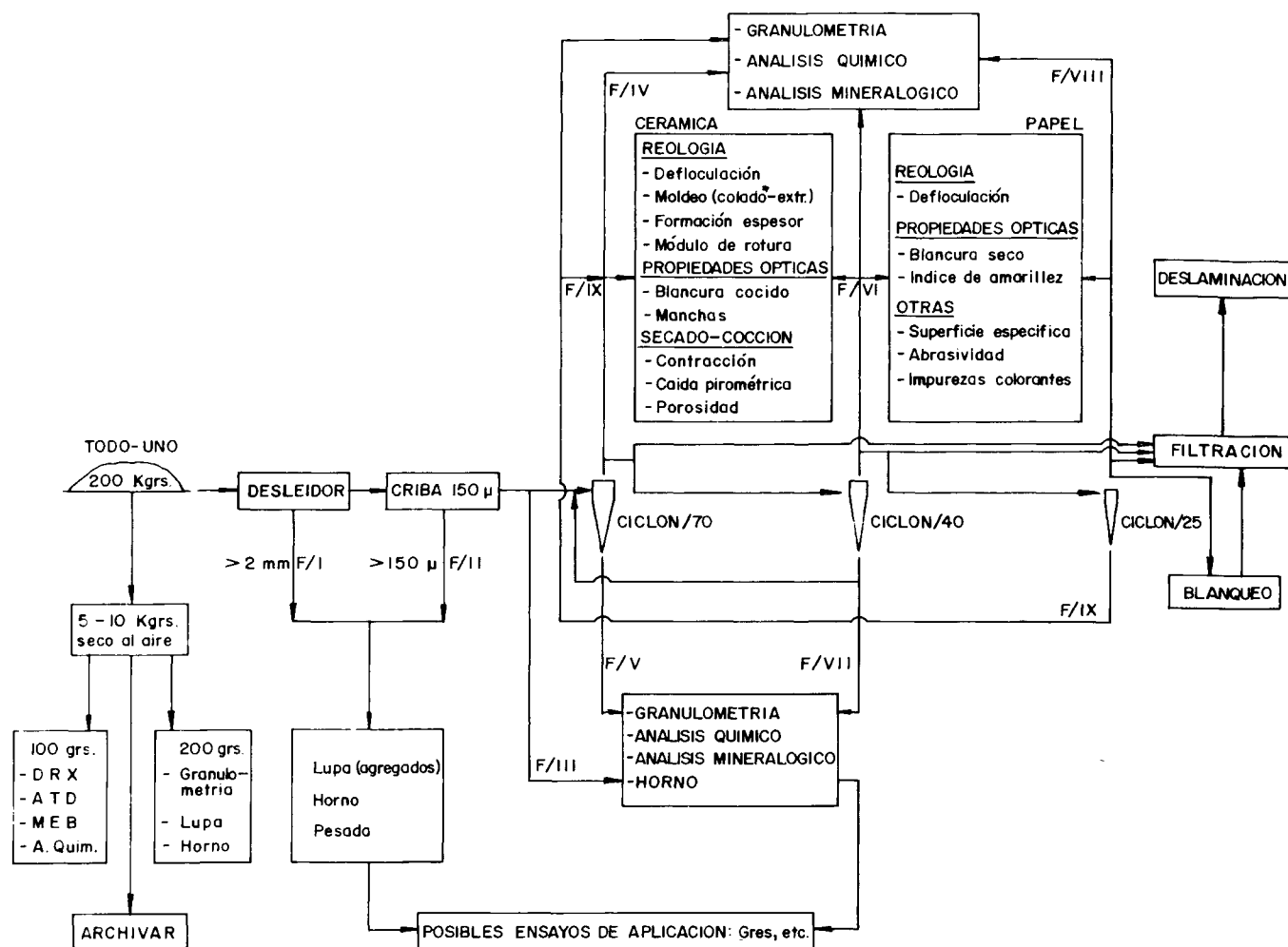


Fig. 2.—Esquema general del aprovechamiento y caracterización de un caolín.

rezas micáceas en cantidad apreciable son características comunes a la mayoría de ellas.

Como consecuencia de la presencia de minerales micáceos es normal que los porcentajes de óxidos alcalinos supere el 0,5%. Asimismo, el hierro, como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , está en todos los casos por encima del 0,6%, superando incluso el 1,5% en tres de ellos.

Las granulometrías de los productos lavados son defectuosas en fracciones finas; al derivar de caolines gruesos no superan generalmente el 45% en fracción menor de 2 micrómetros aún después de la última etapa del ciclonado, significándose un exceso de fracción granulométrica entre 10 y 2 micrómetros, que altera la continuidad de la curva de distribución de tamaños. Esta circunstancia y la presencia de minerales micáceos detectada, teniendo en cuenta que éstos se encuentran presentes en la fracción arcillosa, ejercen una influencia muy negativa sobre el comportamiento reológico de las materias primas en suspensión, manifestándose por el bajo contenido en sólidos de las barbotinas preparadas que presentan, además, un flujo anormalmente dilatante.

La valoración de los caolines tras la realización de los ensayos técnicos es negativa para la mayoría de las muestras, que no alcanzan las especificaciones industriales, sólo cuatro de ellos —Cervo, A Guarda, Tercias y

Lago— podrían ser aplicables en la carga de papel (3). Los parámetros que están condicionando tal comportamiento son la escasa blancura de los materiales y su defectuosa puesta en suspensión, para lo que se han desarrollado técnicas y procesos que modifiquen estas características desfavorables.

## 5. MODIFICACION DE PROPIEDADES

### 5.1. Blanqueo químico

El contenido en impurezas colorantes determina la magnitud de los parámetros ópticos, y la mejora de estas propiedades sólo es posible mediante la eliminación de aquéllas (4).

La impureza más significativa en los caolines caracterizados es la presencia de compuestos de hierro, con un contenido total de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  superior en todos los casos al 0,5%, proporcionando coloración indeseable. De ahí que la mejora de las propiedades ópticas haya de conseguirse mediante la eliminación de estas impurezas.

Un primer estudio sobre el tipo de hierro presente en los caolines objeto de estudio (5) pone de manifiesto que la eliminación de estos compuestos presentes en cada muestra es más favorable mediante procesos de extrac-

TABLA V

## COMPOSICION MINERALOGICA DE LA FRACCION IV OBTENIDA EN EL HIDROCICLONADO

Caolín	Grupo caolinita	Grupo micas	Cuarzo	Feldespatos	Otros
Montesalgueiro	75	35	trazas	—	—
Begoña	40	45	15	—	—
Segunda	65	15	10	10	—
Cervo	80	20	5	—	smect. (trazas)
A Guarda	75	20	5	—	—
Carballo	65	35	5	—	—
Albóniga	60	20	15	—	smect.(5)
Santa Rita	80	15	5	—	Gibsi.(5)
Riobarba	85	10	5	—	—
Rianxo	85	15	trazas	—	—
Tercias	80	10	5	—	—
Lago	80	10	5	—	smect.(5)
Penouta	60	30	trazas	10	—

TABLA VI

## ANALISIS QUIMICO DE LA FRACCION IV OBTENIDA EN EL HIDROCICLONADO

Caolín	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PC
Montesalgueiro	49,0	35,5	0,62	—	0,13	0,34	0,07	0,66	12,9
Begoña	53,0	32,5	1,68	0,25	0,12	0,60	0,26	4,08	9,5
Segunda	51,5	33,5	0,67	—	0,30	0,15	0,78	3,00	10,6
A Guarda	47,5	35,8	1,46	0,65	0,09	0,61	0,10	1,28	12,6
Cervo	49,5	35,3	1,15	—	0,06	0,40	0,03	0,92	12,5
Carballo	48,0	34,8	1,66	0,63	0,05	0,68	0,11	2,72	11,5
Albóniga	55,0	30,1	1,64	—	0,11	1,32	0,13	1,78	10,1
Santa Rita	47,5	36,2	0,95	—	0,05	0,20	0,05	1,20	13,7
Riobarba	49,0	35,5	0,60	—	0,06	0,10	0,04	0,42	14,2
Rianxo	48,0	37,1	0,66	—	0,08	0,13	0,05	0,56	13,5
Tercias	51,5	34,2	0,75	—	0,13	0,25	0,25	1,05	11,9
Lago	50,0	35,0	1,20	—	0,18	0,48	0,03	0,49	12,6
Penouta	51,6	33,0	1,03	—	0,20	0,20	1,03	2,41	10,0

TABLA VII

## DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LA FRACCION IV OBTENIDA EN EL HIDROCICLONADO

Caolín	> 75 µm	> 44 µm	>20 µm	>10 µm	>5 µm	>2 µm	<2 µm
Montesalgueiro	1	0,5	2	6	13,5	27	50
Begoña	0,5	3	33	31,5	16,5	9	6,5
Segunda	—	0,5	24	30,5	27	13,5	4,5
A Guarda	0,5	5	7	9,5	19	25	34
Cervo	0,5	4	10	13	15	22	35
Carballo	—	5	20	19,5	20,5	21,5	13,5
Albóniga	—	—	24,5	22,5	22	19	12
Santa Rita	1,5	0,5	12,5	20	22,5	19,5	23,5
Riobarba	—	3,5	24,5	24	25,5	11	11,5
Rianxo	—	0,5	9,5	18,5	25	25,5	21
Tercias	1	1	13	16	23	24,5	21,5
Lago	1	0,5	8	10,5	16,5	29,5	34
Penouta	—	10	13,5	13,5	27	24	12

ción químicos, por lo que el blanqueo se ha realizado, en todos los casos, mediante la reducción con ditionito de sodio en medio ácido.

Dadas las características del proceso en sí, se ha utili-

zando un reactor cerrado, basado en la columna de pulsación Baltar (6), cuya eficacia en procesos sólido-líquido en los que se requiere una buena mezcla, homogeneización y contacto entre los agentes químicos y el material a

TABLA VIII

## CARACTERISTICAS CERAMICAS CORRESPONDIENTES A LAS FRACCIONES IV

(Todos los ensayos fueron realizados sobre probetas moldeadas por colado salvo la caída pirométrica [extrusión] y blancura [prensado])

	Montesalguero	Begoña	Segunda	A Guarda	Cervo	Carballo	Albóniga	Santa Rita	Riobarba	Rianxo	Tercias	Lago	Penouta	Cadabo
CONTRACCION (%)														
verde-seco	4	1	—	5	5	—	5	3,5	—	4	—	7	—	6
seco-cocido	13	12	—	8	13	—	18,5	11,5	—	10	—	11	—	11
MODULO DE ROTURA (kg/cm <sup>2</sup> )	12,5	—	—	24,2	21,8	—	—	—	—	—	—	38	—	10
FORMACION DE ESPESOR														
mm en 5 min.	2,5	6,7	—	2,6	2,6	—	—	—	—	7	—	1,4	—	5
mm en 10 min.	4,5	—	—	5	4,2	—	—	—	—	12	—	2,8	—	9
velocidad en mm <sup>2</sup> /min.	1,5	—	—	1,6	1,2	—	—	—	—	9,5	—	0,58	—	5
CONTENIDO EN SOLIDOS (%)	57,5	48	57	61,5	55	50	50	60	59	62	62	43	56,5	59
(barbotina a u = 300 cP)														
DEFLOCULANTE (%Na <sub>2</sub> O)	0,8	0,5	0,8	2,3	0,7	1,5	1,2	0,68	1,8	0,9	1,7	1,65	1,2	0,3
ABSORCION DE AGUA	8,5	17,5	—	7,8	3,5	—	4,7	14,5	—	22,7	—	3	—	20
(cocido, %)														
CAIDA PIROMETRICA (%)	34	—	—	30	35	50	60	—	49	40	66	43	—	23
BLANCURA (cocido)	86	75	84	80	74,5	66,5	60	86	90,5	91,5	88	84,5	74	80,5

TABLA IX

## CARACTERISTICAS TECNICAS PARA PAPEL CORRESPONDIENTES A LAS FRACCIONES VIII

	Montesalguero	A Guarda	Cervo	Carballo	Albóniga	Santa Rita	Riobarba	Rianxo	Tercias	Lago	Penouta
FISICAS											
Granulometría											
D50	1,8	1,2	2	3,5	3,6	2,4	3,3	3,3	2,6	1,9	4,8
> 44 micras	0,01	0,01	0,01	—	—	—	—	—	—	—	5
> 10 micras	3	6	9,5	9	9	9	19,5	8	7,5	5	8,5
< 2 micras	56	66	51	33	27	44	37	34	42,5	52	36
Sup. específica (m <sup>2</sup> /g)	14,6	27	17	30	29	24	19	18	17	27,4	13,6
Blancura	73	83,5	80,5	68	61,5	74	69,5	84	77,5	82	71,5
I. amarillez	20	7	6	16	28,5	11,8	16	8	10	10	12,6
I. abrasión (mg)	7,5	6,4	9,6	—	—	—	—	10	18	—	—
% sólidos (500 cP)	56,5	61,5	55	53	49	62	60	59,5	63	43	51,5
Defloculante (%Na <sub>2</sub> O)	1,6	3,2	0,7	2	1,5	0,7	0,9	1,5	1,5	2,3	1,7
QUIMICAS											
pH	5,2	5	4,4	4,5	4,8	6	5,9	5,3	4,8	5	6
% SiO <sub>2</sub>	50	47	48,5	46	49,5	45,5	47	47	48	47,5	50,5
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36	37	35,7	35	33,5	38	37	37,9	36,7	37,2	34
% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	1,5	1,1	1,7	1,6	0,97	0,7	0,66	0,9	1,25	1,22
% TiO <sub>2</sub>	*	0,7	*	0,6	*	*	*	*	*	*	*
% Perd. calcin.	13,5	13,5	13,1	12,9	12,6	15	14,8	13,8	12,8	13,1	11,4
MINERALOGICAS (%)											
G. <sup>o</sup> caolinita	65	85	90	80	75	85	90	95	85	90	80
G. <sup>o</sup> micas	25	15	10	15	20	10	10	5	10	5	15
Cuarzo	10	—	—	5	5	—	—	—	5	—	trazas
Otros	—	—	Int.	—	Mon.	Gib.	Gib.	Gib.	—	Mon.	—
			5		5	5	trazas	trazas		5	

(\*) Menor de 0,1%

TABLA X

## RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MODIFICACION DE PROPIEDADES MEDIANTE BLANQUEO QUIMICO

Caolín	Inicial		Blanqueado		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) Inicial	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) Blanqueado
	Blancura	I. amarillez	Blancura	I. amarillez		
Montesalgueiro	73	20	80	5,9	0,60	0,38
Begoña	78	8,8	80	7,5	1,60	1,48
Segunda	83,5	7,2	85	5,9	0,69	0,68
Cadabo (mol. 22h)	58,5	22,3	87	5	1,38	0,57
A Guarda	83,5	7	85	3,5	1,52	1,45
Cervo	80,5	6,1	85,5	5,3	1,14	1,07
Carballo	68	16,1	73	10,1	1,76	1,50
Albóniga	61,5	28,5	83	8,2	1,56	1,10
Santa Rita	74	11,8	78,5	7,5	0,97	0,77
Riobarba	69,5	16,1	74	10,9	0,70	0,63
Rianxo	84	8	88	4	0,66	0,61
Tercias	77,5	10	78,5	8,1	0,95	0,90
Lago	82	10	84	4,7	1,25	1,13
Penouta	71,5	12,6	81	3,7	1,22	0,85

lixiviar, ha sido comprobada por nuestro equipo en anteriores estudios (7). Como principales características de este prototipo son de destacar:

- carencia de elementos mecánicos móviles;
- por sus características de diseño, es de bajo coste y puede fabricarse en material inerte frente a los reactivos empleados;
- evita la entrada de aire en el circuito de operación y permite controlar éste de forma continua durante todo el proceso.

El método de operación establecido (5) puede resumirse en las siguientes condiciones:

- pH mantenido a 3 mediante la adición de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 1:1;
- adición del agente reductor en fracciones del 1:1.000 de la cantidad de caolín a tratar, de forma controlada cuando el potencial redox en el seno de la reacción es superior a -200 mV;
- temperatura ambiente.

El blanqueo por vía química mediante el procedimiento utilizado permite mejorar las propiedades ópticas de las materias primas tratadas (tabla X) al disminuir sus respectivos contenidos en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Sin embargo, no se aprecia correlación entre la ganancia de blancura y la disminución del contenido total en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, lo que sugiere que no debe ser éste el parámetro que lo controla, sino la naturaleza de esta impureza (5).

## 5.2. Modificación de las propiedades reológicas

Con respecto a la influencia que la granulometría ejerce sobre el comportamiento reológico y partiendo de la idea defendida por Millman (8) de que una partícula en suspensión en un flujo está continuamente en rotación, resulta sencillo comprender que su movimiento con respecto a las demás se verá muy afectado por la concentración en la suspensión, en la práctica industrial normal-

mente alta, y sus dimensiones relativas. Planteando el problema dentro del contexto del empaquetamiento de pigmentos y la teoría de huecos, teniendo en cuenta la morfología de las partículas de caolinita, cabe esperar el desarrollo de comportamientos reológicos favorables cuando a contenidos en sólidos altos, se disponga de una combinación abierta y continua de partículas gruesas, medias y finas que limiten las interferencias en su movimiento para un volumen de líquido relativamente pequeño, reduciendo al máximo el espacio libre entre las esferas de rotación de las partículas gruesas.

La adecuación de las distribuciones granulométricas a estos presupuestos debe procurar, a su vez, un máximo de porcentaje de fracciones finas, exigencia definida en las especificaciones industriales y característica favorable para el desarrollo de otras propiedades técnicas.

La técnica elegida para la modificación granulométrica fue la deslaminación. El prototipo desarrollado y empleado fue un sistema de extrusión. En él, la deslaminación se realiza forzando la salida de la pasta de caolín, empujada por un «sinfín» a través de una boquilla provista de un orificio de tamaño variable. El rendimiento de la extrusión es una función de la compresión y la humedad adecuada para proporcionar a la pasta la consistencia necesaria para oponerse a la compresión ejercida. Las condiciones generales elegidas fueron (9):

- humedad de la pasta del 24%.
- diámetro de la boquilla de salida de 5 mm.

En la tabla XI se exponen los resultados obtenidos a partir de la extrusión de los caolines objeto de estudio, desprendiéndose de ellos que la deslaminación genera una redistribución granulométrica, derivada de la disminución de fracciones gruesas abundantes, con el consiguiente equilibrio de la curva granulométrica y aumento de las fracciones finas, que conduce a la desaparición de la dilatancia y a un incremento del contenido de sólidos de las barbotinas preparadas con el material extrusado.

TABLA XI

MODIFICACION DE PROPIEDADES POR TECNICAS DE REDUCCION DE TAMAÑO  
(Deslaminación)

Caolín	Distribución granulométrica						D50		D75 - D25		% en sólidos	
	>10 $\mu\text{m}$		<10 — >2 $\mu\text{m}$		<2 $\mu\text{m}$				2D50			
	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D		
Montesalgueiro	3	3	41	27	56	70	1,8	0,5	0,7	0,84	56,5	62
A Guarda	6	6	28	26	66	68	1,2	0,7	1,14	1,85	61,6	61,5
Cervo	9,5	7,5	39,5	25	51	67,5	2	0,8	1,05	1,90	55	61
Carballo	9	6,5	58	35	33	57,5	3,5	1,5	0,57	1,43	53	62
Albóniga	9	5,5	63,5	27	27,5	67,5	3,6	0,94	0,50	1,35	49	56
Santa Rita	9	8,5	47	46,5	44	45	2,4	2,5	0,75	0,93	62	65
Riobarba	19,5	2	43,5	57,5	37	40,5	3,25	2,6	1,05	0,77	60	67,5
Rianxo	8	7,5	57,5	40	34,5	52,5	3,3	1,8	0,59	0,94	62	70
Tercias	7,5	5	50	39,5	42,5	55,5	2,6	1,7	0,69	0,89	63	67,5
Lago	5	2,5	43	27	52	70,5	1,9	0,7	0,75	0,55	43	50
Penouta	8,5	4	55,5	56	36	40	4,8	2,8	0,55	0,85	51,5	51,5

N = Normal (antes del tratamiento); D = Deslaminado (después del tratamiento).

## 6. POSIBLE APLICACION INDUSTRIAL DE LAS MATERIAS PRIMAS TRATADAS

La aplicación combinada de las técnicas de modificación de propiedades, deslaminación por extrusión y blanqueo por vía química, sobre los caolines lavados permitió la obtención de varios, cuyos parámetros técnicos cumplen las especificaciones exigidas en las industrias de cerámica fina y del papel. A modo de resumen se recoge en la tabla XII la viabilidad industrial contrastada para los distintos materiales (2), (5) y (9).

TABLA XII

## INCIDENCIA DE LA MODIFICACION DE PROPIEDADES SOBRE LA POSIBLE APLICACION INDUSTRIAL DE LOS CAOLINES ESTUDIADOS: (\*) APTOS CERAMICA FINA; (+) APTOS CARGA DE PAPEL; (x) PROXIMOS AL ESTUCADO DE PAPEL

Caolín lavado	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
Montesalgueiro		* + x
Begoña		
Segunda		
Cadabo		* + x
Cervo	+	+
A Guarda	+	+ x
Carballo		
Albóniga		+
Santa Rita		* +
Riobarba		* +
Rianxo		* + x
Tercias	+	+
Lago	+	+
Penouta		+

Este trabajo se ha realizado en el marco de los Proyectos 48/77 y 33/80 de la C.A.I.C.Y.T.

## BIBLIOGRAFIA

- GALAN, E.; ESPINOSA, J.: El caolín en España *Edit. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, Madrid, 1974.
- CAMPILLO, G.: Estudio de silicatos laminares (caolines) gallegos de aplicación industrial. *Tesis Doctoral, Univ. Santiago de Compostela*, 1986.
- ENGLISH CHINA CLAYS: Especificaciones de arcillas y caolines para la industria cerámica y papelera. *Edit. E.C.C., St. Austell, Cornwall*.
- MAYNARD, P. R.; MILLMAN, N.; IANNICELLI, J.: A method for removing titanium dioxide impurities from kaolinite. *Clays Clay Min.* 17 (1969), 59-62.
- FERRON, J. J.: Caolines de Galicia. Estudio de sus propiedades ópticas. *Tesis Doctoral, Univ. Santiago de Compostela*, 1986.
- BALTAR, C. R.: Aplicación de Baltar pulsator. *Publ. Restringsida, Colorado School of Mines Inst.*, 1973.
- GUITIAN, F.: Contribución al estudio de la hidrometalurgia de minerales de cobre en columna de pulsación. *Tesina de Licenciatura, Univ. Santiago de Compostela*, 1974.
- MILLMAN, N.: Some factors that influence the viscosity of paper coating compositions. *TAPPI* 47 (1964), 11, 168a-174a.
- CONDE-PUMPIDO, R.: Caolines de Galicia. Estudio de sus propiedades reológicas. *Tesis Doctoral, Univ. Santiago de Compostela*, 1986.