



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DEI MATERIALI

Relación Técnica

PLM-A

Mortero de inyección para el consolidamiento de superficies al fresco

Indice

A.	PROPIEDADES QUIMICAS	pag. 3
A.1.	COMPONENTES MORTERO DE INYECCION PLM-A	pag. 3
A.2.	DOSIS DE SALES SOLUBLES, ANIONICAS Y CATIONICAS DEL MORTERO PLM-A	pag. 3
A.2.1.	RESULTADOS	pag. 3
A.3.	TENDENCIA DEL MORTERO PLM-A A LA FORMACION DE FLUORESCENCIAS - Doc. NORMA M 33/87	pag. 4
A.3.1.	RESULTADOS	pag. 4
A.4.	ANALISIS DIFRATOMETRICA XRD DEL PLM-A	pag. 5
A.4.1.	RESULTADOS	pag. 6
A.5.	ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL TGA/DTA	pag. 7
A.5.1.	RESULTADOS	pag. 7
B.	PROPIEDADES MECANICAS	pag. 8
B.1.	DETERMINACION DE LA ANDADURA DE LA RESISTENCIA MECANICA HASTA 60 DIAS	pag. 8
B.1.1.	PREPARACION DE PROBETAS	pag. 8
B.1.2.	SISTEMAS DE MEDIDA	pag. 8
B.1.3.	RESULTADOS	pag. 8
B.2.	DETERMINACION DEL TIEMPO DE INICIO Y FIN DE FRAGUADO UNI 7927	pag. 10



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

B.2.1.	RESULTADOS	pag. 10
C.	PROPIEDADES REOLOGICAS	pag. 11
C.1.	DETERMINACION DEL VALOR DE MAXIMO ESPANDIMIENTO DEL MORTERO PLM-A MEDIANTE EL EMPLEO DE MESA DE TRAQUEO UNI 7044-72, 8993-8997, DOC. NORMA M 33/87	pag. 11
C.1.1.	RESULTADOS	pag. 11
C.2.	DETERMINACION DE LA ANDADURA DE LA VISCOSIDAD EN FUNCION DEL PORCENTAJE DE AGUA	pag. 12
C.2.1.	RESULTADOS	pag. 12
D.	PROPIEDADES FISICAS4	pag. 13
D.1.	CARACTERISTICAS FISICAS	pag. 13
D.2.	OBSERVACION A MICROSCOPIO ELECTRONICO DE ESCANSION (SEM) DE UNA MUESTRA DE MEZCLA EN POLVO DE PLM-A	pag. 13
D.2.1.	RESULTADOS	pag. 13
D.3.	OBSERVACION A MICROSCOPIO ELECTRONICO DE ESCANSION (SEM) DE UNA MUESTRA DE PROBETA DE PLM-A DESPUES DE 60 DIAS	pag. 15
D.3.1.	RESULTADOS	pag. 15
D.4.	DETERMINACION DEL AREA SUPERFICIAL ESPECIFICA Y DE LA POROSIDAD DE UNA MUESTRA A PROBETA DE PLM-A DESPUES DE 60 DIAS	pag. 16
D.4.1.	RESULTADOS	pag. 16
D.5.	DETERMINACION DEL ABSORVIMIENTO DE AGUA POR CAPILARIDAD SOBRE UNA PROBETA DE PLM-A DESPUES DE 60 DIAS - NORMA 11/82	pag. 17
D.5.1.	RESULTADOS	pag. 17



C.T.S. ESPAÑA
Productos y Equipos para la Restauración, S.L.
C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos
28906 Getafe – Madrid
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

PLM-A

Mortero de inyección para el consolidamiento de superficies al fresco

A. PROPIEDADES QUIMICAS

A.1. COMPONENTES DEL MORTERO DE INYECCION PLM-A

LIGANTE	CAL HIDRAULICA DESALINIZADA.	50%
:		
CARGAS:	CUARCITA VENTILADA, ARCILLA MICROFINA, TALCOS SELECCIONADOS.	46%
ADITIVOS:	SUPERFLUIDIFICANTES DE BAJO CONTENIDO SALINO A BASE DE CONDENSADORES DE MELAMINA FORMALDEIDO, EQUILIBRADORES DE RETIRO INORGANICO, ABSORBENTES DE AGUA A BASE DE ETHERES DE CELULOSA.	4%

A.2. DOSIFICACION DE LAS SALES SOLUBLES ANIONICAS Y CATIONICAS DEL MORTERO PLM-A

Análisis efectuados mediante cromatografía iónica HPLC con Columnas Alltech Anion S., Cation Universal, Reveladores de conductibilidad Wescan, Bomba Jasco, sobre una solución obtenida mezclando por 24 horas 2,0g de muestra pulverizada con 98,0g de agua desionizada a conductividad conocida.

A.2.1. RESULTADOS

Tab. A.2.1/1 - Dosificación de las sales solubles sobre una muestra de mezcla en polvo de PLM-A

Muestra	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺
Mezcla en polvo	-	-	-	0,20	0,2	-	-	8,9

Datos expresados en porcentaje (%)

- : sin relevación



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

Tab. A.2.1/2 - Dosificación de sales solubles sobre una muestra de probeta de PLM-A después 60 días

MUESTRA	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺
probeta 60días	-	-	-	0,03	0,2	-	-	4,1

Datos expresados en porcentaje (%)

- : sin relevación

A.3. TENDENCIA DEL MORTERO PLM-A A LA FORMACION DE EFLORESCENCIAS - Doc. NORMA M 33/87

La valoración de eventuales eflorescencias formadas, viene efectuada visualmente sobre tres muestras de mortero de inyección PLM-A endurecidas y sobrepuestas a subidas capilares a temperatura y humedad controlada según norma.

A.3.1. RESULTADOS

Tab. A.3.1/1

Muestra	% area recubierta de eflorescencias	Valor numérico
PLM-A	0	0



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

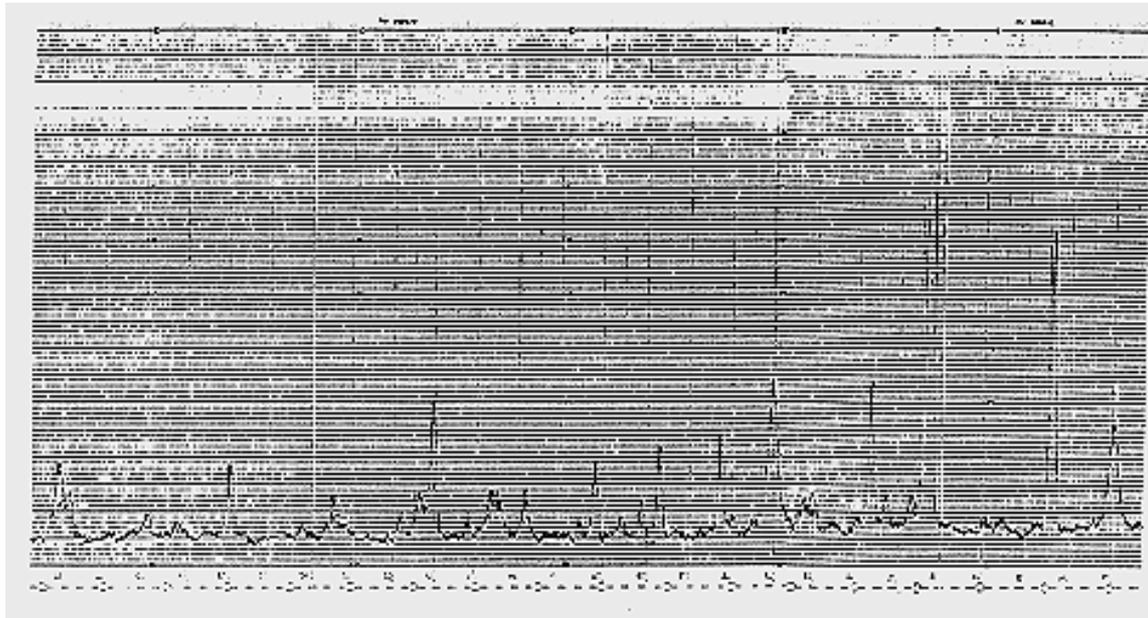
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

A.4. ANALISIS DIFRATOMETRICA XRD DEL MORTERO PLM-A

Los analisis de difratometria XRD han sido realizados con equipos Philips PW 1840, radiación Cu K α .

A.4.1. RESULTADOS

Fig. A.4.1/1 - Analisis difratometria a rayos x sobre una muestra en polvo de PLM-A: difratograma



Tab. A.4.1/1 - Analisis difratometria a rayos x sobre una muestra en polvo de PLM-A: interpretación y estima de la abundancia relativa

+++	Portlandite
++	Larnite
+	Calcite
+	Quarzo

(+++ : componente principal; ++ : en media y + : en pequeña cantidad; tr : en señal)



C.T.S. ESPAÑA

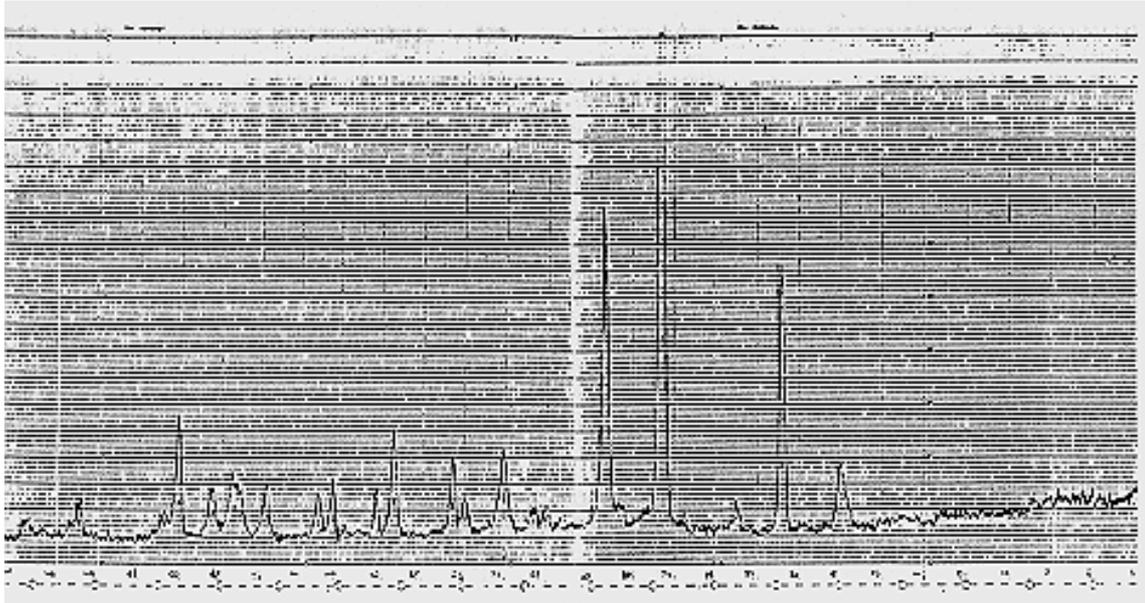
Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

Fig. A.4.1/2 - Analisis difratometrica a rayos x sobre una muestra de probeta de PLM-A después de 60 días: difratograma.



Tab. A.4.1/2 - Analisis difratometrica a rayos x sobre una muestra de probeta de PLM-A después de 60 días: interpretación y estima de abundancia relativa

+++	Calcite
++	Larnite
+	Portlandite
+	Quarzo

(+++ : componente principal; ++ : en media y + : en pequeña cantidad; tr : en señal)



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

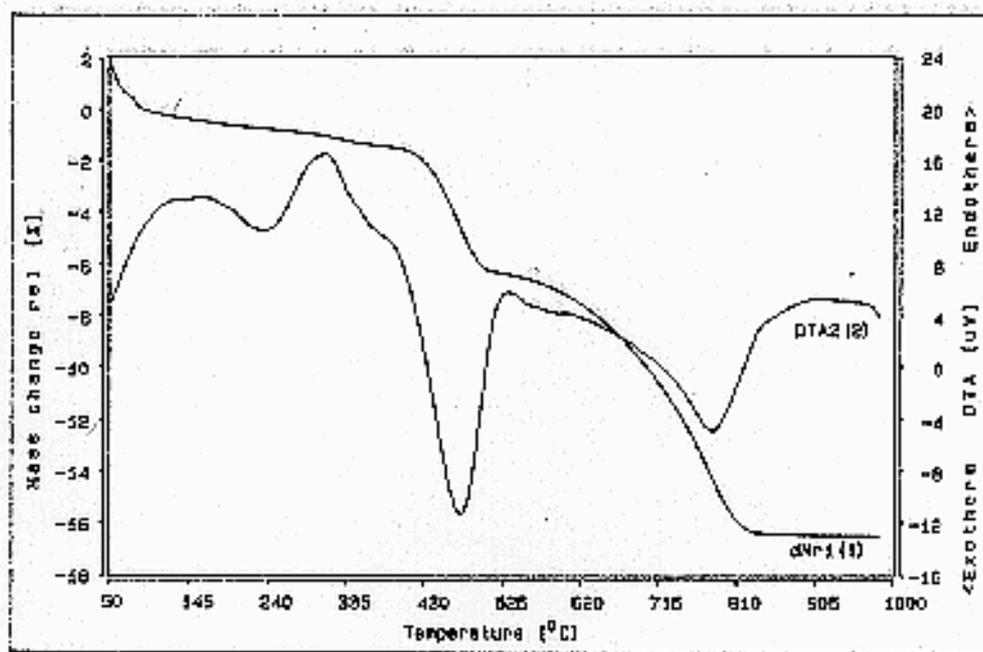
Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

A.5. ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL TGA/DTA

A.5.1. RESULTADOS

Tab. A.5.1/1 - Analisis termico diferencial sobre una muestra de mezcla en polvo de PLM-A

Muestra	Substancia organica	Ca(OH) ₂	CaCO ₃	Quarzo
PLM-A	0,6%	19,7%	5,3%	si





C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

B. PROPIEDADES MECANICAS

B.1. DETERMINACION DE LA ANDADURA DE LA RESISTENCIA MECANICA A TRAVES DEL TIEMPO DESPUES DE 60 DIAS

B.1.1. PREPARACION DE LA PROBETA

La probeta de mortero PLM-A está preparada según las indicaciones del DM del 3 Junio 1968, publicado según la G.U. nº180 del 17/07/1968 y representada por el Doc. NORMA M 33/87.

Está preparado el empaste de mortero de inyección PLM-A con % de agua diversa y con el mismo preparado de la probeta utilizando un campo de dimensión en conformidad a la norma.

Las probetas han sido conservadas en laboratorio con temperatura $19\pm 3^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $60\pm 10\%$ en zonas no aireadas.

B.1.2. PROCEDIMIENTO DE MEDIDA

Las pruebas de resistencia mecánica (modulo de rotura) han estado seguidas en la configuración de flexión en tres puntos de distancia con los apoyos de 100mm y velocidad de carga de 5Kg/segundo. Las pruebas seguidas sobre muestras diversas de los mismos morteros indican una incerteza del valor del modulo de rotura de $\pm 15\%$.

B.1.3. RESULTADOS

Tab. B.1.3/1

MUESTRA	% AGUA	NUMERO DIAS ENVEJECIMIENTO	R _G (Kg/cm ²) ±15%
PLM-A	60	7	3,4
	60	15	7,8
	60	28	10,2
	60	40	12,2
	60	60	12,7



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

Tab. B.1.3/2

MUESTRA	% AGUA	NUMERO DIAS ENVEJECIMIENTO	R _G (Kg/cm ²) ±15%
PLM-A	80	10	3,0
	80	28	6,2
	80	60	6,5

Tab. B.1.3/3

MUESTRA	% AGUA	R _G (Kg/cm ²) después 60gg ±15%
PLM-A	60	12,7
	80	6,5

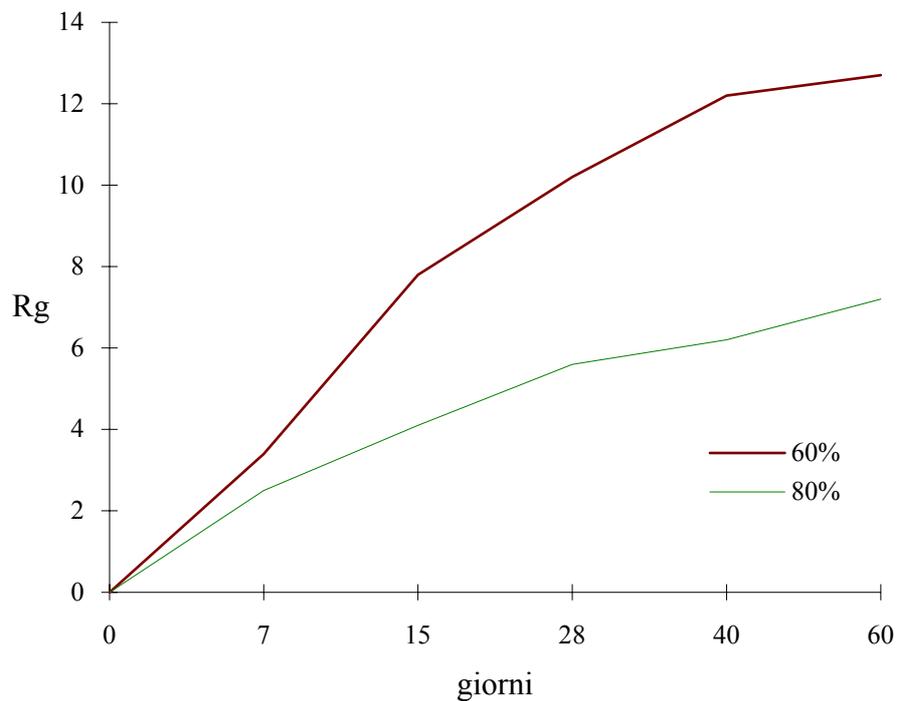


Fig. B.1.3/1 - Andadura de la resistencia mecánica en función del tiempo.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

B.2. DETERMINACION TIEMPO DE INICIO Y PRESA FINAL UNI 7927

B.2.1. RESULTADOS

Tab. B.2.1/1

Porcentaje de agua (%)	60
Tiempo inicio presa (horas)	24
Tiempo final presa (horas)	48

C. PROPIEDADES REOLOGICAS

C.1. DETERMINACION DEL VALOR MAXIMO DE ESPANDIMIENTO DEL MORTERO DE INYECCION PLM-A MEDIANTE EL EMPLEO DE MESA DE TRAQUEO UNI 7044-72, 8993-8997, Doc. NORMA M 33/87

Ha estado preparado un empaste de mortero de inyección PLM-A con diversos porcentajes de agua siguiendo las indicaciones de la normativa específica.

C.1.1. RESULTADOS

Tab. C.1.1/1 - Valor de máximo espandimiento a diversos porcentajes de agua

MUESTRA	% AGUA	VALOR MAXIMO DE ESPANDIMIENTO (cm)
PLM-A	50	15
	60	24
	80	30



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

C.2. DETERMINACION DE LA ANDADURA DE LA VISCOSIDAD EN FUNCION DEL PORCENTAJE DE AGUA

La prueba ha estado seguida usando el viscosimetro Rotovisco RV12 de la HAAKE Viscometers.

C.2.1. RESULTADOS

Tab. C.2.1/1

MUESTRA	% H ₂ O	η (p)
PLM-A	50	79,3
	60	6,9
	70	4,1
	80	3,6
	100	1,5

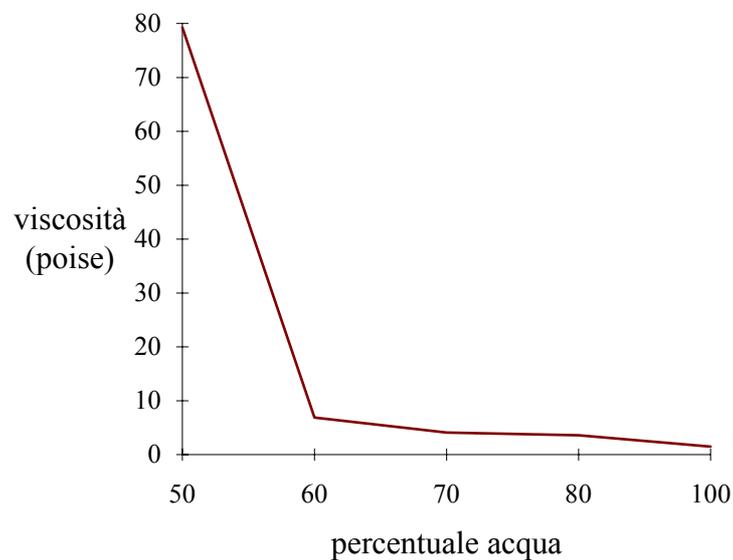


Fig. C.2.1/1 - Andadura de la viscosidad en función del porcentaje de agua



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

D. PROPIEDADES FISICAS

D.1. CARACTERISTICAS FISICAS

Aspecto:	polvo blanco
----------	--------------

Densidad (*) Kg/dm ³	1,1
---------------------------------	-----

(*) Determinación seguida sobre una probeta preparada con un empaste al 60% de agua y envejeciendola 60 días según normativa.

D.2. OBSERVACION AL MICROSCOPIO ELECTRONICO DE ESCANSION (SEM) DE UNA MUESTRA EN POLVO DE PLM-A

Una muestra de mezcla en polvo de PLM-A ha estado observada utilizando un microscopio electrónico de escanión (SEM) Cambrige Stereoscan con el fin de verificar la morfología y las dimensiones de granulación.

D.2.1. RESULTADOS

Tab. D.2.1/1 - Porcentaje de las fracciones granulométricas (estima visual)

MUESTRA	FRACCION GRANULOMETRICA (μ)	ESTIMA %
PLM-A	+200	0,2
	+88 -200	7,0
	+30 -88	12,0
	-30	80,8



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

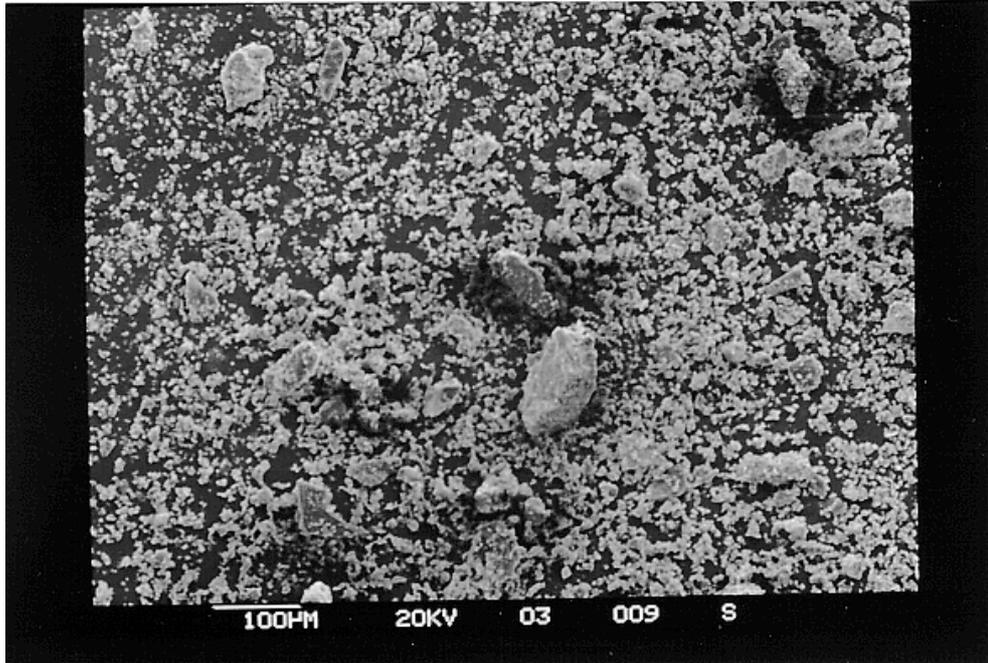


Foto D.2.1/1 - Micrografía al SEM, 130x.

En evidencia granos de Cuarzo con dimensiones variables de 40 a 150µ.

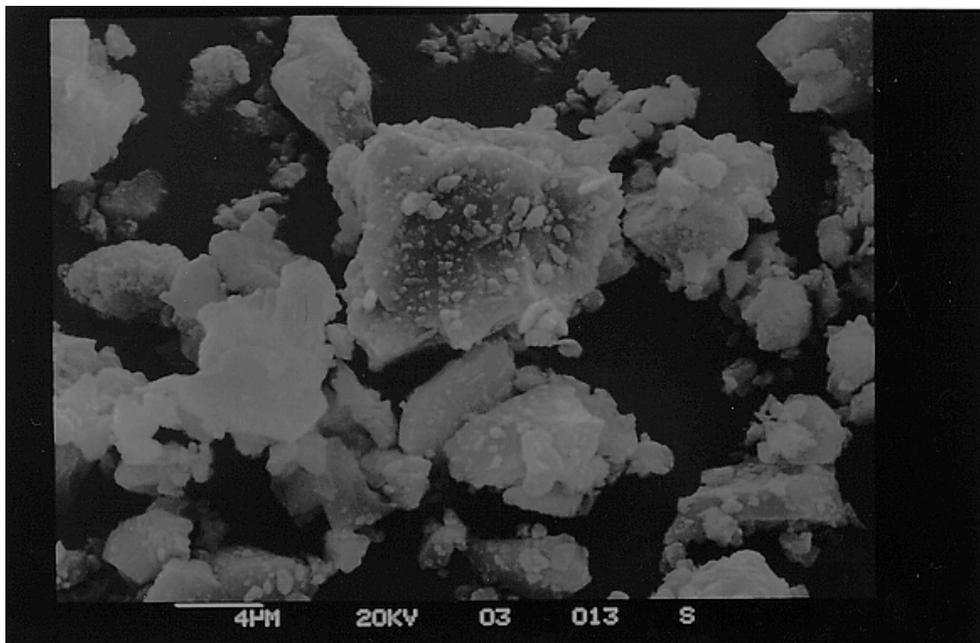


Foto D.2.1/2 - Micrografía al SEM, 3200x.

Particulares granos de la fracción final con dimensiones variables de 1 a 12µ.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

D.3. OBSERVACION A MICROSCOPIO ELECTRONICO DE ESCANSION DE UNA MUESTRA DE PROBETA DE PLM-A DESPUES DE 60 DIAS

Una muestra de probeta de PLM-A después de 60 días ha estado observada a microscopio electrónico de escanión (SEM) Cambrige Stereoscan.

D.3.1. RESULTADOS

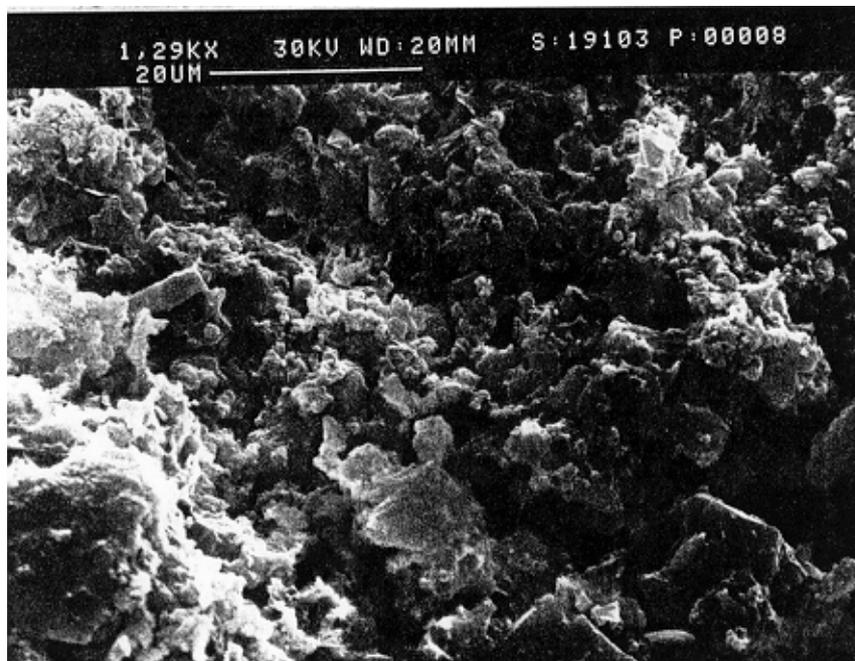


Foto D.3.1/1 - Micrografía al SEM, 1400x.

En evidencia la microporosidad medio-elevada (30-35%) del tipo intergranular.



C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

D.4. DETERMINACION DEL AREA SUPERFICIAL ESPECIFICA Y DE LA POROSIDAD DE UNA MUESTRA DE PROBETA DE PLM-A DESPUES DE 60 DIAS

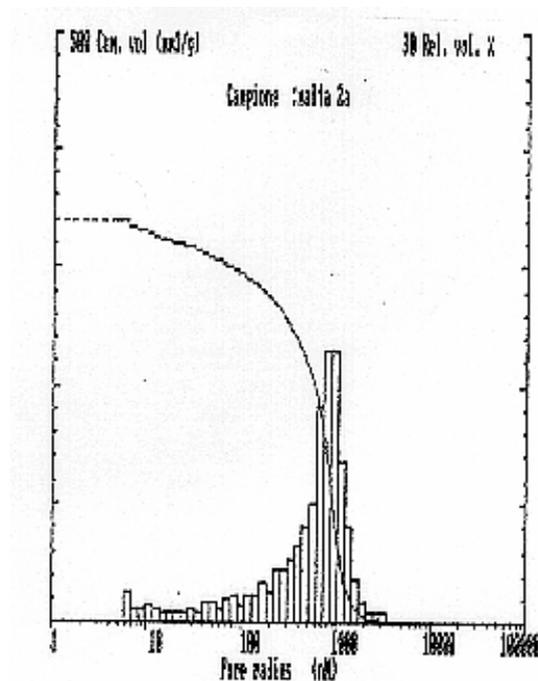
El porcentaje de los poros respecto al volumen de los materiales ha estado medida a través de analisis porosimétricos con un instrumento Porosimeter 2000 Carlo Erba.

D.4.1. RESULTADOS

Tab. D.4.1/1

Area especifica superficial (m ² /g)	6,7
Volumen total acumulativo(mm ³ /g)	338,9
Radio medio de los poros (nm)	945

Fig. D.4.1/1 - Istograma





C.T.S. ESPAÑA

Productos y Equipos para la Restauración, S.L.

C/ Monturiol, 9 – Pol. Ind. San Marcos

28906 Getafe – Madrid

Tel.: +34 91 601 16 40 (4 líneas) / Fax:+34 91 601 03 33

D.5. DETERMINACION DEL ABSORBIMIENTO DE AGUA POR CAPILARIDAD SOBRE UNA PROBETA DE PLM-A DESPUES DE 60 DIAS - NORMA 11/82

D.5.1. RESULTADOS

Tab. D.5.1/1

Número: 3 Forma: cubo Dimensiones: arista de 4 cm		
MUESTRA	RESULTADOS ESPERIMENTALES ΔM (g/cm ²)	TIEMPO (s)
CA = 0,05 (g/cm ² s ^{1/2})	0,3	30
	0,4	120
	0,8	300
	1,4	900
	2,2	1800
	2,2	3600

Fig. D.5.1/1 - Diagrama

