

# CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS DE ESCAYOLA REFORZADOS, EN RELACIÓN CON EL TIPO DE REFUERZO Y LA RELACIÓN A/Y

(CHARACTERIZATION OF REINFORCED SCAGLIOLA COMPOUNDS, RELATED TO THE TYPE OF REINFORCEMENT AND W/P RATIO)

Alfonso García Santos, Dr. Arquitecto.  
Universidad Politécnica de Madrid.  
Profesor Titular del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas.  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Fecha de recepción: 22-VII-04

ESPAÑA

614-13

## RESUMEN

*Se realiza un resumen de las investigaciones realizadas sobre los refuerzos de la escayola con adiciones binarias de fibras y dispersiones poliméricas (patente P2001-02532 titulada "Placas de escayola o yeso reforzadas con adiciones binarias de fibras de polipropileno y dispersiones de melamina-formaldehído").*

*El refuerzo consigue un yeso o una escayola muy resistente para la elaboración de placas prefabricadas de gran formato destinadas al uso en la construcción. Este material está constituido por cualquier tipo de yeso o escayola, como matriz principal, preferiblemente escayola E-35 o similar y adiciones binarias de fibras cortadas de polipropileno de 25 mm de longitud, y dispersiones de melamina formaldehído.*

*Los porcentajes de los componentes del material, calculados con respecto al peso de la escayola o yeso son:*

- 2% de fibra de polipropileno (25 mm de longitud, diámetros de 6 a 10 deniers)
- 0.5% de dispersión de melamina formaldehído (Melment F-10 o Melment L-10).
- Relación agua / yeso = 0.7

*This summary addresses the research conducted on scagliola reinforced with binary additions of fibres and polymer particles (patent P2001-02532 titled (in Spanish) "Scagliola or plaster tiles reinforced with binary additions of polypropylene fibres and melamine-formaldehyde particles").*

*The very strong plaster or scagliola obtained with this type of reinforcement is very well suited for the manufacture of large-scale prefabricated cladding such as used in construction. The material consists in a matrix of any type of plaster or scagliola, preferably scagliola E-35 or similar, along with binary additions of polypropylene filaments cut to a length of 25 mm and melamine formaldehyde particles.*

*The percentage composition of the material, by weight of scagliola or plaster is shown below:*

- 2% polypropylene fibre (25 mm long, diameter from 6 to 10 deniers)
- 0.5% of melamine formaldehyde particles (Melment F-10 or Melment L-10).
- Water/plaster ratio = 0.7

## 1. ANTECEDENTES

El material fue caracterizado, en principio, en mi tesis doctoral, sobre el "Comportamiento mecánico del yeso reforzado con polímeros sintéticos", en el año 1988.

Desde el 25 de mayo de 1999 y como investigador principal estudié el efecto que se producía sobre otros conglomerantes hidráulicos en el proyecto titulado «Estu-

dio del comportamiento dipolar de las adiciones poliméricas combinadas de fibras y dispersiones, con efectos sinérgicos en los materiales compuestos de matriz conglomerada hidráulica», presentado a la convocatoria de Ayudas para la Realización de Proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D).

En el año 2001 y como investigador principal estudié el comportamiento de las adiciones binarias de fibras y dis-

persiones poliméricas sobre placas de matriz de escayola dentro del Programa PROFIT 2000 (Programa Nacional de Materiales) Ministerio de Ciencia y Tecnología. Con el título "Proyecto de desarrollo y caracterización de material compuesto de yeso y escayola, para revestimientos y paneles prefabricados para divisiones interiores". FIT-030000-2000-105. En colaboración con Dragados Obras y Proyectos, S.A. y La Maruxiña, S.A. Con finalización en mayo de 2001.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El refuerzo se basa en la utilización de aditivos sintéticos para conglomerantes en forma de mezclas binarias de fibras y dispersiones, y en los efectos que producen en los conglomerantes, a causa de la carga polar superficial que poseen los polímeros.

Aunque existe una extensísima documentación sobre los efectos de los polímeros sintéticos como aditivos con efectos fluidificantes sobre morteros pastas y hormigones, y sobre los efectos mecánicos que producen las fibras de polímeros sintéticos, no ocurre lo mismo sobre los efectos que sinérgicamente produce el comportamiento conjunto de ambos aditivos y menos aún con la escayola.

Esta falta de grandes vías documentales puede deberse a la escasa preocupación que, hasta la fecha, han suscitado los efectos que producen los aditivos con estados polares en su superficie en los fenómenos de hidratación de los componentes de la escayola.

### 2.1. Comportamiento conjunto

Si bien el comportamiento conjunto de la escayola con los polímeros sintéticos añadidos no presenta grandes complicaciones de reacciones químicas entre componentes (al actuar entre ellos únicamente enlaces secundarios), posee una problemática físico-mecánica específica en cuanto a los siguientes conceptos:

- . Adherencia mutua. En las dispersiones la adherencia está relacionada directamente con las fuerzas electrostáticas que se generan entre la estructura cristalina de los diversos componentes de la escayola y la estructura molecular de las fibras de polipropileno y, además, por la relación física de tamaños entre la fibra y la estructura cristalina de la escayola hidratada.

- . Modificación de la organización estructural de la escayola y de su comportamiento intrínseco, al actuar estas fuerzas electrostáticas desde el inicio del proceso de hidratación de los componentes de la escayola y durante el crecimiento cristalino.

- . Deformación armónica bajo carga. Esta deformación está relacionada con los sistemas estructurales de absorción de

energía, con la adherencia mutua entre componentes del material reforzado, con el acoplamiento de cristales de la escayola, con la deformación de los cristales de la escayola y con la deformación intrínseca de las fibras de polipropileno.

- . Variación del comportamiento higrótérmico de la escayola debida a la disminución de la porosidad provocada por el relleno de los espacios intercristalinos por moléculas de los polímeros en emulsión, disminuyendo tanto la capacidad de absorción del agua en estado líquido como la capacidad de entumecimiento de la estructura generada.

- . Aumento de la superficie de contacto de los agregados cristalinos de la escayola al disminuir la porosidad interna, conllevando un aumento de las resistencias mecánicas.

- . Distribución adecuada de los agregados fibrosos para posibilitar una especialización de la absorción de tensiones internas: tracción para las fibras y compresión para el agregado cristalino de la escayola.

- . Optimización de las cantidades de cada agregado sobre la base de un análisis del comportamiento tensión – deformación-plastificación-rotura.

## 3. ENSAYOS

Con carácter general, los ensayos pertinentes se han realizado en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la E. T. S. A. M.

La división de tareas del proyecto de investigación se establece sobre la base del Plan de Ensayos. A continuación se enumeran dichas tareas:

### A. Estudio del comportamiento mecánico

- Ensayos de flexión y compresión de matrices con adiciones unitarias y binarias de diferentes porcentajes de fibras y dispersiones, y diferentes relaciones agua yeso.

### B. Estudio del comportamiento físico

- Comprobación de la densidad para las mezclas unitarias y binarias de fibras y dispersiones poliméricas.
- Comprobación del peso seco para las mezclas unitarias y binarias de fibras y dispersiones poliméricas.
- Comprobación de la dureza Shore C para las mezclas unitarias y binarias de fibras y dispersiones poliméricas.

### C. Evaluación de los resultados obtenidos.

Los porcentajes de fibras y dispersiones y las relaciones agua yeso utilizados son los siguientes:

- Mezclas unitarias: Relaciones de A/Y = 1,0/0,9/0,8/0,7 con porcentajes de adición de fibras de 0,5%-1%-1,5%-2%.

- Mezclas Binarias: Relaciones de A/Y = 1,0/0,9/0,8/0,7 con porcentajes de adición de fibras de 0,5%-1%-1,5%-2% y dispersión 0,5%.

### 3.1. Probetas prismáticas de escayola

#### 3.1.1. Condiciones generales de los ensayos según norma

Los ensayos se realizan de acuerdo con lo especificado en el "Pliego General de Condiciones para la Recepción de Yesos y Escayolas en las Obras de Construcción" RY-85, cuyo epígrafe 7, correspondiente a "Métodos de Ensayo", hace referencia a las Normas UNE 102.031 «Yesos y Escayolas de Construcción. Métodos de Ensayos Físicos y Mecánicos», y a la Norma UNE 102.032, «Yesos y Escayolas de Construcción. Métodos de Análisis Químico».

#### PRODUCTOS

Los materiales usados en los ensayos son los siguientes:

Escayola: E.35/L y E.30

Fibra: Polipropileno

Dispersión: Policondensado de melamina formaldehído Melment L-10.

#### PROCEDIMIENTO CON ADICIÓN DE FIBRA Y DISPERSIÓN

Se realizará una amasada por cada porcentaje de fibra añadido (0,5, 1, 1,5, 2, 2,5%) con 3 probetas por cada amasada. Después se realizan el mismo nº de probetas iguales a las anteriores adicionándolas la dispersión en un porcentaje de 0,5%.

Los pasos a seguir son los mismos que antes, pero con las modificaciones que siguen y que no están contenidas en la norma:

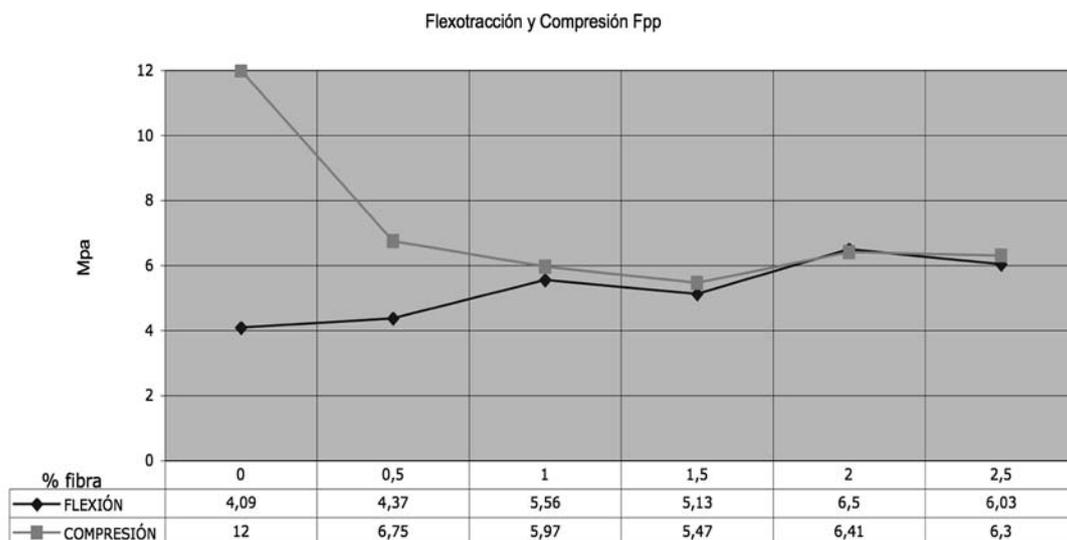
1. Según la norma.
2. Antes de echar la escayola se mezcla ésta con la fibra, una vez ha sido desfibrada, en un recipiente y, a continuación, se echa la mezcla en el agua. En el caso de adicionar la dispersión, ésta se disolverá en el agua antes de echar la mezcla anterior.

#### 3.1.2. Ensayos del comportamiento conjunto

Las siguientes gráficas expresan la relación de peso seco, densidades, dureza Shore C, tensiones a flexión y compresión, expresados en porcentajes y valores absolutos con respecto a la probeta base y las diversas relaciones agua yeso, situándose en gráficos contiguos el comportamiento con y sin la adición de melamina-formaldehído en forma de dispersión.

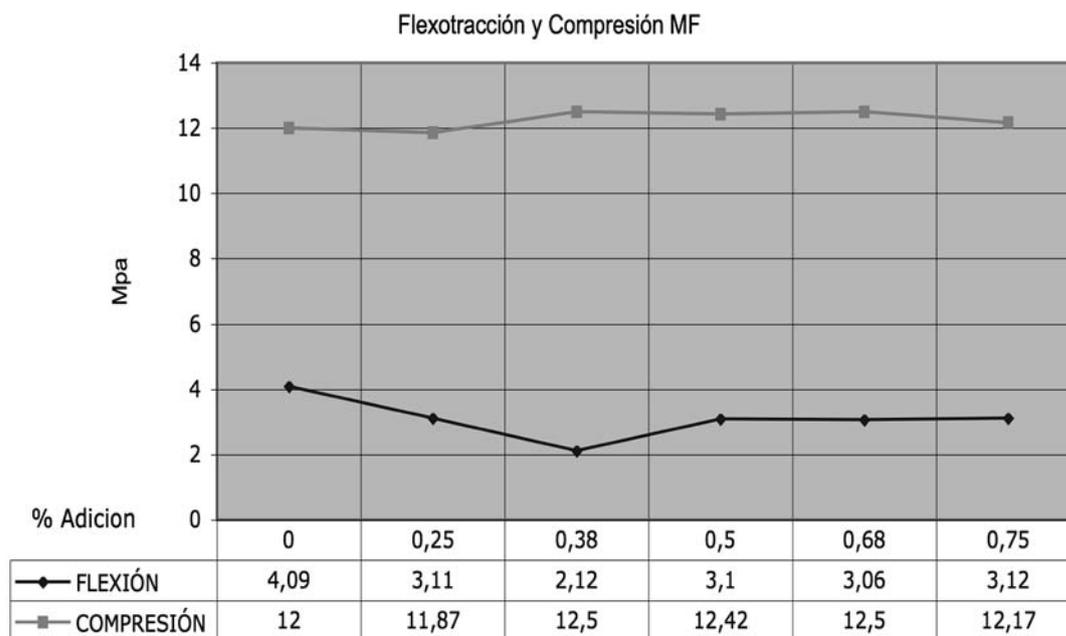
A CONTINUACIÓN SE RESUMEN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN, CON ADICIONES UNITARIAS DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CON ESCAYOLA E- 35-L, Y RELACIÓN A/Y=0.7

- RELACIÓN ENTRE LA TENSION DE ROTURA DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN, Y EL % DE ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO.

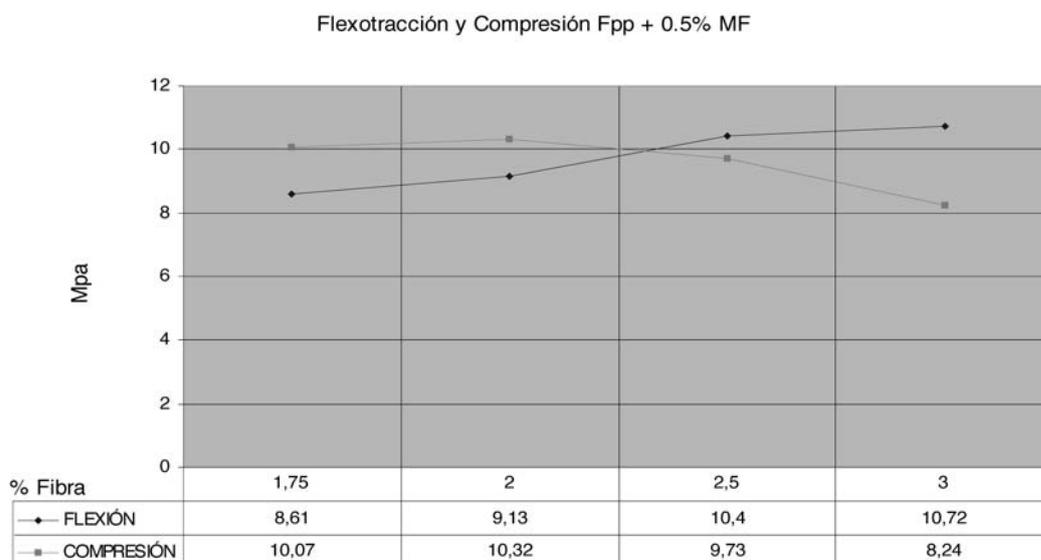


CONCLUSIONES: Incremento de la resistencia a flexotracción.  
Reducción de la resistencia a compresión.

- RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN DE ROTURA DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN, Y EL % DE ADICIÓN DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO.

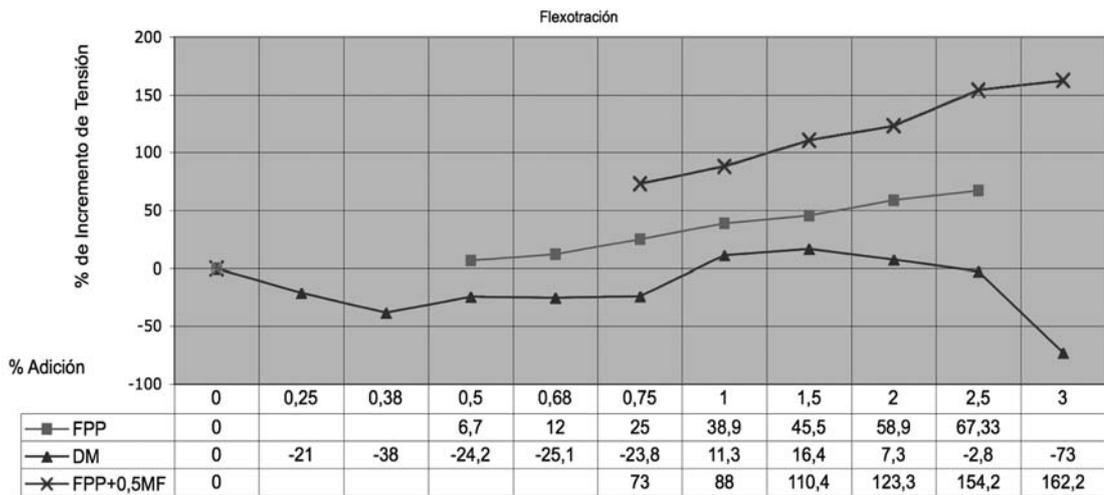


- CONCLUSIONES: Incremento de la dureza superficial. Efecto fluidificante.
- RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN DE ROTURA DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN, Y EL % DE ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO.



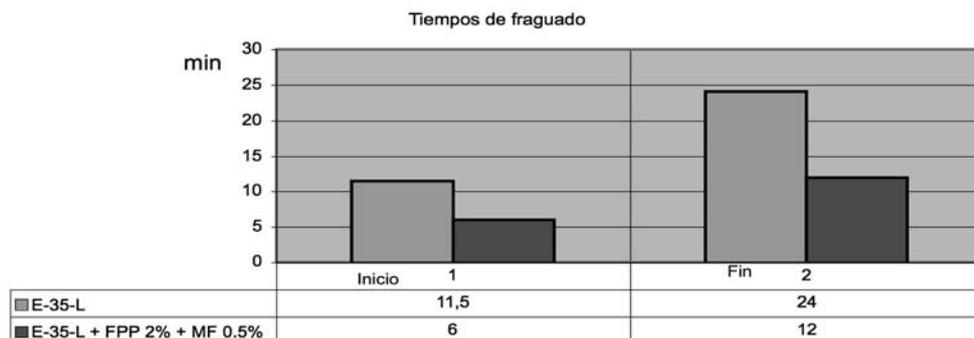
- CONCLUSIONES: Gran capacidad de deformación elástica.  
Incrementos de resistencia a flexotracción.  
Ausencia de rotura frágil, manteniéndose unidos los extremos de las probetas.

- RESUMEN DE RESULTADOS DE ESCAYOLA, CON ADICIONES BINARIAS DE DIVERSOS PORCENTAJES DE FIBRAS DE POLIPROPILENO, Y 0.5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO.

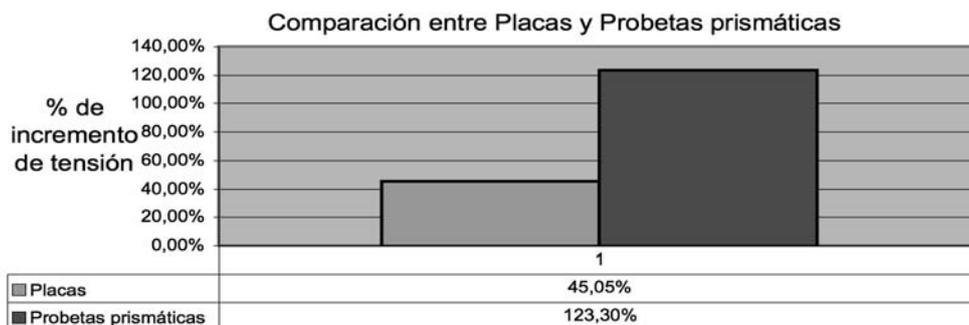


CONCLUSIONES: Efecto sinérgico de la adición binaria con respecto a las adiciones unitarias.  
Ausencia de rotura frágil, manteniéndose unidos los extremos de las probetas.

- RESUMEN DE TIEMPOS DE FRAGUADO, DE ESCAYOLA CON ADICIONES BINARIAS, DE 2% DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO.



- COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE PORCENTAJES DE INCREMENTO DE TENSIÓN DE FLEXOTRACCIÓN, ENTRE PROBETAS PRISMÁTICAS Y PLACAS, DE ESCAYOLA CON ADICIONES BINARIAS, DE 2% DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO.

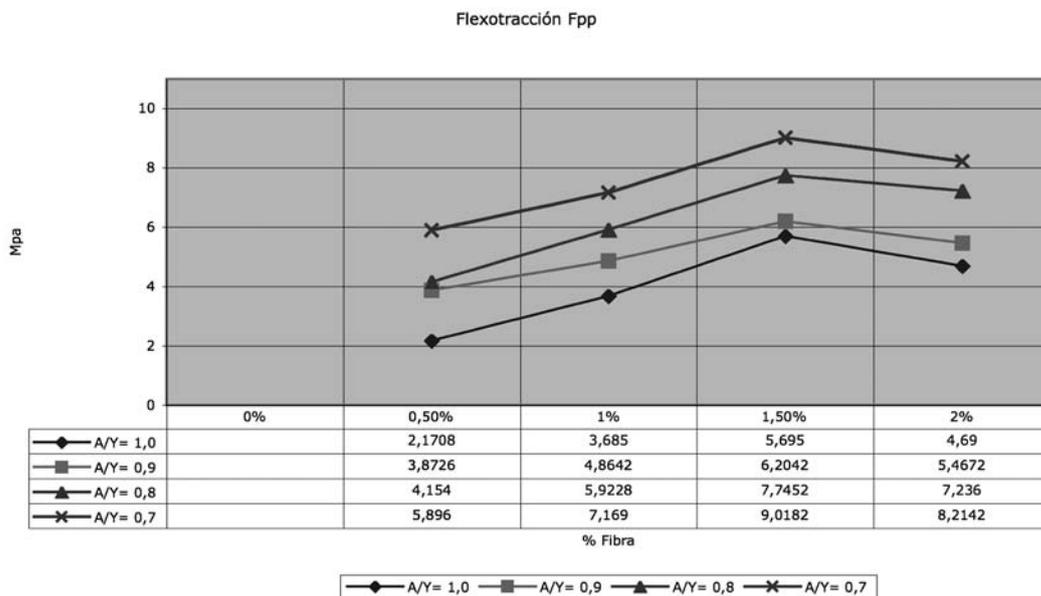


- COEFICIENTE DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD, DE ESCAYOLA CON ADICIONES BINARIAS, DE 2% DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO.

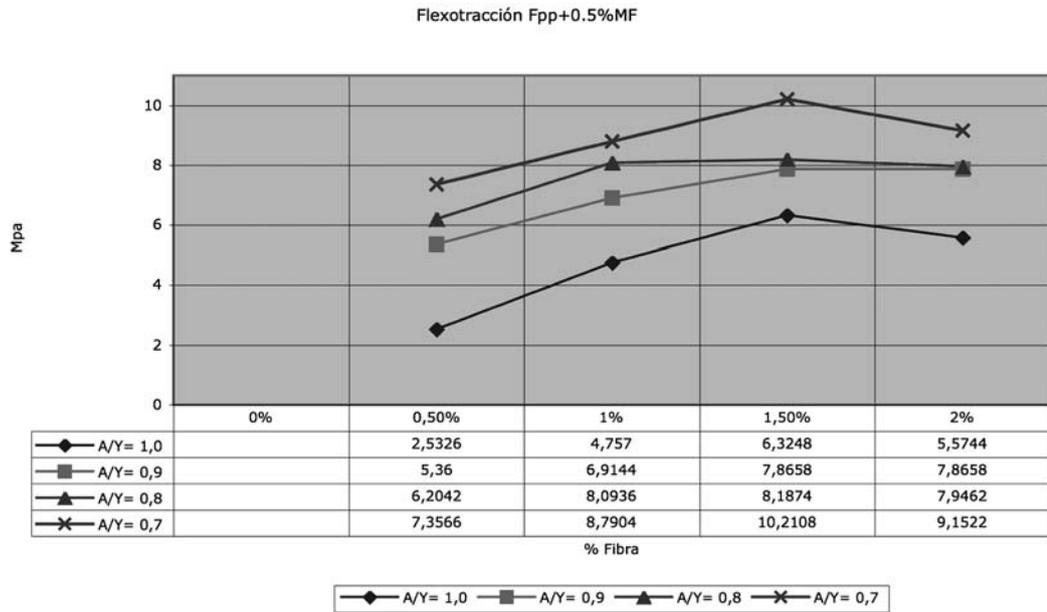
	Coefficiente de absorción %	Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	Porosidad %
E-35-L	43.20	1.14	50.00
E-35-L + FPP 2% + MF 0,5%	40.80	1.10	44.90

A CONTINUACIÓN SE RESUMEN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN, CON ADICIONES UNITARIAS DE FIBRAS DE POLIPROPILENO CON ESCAYOLA E-30, Y **DIVERSAS RELACIONES A/Y**.

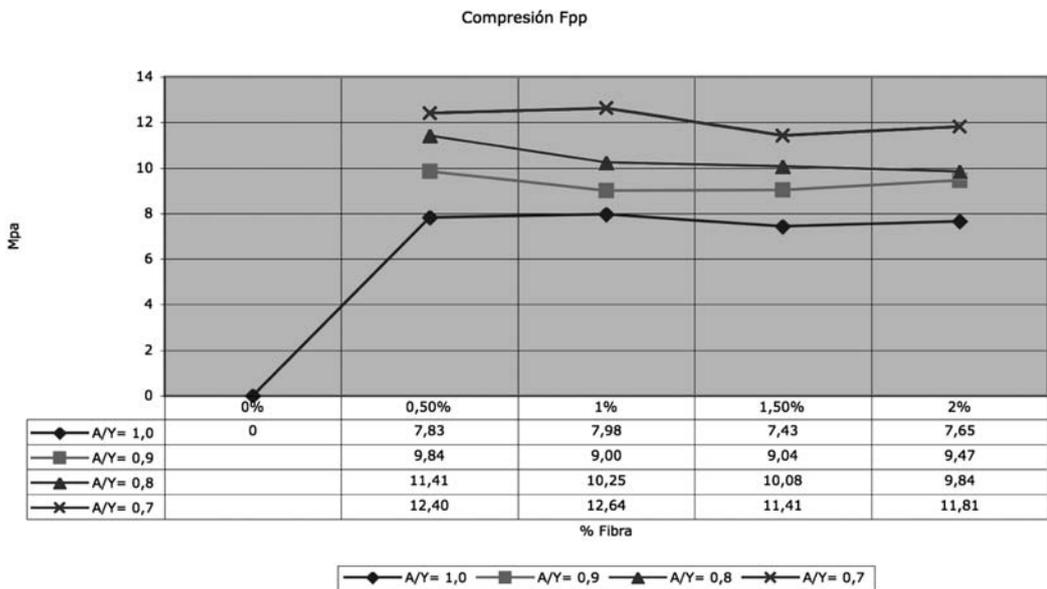
- COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE INCREMENTO DE TENSIÓN DE **FLEXOTRACCIÓN**, DE ESCAYOLA CON ADICIONES **UNITARIAS**, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y **DIVERSAS RELACIONES A/Y**.



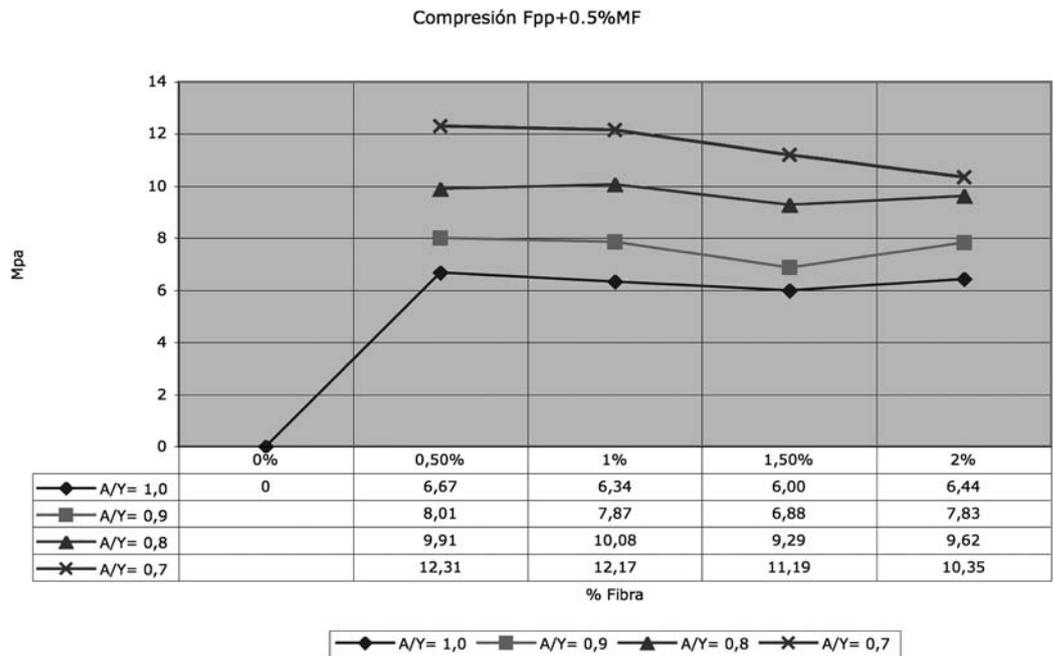
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE INCREMENTO DE TENSIÓN DE FLEXOTRACCIÓN, DE ESCAYOLA CON ADICIONES BINARIAS, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO Y DIVERSAS RELACIONES A/Y.



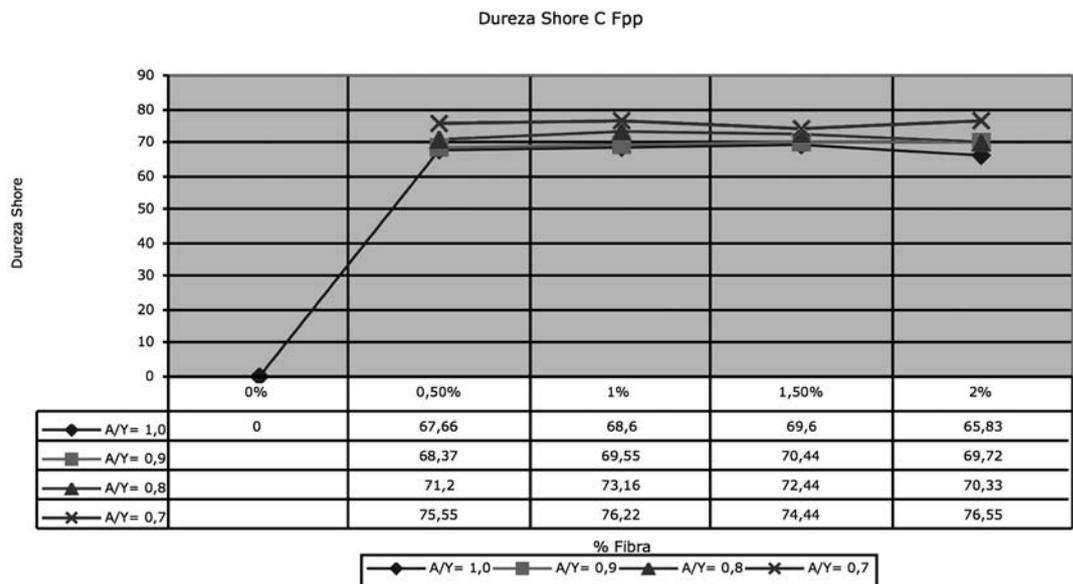
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE INCREMENTO DE TENSIÓN DE COMPRESIÓN, DE ESCAYOLA CON ADICIONES UNITARIAS, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y DIVERSAS RELACIONES A/Y.



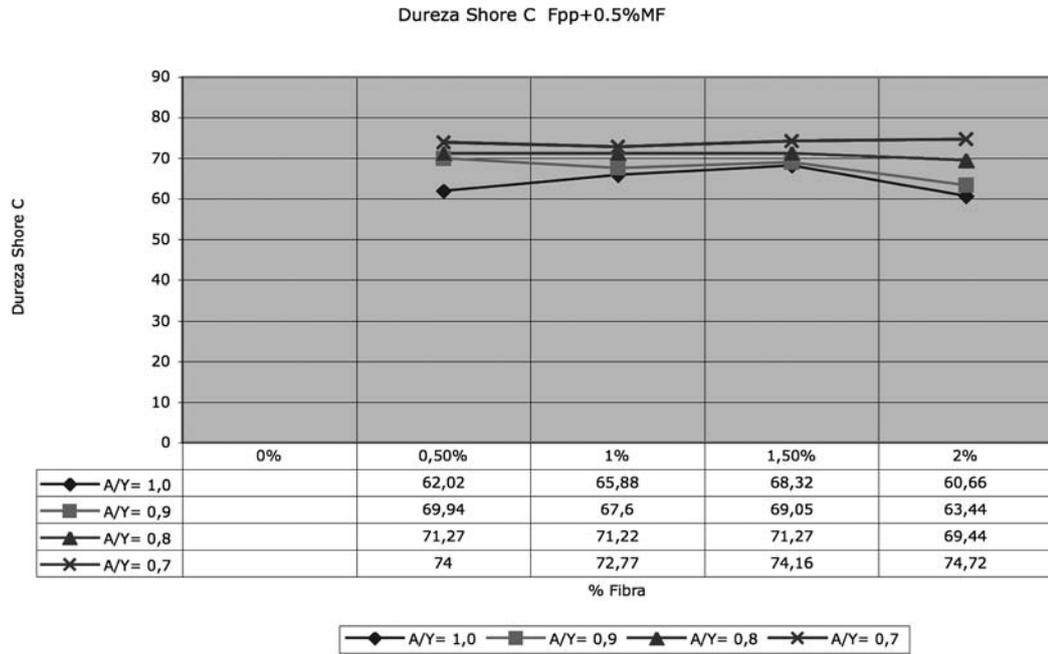
- COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE INCREMENTO DE TENSIÓN DE **COMPRESIÓN**, DE ESCAYOLA CON ADICIONES **BINARIAS**, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO Y DIVERSAS RELACIONES A/Y.



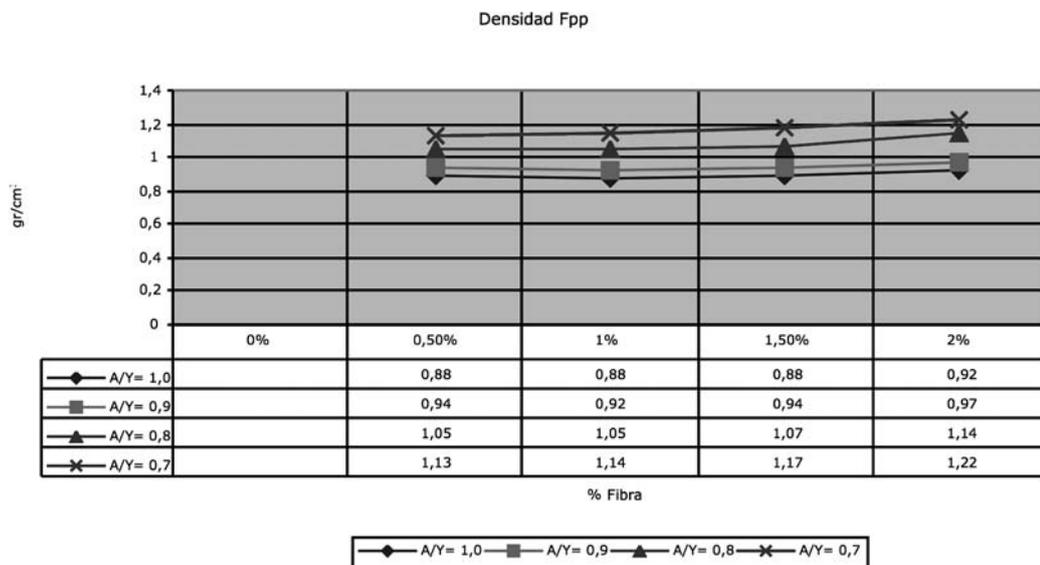
- COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE **DUREZA SHORE C**, DE ESCAYOLA CON ADICIONES **UNITARIAS**, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y DIVERSAS RELACIONES A/Y.



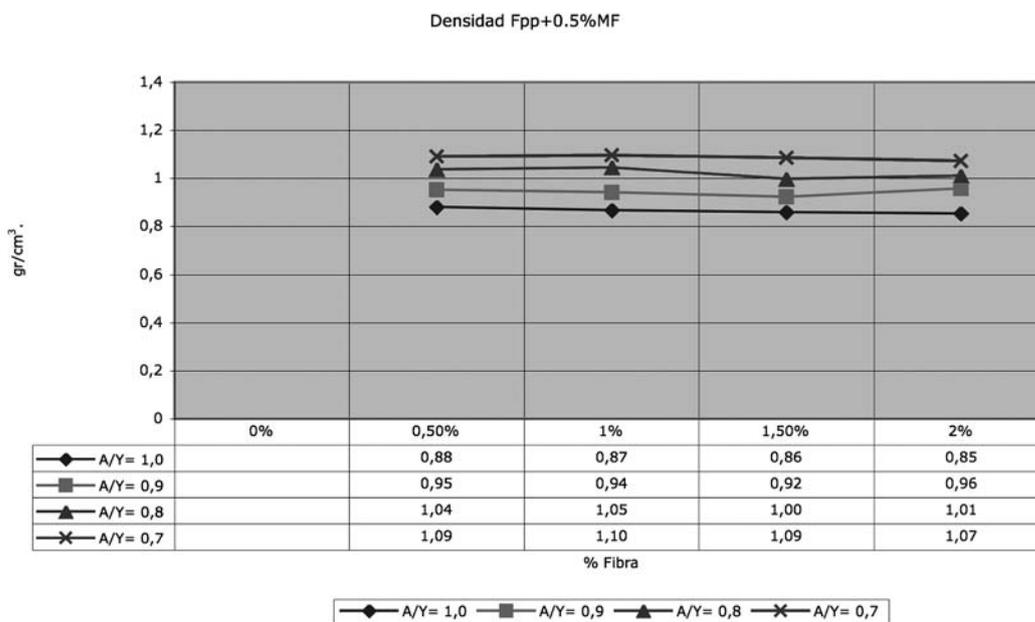
- COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE **DUREZA SHORE C**, DE ESCAYOLA CON ADICIONES **BINARIAS**, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO Y DIVERSAS RELACIONES A/Y.



- COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE **DENSIDADES**, DE ESCAYOLA CON ADICIONES **UNITARIAS**, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y DIVERSAS RELACIONES A/Y.



- COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE **DENSIDADES**, DE ESCAYOLA CON ADICIONES **BINARIAS**, DE FIBRA DE POLIPROPILENO Y 0,5% DE DISPERSIÓN DE MELAMINA FORMALDEHÍDO Y DIVERSAS RELACIONES A/Y.



### 3.2. Líneas de fractura

A continuación se analizan los aspectos exteriores de las probetas mediante sus líneas de fractura, así como su macroestructura interna mediante el microscopio electrónico de barrido.

Se observa la aparición de multitud de líneas de rotura en la zona central de la probeta, en vez del plano único de rotura de las probetas sin adiciones. También se observa el agotamiento por compresión en el entorno de los apoyos inferiores.

La rotura se inicia en las aristas inferiores de la probeta, discurriendo hacia la zona central de la cara inferior y ascendiendo por los laterales de ésta.

En la fotografía del lateral de la probeta se observa una zona de agotamiento ante tensiones de compresión en la zona de entallamiento de los apoyos, así como la aparición de unas líneas de rotura con disposición radial, con foco en los tres apoyos.

En la cara inferior de la probeta las líneas de rotura constan de tres zonas diferenciadas: dos laterales y una central. Las zonas laterales presentan una mayor definición de bordes con una directriz rectilínea. La zona central está formada por una multiplicidad de microlíneas de fractura en las que se observa la presencia de una tendencia a directrices curvas.

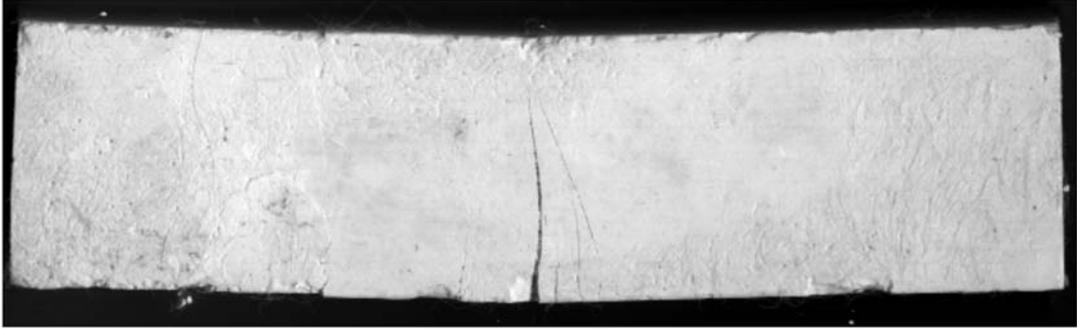
La aparición de líneas de rotura con disposición radial en la cara lateral, cuya máxima amplitud conecta los apoyos inferiores con el superior, y la disposición curvada de éstas en la zona central de la cara inferior son debidas a la acción de tensiones de esfuerzo cortante en el interior de la probeta.

La existencia de estas líneas de rotura, y la existencia de zonas de agotamiento por compresión en el entorno de los apoyos, demuestra una gran adherencia entre la matriz y las adiciones de fibra y dispersión utilizadas. La adherencia existente entre la matriz y los agregados responsables de la acción sinérgica puede también observarse mediante el microscopio electrónico de barrido, sobre fibras extraídas de la matriz en las que se observan cristalizaciones de dihidrato adheridas a la superficie de la fibra.

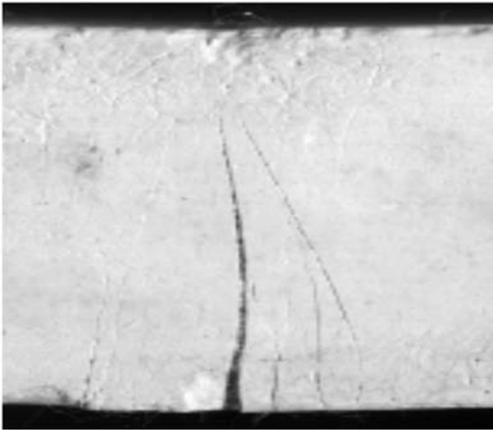
### 4. CONCLUSIONES

De los ensayos realizados y de los análisis efectuados, se puede concluir que la adición de fibras de polipropileno como elemento de refuerzo de la escayola produce incremento de valores de resistencia mecánica ante tensiones de flexotracción muy diferentes entre adiciones unitarias y binarias.

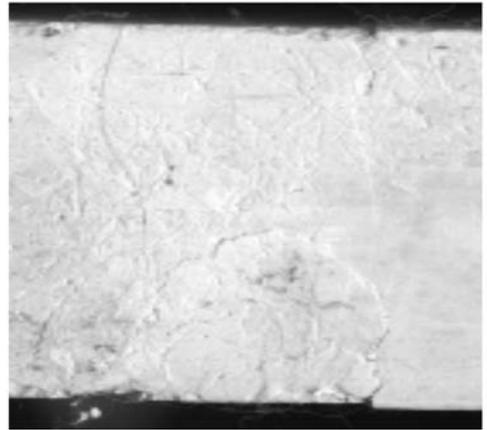
La adición binaria (con aditivo) de fibras de *Typha Latifolia* y policondensado de melamina-formaldehído produce efectos sinérgicos en los valores de resistencia con respecto a las adiciones unitarias.



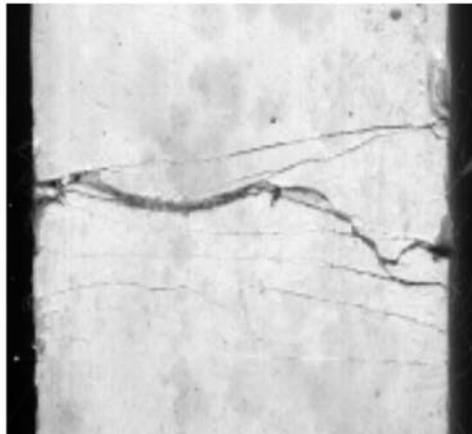
*Vista lateral de la probeta.*



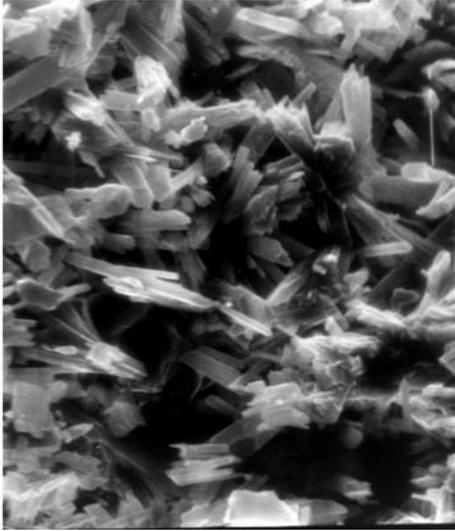
*Vista lateral del centro de la probeta.*



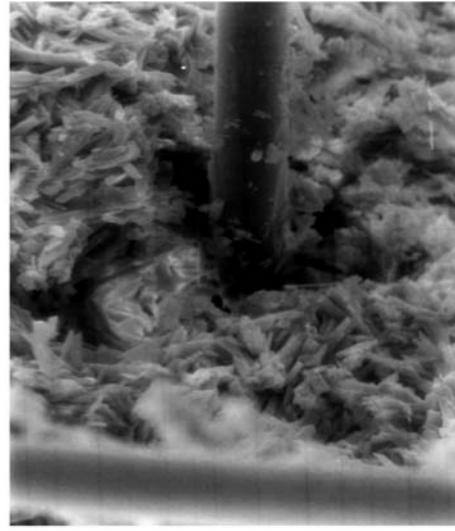
*Detalle del apoyo lateral.*



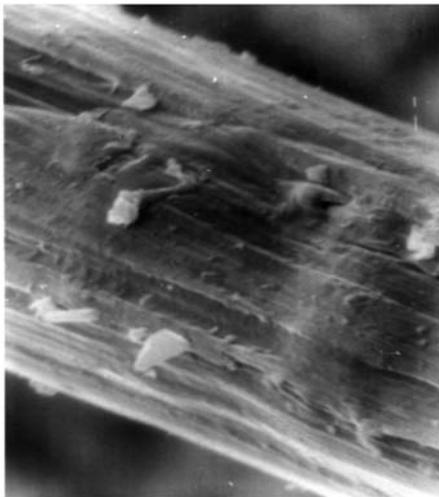
*Vista inferior de la probeta.*



*Detalle de la fibra de polipropileno con dispersión de policondensado de melamina formaldehído.*



*Formación de cristales de dihidrato en la superficie de la fibra.*



*Fibra de polipropileno con gran cantidad de cristales de dihidrato en su superficie.*



Sin embargo, la adición de fibras de polipropileno como elemento de refuerzo de la escayola produce disminuciones en general de los valores de resistencia mecánica ante tensiones de compresión.

La adición de fibras de polipropileno no produce un efecto de reducción de peso, ni de modificación de la dureza superficial.

Por lo tanto se concluye que dadas sus propiedades de resistencia a flexión, se trata de un material que puede ser utilizado para las siguientes aplicaciones: en paneles prefabricados para divisiones interiores, y cielorrasos modulares prefabricados.

Las propiedades mecánicas del material compuesto son el resultado de la complementariedad de funciones entre las

fibras y la matriz, así como de las relaciones que se establecen entre ellas, permitiendo un trabajo conjunto.

Para aplicaciones de puesta en obra in situ, con relación  $A/Y = 1$  y con adiciones binarias, los resultados obtenidos del material compuesto son los siguientes:

**- 0,5% de fibra y 0,5% de dispersión**

Densidad de..... 0,88 gr/cm<sup>3</sup>

Dureza Shore C..... 62,02

Resistencia a flexotracción.....2,53 Mpa

Resistencia a compresión.....6,67 Mpa

**- 1,0% de fibra y 0,5% de dispersión**

Densidad de.....0,87 gr/cm<sup>3</sup>

Dureza Shore C..... 65,88  
 Resistencia a  
 flexotracción..... 4,75 Mpa  
 Resistencia a  
 compresión..... 6,34 Mpa

**- 1,5% de fibra y 0,5% de dispersión**

Densidad de..... 0,86 gr/cm<sup>3</sup>  
 Dureza Shore C..... 68,32  
 Resistencia a  
 flexotracción..... 6,32 Mpa  
 Resistencia a  
 compresión..... 6,00 Mpa

**- 2,0% de fibra y 0,5% de dispersión**

Densidad de..... 0,85 gr/cm<sup>3</sup>  
 Dureza Shore C..... 60,66  
 Resistencia a  
 flexotracción..... 5,57 Mpa  
 Resistencia a  
 compresión..... 6,44 Mpa

**BIBLIOGRAFÍA**

Las referencias documentales se basan en las reseñas bibliográficas que se citan a continuación.

- Albon, N. y Dunnig, W.J. Acta Crystallor. 15 (1962), Pág. 474.
- Cavazzi, A. Kolloid-Z, 12 (1.913) Pág. 196.
- Egli, P.H. & Johnson, L.R. «The Art and Science of Growing Crystals». J.J.Gilman, Ed., Wiley, N.Y. 1963. Pág. 194.
- Feldman, D. "Polymeric Building Materials" (Elsevier, London, 1989), consulta obligada para todo lo relacionado con las adiciones de materiales poliméricos a conglomerantes y conglomerados basados en el cemento, cales y yesos.
- García Santos, Alfonso "Comportamiento mecánico del yeso reforzado con polímeros sintéticos" Tesis Doctoral. Etsam 1988.
- García Santos, A. "Los plásticos en la construcción (I) y (II)". Estructura y propiedades. "Cuadernos del Instituto Juan de Herrera". Madrid, 1999.
- García Santos, Alfonso. "Apuntes de la asignatura Materiales de Construcción". Cursos 1999-2000-2001

- Gunn, D.J. "Mechanism for the Formation and Growth of Ionic Precipitates from Aqueous Solution". 1976. Pág. 133-140.
- Gurney, R.W. "Ionic Processes in Solution". Mc. Graw Hill N.Y. 1953
- Heller, W. Rev. Pure Appl. Chem. 12 (1966), Pág. 249.
- Horta A., Sánchez C., Fernández I., Pérez A., "Los plásticos más usados" Textos de educación permanente. U.N.E.D.1.997.
- Ilston, J.M. Construction materials. London, 1994.
- Krenchel, H. "Fibre Reinforcement". Akademisk Forlag, Copenhagen. 1964. Pág. 159.
- Kroschwitz J.I. "Polymers: Fibers and textiles". A. Compendium., Ed. John Wiley, New York. 1990.
- Kuntze, R.A. "Retardation of the Crystallisation of Calcium Sulphate Dehydrate". Nature nº 5047, vol. 211, 1966. Pág. 406-
- La Mer, V.K. y Healy, T.W. "Rev. Pure. Appl. Chem. 13 (1963), Pág. 112.
- Lunar, R. y Oyarzun, R. "Yacimientos minerales". Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. 1.991.
- Martínez-Jiménez, A. "Los Tensoactivos en el Campo del Yeso". Hoecht Ibérica, S.A.
- Miravete, A. "Los nuevos materiales de construcción". Zaragoza, 1994
- Moillet, J.L. Collie, B. & BLACK, W. "Surface Activity". Spon London. 1961.
- Murat Puztaszeri y Gremion. "Correlación entre la Estructura Cristalina y Propiedades Mecánicas de los Yesos Endurecidos". Rilem. Budapest 1974. Pág. 377-385.
- Neville, H.A. J. Phys. Chem. 30 (1926), Pág. 1037.
- Ostwald, W. y Wotski, P. Kolloid-Z. 27 (1920), Pág. 78.
- Sanders, B.A. "Short Fiber Reinforced Composite Materials" ASTM, 1982.
- Sholze, H. "Comportamiento en Mojado y Adherencia de yeso". Eurogypsum. Würzburg. 1982.
- Sholze, H. "La estructura en la zona de contacto y de la superficie en los enlucidos de yeso". Munich. 198
- Schwartz. "Composite Materials Handbook". Mc. Graw Hill. 1984.
- Smith, B.R. & Alexander, A.E. "The Effect of Additives on the Process of the Crystallisation". Journal of Colloid and Interface Science, vol. 34. 1976. Pág. 81-90.
- Traube, J. Kolloid-Z, 25 (1919) Pág.
- Villanueva Domínguez, L. "Influencia de los movimientos diferenciales y del módulo de elasticidad en el comportamiento del yeso". Artículos Técnicos. 1985. Pág. 2-8.
- Weiss, J. & Bord, C. "Les Materiaux Composites". L'usine. Paris. 1983.

\*\*\*