



## **MORTEROS SUSTENTABLES CON ADICIÓN DE FIBRAS PARA SER USADOS EN REPARACIONES.**

ANDRADA, Rosa C.<sup>1</sup>, BARONETTO, Carlos E.<sup>2</sup> MUGETTI, Virginia<sup>3</sup>, RAGGIOTTI, Bárbara B.<sup>4</sup>, BOSSIO, Fiamma<sup>5</sup>, LUDUEÑA, Francisco<sup>6</sup>, CEBALLOS, Vanina L.<sup>7</sup>, FULGINITI, Bruno N.<sup>8</sup>

CINTEMAC – Centro de Investigación, Desarrollo y transferencia de materiales y calidad.  
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba – Córdoba – Argentina.  
cintemac@gmail.com, <sup>1</sup> carina\_andrada@hotmail.com, <sup>2</sup> carlosbaronetto@gmail.com, <sup>3</sup>  
vikymugetti@gmail.com, <sup>4</sup> belenraggiotti@gmail.com, <sup>5</sup> fiammabossio@gmail.com,  
<sup>6</sup> franludu07@gmail.com, <sup>7</sup> luzceballos2018@gmail.com, <sup>8</sup> brunofulginiti99@gmail.com

### **RESUMEN**

Las reparaciones en morteros cuyas grietas no superan el centímetro de ancho se resuelven mediante la utilización de llaves o trabas. Esto es cortar parte del revestimiento hasta llegar a la mampostería y colocar una barra de hierro en forma de llave incrustada para luego cubrirla con mortero. Las trabas quedan expuestas y la continuidad estructural sigue siendo un problema debido a la concentración de tensiones donde se incluye la armadura. Una solución técnica y estética es desarrollar morteros con la incorporación de fibras de acero, provenientes de virutas que hoy constituyen un scrap o un residuo de herrerías, con distintos porcentajes, 5% al 20%. Se los comparó mecánicamente a compresión y flexión a 7 y 28 días con un mortero referencia y morteros con 10% y 20% de fibras comerciales de acero. Los resultados mostraron que los morteros con fibras de viruta alcanzaron mejores resistencias mecánicas y trabajabilidad.

**Palabras claves:** Mortero, fibras de acero, reparaciones.

### **INTRODUCCIÓN**

La fisuración de los morteros en la mampostería debido a tensiones de contracción y/o asentamientos diferenciales de los muros es una problemática recurrente a nivel habitacional y de vivienda. La solución constructiva en la actualidad, para este tipo de patologías es la utilización de llaves o trabas que consiste en retirar parte del mortero de revestimiento en la zona fisurada, llegando hasta la mampostería y luego perforar y colocar hierros en forma de “u” para “coser” la grieta y consecuentemente reparar el revoque. Luego del curado, la llave de acero se visualiza en la superficie resultando una terminación poco estética.

Lo que se pretende lograr, es un mortero con fibras que permita absorber las tensiones en la grieta y reemplazar la colocación de trabas.

Atentos a que mundialmente la tendencia tanto industrial como de la construcción, está enfocada en la medida de lo posible en la economía circular [1] [2] y acorde a este concepto, se pensó este material como un mortero capaz de albergar fibras recicladas. En

esta primera etapa de la investigación, se trabajó con fibras resultantes del scrap de la industria de la tornería como fibras recicladas, comparando su comportamiento con un mortero patrón y fibras comerciales. A posterior, se pretende ampliar esta investigación a otras fibras recicladas.

## **OBJETIVOS**

- Verificar la factibilidad de incorporación de fibras recicladas en morteros.
  - Verificar que las propiedades físicas y mecánicas encuadren dentro las normativas de morteros en la República Argentina.
  - Verificar la trabajabilidad de la mezcla con esta incorporación y que porcentaje de fibras es el óptimo.
  - Analizar las propiedades que le confiere la fibra y la compatibilidad con el cemento y estabilidad química.
  - Verificar la distribución de las fibras en la matriz cementicia mediante el uso de microscopio.
- Verificar la mejora en la resistencia a compresión y flexión de la mezcla con fibras recicladas respecto del mortero patrón y de fibras comerciales.

## **PLAN EXPERIMENTAL**

Se diseñó una mezcla patrón de mortero de cemento portland y agregados de peso normal (arenas naturales) como comparador de las mezclas modificadas. Se lo designó con las siglas MP.

Por otro lado, se elaboraron mezclas modificadas, utilizando cemento portland como aglomerante, arenas naturales e incorporación de fibras de viruta de acero, en el caso de los morteros reciclados y con fibras de acero Wirand® FS3N, para los de fibras comerciales. En el caso de las fibras recicladas se realizó una incorporación de 5%, 7.5%, 10%, 15% y 20% y se denominaron MF5, MF7.5, MF10, MF15 y MF20 respectivamente. Para los morteros con fibras comerciales los porcentajes fueron 10%, 15% y 20% y se denominaron FC10, FC15 y FC20.

Para cada una de las muestras se evaluaron en estado endurecido las propiedades mecánicas: resistencia a compresión y flexión a 7 días y a 28 días. Y mediante determinaciones por microscopio se realizó un análisis cualitativo de la matriz cementicias y la distribución de las mismas en ella.

Se pretende continuar la investigación con determinaciones de resistencia al arranque mediante el método de pull off.

## **PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

A continuación, se presentan las características físicas de los materiales utilizados: cemento, arena, fibras recicladas y fibras de acero comerciales.

### **Cemento**

CPF 40: cemento portland con filler calcáreo, de procedencia de la provincia de Córdoba. Con una resistencia a la compresión de 40 MPa a los 28 días.

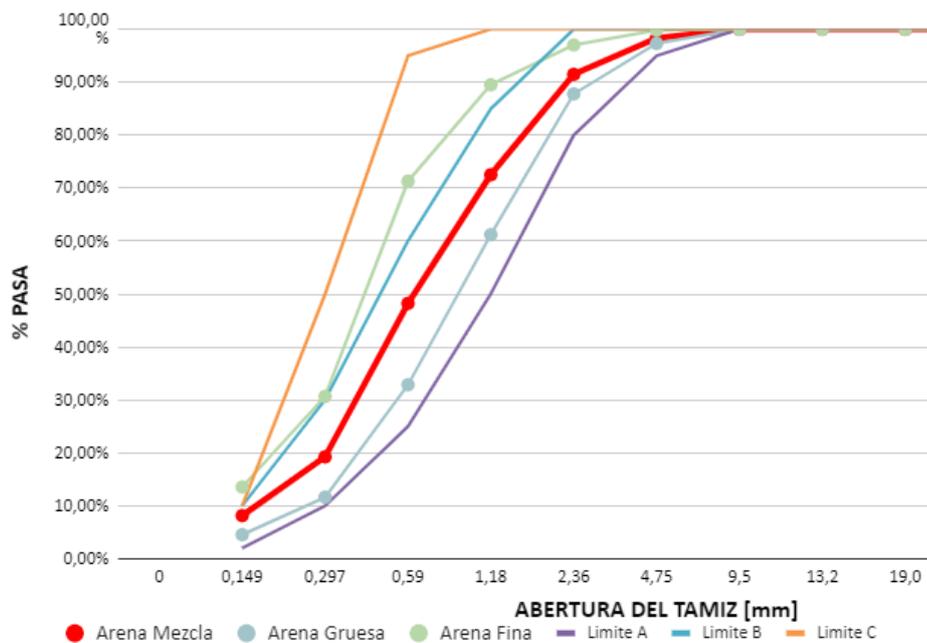
## Agregados

Se utilizaron dos arenas, una fina y una gruesa, de origen natural de cauces de ríos de la provincia de Córdoba, cuyas partículas son de forma redondeada. Las muestras analizadas no contienen impurezas, sales ni tierra. La arena utilizada es una arena mezcla, con 40% de contenido de arena fina y 60% de arena gruesa para obtener una mejor distribución granulométrica y módulo de finura. En la Figura 1 se observa la granulometría de los agregados.

Los agregados se caracterizaron con densidad relativa, módulo de finura y porcentaje de absorción según Norma IRAM 1520 [3]. En la Tabla 1 se presentan los valores obtenidos.

**Tabla 1:** Caracterización del agregado natural

Muestra	Densidad relativa [g/cm <sup>3</sup> ]	Absorción [%]	Módulo Finura
Arena mezcla	2,63	1,2	2,62
Arena Fina	2,63	1,2	1,98
Arena Gruesa	2,63	1,0	3,05



**Figura 1:** Granulometría de los agregados

## Fibras recicladas

Las fibras utilizadas fueron obtenidas de scrap de acero, que se obtienen producto del descarte de los talleres de tornería y herrería. Debido a que son trabajos manuales y a baja escala, estas fibras hoy no tienen un valor comercial de importancia y no son uniformes en su obtención.

Se clasificaron las fibras previamente a su utilización, procurando el uso de aquellas de tamaño y forma similar y que cumpliera con la premisa de que la longitud fuese mucho mayor en magnitud que su espesor. Aproximadamente una relación largo/ancho de 35 o

superior. Se puede observar, que estas fibras tienen una textura rugosa y en vez de ser alargadas como las fibras comerciales se presentan por lo general en forma de espiral.

En la Figura 2, se observa el scrap recibido, previo a su clasificación. En la Figura 3, las fibras seleccionadas previo a su utilización en el mortero y la Figura 4, imágenes tomadas con el microscopio en las que se aprecia la textura de las fibras.



**Figura 2:** Scrap de acero



**Figura 3:** Fibras seleccionadas



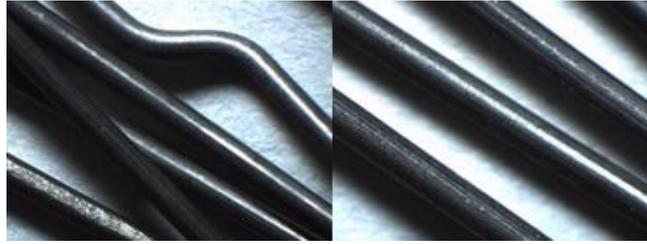
**Figura 4:** Observación microscópica fibras recicladas (izquierda X2,5) (derecha X1,6)

### **Fibras comerciales**

Las fibras comerciales utilizadas son fibras de acero Wirand® FS3N con una relación largo/diámetro = 44. El campo de aplicación recomendado es el hormigón proyectado. Se observan en la Figura 5. En la Figura 6, mediante imágenes tomadas con el microscopio se aprecia la textura de las fibras.



**Figura 5:** Fibras FS3N



**Figura 6:** Observación microscópica de las fibras comerciales (escala X2)

## DOSIFICACIONES

Para el diseño de las mezclas se consideraron las especificaciones de la Norma IRAM 1676 [6]. El mortero patrón se compone en masa por una parte de cemento, 3 partes de arena y cantidad necesaria de agua para alcanzar una consistencia +/- 110 %. Los morteros con fibras conservan la misma dosificación de cemento, agua y agregados del mortero patrón, sólo que se adicionan diferentes porcentajes en peso (respecto del peso del cemento) de fibras.

En la Tabla 2 se presentan las denominaciones de cada tipo de mortero.

**Tabla 2:** Identificación tipos de morteros y dosificación

Designación	Cemento [g]	Agregado [g]	Fibras [g]	Relación a/c
MP	450	1350	0	56,22
MF5			22,50	
MF7.5			33,75	
MF10			45,00	
MF15			67,50	
MF20			90,00	
FC10			45,00	
FC15			67,50	
FC20			90,00	

## ENSAYOS DE LABORATORIO

### Ensayo en estado fresco

*Consistencia:* Fue el parámetro utilizado para dosificar el mortero patrón, de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM 1570 [4]. La determinación se realizó utilizando el método del escurrimiento en la mesa Flow Table. Manteniendo fijas las cantidades de agregados y cemento, la variable es el agua necesaria para obtener escurrimiento de 210 cm que equivale a una consistencia de 110 %.

### Ensayos en estado endurecido

*Observaciones microscópicas:* Se analizó la matriz resultante de cada tipología de mortero mediante imágenes microscópicas. A continuación, se presentan algunas de las imágenes tomadas en probetas luego de ser ensayadas a compresión. (Figura 7 a Figura 12) Puede observarse la adherencia de las fibras en los distintos morteros según el porcentaje de incorporación de fibras.



**Figura 7:** MP escala X1,6



**Figura 8:** MF5 escala X1,6



**Figura 9:** MF10 escala X1,6



**Figura 10:** MF20 escala X1,6



**Figura 11:** FC10 escala X1,6



**Figura 12:** FC20 escala X2

*Masa:* Se determina la masa real seca, medidas sobre un volumen constante, utilizando probetas de 4x4x16 cm<sup>3</sup>.

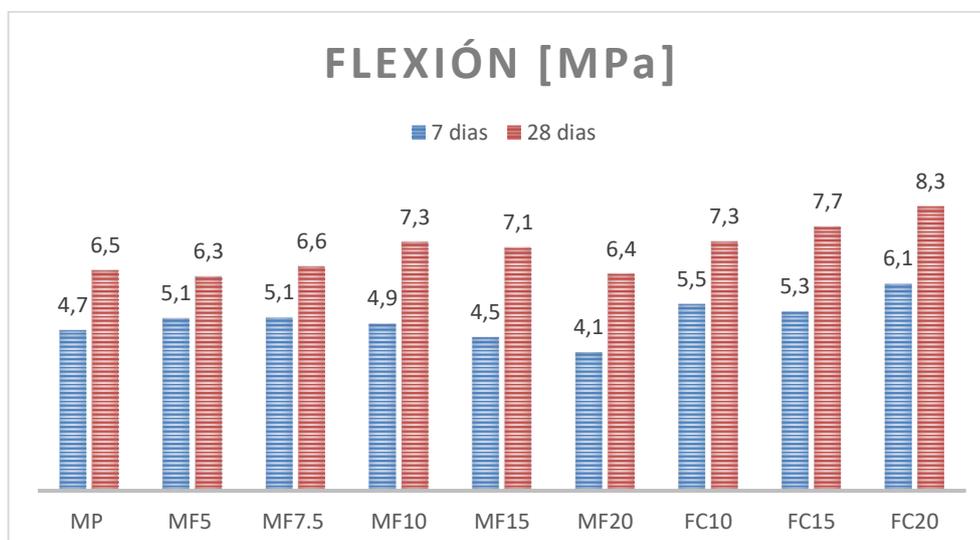
*Resistencia a la flexión:* Los valores de resistencia a flexión se determinaron a 7 y 28 días en probetas prismáticas de 4x4x16 cm<sup>3</sup> según lo indica la Norma IRAM 1622 [5]

*Resistencia a Compresión:* Los valores de resistencia a compresión se determinaron a 7 y 28 días en probetas prismáticas cortadas a la mitad ensayadas previamente a flexión según Norma IRAM 1622 [5].

## RESULTADOS

### Resistencia a Flexión

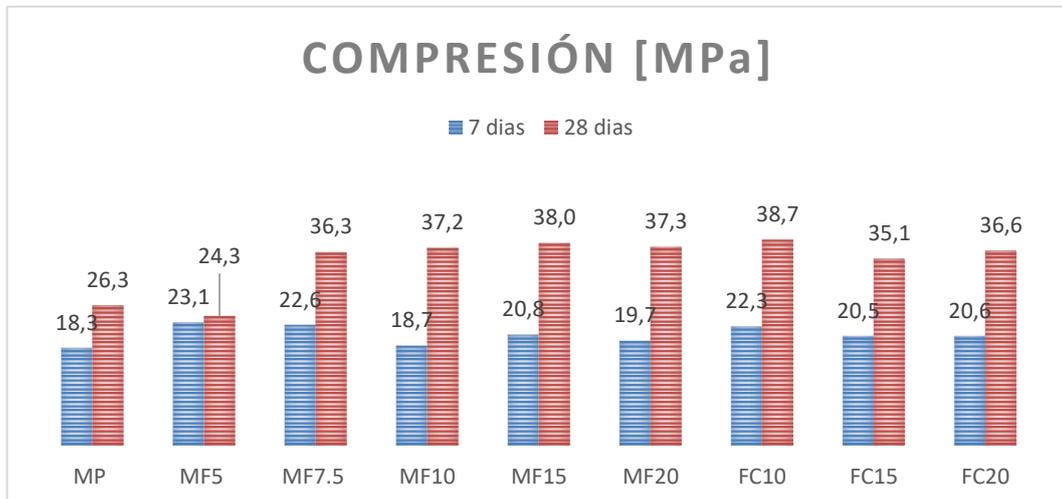
En la Figura 13 se presentan los resultados de resistencia a flexión de todos los morteros según Norma IRAM 1622 [5].



**Figura 13:** Resistencia a flexión a 7 y 28 días

### Resistencia a Compresión

En la Figura 14 se presentan los resultados de resistencia a compresión a 7 días y 28 días.



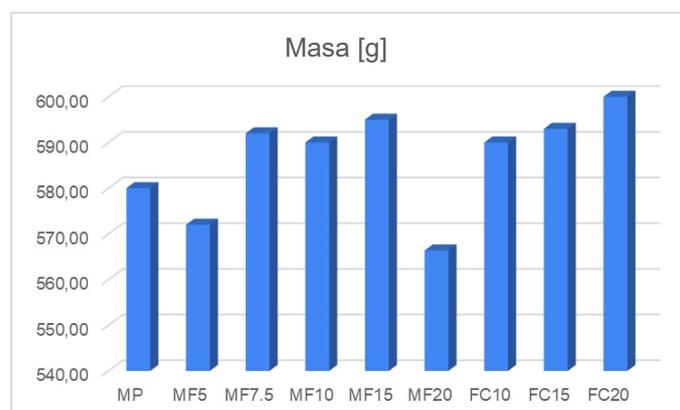
**Figura 14:** Resistencia a compresión a 7 y 28 días en MPa

Los resultados indicaron que las resistencias a compresión obtenidas con fibras recicladas y comerciales superan a ambas edades y para todos los porcentajes de incorporación a las obtenidas para el MP. Los resultados de ensayos a flexión indican un comportamiento similar aunque no igual. Se puede observar que para algunos porcentajes de incorporación de fibras recicladas (MF15 y MF20) las resistencias son similares o ligeramente menores al MP.

Los MF5, MF7.5, MF10 y MF20 se clasifican como morteros tipo E de calidad elevada siendo su destino muros portantes y otros usos con mayores requerimientos según Norma IRAM 1676 [6].

### Masa

En la Figura 15 se presentan los valores de masa de todos los morteros, para un volumen constante.



**Figura 15:** Masa seca

Se puede observar que los valores de masa entre los MP, MF y MFC no muestran variaciones considerables, con una variación máxima entre masas extremas del 5% aproximadamente.

## **Trabajabilidad**

Se observó que la trabajabilidad y manejo de los morteros con fibras de acero es más dificultosa que el MP. Pero entre los morteros con fibras comerciales y los morteros con fibras recicladas, este último aportó un manejo más fácil para moldeo y manipulación.

## **CONCLUSIONES**

Del análisis de los resultados obtenidos se puede concluir en primer lugar que es viable la incorporación de las fibras de residuos que se obtienen producto del descarte de los talleres de tornería y herrería a los morteros, estas fibras son compatibles y químicamente estables con la pasta de cemento. Presentan propiedades mecánicas acorde a lo especificado en las normativas de morteros en el país y a morteros realizados con fibras comerciales.

La incorporación de fibras de acero disminuye la trabajabilidad, pero no resulta un impedimento para su manipulación, a la vez que las fibras recicladas presentan un mejor comportamiento en estado fresco que las fibras comerciales. Esto abre un nuevo desafío para continuar con la investigación.

Mecánicamente, la incorporación de fibras resulta en una mejora en el comportamiento de los morteros tanto a flexión como a compresión. Los resultados de ensayos de morteros con fibras recicladas y comerciales demostraron ser similares en compresión, flexión y masa seca. A su vez, se observa una distribución uniforme de las fibras en la matriz cementicia en ambos casos, la diferencia reside en que las fibras comerciales tienen una orientación paralela a la cara de mayor longitud de la probeta mientras que las fibras recicladas se distribuyen de igual manera en todo el volumen de la probeta.

Respecto de la característica sustentable del material se concluye que la utilización de este tipo de morteros generaría una contribución positiva a la eficiencia energética de la construcción, con una mejora de las condiciones de resistencia que resultan apropiadas para el uso en reparación como se plantea ésta investigación.

Por último, contribuiría a dar solución a la disposición final de los elementos de tornería y herrería que hoy en día no tienen una respuesta.

## **REFERENCIAS**

[1] ANDRADA, R.; BARONETTO, C.; POSITIERI, M.; OSHIRO, A.. "Estudio de morteros elaborados con agregado de reciclado de residuos de la construcción". 51º Congresso Brasileiro do Concreto, Brasil – ISBN 978-987-21660-3-8. Edición 17. Pp 53-60,( 2009).

[2] ANDRADA, R.; BARONETTO, C.; POSITIERI, M.; OSHIRO, A; ROMERO A; BORIONI, C."Uso de cenizas de cáscaras de girasol y maní como adición en morteros". Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto, Florianópolis, Brasil, (2011)

[3] IRAM 1505. Agregados. Análisis granulométrico, 2003

[4] IRAM 1570. Morteros para mampostería. Determinación de la consistencia. Método de escurrimiento. 1994

[5] IRAM 1622. Cemento portland: método de determinación de las resistencias a la compresión y a la flexión; 2006.

[6] IRAM 1676. Morteros para mampostería. Clasificación y requisitos. 2012