

Marcelo Pagnola, PhD<sup>1,3</sup>; Jairo Useche, PhD<sup>2</sup> y Ricardo Martínez García, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>[CONICET - Universidad de Buenos Aires, Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long" (INTECIN), Buenos Aires, Argentina], <sup>2</sup>[Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería, Colombia], <sup>3</sup>[Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Física, Laboratorio de Sólidos Amorfos, Buenos Aires, Argentina]

## ABSTRACT

La obtención de cintas magnéticas blandas de Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub> por la técnica del Melt Spinning (MS) es ampliamente estudiada por diversos autores desde ya hace varios años. Sus propiedades magnéticas establecen un comportamiento razonable con uso en transformadores eléctricos. El uso del grafeno para la búsqueda de sensores con diversas aplicaciones tecnológicas es materia de desarrollo actual, sobre todo en aplicaciones estructurales. También existen antecedentes sobre el estudio de propiedades eléctricas y térmicas en composite del tipo Cu-Grafito que demuestran una dependencia lineal entre conductividades eléctricas y térmicas. El presente trabajo pretende extender la técnica ya utilizada sobre cintas magnéticas blandas, como lo es la molienda mecánica y el grafeno nanoplatelets (GNPL) obtenido también por molienda para generar un nuevo composite de Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub>/GNPL mediante una mezcla, su posterior tratamiento de prensado y sinterizado. Para de esta manera obtener las muestras a caracterizar. Su uso sería muy importante en aplicaciones tecnológicas sensibles al campo eléctrico y magnético.

## BACKGROUND

- El rango de aplicación real de los materiales magnéticos blandos disponibles tales como el Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub> se ha incrementado significativamente debido al desarrollo de sistemas amorfos y nano-cristalizados. Allí las aleaciones ferromagnéticas pueden ser obtenidas como fases vítreas mediante la técnica de enfriamiento rápido.
- El uso de estos materiales en las conformaciones de núcleos de transformadores eléctricos, muestran una mejora significativa en sus resultados generales como un incremento en el rendimiento con menos impactos ambientales. La fabricación de paquetes magnéticos nanoestructurados puede ser realizada mediante el empleo directo de cintas metálicas obtenidas por proceso de melt spinning.
- Debido a su alto módulo elástico, alta resistencia y gran área de superficie específica, las nano-placas de grafeno (GNPL) se presentan como excelentes nano-fillers en composites metálicos. Esto ha impulsado el desarrollo de composites con una excelente combinación de propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas.

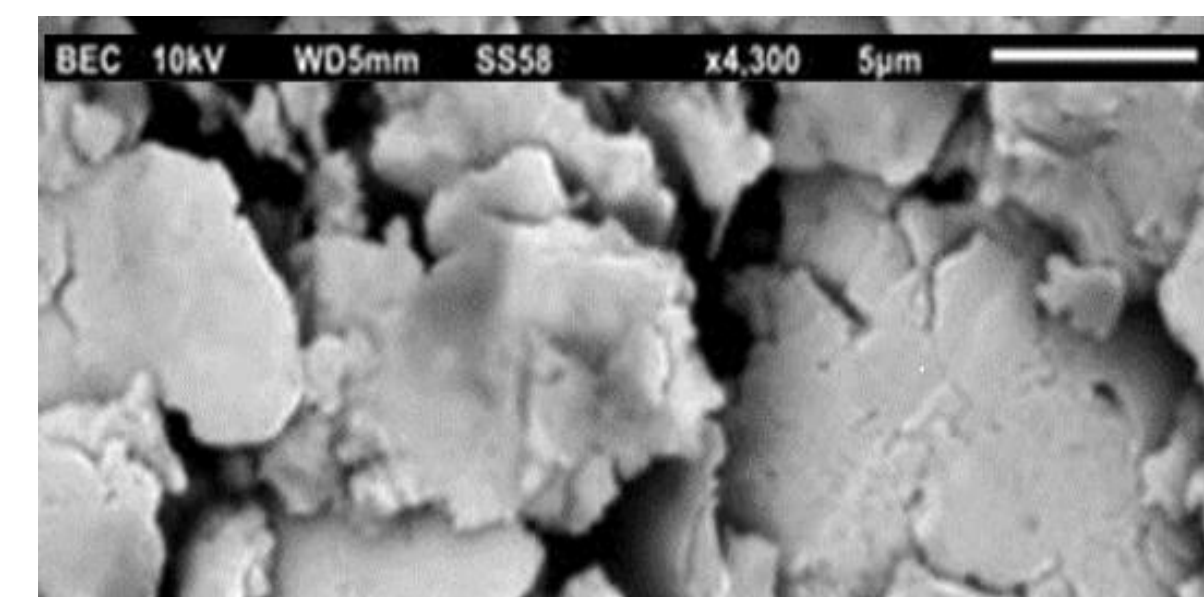
## OBJECTIVES

- Explorar el desarrollo de un nuevo material compuesto Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub>/GNPL a partir de la obtención de los materiales individuales mediante el método de molienda mecánica.
- Caracterizar la estructura y morfología del compuesto resultante mediante difracción de rayos X y microscopía de barrido.
- Estudiar las propiedades magnéticas del compuesto resultante para determinar sus potenciales aplicaciones en ingeniería.

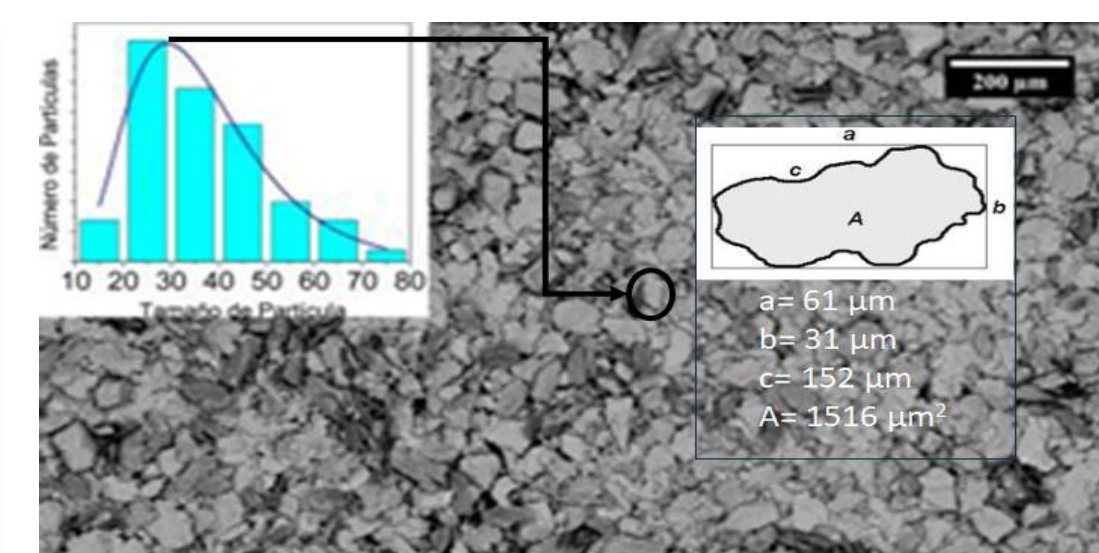
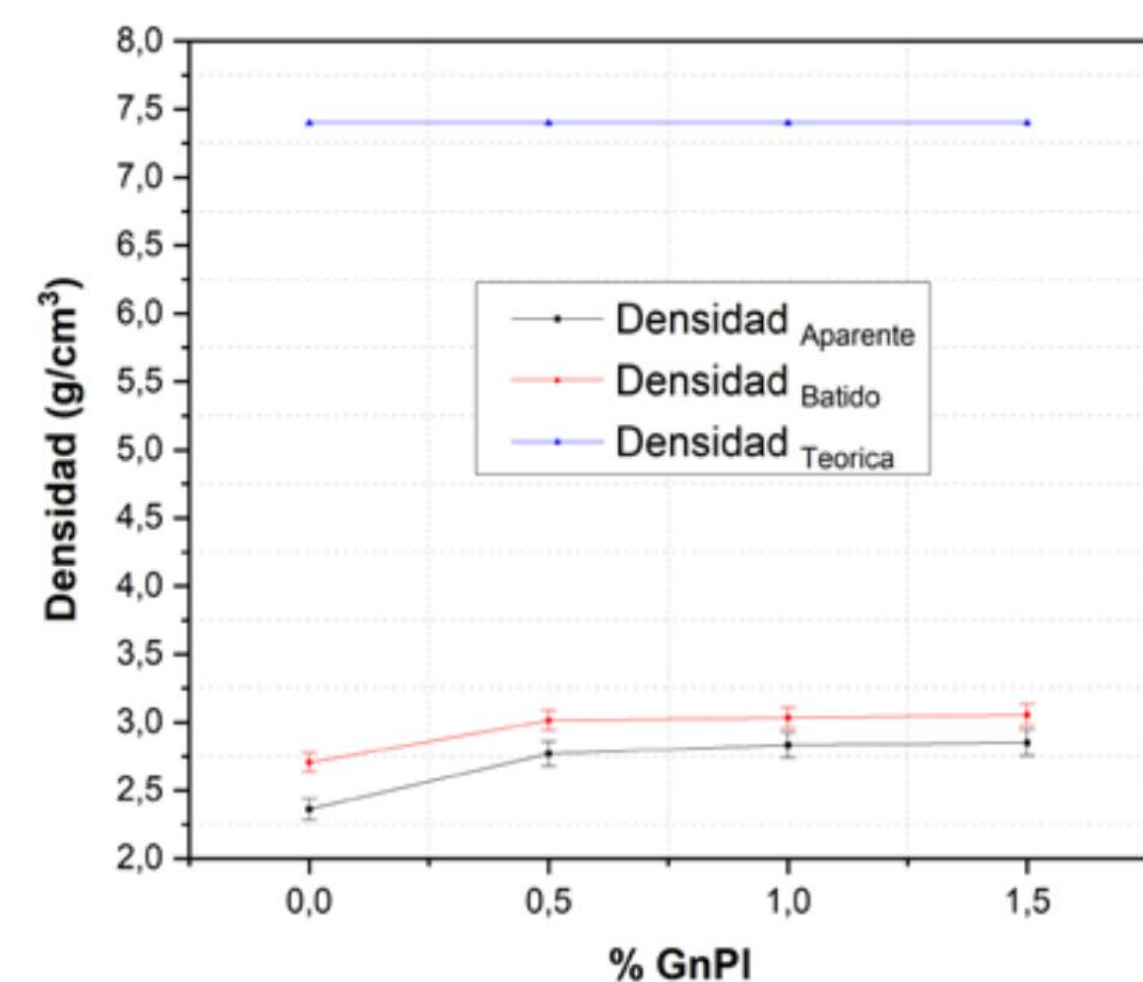
## METHODS

- Se utilizaron cintas magnéticas blandas de composición Fe<sub>78</sub>Si<sub>9</sub>B<sub>13</sub> obtenidas desde un lingote fundido en un horno de inducción. Previamente se realizó un tratamiento térmico a 300°C al lingote.
- Tratamiento de molienda mecánica mediante molino ortorrómbico se obtuvo el polvo como materia prima para material magnético.
- Sintetizado de grafeno utilizando un molino de bolas planetario PM100 Retsch®. Se utilizaron 5,0 g de grafito comercial con 99,9 % de pureza, malla n.º 100) y 11,2 g de hielo seco en la cámara de molienda del molino planetario con 40 bolas de acero inoxidable de 12,7 mm de diámetro y dureza volumétrica de 65 HRC para el proceso.

Muestra	Característica
1	100% Fe <sub>78</sub> Si <sub>9</sub> B <sub>13</sub>
2	0.5% GNPL
3	1% GNPL
4	1.5% GNPL

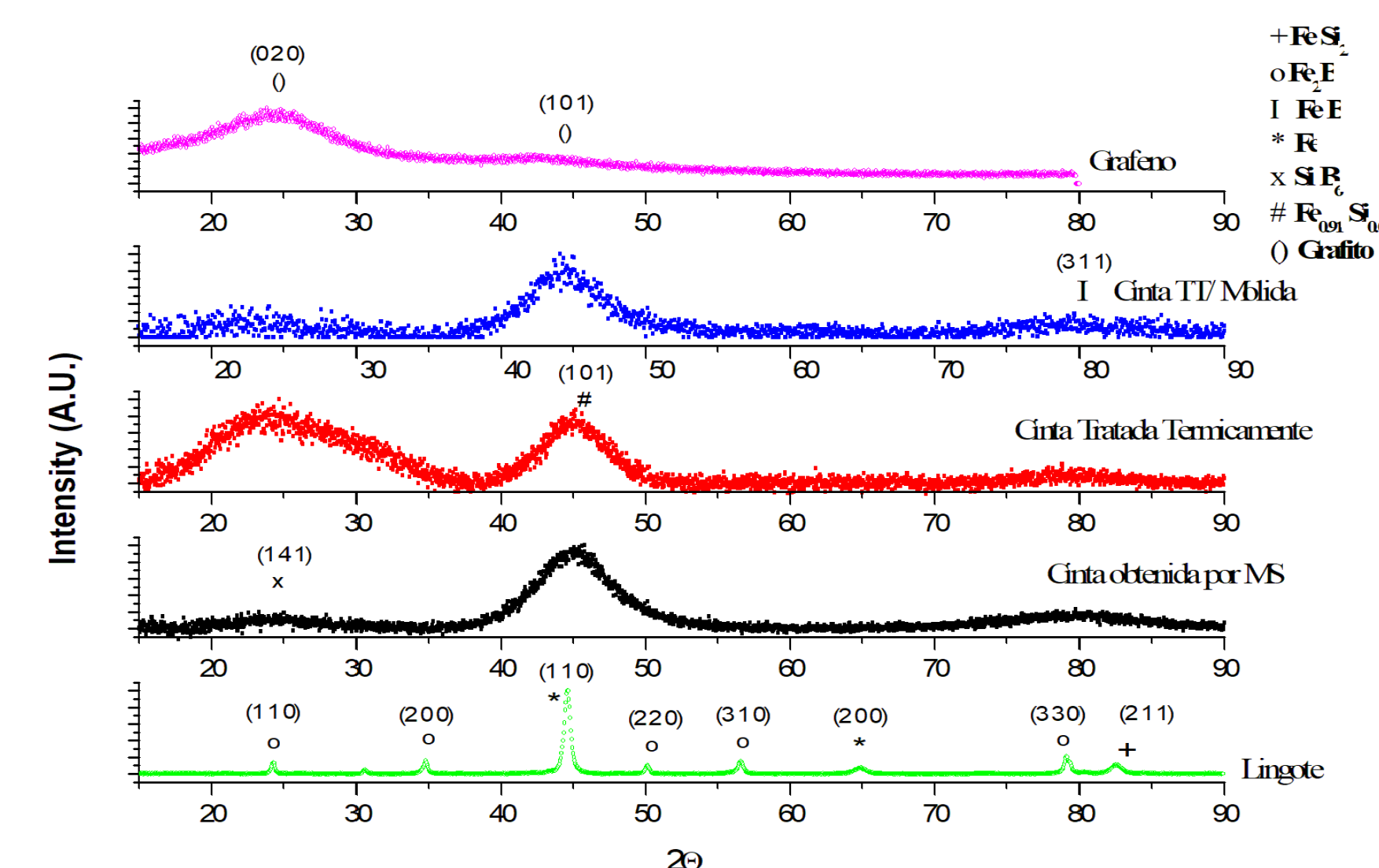


Micrografía SEM de nanoplacas de grafeno obtenidas por exfoliación por molienda mecánica.

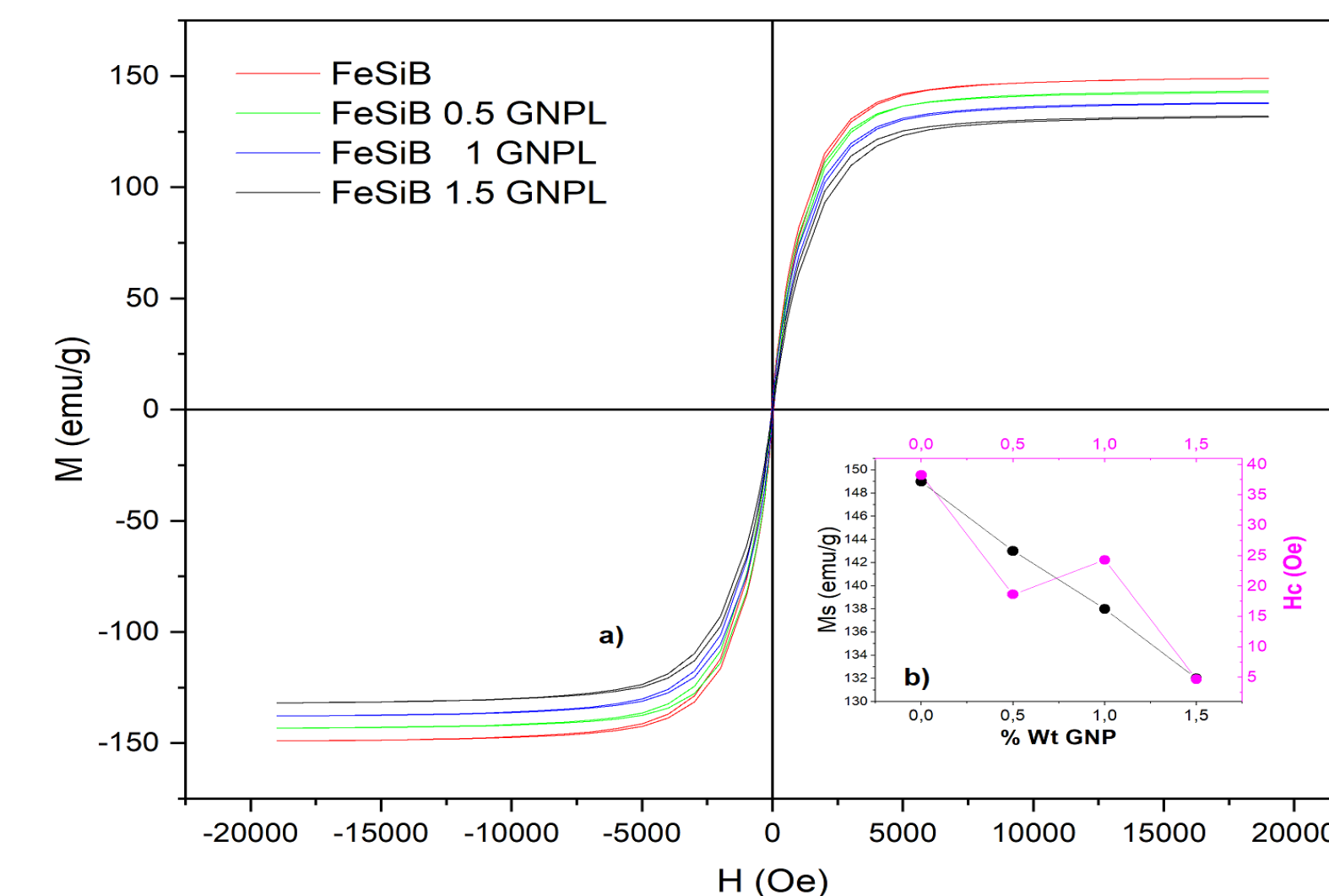


Factores de Hausner para la partícula en forma de hojuela (a: Largo del rectángulo envolvente; b: Ancho del rectángulo; c: Perímetro de la sección proyectada; A: Área proyectada de la partícula).

## RESULTS



Difractogramas característicos de componentes originales y tratados



Curvas M vs. H de muestras estudiadas. b) Magnetización de Saturación (Ms) y Campo Coercitivo (Hc) de muestras estudiadas.

## RESULTS

A medida que el % en peso de material no magnético con el que fueron mezcladas las partículas magnéticas, crece, la magnetización de saturación (Ms) disminuye, siendo el valor más alto, dentro de los composites, el de la mezcla con 0.5%wt de nanoplacas de grafeno (143 emu/g). Este valor disminuye en 10 emu/g al llegar a 1.5%wt. En tanto, el comportamiento en la coercitividad de las muestras es más errático, pues no existe una tendencia clara de la coercitividad con el agregado en % wt de grafeno como sería lo esperado.

## CONCLUSIONS

- La relación entre la densidad de batida y la aparente de los polvos disminuye con el agregado de las nano placas de grafeno y da un indicio de la compresibilidad a priori de los mismos. Esto no parecería auspicioso para la conformación de piezas en verde por prensado uniaxial debido al tipo de partícula en forma de hojuela.
- Parecería conveniente proseguir el tratamiento de estas mezclas mediante el prensado en caliente.

