



1. Identificación del proyecto:

1.1. Código del proyecto: 7866
1.2. Nombre del proyecto: FLUCTUACIONES TÉRMICAS EN LA REGIÓN DE TRANSICIÓN SUPERCONDUCTOR/FERROMAGNETICA DE LAS COMPOSITAS $(\text{Bi2223})_{1-x}(\text{LSMO})_x$
1.3. Nombre del investigador principal: Eval Baca Miranda
1.4. Nombre de los coinvestigadores: Rubén Vargas
1.5. Fecha de presentación del informe: Marzo 13 del 2014
Fecha de inicio: Enero 2009
Fecha de terminación: Marzo 13 del 2014

NOTA ACLARATORIA: Para el desarrollo del presente proyecto se tubo serios inconvenientes en la compra de la mayoría de equipos solicitados en el presupuesto. Estos equipos finalmente llegaron a la Universidad del Valle y a mi laboratorio en el mes de Noviembre del 2013, tres meses antes de la finalización del plazo de prórroga aprobada por la Vicerrectoría de Investigaciones. Ante esta situación el estudiante de magister propuesto para el desarrollo del proyecto desistió de continuar sus estudios lo cual fue informado a su debido tiempo en los informes parciales. Por la demora antes mencionada y la escasez de estudiantes acudí a la colaboración de los grupos de investigación mencionados en el presente informe para desarrollar parte de los objetivos del proyecto e implementación de otras opciones como es el caso del desarrollo de muestras superconductoras de la cerámica $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ con el fin de investigar en el futuro próximo compositas de $(\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4)_{1-x}(\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3)_x$. Lo anterior fue desarrollado en mi laboratorio pero con reactivos y estudiantes del Laboratorio de Física de Bajas Temperaturas (Departamento de Física, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia) dirigido por el Prof. Gilberto Bolaños. Como producto de esta colaboración estamos dirigiendo y codirigiendo a los estudiantes de Ingeniería Física Juan Carlos Collazos y John Jairo Realpe de la Universidad del Cauca quienes han trabajo en nuestros laboratorios obteniendo muy buenos resultados que se enumeran en la sección publicaciones y productos.

1. Resumen Académico:

- Al estudiar las propiedades estructurales y magnéticas de la manganita $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ obtenida por el método de reacción en estado sólido y sometida a procesos de molienda mecánica se encontró una coexistencia de fases ferromagnética y superparamagnética que se hacen manifiestas a baja temperatura y a temperatura ambiente respectivamente. La técnica de termogravimetría (TGA) asistida con campo magnético, mostró una temperatura de Curie $T_C = 369.69 \text{ K } (=96.96^\circ\text{C})$. A partir de refinamiento Rietveld de los rayos X, se observó una reducción de tamaño de partícula y una estabilización de la estructura cristalina de grupo espacial $R3c$, a medida que aumenta el tiempo de molienda t_M en acuerdo con las imágenes de SEM.
- La variación de la resistividad eléctrica (ρ) como función de la temperatura (T) en los superconductores de alta temperatura crítica (T_C) (HTSC) es un tema de mucho interés. En la

región de transición superconductora ocurren fluctuaciones superconductoras por encima de la temperatura crítica donde coexisten portadores normales (electrones e^- o huecos h) y portadores superconductores (pares de Cooper) y usualmente es llamada paraconductividad $\Delta\sigma$, la cual está fuertemente correlacionada con la longitud de coherencia ξ . Aquí, $\Delta\sigma = 1/\rho - 1/\rho_N$ donde ρ_N es la resistividad eléctrica en el estado normal. Para el análisis de la paraconductividad existen dos modelos básicos: I) el modelo de Aslamazov y Larkin [1] que cuando el espesor de la muestra $t < \xi$ la paraconductividad está dada por $\Delta\sigma_{2D}^{AL} = \frac{e^2}{16ht\xi}$, donde $\varepsilon = \ln(T/T_c)$ es la temperatura reducida; II) Si ninguna dimensión es menor que ξ entonces la $\Delta\sigma$ está por $\Delta\sigma_{3D}^{AL} = \frac{e^2}{32h\xi_0\sqrt{\varepsilon}}$ siendo ξ_0 la longitud de coherencia a $T=0$ K. En 1970 Lawrence y Doniac [2] aplicaron este modelo a superconductores laminares que tienen las mismas características de los HTSC donde los planos de CuO están separados por fracciones del parámetro de red c . Aquí el modelo AL manifiesta la $\Delta\sigma$ a bajas temperaturas en 3D y altas temperaturas en 2D. Ahora, estos comportamientos pueden modelarse por la simple función $\Delta\sigma = \frac{\Delta\sigma_0}{\sqrt{2\sinh(2\varepsilon/\varepsilon_0)}}$ donde $\Delta\sigma_0 = \frac{e^2}{16h\xi_0\sqrt{\varepsilon_0}}$ [3]. Las fluctuaciones superconductoras en la región de transición superconductora de las compositas $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x$ (MgO, LAO) mostraron un buen ajuste con este modelo, como se puede ver en las Figuras () de los resultados adjuntos. De estos ajustes se obtienen resultados básicos como la ξ_0 ($\sim 4.73\text{\AA}$, $0.78\text{\AA}$) y la temperatura $T^\# = T_{ce}^{\square 0}$ ($\approx 60\text{K}$, 63.1K) para $x=0.01$ y 0.05 respectivamente. Los valores ξ_0 corresponden al superconductor $Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y$ pero es afectado por el contenido de LSMO. De la misma manera se comporta $T^\#$ que define el colapso de las fluctuaciones superconductoras.

- Por otro lado, el ancho de la transición superconductora es claramente afectado por campos magnéticos externos o también por impurezas magnéticas incrustadas en la matriz superconductora, como es el caso de las muestras de $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x$ (MgO, LAO, STO-Nb). Su grado de ensanchamiento es interpretado en términos de la disipación de energía causada por el movimiento de vórtices [4]. Como la resistencia en la región de ensanchamiento es causada por el arrastre de vórtices su dependencia con la temperatura y el campo magnético están descritas por la ecuación $\rho(T, B) = \rho_0 \exp[-U_0/k_B T]$, donde U_0 es la energía de activación de diferentes tipos de movimiento de vórtices. Al aplicar este modelo a las compositas de $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x$ (MgO, LAO, STO-Nb) se obtienen los resultados mostrados en la Figura (). Aquí hay una doble dependencia de U_0 con la concentración del contenido de LSMO y del tipo de sustrato. Merecen atención las muestras $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x$ /LAO donde se observa un incremento del proceso de desanclaje de vórtices con el incremento de LSMO generando mecanismo de disipación eléctrica [5]. Con los otros sustratos es un efecto combinado de anclaje y desanclaje de vórtices que redundan en sus propiedades superconductoras.



- Con el objetivo de estudiar compositas de $(La_{1.85}Sr_{0.15}CuO_4)_{1-x}(La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3)_x$ se sinterizaron muestras de $La_{1.85}Sr_{0.15}CuO_4$ con comportamiento superconductor por debajo de 38 K. En la región de transición superconductora, exactamente a 37 K, sus propiedades magnéticas constituyen una mezcla de fases diamagnética y paramagnética y hace manifiesta una energía de barrera para el anclaje vórtices.

Abstract:

- In the preparation and study of $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ the coexistence of the ferromagnetic and superparamagnetic phases in these samples is manifest. Ferromagnetic phase is dominant a low temperatures in the milled samples and it enhanced for the sample with $t_M = 12h$, but at 300 K the dominant phase is superparamagnetic type. The milling process consolidates the R3c phase and produce LSMO very small particles that exhibit superparamagnetic properties.
- Temperature (T) dependence of the electric resistivity (ρ) in the high temperature superconducting (HTSC) is a subject of very much interest still. In the superconducting transition region occurs superconducting fluctuations above of critical temperature T_C . In this region coexist normal and superconducting pairs, which is named paraconductivity $\Delta\sigma$ and it is strongly correlated with the coherence length (ξ). Here, $\Delta\sigma = 1/\rho - 1/\rho_N$ where ρ_N is the normal resistivity. Generally, the Aslamazov and Larkin model is used in two cases [1]: I) if sample thickness $t < \xi$ the $\Delta\sigma$ at high temperatures is given by $\Delta\sigma_{2D}^{AL} = \frac{e^2}{16\hbar t \epsilon}$, where $\epsilon = \ln(T/T_C)$ is the reduced temperature; II) if no dimension is smaller than ξ the $\Delta\sigma$ at low temperatures correspond to $\Delta\sigma_{3D}^{AL} = \frac{e^2}{32\hbar \xi_0 \sqrt{\epsilon}}$, where ξ_0 is the coherence length at $T=0$ K. Lawrence and Doniac [2] applied this model to laminar superconductors which have similar characteristics than HTSC where the CuO planes are spacing by fractions of lattice parameter c. Now, these behaviors may be modeled by formula $\Delta\sigma = \frac{\Delta\sigma_0}{\sqrt{2\sinh(2\epsilon/\epsilon_0)}}$, where $\Delta\sigma_0 = \frac{e^2}{16\hbar \xi_0 \sqrt{\epsilon_0}}$ [3]. Applying this model to the electrical resistivity measurements of $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x/(MgO, LAO)$ composites exhibit a good behavior as is seen in the Figures () of the Experimental Section. For the samples with $x=0.01$ y 0.05 were obtained the $\xi_0 \sim 4.73\text{\AA}$, $0.78\text{\AA}$ and $T^\# = T_C e^{\epsilon_0} \approx 60K$, $63.1K$ parameters respectively where $T^\#$ is obtained from ϵ_0 which define the collapse of superconducting fluctuations. ξ_0 values are associated to coherence length of $Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y$ but is affected by the LSMO content.
- Broadening of superconducting transition is strongly affected by the external magnetic fields or also by magnetic impurities embedded into superconductor matrix as in the case of the $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x/(MgO, LAO, STO-Nb)$ samples. Broadening level is associated with vortices motion that produces energy dissipation in the sample [4]. In

this case, the vortices motion may flux creep or flux flow like and its temperature and magnetic field dependence is given by $\rho(T, B) = \rho_0 \exp[-U_0/k_B T]$, where U_0 is activation energy of vortices motion. Applying this model to the $[Bi_{2/3}Sr_{1/3}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x$ (MgO, LAO, STO-Nb) composites were obtained the experimental results showed in the Figure (). Here, U_0 vary with the LSMO content and with the substrate type. For the case of $[Bi_{2/3}Sr_{1/3}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x$ /LAO is observed an increasing of the vortices de-pinning process generating dissipation mechanisms that depend on the temperature and magnetic field [5]. In the $[Bi_{2/3}Sr_{1/3}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-x}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_x$ (MgO, STO-Nb) composites a combined effect of vortices pinning and de-pinning is observed.

- With the objective of study the $(La_{1.85}Sr_{0.15}CuO_4)_{1-x}(La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3)_x$ composites, we have studied the magnetic properties of $La_{1.85}Sr_{0.15}CuO_4$ (LSCO) superconductor obtained by means of solid state reaction from high purity precursors. In the superconducting transition region, exactly at $37 K < T_{Onset} = 38 K$, its magnetic properties are a mix of superconducting diamagnetic and paramagnetic phases and exhibit a barrier energy for the vortices pinning.

References:

- [1] L. G. Aslamazov and A. I. Larkin, Phys. Lett. **26A**, 238(1968).
- [2] W. E. Lawrence and S. Doniach, in *Proceedings of the 12th International Conference on Low Temperature Physics*, edited by E. Kanda (Academic Press of Japan, Kyoto, (1971), p. 361.
- [3] B. Leridon et al., Phys. Rev. Lett. **87**, 197007-1(2001).
- [4] T. T. M. Palstra et al., Phys. Rev. B **41**, 6621 (1990).
- [5] Omar Paredes, Oswaldo Morán, and Eval Baca, J. Appl. Phys. **113**, 043916 (2013).

2. Informe de resultados:

Porque estudiar la paraconductividad $\Delta\sigma$?: **i)** permite entender el origen del exceso de conductividad $\Delta\sigma$; **ii)** permite obtener la longitud de coherencia $\xi(0K)$; **iii)** permite dimensionar las fluctuaciones superconductoras dirigidas a los diferentes mecanismos de la superconductividad de los HTSC.

- **Resultados directos :** **i)** análisis de resultados de resistividad y magnetización en la región de transición superconductora y obtención de la longitud de coherencia ξ_0 de la fase superconductora de las compositas; **ii)** obtención de la energía de activación térmica U_0 que determina mecanismo de movimiento de los vórtices en la región de transición superconductora (JAP2013); **iii)** preparación y análisis de muestras LSMO(FM) y LSCO(SC); **iv)** de los análisis de las medidas de magnetización en las muestras de LSCO se pudo detectar la presunta existencia de una barrera de energía para la penetración de vórtices en el superconductor lo cual es determinante en el



análisis del exceso de conductividad en la región de transición superconductora (*Aceptación Congreso Estambul 2014 y sometimiento de artículo*); **v)** obtención de la T_{curie} del LSMO usando la técnica de termogravimetría y su correlación con su región de transición ferromagnética (Publicación aceptada en Revista Uniantioquia).

Resultados indirectos: **i)** Adecuación complementaria del laboratorio en el espacio 320-1025, donde se acopló al sistema de medición de características eléctricas y susceptibilidad magnética el controlador de temperatura LakeShore y el sistema de medición de magnetoresistencia (MR) a temperatura ambiente; **ii)** Adecuación complementaria del laboratorio de preparación de muestras en el espacio 320-4078, donde se instalaron los sistemas de preparación de muestras por cubrimiento por rotación (spin coating) y cubrimiento por inmersión (deep coating) usando técnicas químicas tales como la de Pechini y sol-gel.

- **Colaboración Científica:** **i)** Integración con el **Prof. Oswaldo Morán** del *Laboratorio de Materiales Cerámicos y Vítreos* (Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Campus Medellín); **ii)** Integración con el **Prof. Gilberto Bolaños** del *Laboratorio de Física de Bajas Temperaturas* (Departamento de Física, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia); **iii)** Integración con la **Prof. Gloria Campillo** del *Departamento de Ciencias Básicas* (Universidad de Medellín, Medellín, Colombia).
- **Estrategia de Comunicación:** Los *resultados directos* obtenidos se han obtenido de una y de otra manera con la *colaboración científica* de los grupos anotados en el ítem anterior como se puede ver en los siguientes cuadros:



Información de productos:

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS 113, 043916 (2013)
Nombre Particular:	<i>Temperature- and field-dependent critical currents in $[(Bi,Pb)_2Sr_2Ca_2Cu_3O_x]_{0.07}(La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3)_{0.03}$ thick films grown on $LaAlO_3$ substrates</i>
Ciudad y fechas:	USA
Participantes:	O. Paredes ¹ , O. Morán ² , and E. Baca ³
Sitio de información.:	http://dx.doi.org/10.1063/1.4789348 http://jap.aip.org/resource/1/JAPIAU/v113/i4
Formas organizativas:	¹ Centro de Investigaciones en Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño, Ciudad Universitaria Torobajo, Pasto, Colombia. ² Laboratorio de Materiales Cerámicos y Vítreos, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, A.A. 568, Medellín, Colombia. ³ Grupo de Ingeniería de Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad del Valle, A.A. 25360 Cali, Colombia.

Comentado [VdI1]: Libro, Artículo, Software, Capítulo de libro, Memorias, Tesis, Prototipo Industrial, Diseño Industrial, Software, Patente

Comentado [VdI2]: Si el producto obtenido se encuentra en el marco de un documento o evento, indicar este nombre. Ejemplo: **Revista** Anales del Jardín Botánico de Madrid. (Año 2000). **vol:** 1. **núm:** 58. **págs:** 186 - 188

Comentado [VdI3]: Escribir el nombre del producto generado. Ejemplo: **Artículo** Rorippa curvisiliqua (Cruciferae), nueva en Europa

Comentado [VdI4]: Ciudad y fecha de publicación o presentación del resultado.

Comentado [VdI5]: Relacionar los autores del resultado. Ejem

Comentado [VdI6]: Mencionar el sitio en donde quedará disponible el documento con los resultados del proyecto. Ejemplo: Biblioteca Central, Centro de Documentación, etc.



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Tipo de producto:	Artículo
Nombre General:	Revista EIA Escuela de Ingeniería de Antioquia <i>Aprobado para publicación (ver constancia)</i>
Nombre Particular:	INFLUENCE OF BALL MILLING PROCESS ON STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ MANGANITE
Ciudad y fechas:	Medellín, Antioquia
Participantes:	Gloria Campillo ¹ , Oscar Arnache ² , Andres Gil ³ , Jaime A. Osorio ⁴ , Jailes J. Beltrán ⁵ , Eval Baca ⁶ , Roberto Castillo ⁷
Sitio de información.:	www.revista.eia.edu.co
Formas organizativas:	1 Física, Magister y Doctora en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesora e Investigadora Tiempo Completo, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. gecampillo@udem.edu.co 2 Físico, Magister y Doctor en Física, Universidad de Antioquia. Profesor e Investigador Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. oarnache@fisica.udea.edu.co 3 Estudiante de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia. Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. andyudea@gmail.com 4 Físico, Universidad de Antioquia; Magister y Doctor en Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. josorio@fisica.udea.edu.co 5 Químico, Magister en Ciencias Químicas y Candidato a Doctor, Universidad de Antioquia. Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. jibj08@gmail.com 6 Físico, Magister y Doctor en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador Tiempo Completo, Departamento de Física, Universidad del Valle. Cali, Colombia. eval.baca@correounivalle.edu.co 7 Físico, Magister y Doctor en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador, Departamento de Física, Universidad del Valle. roberto.castillo@correounivalle.edu.co

Comentado [VdI7]: Libro, Artículo, Software, Capítulo de libro, Memorias, Tesis, Prototipo Industrial, Diseño Industrial, Software, Patente

Comentado [VdI8]: Si el producto obtenido se encuentra en el marco de un documento o evento, indicar este nombre. Ejemplo: **Revista** Anales del Jardín Botánico de Madrid. (Año 2000). **vol:** 1. **núm:** 58. **págs:** 186 - 188

Comentado [VdI9]: Escribir el nombre del producto generado. Ejemplo: **Artículo** Rorippa curvisiliqua (Cruciferae), nueva en Europa

Comentado [VdI10]: Ciudad y fecha de publicación o presentación del resultado.

Comentado [VdI11]: Relacionar los autores del resultado. Ejem

Comentado [VdI12]: Mencionar el sitio en donde quedará disponible el documento con los resultados del proyecto. Ejemplo: Biblioteca Central, Centro de Documentación, etc.



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Tipo de producto:	Ponencia
Nombre General:	XXIV CONGRESO NACIONAL DE FÍSICA
Nombre Particular:	ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y TERMOGRAVIMÉTRICO DE LA MANGANITA $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$
Ciudad y fechas:	Bogotá, Colombia Septiembre del 2011
Participantes:	Gloria Campillo ¹ , Oscar Arnache ² , Andres Gil ³ , Eval Baca ⁴ , Roberto Castillo ⁵ , Jaime A. Osorio ⁶
Sitio de información.:	www.icsm2014.org
Formas organizativas:	1 Física, Magister y Doctora en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesora e Investigadora Tiempo Completo, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. gecampillo@udem.edu.co 2 Físico, Magister y Doctor en Física, Universidad de Antioquia. Profesor e Investigador Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. oarnache@fisica.udea.edu.co 3 Estudiante de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia. Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. andyudea@gmail.com . 4 Físico, Magister y Doctor en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador Tiempo Completo, Departamento de Física, Universidad del Valle. Cali, Colombia. eval.baca@correounivalle.edu.co 5 Físico, Magister y Doctor en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador, Departamento de Física, Universidad del Valle. roberto.castillo@correounivalle.edu.co 6 Físico, Universidad de Antioquia; Magister y Doctor en Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. josorio@fisica.udea.edu.co .
Tipo de producto:	Ponencia y Artículo
Nombre General:	"IV. International Conference on Superconductivity and Magnetism" (ICSM2014) Antalya, Turkey between April 27- May 2, 2014

Comentado [VdI13]: Libro, Artículo, Software, Capítulo de libro, Memorias, Tesis, Prototipo Industrial, Diseño Industrial, Software, Patente

Comentado [VdI14]: Si el producto obtenido se encuentra en el marco de un documento o evento, indicar este nombre. Ejemplo: **Revista** Anales del Jardín Botánico de Madrid. (Año 2000). **vol:** 1. **núm:** 58. **págs:** 186 - 188

Comentado [VdI15]: Escribir el nombre del producto generado. Ejemplo: **Artículo** Rorippa curvisiliqua (Cruciferae), nueva en Europa

Comentado [VdI16]: Ciudad y fecha de publicación o presentación del resultado.

Comentado [VdI17]: Relacionar los autores del resultado. Ejem

Comentado [VdI18]: Mencionar el sitio en donde quedará disponible el documento con los resultados del proyecto. Ejemplo: Biblioteca Central, Centro de Documentación, etc.

Comentado [VdI19]: Libro, Artículo, Software, Capítulo de libro, Memorias, Tesis, Prototipo Industrial, Diseño Industrial, Software, Patente

Comentado [VdI20]: Si el producto obtenido se encuentra en el marco de un documento o evento, indicar este nombre. Ejemplo: **Revista** Anales del Jardín Botánico de Madrid. (Año 2000). **vol:** 1. **núm:** 58. **págs:** 186 - 188



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Nombre Particular:	Magnetic Properties of $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ High Temperature Superconductor
	Abstract 1759 Sometido al <i>Journal of superconductivity and Novel Magnetism</i>
Ciudad y fechas:	Antalya (Turkey)
Participantes:	J. C. Collazos ¹ , G. Bolaños ¹ , J. J. Realpe ¹ , E. Baca ²
Sitio de información:	www.icsm2014.org
Formas organizativas:	¹ Laboratorio de Física de Bajas Temperaturas, Departamento de Física, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. ² Grupo de Ingeniería en Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Comentado [VdI21]: Escribir el nombre del producto generado. Ejemplo: Artículo *Rorippa curvisiliqua* (Cruciferae), nueva en Europa

Comentado [VdI22]: Ciudad y fecha de publicación o presentación del resultado.

Comentado [VdI23]: Relacionar los autores del resultado. Ejem

Comentado [VdI24]: Mencionar el sitio en donde quedará disponible el documento con los resultados del proyecto. Ejemplo: Biblioteca Central, Centro de Documentación, etc.

3. Equipos:

Descripción de los equipos:

Equipo	Condición de uso	Servicio de Apoyo	Espacio
Control de temperatura LakeShore	Mide y controla la temperatura del Criostato de He en ciclo cerrado	Investigación	320-1025
Dip Coater (recubridor por inmersión)	Preparación de muestras usando técnica química (Pechinni, Sol-gel etc)	Investigación	320-4078
Spin Coating (recubridor por rotación)	Preparación de muestras usando técnica química (Pechinni, Sol-gel etc)	Investigación	320-4078
Limpiador acústico	Limpieza de sustratos y dispositivos de preparación	Investigación	320-4078
Microscopio	Para hacer contactos eléctricos	Investigación	320-1025
Software ScientificWork	Para cálculos y escritura de documentos científicos	Investigación	320-2173
Sustratos de MgO	Crear muestras	Investigación	320-1025



4. Impactos:

La presentación, desarrollo y resultados del proyecto están enmarcados en el campo de la investigación básica. Entre los frentes que fueron investigados merecen, por ahora, una especial mención los temas de las fluctuaciones térmicas en la región de transición superconductora (paraconductividad) y el cálculo de la energía de activación térmica responsable del mecanismo de movimiento de los vórtices. Esto último junto con medidas magnéticas adicionales y complementarias hace parte del tema de nuestra última publicación en ***JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*** (113, 043916 (2013)). Una publicación en esta revista es un honor debido a su alto impacto en la comunidad científica internacional. Los resultados de paraconductividad merecen otra publicación cuyo manuscrito está en elaboración ya en que en su contenido estará incluida la dependencia con el contenido de LSMO y del sustrato. En cuanto a los otros frentes que hemos investigado y que genera impacto está el artículo aceptado para publicación en la ***Revista EIA*** de la Escuela de Ingeniería de Antioquia y la participación en el "***IV. International Conference on Superconductivity and Magnetism***" (ICSM2014) (Antalya, Turkey between April 27- May 2, 2014) con un manuscrito que fue sometido al ***Journal of superconductivity and Novel Magnetism***.



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE
RESUMEN DE INFORMES FINALES
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

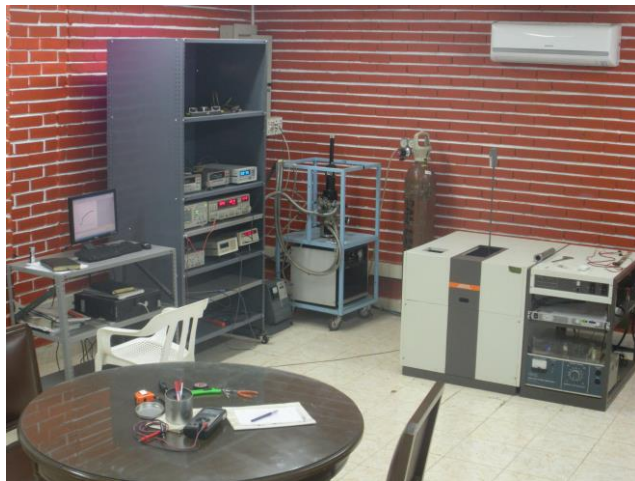
APÉNCIDE I:

ADECUACIÓN E INSTRUMENTACIÓN



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Sistema de mediciones eléctrica, magnetoeléctricas y susceptibilidad magnética (espacio 320-1025)

F-04-MP-06-02-02
V-01-2010

Elaborado por: Vicerrectoría de Investigaciones



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



***Otra vista del sistema de mediciones eléctrica,
magnetoeléctricas y susceptibilidad magnética.***



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Laboratorio de preparación de muestras (espacio 320-4078)



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



***Laboratorio de preparación de muestras: spin coate, dip
coater y horno tubular (espacio 320-4078)***



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE
RESUMEN DE INFORMES FINALES
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

APÉNCIDE II:

RESULTADOS (mas destacados)

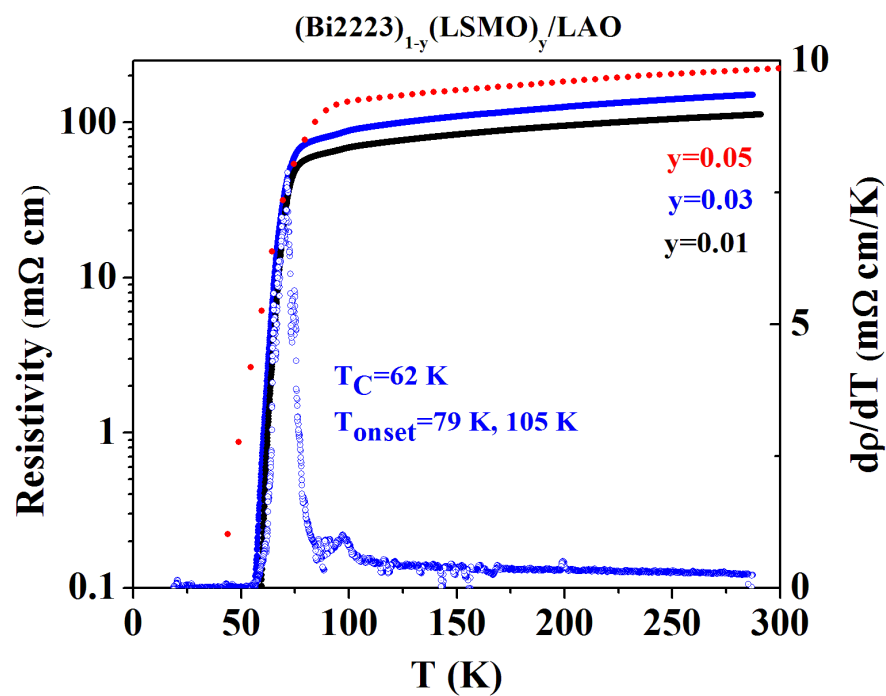


Figura 1

Curvas de resistividad eléctrica en función de la temperatura de las compositas $[\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.6}(\text{Pb})_{0.4}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y]_{1-y}[\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3]_y/\text{LAO}$ para $y=0.01, 0.03$ y 0.05 . Se muestra también la derivada de la composita con $y=0.03$.

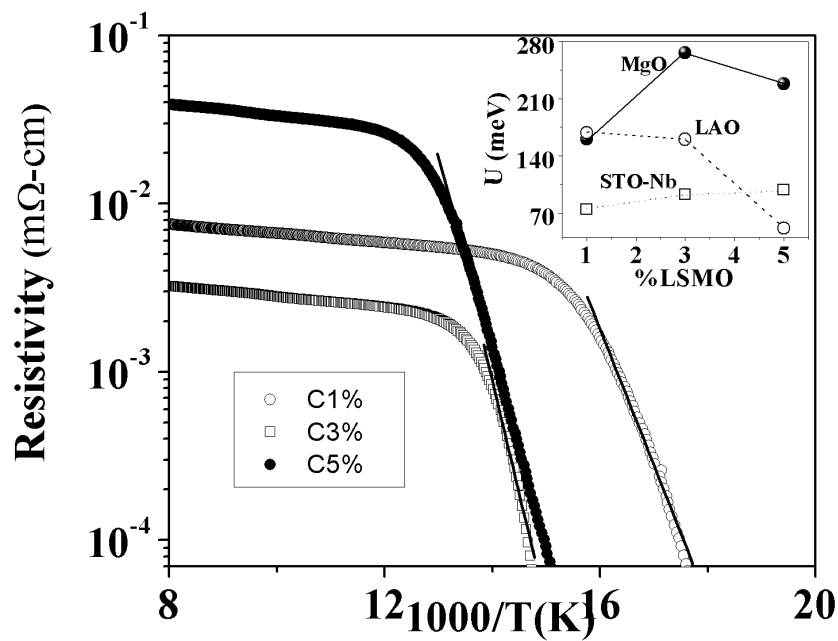


Figura 2

Energía de activación U_0 de las películas gruesas $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{1-y}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_y/LAO$ para $y=0.01, 0.03$ y 0.05 crecidas sobre sustratos de MgO. LAO y STO-Nb calculadas mediante el modelo de Anderson-Kim y a partir de las medidas de resistividad eléctrica.

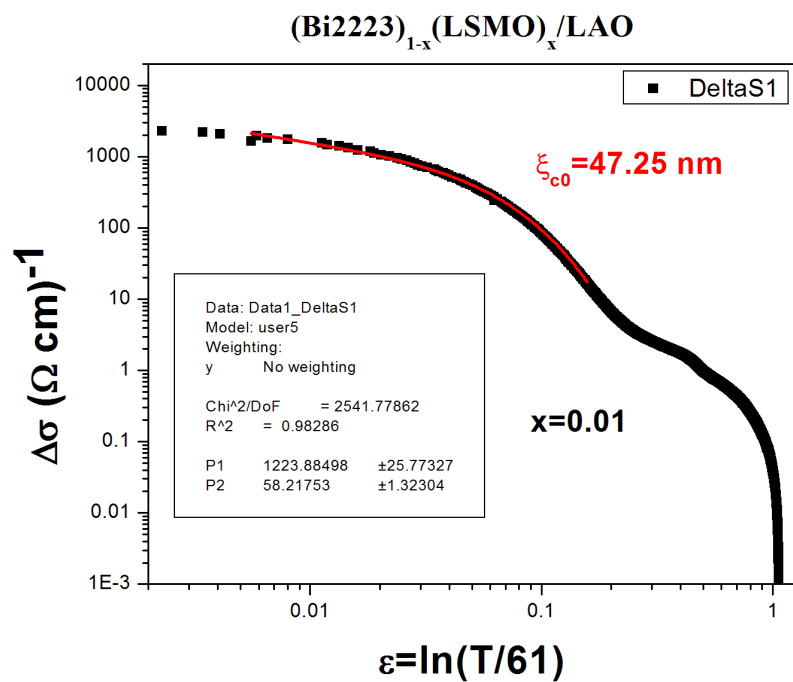


Figura 3

Ajuste de las medidas de paraconductividad al modelo $\Delta\sigma = \frac{\Delta\sigma_0}{\sqrt{2\sinh(2\epsilon/\epsilon_0)}}$ de donde es obtenido
la $\xi_{c0}=47.25$ nm de la muestra $[Bi_2Sr_{1.6}(Pb)_{0.4}Ca_2Cu_3O_y]_{0.99}[La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3]_{0.01}/LAO$

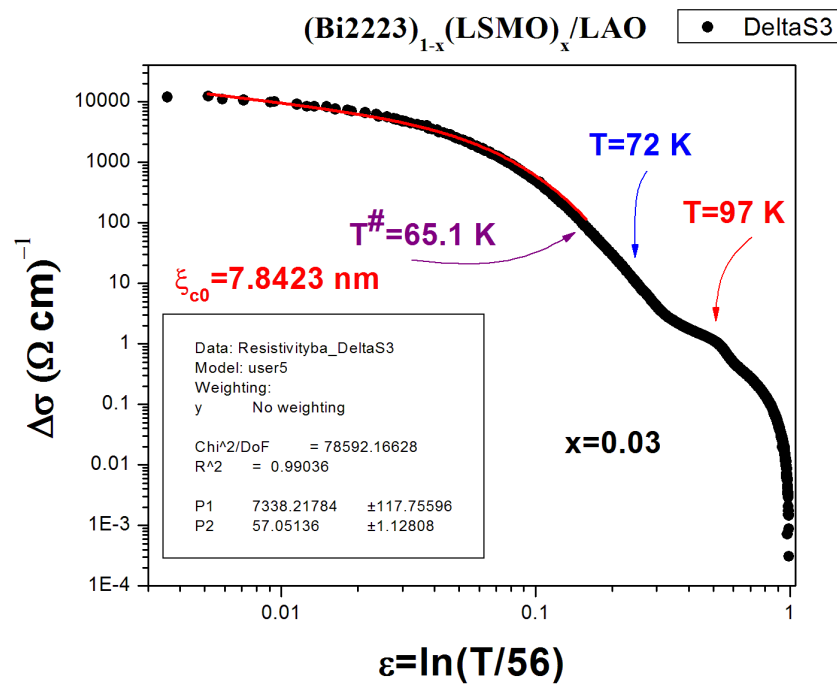
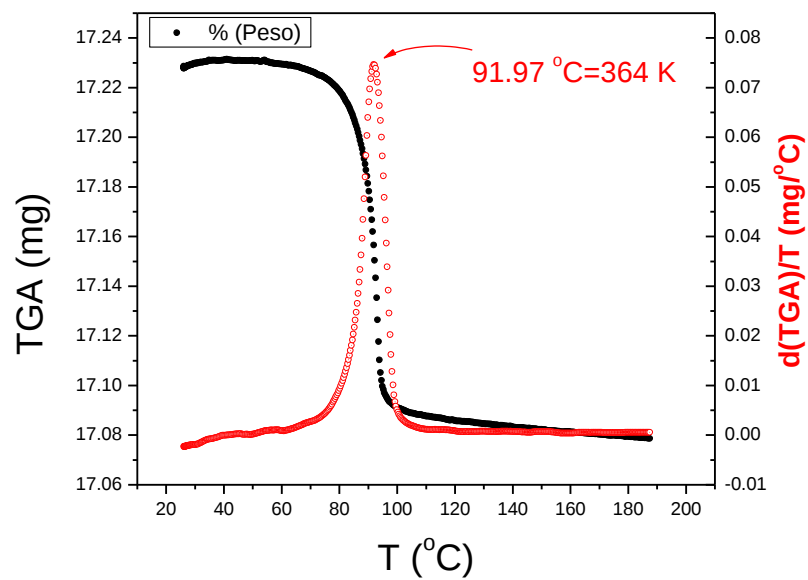


Figura 4

Ajuste de las medidas de paraconductividad al modelo $\Delta\sigma = \frac{\Delta\sigma_0}{\sqrt{2\sinh(2\epsilon/\epsilon_0)}}$ de donde es obtenido
la $\xi_{c0} = 7.84 \text{ nm}$ de la muestra $[\text{Bi}_2\text{Sr}_{1.6}(\text{Pb})_{0.4}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y]_{0.97}[\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3]_{0.03}/\text{LAO}$

Figura 5

Análisis termogravimétrico de la manganita $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ para la obtención de la temperatura de Curie $T_{\text{Curie}}=364 \text{ K}$



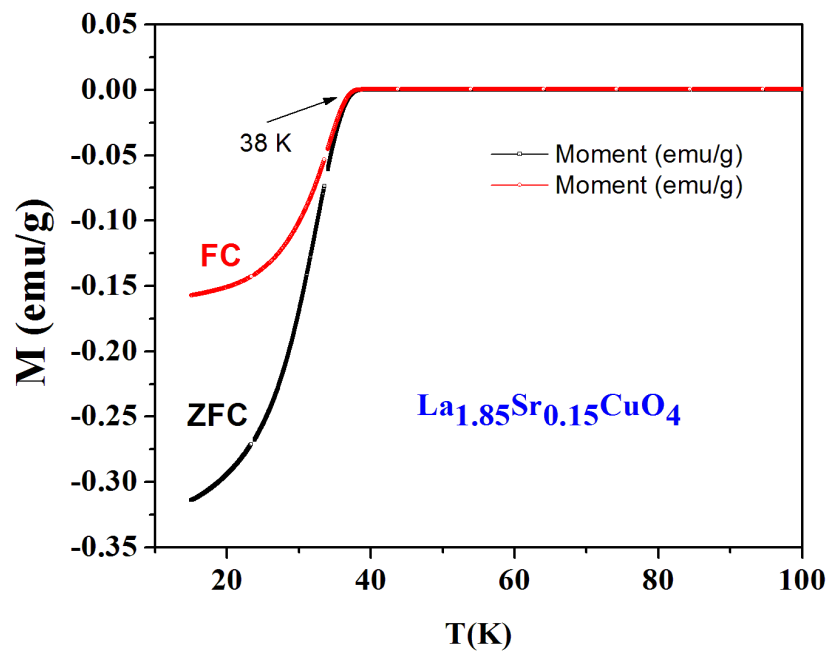


Figura 6

Medidas de magnetización en función de la temperatura de una muestra de $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$

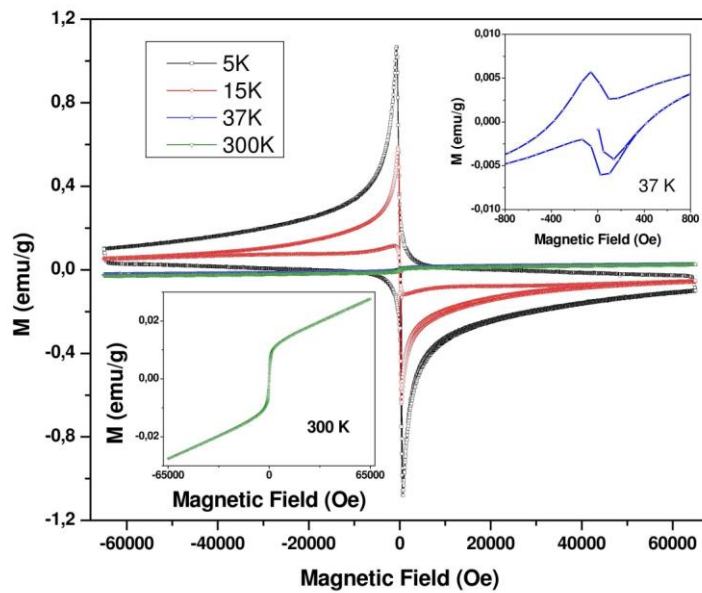


Figura 7

Medidas de magnetización en función de la temperatura de una muestra de $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$



APÉNCIDE III:

PRODUCTOS

- ***PUBLICACIONES SOMETIDAS, APROBADAS Y REALIZADAS: 1P, 2P Y 3P***
- ***COORDIRECCIONES DE TRABAJO DE GRADO: JOHN JAIRO REALPE Y JUAN CARLOS COLLAZOS (INGENIERÍA FÍSICA, Universidad del Cauca)***



!P

INFLUENCE OF BALL MILLING PROCESS ON STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ MANGANITE

Gloria Campillo¹, Oscar Arnache², Andres Gil³, Jaime A. Osorio⁴, Jailes J. Beltrán⁵, Eval Baca⁶,
Roberto Castillo⁷

- 1 Física, Magister y Doctora en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesora e Investigadora Tiempo Completo, Departamento de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. gecampillo@udem.edu.co
- 2 Físico, Magister y Doctor en Física, Universidad de Antioquia. Profesor e Investigador Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. oarnache@fisica.udea.edu.co
- 3 Estudiante de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia. Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. andyudea@gmail.com
- 4 Físico, Universidad de Antioquia; Magister y Doctor en Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. josorio@fisica.udea.edu.co
- 5 Químico, Magister en Ciencias Químicas y Candidato a Doctor, Universidad de Antioquia. Grupo de Estado Sólido, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. jjbj08@gmail.com
- 6 Físico, Magister y Doctor en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador Tiempo Completo, Departamento de Física, Universidad del Valle. Cali, Colombia. eval.baca@correounivalle.edu.co
- 7 Físico, Magister y Doctor en Ciencias-Física, Universidad del Valle. Profesor e Investigador, Departamento de Física, Universidad del Valle. roberto.castillo@correounivalle.edu.co



ABSTRACT

In this work we have investigated the magnetic and structural properties of ferromagnetic manganite $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, (LSMO), subjected to milling processes. LSMO powder sample was obtained by solid state reaction from high purity precursors. From X-ray diffraction (XRD), the sample showed characteristic peaks of this phase. By means of thermogravimetry analysis (TGA), assisted by magnetic field, used as first method to measure the Curie temperature T_C , the NM (non-milling) LSMO powders exhibited a $T_C=369.69\text{ K}$ (96.96°C), which is agrees with the magnetization measurements. In order to study size dependent properties, LSMO powder was subjected to mechanical milling processes during 3, 6 and 12 hours. From Rietveld refinement of XRD patterns, a reduction in crystallite average size (D_v) and a stabilization of crystalline structure (the $R3C$ space group), with milling time (t_M), was observed. This result is consistent with the Scanning Electron Microscopy (SEM) images, which showed more homogeneity in the grain distribution by milling process. From magnetic characterization results, it was found that the saturation magnetization decreases with decreasing grain size (smaller D_v). This behavior is attributed to surface effects that induce magnetically disordered states in smaller particle sizes. However, the T_C is kept constant around of 365 K and is independent of t_M .

KEYWORDS: Manganites, Colossal Magnetoresistance, Nanoparticles, Magnetic Properties.

INFLUENCIA DEL PROCESO DE MOLIENDA EN LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES Y MAGNETICAS DE MANGANITAS $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$

RESUMEN

Este trabajo estudia las propiedades estructurales y magnéticas de la manganita $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) obtenida por el método de reacción en estado sólido y sometida a procesos



de molienda mecánica. En las medidas de difracción de rayos X, XRD, la muestra en polvo de LSMO presentó los picos característicos de esta fase. La técnica de termogravimetría (TGA) asistida con campo magnético, mostró una temperatura de Curie $T_C = 369.69 \text{ K}$ ($=96.96^\circ\text{C}$). Este resultado concuerda con la temperatura de la transición magnética, cercana a 365 K . Con el fin de analizar la dependencia de las propiedades magnéticas y estructurales en relación con el tamaño de partícula, las muestras se sometieron a molienda mecánica por 3, 6 y 12 horas. A partir de refinamiento Rietveld de los rayos X, se observó una reducción de tamaño de partícula y una estabilización de la estructura cristalina de grupo espacial $R3c$, a medida que aumenta el tiempo de molienda t_M . Esto es consistente con las imágenes de SEM, que mostraron más homogeneidad de la distribución de tamaño a mayor t_M . En las medidas de magnetización en función de la temperatura, se encontró que la magnetización de saturación decrece con la disminución de tamaño de grano (D_v pequeños). Este comportamiento es atribuido a estados magnéticamente desordenados que se generan en la superficie. Sin embargo, la temperatura crítica se mantiene constante alrededor de 365 K e independiente de t_M .

PALABRAS CLAVE: Manganitas, Magnetorresistencia Colosal, Nanopartículas, Propiedades Magnéticas.

1. INTRODUCTION

Research on the field of Colossal Magnetoresistance (CMR) manganites, has been a source of great interest both on fundamental as potential applications aspects, in different areas such as: Spintronic, Magnetic Storage Systems, Magnetic Sensors, Solid State Refrigerators, etc; (Salamon, M. B. and Jaime, M, 2001; Bibes, M. and Barthélémy, A, 2007). $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$ ($A = \text{Sr, Ca, Ba, etc}$) perovskites, offer a diverse physical properties, depending on the doping concentration and A -site ionic radius. Many of these properties are explained by the double exchange mechanism DE, via the interaction between $\text{Mn}^{4+} - \text{Mn}^{3+}$ ion pairs (Zener, C, 1951; Tokura, Y, 1999). Particularly, La_{1-x}



$x\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSMO) manganites have received intense attention, due besides of CMR effect, to its high Curie temperature (T_c), conduction by spin-polarized and close lattice parameter with others compounds, depending of x concentration (Hueso *et al.* 2007). Properties of this systems are sensitive to size effect depending of the fabrication, in single crystal, thin films (lattice strain, interfaces effects) or powders (core-shell effects) (Kim *et al.* 2010; Kameli, P. 2008; Dyakonov *et al.* 2010). In the field of the nanometer range of LSMO powders, the properties strongly depend on the size and shape of the particle. Among the most important properties that are found in such materials at reduced scale, is the low field magnetoresistance (LFMR), with potential applications in the spin-polarized conduction electrons (Kameli, P. 2008). The spin disorder around grain boundaries produces strong scattering centre for highly spin-polarized conduction electrons. The aligning of the spin to original state by the application of moderated fields is an issue that is related with the grain size effect. According to some models, the core is metallic and ferromagnetic, while the shell is insulating and spins disordering (Savosta *et al.* 2004). LSMO nanopowders have been studied because of grain boundaries effects, which have shown significant differences in their physical properties respect to the bulk material, having very important applications (as Low Field Magnetoresistance - LFMR). A reduction of grain size was found to influence the magnetization and coercivity in these compounds. Among the models proposed for describe these particular behaviours, has been found that the structural disorder near to grain boundary, affects the double exchange (DE) mechanism due to its sensitivity to changes in the stoichiometric composition, vacancies, dislocations, etc. This produces magnetically disorder states, in the surface of the grains (Kameli, P. 2006).

In this work we report a structural and magnetic analysis of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO) powders, obtained by solid state reaction method, and subjected to mechanical ball milling. Models based on the contribution of the grain surface on the magnetization and coercivity, are discussed, and the dependence on the magnetic properties with the particle size.

2. EXPERIMENTAL DETAILS



In this work, pure phase of ferromagnetic manganite LSMO was obtained by solid state reaction method. The mixture of high purity precursors MnO_2 (99.0%), SrCO_3 (99.9%) and La_2O_3 (98.0%), was synthesized according to the appropriated stoichiometric molar amounts. The initial powder was subjected to thermal treatment at 900°C for 12 hours and 1200°C for 24 hours, with rates of heating and cooling of $5^\circ\text{C}/\text{min}$ and $20^\circ\text{C}/\text{min}$ respectively and with macerate between intermediates. Finally, with the purpose of homogenize the powders obtained an additional macerated process was made; and then the compound was subjected to final heat treatment at 1300°C for 6 hours, to ensure complete reaction of the precursors and stabilization of the phase. After this, in order to reduce particle size, the LSMO powders were subjected to mechanical dry grinding in a planetary ball mill Fritsch PULVERISETTE 5. This process is carried out in air atmosphere by using stainless-steel balls (of 4,58 g each one), and with a ball-to-powder ratio of 20:1. In addition to these parameters, a rotational speed of 250 rpm (collision energy) and different milling times were established. For this study, we counted with a set of 4 samples of LSMO: samples for times of 3, 6 and 12 hours of milling, and the sample without milling process from the precursor phase (NM LSMO). All powders were studied by structural, morphological and magnetic characterization. The structure of the powders was analyzed by XRD with a $\text{Cu-K}\alpha$ radiation source, the morphology of the powders samples was observed with SEM (JEOL JSM-6490LV) and magnetic measurements were performed via vibrating-sample magnetometer technique (VSM) with the physical properties measurement system (PPMS, Quantum Design). Additionally, to investigate the milling time effect on the powders, a distribution grain size was measured by using Dynamic Light Scattering (DLS) in a Malvern Mastersize 2000 particle size analyzer. XRD patterns were fitted by using Rietica Rietveld program, in order to obtain structural parameters and the mean sizes of diameters of the particle from each powder. A fast measure of the T_C , was realized using the TGA technique assisted with an external magnetic field. Magnetization as a function of temperature measurements were carried out under ZFC and FC regimens of 500 Oe in the temperature range between 5 K and 370 K. Moreover, hysteresis loops $M(H)$, were measured in the range of applied field of 5 kOe to -5 kOe.

3. RESULTS AND ANALYSIS

Refinement of the XRD patterns using the Rietveld method of the formed LSMO powders, for each milling time, are shown in the Figure 1, and lattice parameters obtained of fitting are summarized in Table 1. XRD analysis for the NM LSMO sample reveals a mix of rhomboedral *R3c* and orthorhombic *Pnma* phases. With increasing the milling time (3 and 6 h) a gradual conversion to *R3c* phase is observed, which appears as single phase at time of 12 hours, see Table 1.

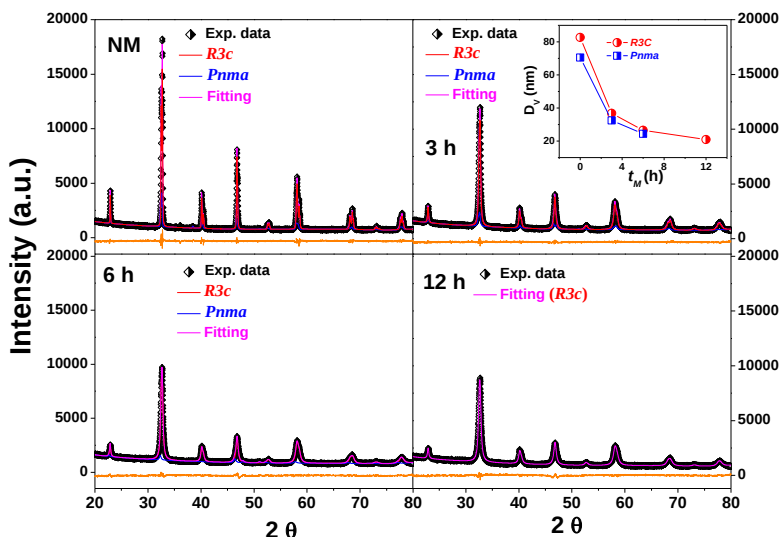


Figure 1. (Color online). Rietveld refinement analysis of XRD patterns of LSMO samples with different milling times. Solid symbols are experimental data, while solid lines represent the fit. The lines below are the difference pattern. The inset shows the variation of the D_V for *R3c* and *Pnma* phases with t_M .

It is well known that mechanical milling process can induce some microstrains in the system, and may mean diffusion at atomic level, which could lead the production of non-equilibrium phases. Obviously, all of this depends of the conditions milling used in the experiment (material used as balls, milling time and rotational speed). From Figure 1 can be seen that the increasing of t_M produces an increment in full width at half maximum (FWHM) and a decreasing in the intensity of the diffraction peaks in comparison to the NM sample. Exactly, these changes indicate a reduction in the average crystallite size, D_V , and strain effects. When the $R3c$ phase is consolidated, $t_M = 12h$, the D_V is approximately 4 times smaller than NM LSMO D_V (Table 1), which is associated with an increase of dislocation densities. In the inset of Figure 1 is shown the D_V decreasing as a function t_M . Comparable result is reported for the $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_3$ compound prepared under similar conditions in the reference (Kameli, P. 2006). According to these results, the milling process used to samples preparation can be considered crucial in the stabilization of the $R3c$ phase. In the Table 1 is reported the decreasing of D_V for each t_M , as well as the relative abundance (wt %), and the lattice parameters (a , b and c) of the $R3c$ and $Pnma$ phases.

Table 1. Summary of the refined structural parameters of LSMO samples with different milling times. Where V is the volume cell and χ^2 (chi-square) is the goodness of fit.

Refined unit cell parameters	Milling time (h)			
	0	3	6	12
<i>R3c</i>				
$a = b$ (Å)	5,5021	5,4986	5,4962	5,4979
c (Å)	13,3607	13,3509	13,3502	13,3540
V (Å) ³	350,2	349,6	349,3	345,6
D_V (nm)	82,7	36,8	26,5	20,9
Fraction (wt %)	84	90	94	100
<i>Pnma</i>				
a (Å)	5,4768	5,4951	5,5251	
b (Å)	7,7377	7,7088	7,7512	
c (Å)	5,5196	5,5249	5,5279	
V (Å) ³	233,9	234,0	236,7	
D_V (nm)	70,5	32,5	24,4	

Fraction (wt %)	16	10	6	
χ^2	1,31	1,14	1,21	1.32

Regarding the morphology of the samples, SEM micrographs of the milled and NM LSMO samples are shown in Figure 2. It is clear to see variations in grain size distribution of LSMO as a function of milling time. The figure evidences the distribution, for NM LSMO sample, and for 3, 6 and 12 hours of grinding (according to DLS measurements, which showed ranges from 900 nm to 100 nm approximately). Some differences between particle sizes are appreciable, since it is observed that sample without grinding shows a distribution of larger grain size with respect to the milled samples. Additionally, the EDX microanalysis confirmed the presence of each of the elements of these compounds.

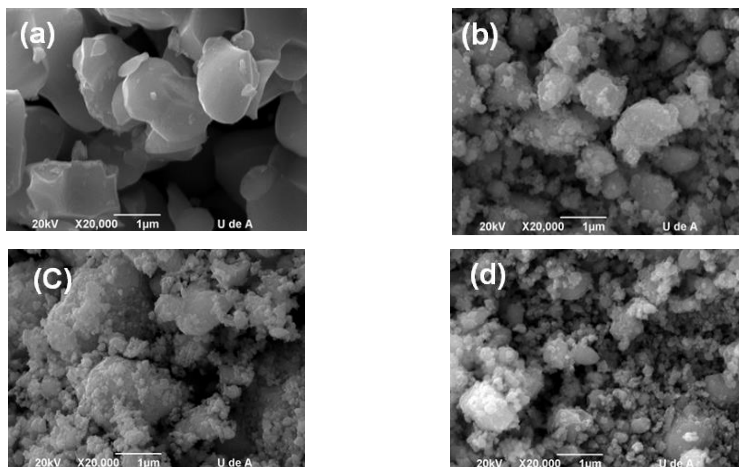


Figure 2. SEM micrograph for the LSMO samples, corresponding to (a) NM LSMO, (b) 3h, (c) 6h and (d) 12h.

Thermogravimetry (TGA) technique assisted by magnetic field, is a versatile and fast technique to obtain the critical temperature in ferromagnetic materials, and in this work, it was used

as first method to measure the T_C of the initial LSMO powders. An amount of 17.23 mg of NM LSMO was placed on the TGA holder under an external magnetic field. If the material is ferromagnetic and not experiment thermal losses of weight, the apparent *weight* measured at $T < T_C$ is the sum of real weight and the attraction force due magnetic field. In the transition region that apparent *weight* falls abruptly up to real weight. With this method NM LSMO powders were characterized in the temperature range between 20°C and 190°C as is shown in the Figure 3. The real weight obtained after of the abrupt fall occurs at 96.96°C (369.69 K), which is in accord with the magnetization data as a function of temperature, exhibited in the Figure 4. The derivative of this curve with respect to temperature, presents a maximum at 91.97°C (364 K) that corresponds to inflexion point of the weight versus temperature data. In order to analyze in a rigorous way the magnetic behavior of these compounds, a VSM magnetometer was used.

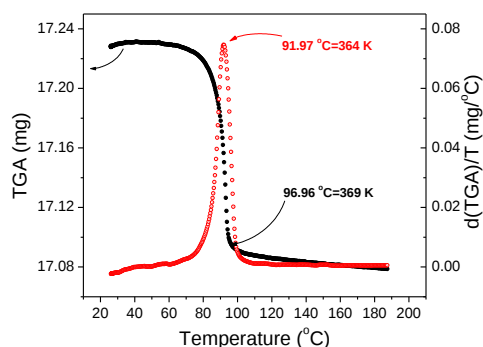


Figure 3. TGA measurements under external magnetic field of NM LSMO powders between 20°C and 190°C.

Figure 4 shows zero field cooling (ZFC) and field cooling (FC) magnetization measurements $M(T)$ for the NM LSMO powders and for the samples subjected to 12, 6 and 3 hours of grinding. Both FC and the ZFC curves were taken with an external applied magnetic field of 500 Oe and exhibit a paramagnetic to ferromagnetic transition at ~ 365 K (extracted from the derivative of this curve) in accord with the TGA measurements. In general, an increase of the width of the magnetic

transition and a decrease in the magnetization over all range of temperature with milling time is observed. Precisely as shown in Figure 4(a), at low temperatures, the magnetization associated to ZFC and FC regimens diminishes from ~ 28 emu/g (NM LSMO) to ~ 12 emu/g (12 hours), and from ~ 31 emu/g (NM LSMO) to 25 emu/g (12 hours), respectively. Additionally, the NM LSMO sample experiment saturation at low temperatures but it not occurs in the LSMO sample milled 12h, which can be due to strong interaction between magnetic domains characteristic of a harder ferromagnetic or a superparamagnetic behavior. The above can be understood with the magnetization measurements as a function of magnetic field. A similar behavior was observed in milled samples to 6 and 3 hours, Figures 4(b) and 4(c).

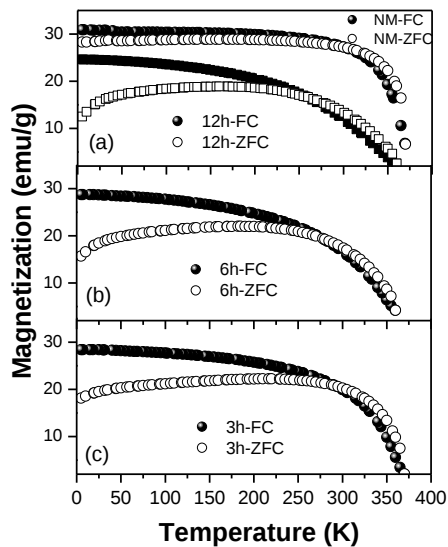


Figure 4. Comparison of ZFC and FC magnetization as a function of temperature, (a) 12 hours and NM LSMO (no milling), (b) 6 hours and (c) 3 hours. Open and filled symbols correspond to ZFC and FC curves, respectively.

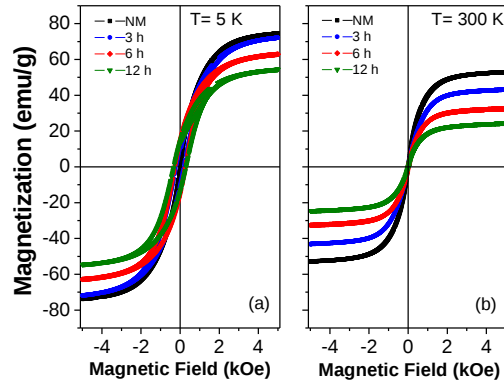


Figure 5. (Color online). $M(H)$ for LSMO powders with different milling time, taken at (a) 5 K and (b) 300 K.

Figure 5 shows the magnetization curves as a function of magnetic field $M(H)$ of the NM LSMO and LSMO samples milled during 3h, 6h and 12h measured between -5 kOe and 5 kOe at 5 K (Figure 5(a)) and 300 K (Figure 5(b)). NM LSMO sample shows a $M(H)$ curves without appreciable changes in its very small coercive fields and remanence at 5 K and 300 K due the decrease of the ferromagnetic contribution, and the possibility to the presence of a superparamagnetic phase. Contrary, the milled LSMO samples exhibit clearly the evolution of coercive field and remanence with the temperature and milling time as is presented in the Figure 6. Here, the coercive field rises with increment of the milling time at 5 K and decrease up to near zero values at 300 K. The decreasing of this parameter is directly associated with a superparamagnetic behavior which is enhanced with LSMO sample milled during 12h. Then, this milling process produces also a particles distribution of small size (nanoparticles) with superparamagnetic characteristics. This behavior, can be attributed to magnetically disordered states at surface level, that appear when the grain suffers a reduction of size, and this induce for example, some oxygen vacancies sites and strain effects, affecting the Mn^{3+} -O- Mn^{4+} bonds, and therefore ferromagnetic

mechanisms, typical from these systems (Double Exchange) (Kameli, P. 2008). Similar evolution presents the saturation magnetization M_s . This is an evidence of the way as disordered states from the surface can contribute in the behavior of particles with smaller size. The coercivity at 300 K isn't affected by the t_M and is similar to that obtained at 5 K in all samples indicating the dominant character of superparamagnetic phase.

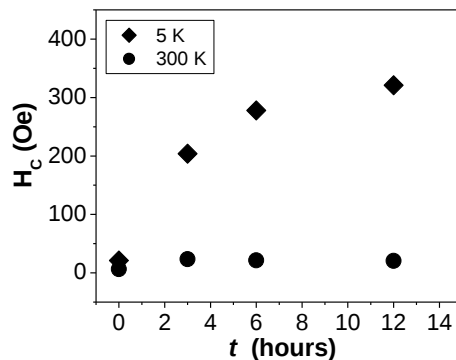


Figure 6. Coercive field values extracted from the hysteresis loops, (Figure 5). The symbols show the values to 5 K (squares) and 300 K (circles), for each milling time.

In summary, the milling process consolidates the $R3c$ phase and produce LSMO very small particles that exhibit superparamagnetic properties. The coexistence of the ferromagnetic and superparamagnetic phases in these samples is manifest. Ferromagnetic phase is dominant a low temperatures in the milled samples and it enhanced for the sample with $t_M = 12h$, but at 300 K the dominant phase is superparamagnetic type.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by sustainability program for Solid State Group 2010-2011, Universidad de Antioquia, Medellín. E. Baca and R. Castillo acknowledges the support to Grupo de Ingeniería de Nuevos Materiales of the Universidad Del Valle through the Contract 7866-2011.



REFERENCES

- Bibes, M. and Barthélémy, A. (2007). *IEEE Trans. Educ.* Vol 54 pp. 1000.
- Campillo, G.; Gil, A.; Arnache, O.; Beltrán, J. J.; Osorio, J. and Sierra, G. (2013). "Analysis of magnetic and structural properties in $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ Ferromagnetic Particles under the influence of mechanical ball milling effect". To be published in *Journal of Physics: Conference Series*.
- Dyakonov, V.; *et al.* (2010) "Magnetic, resonance and transport properties of nanopowder of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ manganites". *J. Magn. Magn. Mater.* Vol 322 pp. 3072-3079.
- Hueso, L.E.; Pruneda, J.M.; Ferrari, V.; Burnell, G.; Valdés-Herrera, J.P.; Simons, B.D.; Littlewood, P.B.; Artacho, E.; Fert, A. and Mathur, N.D. (2007). "Transformation of spin information into large electrical signals using carbon nanotubes". *Nature* 445 pp. 410.
- Kameli, P.; Salamati, H. and Aezami, A. (2006). "Effect of particle size on the structural and magnetic properties of $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ ". *J. Appl. Phys.* Vol 100 053914.
- Kameli, P.; Salamati, H. and Aezami, A. (2008). "Influence of grain size on magnetic and transport properties of polycrystalline $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ manganites". *J. Alloys and Compounds*. Vol 450 pp. 7-11.
- Kim, Bongju; Kwon, Daeyoung; Song, Jong Hyun; Hikita, Yasuyuki; Kim, Bog G and Hwang, Harold Y. (2010). "Finite size effect and phase diagram of ultra-thin $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ". *Solid State Commun.* Vol. 51, pp. 598-601.
- Salamon, M. B. and Jaime, M. (2001). *Rev. Mod. Phys.* Vol 73 pp. 583.
- Savosta, M. M. *et al.* (2004). "Nuclear spin dynamics and magnetic structure of nanosized particles of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ". *Phys. Rev. B*. Vol 69 024413.
- Tokura, Y. *Colossal Magnetoresistive Oxides*. Tokyo: Gordon and Breach, 1999.
- Zener, C. (1951). *Phys. Rev. B*. Vol 82 pp. 403.



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE
RESUMEN DE INFORMES FINALES
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

FORMULARIO DE EVALUACIÓN

(Actualización mayo 2013)

Apreciado evaluador,

El Comité Editorial de la Revista EIA agradece y aprecia su decisión de participar como par evaluador. A continuación encontrará el formulario de evaluación que usa la Revista EIA. Si es pertinente, usted podrá anexar comentarios adicionales para compartir con el Comité Editorial o con los autores del artículo.

Nombre del Evaluador:

Título del artículo: **INFLUENCE OF BALL MILLING PROCESS ON STRUCTURAL
AND MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ MANGANITE**

1. RECOMENDACIÓN GLOBAL:

Marque con una X el campo que aplique.

ACEPTADO

Se recomienda su publicación sin cambio alguno

Se recomienda su publicación sujeto a cambios menores

Se recomienda su publicación pero requiere ajustes significativos

☐
☒
☐

DECISIÓN DE ACEPTACION DEPENDS OF A SEGUNDA REVISIÓN

Contiene material que puede ser publicado pero requiere ajustes sustanciales. Una o más secciones del manuscrito requieren ser escritas de nuevo para ser reevaluado.

☐

RECHAZADO

No se considera tenga la calidad o alcance para recomendar su publicación

El trabajo no es apropiado para el marco temático de Revista EIA

☐

Comentarios al editor:



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

El artículo presenta una temática interesante, con procesos experimentales valiosos. Con los ajustes sugeridos espero se potencie su valor y pueda ser publicado.

2. Evaluación detallada

Marque con una 'X' el campo que corresponda, evaluando cuantitativamente de 1 a 4 cada uno de los conceptos, así: 4 (Excelente), 3 (Bueno), 2 (Aceptable), 1 (Insuficiente). Si no se siente cómodo juzgando alguno de estos elementos del trabajo, marque el campo N.

Concepto

Originalidad / Innovación

Impacto en el correspondiente campo de investigación

Pertinencia para Revista EIA

Claridad sobre la metodología seguida

Claridad en el reporte de los resultados

Calidad del texto a lo largo del artículo

1	2	3	4	N
		X		
		X		
		X		
		X		
		X		
		X		

Considera que la estructura del artículo es adecuada

¿Considera necesario que alguna(s) de la(s) figura(s) se preserve en color para la versión impresa? ¿Cuáles?:

Sí	No
X	
X	

Comentarios para los autores:

Le pedimos el favor que todos sus comentarios, críticas y sugerencias estén consignadas en el siguiente recuadro.



El artículo aborda un tema interesante y realiza varias caracterizaciones que ofrecen suficiente información sobre las LSMO. Sin embargo en ninguna parte deja claro el problema que abordo. En el resumen debe quedar claro el problema y la principal conclusión obtenida en la investigación.

Revisar el resumen en inglés y español para que coincidan: "From magnetic characterization results, it was found that the saturation magnetization decreases with decreasing grain size (smaller D_v). En las medidas de magnetización en función de la temperatura, se encontró que la magnetización de saturación decrece con t_m (D_v más pequeño).

Comentado [MELL25]: En el resumen en español se dice que decrece con t_m , revisar esta parte.

Sugiero:

- Dejar explícito el problema que se resuelve con la investigación.
- Especificar las áreas que impacta esta investigación (Research on the field of Colossal Magnetoresistance (CMR) manganites, has been a source of great interest both on fundamental as potential applications aspects, in different areas...).

Sobre la metodología: es concreta y clara.

Resultados y discusión:

- Para una mejor visualización de las gráficas DRX es recomendable usar otros símbolos o preferiblemente líneas con distintos colores, bien diferenciados.
- Definir cada uno de los términos dados en la tabla 1, especialmente V , D_v , R_p , χ .
- En DLS: "It is clear to see variations in grain size distribution of LSMO as a function of milling time". Dar los rangos de variación.
- Respecto al TGA dice: Amount of LSMO was placed on the TGA holder under an external magnetic field... especificar la cantidad. ¿Por qué no aparece la información de las muestras de 3, 6 y 12h? Es la misma T_c para todos?
- De las curvas ZFC y FC, figura 4, "For all samples, a paramagnetic to ferromagnetic transition is observed, with a magnetic transition temperature around of 370 K..." El dato es tomado de la derivada? A qué se debe que en esta gráfica no este la información de 3 y 6H?
- La figura 6 no es clara ya que su leyenda no es clara tampoco: "Figure 6. Coercive fields extracted from $M(H)$ for all milling time, at 5 and 300 K." ¿Todos los puntos se superponen?

Comentado [MELL26]: ¿De dónde toma este valor?

Conclusión.

La conclusión debe ser más que un resumen. Falta una conclusión contundente de la investigación presentada.



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Generales

- Siempre que se use una sigla, se debe definir en el momento que se usa. Ejemplo: NM en el resumen.
- Después de haber definido un término usar su sigla: LFMR aparece definido varias veces. LSMO

3. RECUERDE:

- a. El evaluador podrá incluir comentarios adicionales si el espacio proporcionado en este formulario resultase insuficiente.
- b. El plazo máximo sugerido para evaluación de artículos de la Revista EIA es de dos semanas.
- c. Este formulario debe ser enviado a revista@eia.edu.co. Favor verificar la respuesta de recepción de la evaluación por parte del Comité Editorial.

Revista EIA agradece su valiosa contribución con la evaluación del artículo.



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Fwd: DECISIÓN SOBRE ARTÍCULO REVISTA EIA

Recibidos x



Gloria Campillo gloria.campillo@gmail.com

3 de
feb.

para Oscar, Jaime, Jailes, mí, Andres, Roberto

Muy buenos días:
Un saludo con buenas noticias.
Les anexo el mensaje de aceptación del artículo a la Revista EIA.

Un feliz día

----- Mensaje reenviado -----

De: **Miguel E. Mora** <memora@uaem.mx>

Fecha: 31 de enero de 2014, 19:51

Asunto: DECISIÓN SOBRE ARTÍCULO REVISTA EIA

Para: gecampillo <gecampillo@udem.edu.co>, Gloria Campillo <gloria.campillo@gmail.com>

Apreciada Dra. **Campillo**:

Me complace comunicarle que, luego de considerar la versión revisada de su artículo "**INFLUENCE OF BALL MILLING PROCESS ON STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ MANGANITE**", el mismo ha sido ACEPTADO para su publicación en la Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Próximamente, el equipo editorial de la Revista se pondrá en contacto con Ud. para los detalles ulteriores del proceso de edición.

Muy Atentamente

Miguel Eduardo Mora-Ramos
Editor Invitado
Revista EIA



eval jose maria baca miranda eval.baca@correounivalle.edu.co

3 de
feb.

para Gloria

Muy bien Glorita. me parece que el artículo finalmente quedo bien. Cordialmente
Eval



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

El 3 de febrero de 2014, 8:51, Gloria Campillo <gloria.campillo@gmail.com> escribió:



2P

[Magnetic Properties of $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ High Temperature Superconductor Pellets.

J. C. Collazos¹, G. Bolaños¹, J. J. Realpe¹, E. Baca².

¹ Laboratorio de Física de Bajas Temperaturas, Departamento de Física, Universidad del Cauca,
Popayán, Colombia.

² Grupo de Ingeniería en Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali,
Colombia.

Abstract

We have studied the magnetic properties of $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ (LSCO) high temperature superconductor obtained by means of solid state reaction from high purity precursors. Crystal structure was analyzed by means of X-ray diffraction technique. The diffraction pattern shows a high purity sample with tetragonal structure and lattice parameters $a=b=3.7763 \text{ \AA}$ and $c=13.2340 \text{ \AA}$. We performed temperature dependence of magnetization (M) measurements between 15-100 K with zero field cooling (ZFC) and field cooling (FC) where is shown an onset of superconductor transition temperature (T_{onset}) at 38 K for both curves. Hysteresis loops were measured varying the magnetic field between -65000 Oe and 65000 Oe at 5 K, 15 K, 37 K and 300 K. At 5 K and 15 K were obtained superconducting hysteresis loops. The hysteresis loop at 37K ($<T_{\text{onset}}=38 \text{ K}$) is a mixing of the diamagnetic superconductor and paramagnetic phases, whereas at 300 K finally is obtained a



paramagnetic behavior. Superconducting critical current density (J_{sc}) calculated from magnetization hysteresis using the Bean-Kim model is analyzed.

Keywords: Superconductor, Hysteresis loops, Bean-Kim model, Critical current density.

1. Introduction

Superconductivity have been a prominent field in condensed matter physics with a rapid development since the discovery of what is consider high temperature superconductors (HTSC) such as $\text{La}(\text{Ba},\text{Sr})\text{CuO}$, YBaCuO and $(\text{Bi},\text{Pb})\text{SrCaCuO}$, among other. $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ system have been studied enthusiastic because it presents an extensive variety of electric, structural and magnetic properties depending on Sr concentration and oxygen content [1][2]. The highest T_C is reached with $x \approx 0.15$ [1][2][3]. Magnetic properties were performed in $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ system in order to calculate superconducting critical current density, a factor as important as T_C for technological application.

2. Experimental

We obtained $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ (LSCO) samples by means of conventional solid state reaction from high purity precursors, La_2O_3 (99%), SrCO_3 (99.9%) and CuO (99.99%). The initial oxides were weighed according to $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ stoichiometry. The starting materials were thoroughly manually ground in an agate mortar and fire at 1000°C for 20 hours in air atmosphere. The procedure was repeated three times with intermediate ground and milling. Finally the powder was pressed by a press die in cylindrical pellets of 0.6 cm diameter and calcined at 1000°C for 24 hours



in air atmosphere. The crystal structure of LSCO sample was analyzed by a PANalytical system with a $2\theta = 25^\circ - 85^\circ$ configuration and Cu-K α radiation ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$). Temperature (T) dependence of magnetization (M) was measured in ZFC and FC (100 Oe) in temperature range 15K-100K. Isothermal magnetization loops were performed at different temperatures 5K, 15K, 37K and 300K, between 65000 Oe and -65000 Oe. The magnetic measurements were carried out by a PPMS Quantum design system.

3. Results and Discussion

The diffraction pattern of LSCO sample at room temperature is shown in Fig. 1. XRD peaks are denoted with Miller indices indicating that the LSCO polycrystal exhibit a single phase in accord with formula $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$, without any detectable impurities. The LSCO phase has a tetragonal structure with I4/mmm space group and lattice parameters $a=b=3.7763 \text{ \AA}$ and $c=13.2340 \text{ \AA}$, close to values reported in other papers [3][4] (SI DECIMOS QUE EXISTE OTRAS FASES COMO LAS ANOTADAS DEBEMOS IDENTIFICAR SUS PICOS Y ENCONTRAR SU PORCENTAJE DENTRO DE LA MUESTRA). The average crystallite sizes was calculated by Scherrer's formula $D = 0.89\lambda / B \cdot \cos\theta$, where λ ($=1.54 \text{ \AA}$) is the X-ray wavelength, B is the full width at half maximum (FWHM) of XRD peaks, and θ is the diffraction angle. Based on the experimental data around of principal peaks of Figure 1 an average crystallite size of ____ was obtained for LSCO. (JUAN CAMILO, DESPUÉS DE INDEXAR LOS PICOS DE LA FIGURA 1 CALCULE EL VALOR PROMEDIO USANDO LA FÓRMULA de Scherrer PARA LOS PICOS [103], [110] Y [114]).

The measurements of ZFC and FC magnetization (M) as a function of temperature are displayed in Fig. 2, where is shown an onset of the superconductor phase at $T_{\text{onset}} \sim 38 \text{ K}$ in LSCO sample, similar



to value reported by other researchers [1][3][5][6][7]. For temperatures below T_{onset} , in both regimens M change dramatically to values that increase negatively and exhibit the consolidation of the superconducting phase [5].

In Fig. 3 is displayed the field dependence magnetization curves at 5K, 15K, 37K and 300K. The superconducting hysteresis loops below T_C show an asymmetric behavior instead of symmetric as is expected for superconductors with perfect surfaces [5][8]. In the inset is exhibited the magnetization behavior when the magnetic field is increased starting from $H=0$. Here, the Meissner effect is extinguished at a magnetic field $H_p > H_{C1}$ that correspond to $M=M_{min}$, which is strongly influenced by the presence of surface irregularities; the H_p values at 5 K and 15 K are 782 Oe and 350 Oe respectively. The manifest presence of field H_p implies the existence of a surface barrier which prevents the vortices entry until that field where the energy of surface barrier vanishes producing the asymmetric characteristic of the hysteresis loops [C.P. Bean and J. D. Livingston, Phys. Rev. Lett. **12**, 14 (1964); A. D. Hernandez and D. Dominguez, Phys. Rev. B **65**, 144529-1 (2002)]. Another hand, superconducting diamagnetic loops at 5K and 15K show that the net width of the magnetization $\Delta M(H)$ decreases as the temperature increases, which is linked to the magnitude of superconducting current density J_C according to the Bean's model [C. P. Bean, Rev. Mod. Phys. **36**, 31 (1964)]. These results will analyze in the description of the Figure 4. The top inset of the Figure 3 is shown the hysteresis loop at 37 K $< T_C$. This curve shows mixing phases of superconductor diamagnetism for very low fields and paramagnetism for upper fields than 400 Oe. This hybrid behavior is expected in the superconducting transition region, where an amalgam of carriers such as Cooper pairs and normal pairs should be present. At 300K, the curve has an antiferromagnetic-type



behavior, which can be associated to oxygen vacancies (y) in the material due to coexistence of $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ and $\text{La}_2\text{CuO}_{4-y}$ phases [D. K. Vaknin, et al. Phys. Rev. Lett. 58, 2802 (1987)]. $\text{La}_2\text{CuO}_{4-y}$ compound present structural and magnetic transitions at T_0 and Neel temperature T_N respectively that are highly sensitive to y ($T_0(y)$ =450 K to 530 K; $T_N=0$ for $y=0$, $T_N\approx 295$ K for $y\approx 0.03$) [D. K. Vaknin, et al. Phys. Rev. Lett. 58, 2802 (1987)].

Superconducting critical current density at 5 K and 15 K was obtained using the magnetization measurements and Bean-Kim model for cylindrical samples as is observed in the Figure 4. In both curves is observed a decreasing of J_C as magnetic field increase, where the $J_C(15\text{ K}, H)$ values are smaller than those measured at 5K due to thermal activation of flux lines. Exactly, these data may be described by using the empirical relation $J_C(B, T) = J_C(0, T) \exp[-H/H_{peak}(T)]$, which describes the behavior of flux-lines associated with the strong pinning. Here, $H_{peak}(T)$ is the temperature-dependent characteristic magnetic field that determines the maximum pinning force F_P that may be obtained from J_C measurements by the expression $F_P \propto |J_C \times H|$ as is presented in the inset of Figure 4.

4. Conclusions

We successfully sintered $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ samples in high purity concentration according with the diffraction pattern. The measurements of magnetization as a function of temperature show a superconducting behavior below 38 K. The hysteresis loops show an asymmetric behavior at temperatures below critical temperature associated to existence of a surface barrier which prevents the vortices entry into sample. At 37 K it is shown a mixing of diamagnetic and paramagnetic phases. Critical current densities analyzed by Bean-Kim model display an exponential behavior as a



function of applied magnetic field and the pinning force $F_p(H)$ was obtained.

Acknowledgments

... **E. Baca** acknowledges the support to Grupo de Ingeniería de Nuevos Materiales of the Universidad Del Valle through the Contract 7866-2011.

References

- [1] Jérôme, D.: Magnetism and superconductivity in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$. J. Appl. Phys. 63, 4005-4008 (1988).
- [2] Maple, M. B.: High Temperature superconductivity. J. Mag. and Mag. Mat. 177, 18-30 (1998).
- [3] Yao, X.: Coexistence of superconductivity and ferromagnetism in $(\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4)_{1-x}(\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3)_x$ matrix composites. J. All. Comp. 509, 5472-5476 (2011).
- [4] Cava, R. J.: Crystal structure of the high temperature superconductor $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ above and below T_c . Phys. Rev. B. 35, 6716-6720 (1987).
- [5] Sharman, D.: Influence of grain size on the superconductivity of $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$. J. Supercond. Nov. Magn. 24, 205-209 (2011).
- [6] Dover, R. B.: Composition dependent superconductivity in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$. Phys. Rev. B 35, 5337-5339 (1987).
- [7] Huang, H.: Effect of Mn doping on the superconductivity in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$. Physica C. 421, 56-60 (2005).
- [8] Baca, E.: Temperature and field dependent critical currents in $[(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x]_{0.07}(\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3)_{0.03}$ thick films grown on LaAlO_3 substrates. J. Appl. Phys. 113, 043916 (2013)



- [9] Ghosh, B.: Observation of superparamagnetism to flux closure behavior in ZnO nanoparticle agglomerates. J. Phys.: Condens. Matter 24, 366002-08 (2012).
- [10] Jaffari, G. H.: Non-equilibrium cation distribution and enhanced spin disorder in Hollow CoFe_2O_4 nanoparticles. J. Phys.: Condens. Matter 24, 336004-12 (2012).

Figure Captions

Fig. 1 X-Ray diffraction pattern of $\text{La}_{1.85}\text{Sr}_{0.15}\text{CuO}_4$ sample. OJO INDEXAR LOS PICOS!

Fig. 2 ZFC and FC magnetization measurements.

Fig. 3 Hysteresis loops at 5K, 15K, 37K and 300K. Inset Top. Diamagnetic and paramagnetic phases at 37K. Inset bottom. Hysteresis loop at 300 K.

Fig.4 Superconducting critical current density (J_{sc}) at (Black) 5 K and (Red) 15 K. Inset. Exponential behavior of J_{sc} . Pinning force against magnetic field.

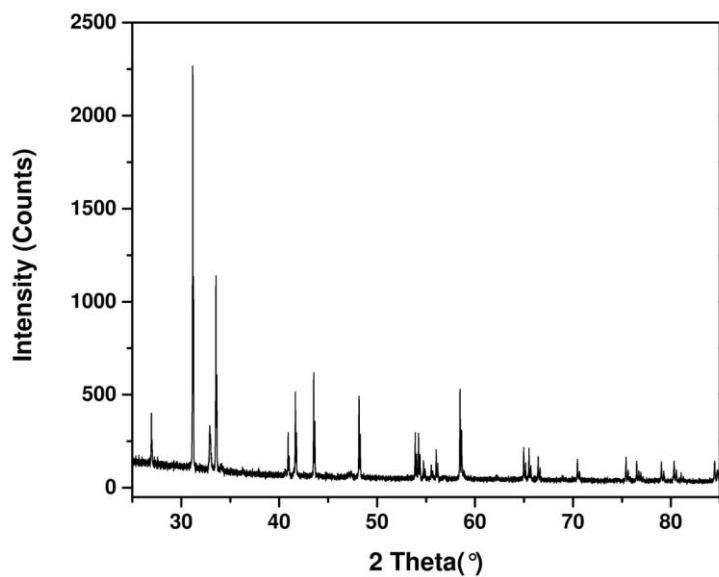


Fig. 1

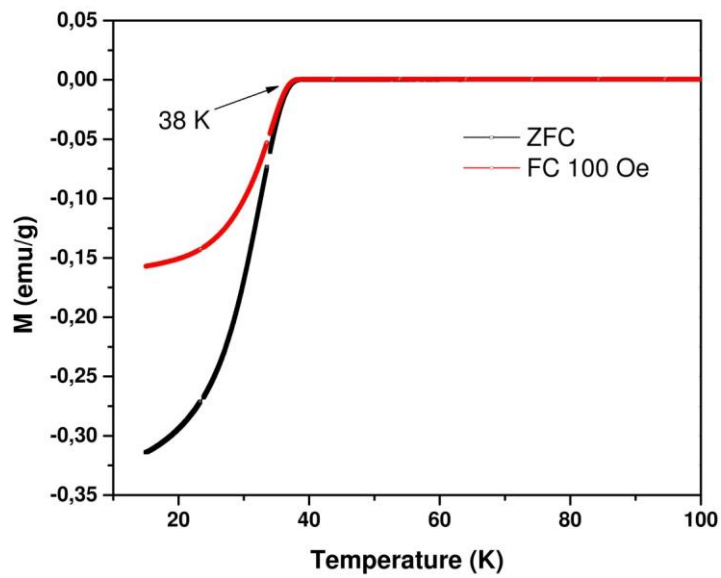


Fig. 2

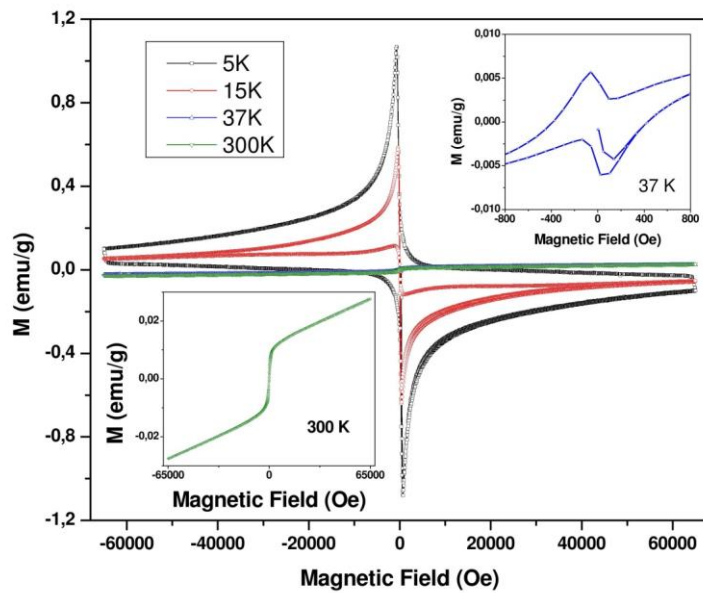


Fig. 3

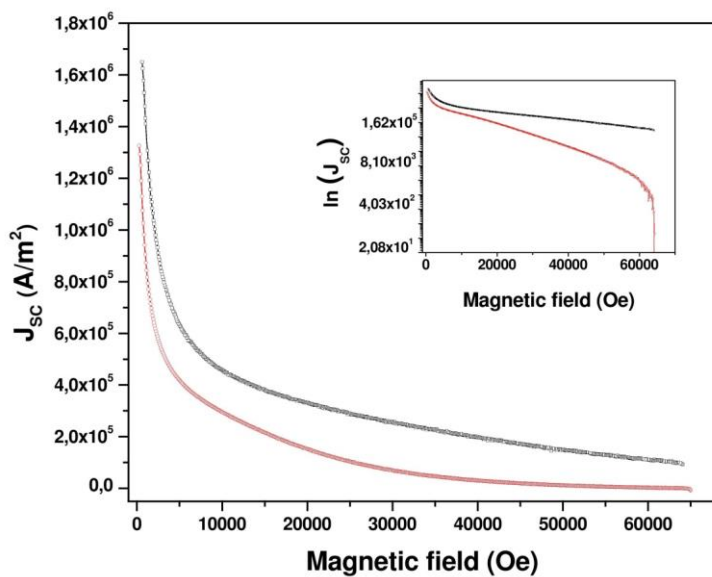


Fig. 4



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



4th International Conference on Superconductivity and Magnetism
27th April – 2nd May 2014, Antalya, Turkey
www.icsm2014.org

I/C	Abstract Title	ID	Presenting Author	Approved Session	O/P	Pres. Date	Affiliation
C	Superconducting Fault Current Limiter – Smart Solution Enabler for Networks	1752	Katrin Baeuml	Application potential of HTS devices in the grid	O	April 29, 2014	Schneider Electric Sachsenwerk GmbH, Germany
C	Magnetic Properties of Ar and implanted ZnO	1753	Krish Bharuth-Ram	Magnetic Materials Processing and Physical Properties	P	April 28, 2014	Durban University of Technology, South Africa
C	Disorder induced phase segregation in $Y_{1-x}Ca_xBa_2(Cu_{1-y}Zn_y)O_{7-d}$	1754	Saleh Naqib	High Tc Cuprates I	P	May 1, 2014	Rajshahi University, Bangladesh
C	Analysis of the Zero-Field In-Plane Critical Current Density of $YBa_2Cu_3O_{7-d}$ Thin Films	1755	Saleh Naqib	High Tc Cuprates I	P	May 1, 2014	Rajshahi University, Bangladesh
C	Superfluid-Insulator Transition of Quantum Hall Ferromagnetic Domain Walls in Bilayer Graphene	1756	Efrat Shimshoni	Superconductor-Insulator Transition	P	May 1, 2014	Bar-Ilan University, Israel
C	Nanoscope Interferometer Model for Electron Spin Resonance in STM	1757	Horovitz Baruch	Magnetism of Nanoparticles, Nanowires and Nanostructures I	O	May 1 or May 2, 2014	Ben-Gurion University of the Negev, Israel
C	The stability Analysis of the High Temperature Superconducting Cable under Fault Current Condition	1758	Jiahui Zhu	Application potential of HTS devices in the grid	O	April 29, 2014	China Electric Power Research Institute, China
C	Magnetic Properties of $La_{1.85}Sr_{0.15}CuO_4$ High	1759	Juan Collazos	High Tc Cuprates I	P	May 1, 2014	Universidad del Cauca,

4th International Conference on Superconductivity and Magnetism– ICSM2014 to be held in Antalya between 27th April –2nd May, 2014



VICERRECTORIA DE
INVESTIGACIONES
División de Proyectos

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DE RESUMEN DE INFORMES FINALES PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN