



Fecha de presentación del Informe:

20

05

2016

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Código del proyecto: 7978			
Título del proyecto: Study of interface phenomena in heterostructures based on complex oxides			
Facultad o Instituto Académico: Ciencias Naturales y Exactas			
Departamento o Escuela: Departamento de Física			
Grupo (s) de investigación: Películas Delgadas			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	María Elena Gómez de Prieto	10	10
Coinvesti-gadores	Gustavo Zambrano	5	5
	Pedro Prieto	5	5
	Claribel Domínguez	40	40
	Mario Fernando Quiñonez	20	20
	Isabel Cristina Arango	40	40
	Carlos William Sánchez	40	40
	Walter Torres	5	5
	Evelin Mendoza	5	5
	Mario Alejandro Millán	20	20

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.



1. RESUMEN EJECUTIVO:

Se espera que describa el proyecto, planteamiento del problema, objetivos, metodología, principales resultados obtenidos y las conclusiones. La extensión debe ser de máximo de 500 palabras (en español y en inglés).

Este proyecto se propuso como meta, objetivo y metodología estudiar la influencia de los parámetros de crecimiento de las propiedades estructurales y físicas de las películas delgadas y multicapas y sus interfaces de óxidos complejos en forma de capa delgada, heteroestructuras, y superredes. Con el fin de lograr funcionalidades y dispositivos potencialmente útiles el material de óxido debe tener un crecimiento epitaxiales. Esta es nuestra fortaleza en el laboratorio. Poseemos la técnica de pulverización catódica DC y RF a altas presiones de oxígeno (de 1 a 4 mbar), poseemos equipo de medición de propiedades estructurales, eléctricas, magnéticas como función de temperatura y campo magnético aplicado. Hemos colaborado con el Instituto de Nanociencia en Aragón, España, donde se llevó a cabo algunos experimentos y mediciones. Estudiamos las manganitas de Lantano dopadas con Ca y Sr (LCMO, LSMO), el ferroeléctrico BaTiO₃ (BTO), el multiferroico BiFeO₃ (BFO); la barrera térmica YxZr1-xO₃ (YSZ), Al₂O₃ (AO); el efecto del tamaño de las propiedades de heteroestructuras artificiales tipo BFL/ LSMO, BTO/LSMO; el óxido Fe_{1-x}Ti_xO₃, el efecto del tamaño en nanotubos de dióxido de Titanio dopado con nanopartículas de Ferrita; estudiamos las propiedades térmicas de bicapas YSZ / Al₂O₃.

Este proyecto experimental contribuyó con el desarrollo de la capacidad científica nacional con el tema de investigación para un joven investigador de Colciencias; tres tesis de maestría en física e ingeniería de materiales, en su etapa de escritura final para la evaluación final o defensa; el comienzo de una tesis doctoral; el comienzo de dos semilleros de investigación de pregrado. Discutimos los resultados en varias conferencias científicas, un artículo en una revista de la Q2 tipo, y presentado para su publicación tres artículos científicos en revistas indexadas.



This project proposed goals, objectives, and methodology focus on the influence of growth parameters on the structural and physical properties of thin films and multilayers and their interfaces of complex oxide thin-film, heterostructures, and superlattices. In order to achieve potentially useful functionalities and devices the oxide material must be growth in the form of epitaxial films or superlattices. It is our strength in the lab. Thin Film Lab has the DC and RF multitarget sputtering technique at high pressures (1 to 4 mbar), measuring equipment for structural, electrical, magnetic properties as a function of temperature and external applied field. We collaborated with the Institute of Nanoscience at Aragón, Spain, where we carried out some experiments and measurements. We studied the Ca and Sr (LCMO, LSMO) doped lanthanum manganites, the ferroelectric BaTiO_3 (BTO) the ferroic BiFeO_3 (BFO); the thermal barrier $\text{Y}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_3$ (YSZ), Al_2O_3 (AO); the size effect on the ferroic properties of artificial LSMO/BTO, LSMO/BFO heterostructures; thermal properties of YSZ/ Al_2O_3 bilayers. This experimental project contributed to the development of the national scientific capacity with research theme for a Colciencias young researcher; three master thesis in physics and materials engineering, close to be submitted for the final evaluation; the beginning of one doctoral thesis; the beginning of a undergraduate researchs seed. We discussed the findings in several scientific conferences, one paper in a journal of the type Q2, and submitted for publication three scientific articles in indexed journals.

2. SÍNTESIS DEL PROYECTO:

En una extensión máxima de 5 páginas, se debe mostrar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y debe incluir: objetivo, metodología, resultado y conclusiones.

Objetivos: general y específicos

Obtención de capas y heteroestructuras de alta calidad basadas en materiales óxidos y entender la influencia de las interfaces, la tensión y la reducción de tamaño de las propiedades físicas esperadas.



To obtain a high crystalline quality of oxide-based films and heterostructures to understand the influence of interfaces, strain and size reduction on the expected physical properties.

A. TEMA: Self-organized TiO_2 nanotubes functionalized with iron oxide nanoparticles.

Investigadores participantes: Joven Investigadora Colciencias Geraldine Hernández Vázquez; profesor Walter Torres, Profesor Wilson Lopera, profesora María Elena Gómez

Metodología

- *Síntesis nanotubos de TiO_2 :* los nanotubos de TiO_2 se sintetizaron mediante anodización electroquímica, usando una lámina de Ti (99%) de 0.5cmx1cm (que fue previamente electropulida) como electrodo de trabajo y una lámina de Pt de 1cmx1cm como contra electrodo, el electrolito está compuesto por una mezcla de etilenglicol y NH_4F (los parámetros de crecimiento están en Anexo 1. tabla 1), después de crecerlos nanotubos, estos se recocieron a 500 °C.
- *Llenado de nanotubos de TiO_2 con óxidos de hierro:* Se evaluó un método para el dopado de los nanotubos consistente en electrodepositar iones Fe mediante la aplicación de un pulso anódico (8 ms, -10V), seguido de un pulso catódico (2ms, 3V) y un tiempo de descanso de 600ms, este ciclo pulsos se aplicó durante 2 minutos, usando diferentes soluciones de hierro de diferentes concentraciones 0.1M, 0.2M, 0.3M, 0.4M y 0.5M.
- *Caracterización de los nanotubos:* Los nanotubos se caracterizaron por medio de SEM, AFM y difracción de rayos X.

Resultados obtenidos

Se encontraron los parámetros crecimiento de nanotubos de TiO_2 mediante anodización electroquímica (tabla 1, del Anexo 1). También se estableció que el tratamiento más efectivo para evitar el crecimiento del nanograss presente en los nanotubos es mediante



el electropulido del electrodo de titanio previo al crecimiento de nanotubos (figura 1 y figura 2, Anexo_1).

-Se doparon los nanotubos con óxidos de hierro mediante electrodeposición donde se varió la concentración del electrolito de hierro, observándose que el hierro se deposita sobre la superficie de los electrodos cúmulos de Fe_2O_3 sobre la superficie de los poros (figura 4 y figura 5, Anexo_1).

B. TEMA: Crecimiento de películas delgadas del sistema $\text{Fe}_{1.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_3$ (FTO)

**Investigadores participantes: estudiante de maestría en ciencias físicas
Mario Fernando Quiñónez Penagos, colaboración de la postdoc Katherine
Gross, y profesora María Elena Gómez**

Con la técnica de magnetron sputtering asistido por radiofrecuencia, se depositan muestras sobre sustratos monocristalinos SrTiO_3 (001) y de Al_2O_3 (0001), a una presión de 5.0×10^{-2} mbar y con una temperatura de sustrato de 700 K, al terminar la deposición de las películas se realiza un recocido a la misma temperatura. Se han obtenido películas delgadas con distintos tiempo recocido (t_a), y con distintos tiempos de deposición (t_d).

A partir de los patrones de reflectometría de rayos X sobre las películas de FTO depositadas sobre SrTiO_3 y Al_2O_3 , se obtiene que el espesor de la película depositada sobre SrTiO_3 es mayor que sobre el sustrato de Al_2O_3 , ambas películas bajo los mismos parámetros de deposición (figura 2, Anexo 2).

Se tomaron difractogramas de difracción de rayos X a alto ángulo de las distintas películas de FTO depositadas sobre Al_2O_3 , primero se comparan los resultados para distintos t_a , observando que para un tiempo $t_a = 2$ h se favorece la formación de la fase de FTO, Por otro lado, para las muestras con tiempos de deposición (t_d) distintos, se puede observar claramente que el tiempo de depósito mejora las propiedades estructurales de las películas delgadas de FTO, a su vez se observa que con el aumento en los tiempos de depósito se aprecia claramente el pico asociado a el plano (00012) del FTO (figura 3 y 4, Anexo_2).



Se realiza un estudio estadístico cuantitativo de imágenes de Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) en la película delgada depositada sobre el sustrato de Al_2O_3 con tiempo de 2 horas de recocido a diferentes tamaños de ventana (0.5, 1, 3, 5 y 8 μm), las imágenes de AFM dan cuenta de la morfología superficial de la muestra. De los resultados se obtuvo que el exponente de rugosidad es de $\alpha=0.29\pm0.03$, la longitud de correlación decrece a medida que aumentamos el ancho de la ventana, y un valor de la rugosidad $\sigma=4.1 \pm 0.7$ nm.

De las curvas de histéresis magnética a temperaturas de 10K, sobre dos muestras con distinto td, se observa un aumento en el campo coercitivo con el tiempo de deposición, a su vez se observa un aumento en el valor del momento magnético de saturación, lo cual es acorde, debido a que en la muestra con mayor tiempo se tiene mayor material del sistema.

Principales conclusiones y/o recomendaciones

Se logra obtener los parámetros de crecimiento de las películas delgadas del sistema $\text{Fe}_{1.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_3$, con los cuales las propiedades estructurales y morfológicas de las películas son de óptima calidad.

El sistema FTO tiene una tasa de deposición mayor sobre sustratos de Al_2O_3 que sobre sustratos de SrTiO_3 . El tiempo de recocido y el tiempo de deposición, influyen sobre la formación de la fase de FTO en sustratos de Al_2O_3 .

Las películas delgadas de FTO con 2 horas de recocido, presentan propiedades magnéticas de tipo Ferromagnético, con campos coercitivos del orden 100 Oe.

C. TEMA: Estudio de propiedades eléctricas y magnéticas de $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ para desarrollo de sensores magnéticos.

Investigadores participantes: Joven Investigadora Colciencias y estudiante de maestría en ingeniería Isabel Cristina Arango Gutiérrez, semillero de investigación Evelyn Mendoza, profesora María Elena Gómez.



Objetivo

Estudiar la influencia de reducción de volumen de la manganita de lantano dopada con estroncio (LSMO), en las propiedades de transporte, eléctricas y magnéticas, buscando con esto optimizar parámetros para el desarrollo de dispositivos de control como los sensores magnéticos.

Metodología

Realizar la valoración de las propiedades eléctricas de las películas delgadas y en forma de dispositivos, mediante la determinación de la transición metal aislante (MIT).

Determinar las propiedades magnéticas de las películas delgadas, mediante curvas de magnetización-temperatura, magnetización-campo, magnetorresistencia-campo.

Caracterizar las películas delgadas y en forma de dispositivos estructuralmente y morfológicamente.

Analizar la dependencia de las propiedades eléctricas y magnéticas con el volumen variado en las diferentes formulaciones del diseño experimental.

Estudiar la respuesta magnetorresistiva de los dispositivos de LSMO/STO, y determinar si estos son aptos o no para aplicaciones de dispositivos de control como sensores magnéticos.

Conclusiones

$\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (LSMO) es uno de los compuestos más interesantes de la familia de las manganitas tipo perovskita debido a su temperatura de Curie por encima de la temperatura ambiente, propiedad resaltable y deseable para aplicaciones prácticas como sensores magnéticos. Sin embargo, es bien conocido que las propiedades ferromagnéticas de un material se debilitan en la presencia de la reducción de tamaño. En esta investigación, se crecieron películas delgadas de LSMO por sputtering DC en una atmosfera de oxígeno puro sobre sustratos de SrTiO_3 (001) a una temperatura de 830 °C. Mediante el análisis de difracción de rayos-X (XRD), se encontraron los picos de Bragg para la película donde solamente los picos (002) fueron observados indicando un crecimiento texturado. Se caracterizó morfológicamente las muestras mediante



microscopia de fuerza atómica (AFM). Las películas de LSMO fueron grabadas usando la técnica de fotolitografía y contactada con puntos de plata con alambres de cobre usados para conectar las caminos al porta muestras. La dependencia de la resistividad con la temperatura muestra un comportamiento típico de sistemas ferromagnéticos con transición metal-aislante sobre 300K. Las propiedades eléctricas serán contrastadas con los resultados de la película delgada. Se llevaron a cabo isothermas de resistencia y magnetización en función del campo magnético aplicado para caracterizar las muestras. Se estudió la dependencia de las propiedades de transporte con el espesor de la película de 25 nm y tamaños de camino de 5 micras para potencial aplicación como sensores magnéticos. VER ANEXO 3.

D. TEMA: Estudio de las propiedades físicas en bicapas $\text{BiFeO}_3/\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$

Investigadores participantes: Joven Investigadora Colciencias Claribel Domínguez Ordóñez, semillero de investigación Evelyn Mendoza, profesora María Elena Gómez,

Para estudiar el mecanismo de acoplamiento antiferromagnético /ferromagnético, se ha propuesto crecer películas delgadas de materiales como el candidato ferromagnético manganita de lantano dopada con estroncio $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (LSMO), el cual ha sido ampliamente utilizado como una fuente de espín en la espintrónica y presenta una temperatura de Curie por encima de la temperatura ambiente (T_C 350K) y el material multiferroico BiFeO_3 . El estudio de las propiedades eléctricas y magnéticas en bicapas tipo BFO/LSMO se llevará a cabo con el fin de evaluar los mecanismos de acoplamiento antiferromagnético / ferromagnético y realizar avances significativos en el estudio de este tipo de sistemas.

Metodología:

Crear bicapas del tipo BFO/LSMO sobre sustratos de STO, con el objetivo de estudiar la presencia de la fase antiferromagnética del BFO en las propiedades de la manganita.



Caracterizar las bicapas obtenidas estructuralmente mediante la técnica de difracción de rayos X (XRD); morfológicamente mediante microscopia de fuerza atómica.

Caracterizar las bicapas BFO/LSMO magnéticamente y estudiar la influencia de la capa antiferromagnética del BFO, en las propiedades magnéticas de la manganita como función de la temperatura ($M(T)$) y el campo magnético aplicado ($M(H)$).

Se espera que la presencia de la capa antiferromagnética del BFO, influya sobre las propiedades magnéticas de la manganita (LSMO), como lo son su temperatura de transición TC y su magnetización de saturación M_s . VER ANEXO 4.

Conclusión:

El material multiferroico BiFeO_3 (BFO) muestra coexistencia de ordenes ferroelectricos (FE) y antiferromagneticos (AFM) a temperatura ambiente con una temperatura de Curie (TC) 1100K y temperatura de Neel (TN) 640K. De hecho, el parámetro de orden AFM en el multiferroico podrá actuar como un medio que acopla indirectamente el orden ferromagnetico (FM) de una película delgada FM y el orden FE de un multiferroico. Los análisis de superficie por rayos X y morfología, nos permiten afirmar que las muestras presentan un crecimiento texturado sobre el sustrato y no se evidencia fases adicionales. De las curvas de magnetización térmica obtenemos que la magnetización de saturación y la T_c en la bicapa decrece, comparada con la capa del compuesto ferromagnético LSMO, comportamiento que se observa bajo condiciones de ZFC y FC y se atribuye completamente a la presencia del BFO actuando sobre las propiedades magnéticas de la manganita LSMO. Después de realizar medidas en función del campo magnético aplicado, se encontró evidencia de efectos generados en la interfaz después de que la bicapa BFO/LSMO se ha sometido bajo condiciones de campo de enfriamiento. Este, conocido como efecto de polarización de intercambio o Exchange Bias, presenta una fuerte dependencia con la temperatura, siendo el valor más significativo con un $H_{ex}=76\text{Oe}$ para $T=5\text{K}$, el cual es exponencialmente decreciente a medida que se acerca a la temperatura de blocking de la bicapa $T_B \sim 50\text{K}$.



E. TEMA: Efecto de interfaz en sistemas de bicapas de

$\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3(\text{FM})/\text{Pr}_{1/2}\text{Ca}_{1/2}\text{MnO}_3(\text{AFM})$ crecidas por pulverización catódica

Investigadores participantes: Estudiante de doctorado Carlos William Sánchez, profesor Pedro Prieto.

El óxido de manganeso con estructura Perovskita, $\text{R}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$, donde R y A son elementos metálicos de tierras raras y alcalinas, respectivamente, presenta dos posibles estados base; uno de metal ferromagnético y uno de aislante antiferromagnético acompañado por el ordenamiento orbital y/o de carga. Uno de los fenómenos más estudiados de estas manganitas son las propiedades de magneto transporte que muestran una magnetorresistencia colosal.

El objetivo específico del proyecto es crecer y caracterizar bicapas del sistema $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3/\text{Pr}_{1/2}\text{Ca}_{1/2}\text{MnO}_3$ (LCMO3/PCMO5) depositadas mediante la técnica de pulverización catódica DC, con el fin de estudiar los efectos de la interfaz y fenómenos de transporte presentes. Para esto se han fijado los siguientes objetivos específicos: (1) Fabricar y caracterizar blancos estequiométricos de las manganitas PCMO5 y LCMO3. (2) Crecer y caracterizar monocapas de PCMO5(AFM) y LCMO3(FM) sobre sustratos monocristalinos para determinar los parámetros óptimos para el crecimiento de bicapas del tipo PCMO5(AFM)/LCMO3(FM). (3) Analizar los fenómenos de interfaz en el sistema PCMO5(AFM)/LCMO3(FM) correlacionando cada uno de los fenómenos de transporte presentes.

El trabajo se encuentra con un avance del 60% aproximadamente, que constituye en la formación del blanco de PCMO y el crecimiento de películas delgadas sobre sustratos monocristalinos de SrTiO_3 (100). El material en bloque y las películas delgadas depositadas fueron caracterizadas por difracción de rayos X, microscopia SEM y microscopia de Fuerza Atómica, medidas de Magnetización en función del campo y la temperatura así como medidas de resistividad en función de la temperatura, lo que nos ha



permitido evaluar el proceso y tomar medidas correctivas de los procesos adoptados para tal fin. En la actualidad estamos creciendo un nuevo set de muestras aplicando un proceso de recocido para mejorar el acabado superficial de las películas. Un resumen de los resultados puede encontrarse en el Anexo. VER ANEXO 5.

**F: TEMA: Caracterización de bicapas de NiCoCrAlY/8YSZ depositadas *in situ*
por el método de pulverización catódica**

Investigadores participantes: estudiante de pregrado en ingeniería de materiales

Mario Millán, profesor Gustavo Zambrano

Colaboración con el profesor Juan Muñoz, CINVESTAV, Querétaro.

En este tema se obtuvieron las condiciones de depósito de monocapas de zirconia estabilizada con 8 mol% de itria (8YSZ) y de la superaleación base Níquel (NiCoCrAlY), en forma de película delgada crecidas sobre sustratos de silicio (100), por el método de pulverización catódica en una atmosfera inerte de Ar durante una hora. Las capas se depositaron a partir de un blanco estequiométrico de 8mol% $Y_2O_3 - ZrO_2$ y de un blanco de NiCoCrAlY obtenido por rociado térmico, usando una descarga magnetrón r.f. y d.c., respectivamente. La caracterización de las monocapas por microscopia electrónica de barrido en sección transversal (cross section SEM) permitió establecer espesores de 480nm y 133nm para la capa aislante y metálica, respectivamente. De la caracterización estructural por difracción de rayos-X (XRD) se identificaron los planos de difracción (101) y (200) de la fase tetragonal de la zirconia para la capa de 8YSZ, así como la fase β -NiAl típica de la superaleación de NiCoCrAlY. Después de que se alcanzaron las condiciones óptimas de depósito se procedió a obtener *in situ* la bicapa de NiCoCrAlY/8YSZ. Este resultado genera la posibilidad de depositar multicapas de NiCoCrAlY/8YSZ sobre componentes metálicos expuestos a elevadas temperaturas para su aplicación tecnológica como recubrimientos de barrera térmica (TBC).

Conclusiones



- A partir de la técnica de pulverización catódica se pueden obtener recubrimientos de NiCoCrAlY, pero es de gran importancia que el blanco este en las condiciones óptimas para ser utilizado y poder obtener recubrimientos con espesores mayores al igual poder tener un mayor control en su estructura. Esta técnica de depósito nos permite recubrimiento de 8YSZ sobre silicio en el cual se puede obtener con la fase tetragonal más estable en la dirección preferencial (101).
- A partir del análisis EDX se pudo garantizar que los elementos que componen los blanco son los mismos que componen la película, lo cual es una de las grandes ventajas que brinda la pulverización catódica. A partir de la técnica se pueden asociar la presencia de los componentes los cuales se podrían identificar dentro de las fases β y γ .
- El recubrimiento de 8YSZ sufre un aumento volumétrico en el recubrimiento depositado que puede ser debido a tensiones residuales propiciadas por la técnica, esta estructura cristalina crece en dirección a parámetro c lo cual genera un alargamiento de la misma.



3. PRODUCTOS:

Tabla No. 1. **Cantidad y tipo de productos pactados en el Acta de Trabajo y
Compromiso y productos finalmente presentados**

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Productos de nuevos conocimientos				
Artículo completo publicado en revistas A1 o A2	2		1 publicado; 2 en proceso de publicación	
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Estudiantes de pregrado	2	1	2	1 en proceso
Semillero de Investigación	2		2	
Estudiantes de maestría	2	2	3	3 en proceso
Estudiantes de doctorado	1		1	
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales 1	No. de ponencias internacionales 1	No. de ponencias nacionales 3	No. de ponencias internacionales 4
Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		1	



Tabla No. 2. Detalle de productos.

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a esta guía encontrará el instructivo para instructivo para la revisión de informes finales y productos

Artículo Publicado: (VER AVEXO 6)

Tipo de producto:	Publicación de Artículo
Nombre General:	Journal of Physics: Conference Series 614
Nombre Particular:	Detailed Study of Structural and Ferroelectric Properties in BaTiO ₃ /La ₂ /3Ca ₁ /3MnO ₃ Bilayers Deposited by Pulsed laser Deposition.
Ciudad y fechas:	Diciembre de 2015
Participantes:	John Edward Ordoñez, María Elena Gómez, Wilson Lopera y Pedro Prieto
Sitio de información:	Revista Journal of Physics: Conference Series 614 doi:10.1088/1742-6596/614/1/012009
Formas organizativas:	Grupo Películas Delgadas.
Soporte	Anexo , Copia del Artículo

Participación en Eventos Internacionales: (VER ANEXO 7)

Tipo de producto:	Presentación de ponencia en Conferencia Internacional
Nombre General:	VIII International Conference on Surfaces, Materials and Vacuum 2015
Nombre Particular:	Self- organized TiO ₂ nanotubes functionalized with iron oxide nanoparticles: Effect of annealing and the concentration of iron in the precursor solutions,



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**FORMATO PARA LA ELABORACION
DE INFORMES FINALES –
PROYECTOS DE INVESTIGACION**

	código: 124- NSN
Ciudad y fechas:	Septiembre 21 -25, 2015 Puebla, Puebla, México
Participantes:	Geraldine Hernández, Wilson Lopera, María Elena Gómez, Walter Torres
Sitio de información:	Memorias del evento.
Formas organizativas:	Grupo Películas Delgadas.
Soporte	Anexo certificado de participación en evento

Tipo de producto:	Congreso Internacional
Nombre General:	VIII Congreso Internacional de Materiales, CIM
Nombre Particular:	Ponencia Titulada: <i>Caracterización de bicapas de NiCoCrAlY/8YSZ depositadas in situ por el método de pulverización catódica</i>
Ciudad y fechas:	Paipa, Boyacá, Colombia del 28 al 30 de Octubre 2015
Participantes:	Mario A. Millán, M.A. Hernández Landaverde, J. Muñoz-Saldaña, G. Zambrano
Sitio de información:	Memoria del evento.
Formas organizativas:	Grupo de Películas Delgadas, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), Querétaro
Soporte	Anexo Certificado de participación en evento

Tipo de producto:	Simposio de Física
Nombre General:	XXII Latin American Symposium on Solid State Physics (SLAFES)



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**FORMATO PARA LA ELABORACION
DE INFORMES FINALES –
PROYECTOS DE INVESTIGACION**

Nombre Particular:	Ponencia titulada: Fabrication and characterization at the $\text{Fe}_{2-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ thin films.-
Ciudad y fechas:	Puerto Varas, Chile. 30 de Noviembre al 04 de Diciembre.
Participantes:	Mario Quiñonez y María Elena Gómez
Sitio de información:	Memorias del evento, documentación del grupo de películas delgadas
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Anexo Certificado de Ponencia en el evento.

Tipo de producto:	Conferencia Internacional
Nombre General:	20th International Conference on Magnetism
Nombre Particular:	Detail study of the physical properties in $\text{BiFeO}_3/\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ bilayers
Ciudad y fechas:	Barcelona, España, Julio 5 al 10 de 2015.
Participantes:	Claribel Domínguez Ordoñez, John Edward Ordoñez y María Elena Gómez.
Sitio de información:	Documentación del grupo de películas delgadas memorias del evento.
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Anexo Certificado de Ponencia en el evento.

Participación en Eventos Nacionales:

Tipo de producto:	Simposio de Investigación
-------------------	---------------------------



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**FORMATO PARA LA ELABORACION
DE INFORMES FINALES –
PROYECTOS DE INVESTIGACION**

Nombre General:	XII Semana Universitaria de Ingeniería, 8° Simposio de Investigaciones de la Facultad de ingeniería.
Nombre Particular:	Ponencia titulada: ESTUDIO DE PROPIEDADES MAGNETICAS Y DE TRANSPORTE EN PELICULAS DELGADAS DE $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ CON POSIBLE APLICACIÓN EN SENSORES
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia. 9 al 16 de Octubre de 2015.
Participantes:	Isabel Arango y María Elena Gómez
Sitio de información:	Documentación del grupo de películas delgadas
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Anexo , Certificado de Ponencia en el evento.

Tipo de producto:	Congreso Nacional
Nombre General:	XXVI Congreso Nacional de Física
Nombre Particular:	Ponencia titulada: ESTUDIO DE PROPIEDADES MAGNETICAS Y DE TRANSPORTE EN PELICULAS DELGADAS DE $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia. 29 de Septiembre al 2 de Octubre de 2015.
Participantes:	Isabel Arango y María Elena Gómez
Sitio de información:	Documentación del grupo de películas delgadas
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Anexo , Certificado de Ponencia en el evento.



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**FORMATO PARA LA ELABORACION
DE INFORMES FINALES –
PROYECTOS DE INVESTIGACION**

Tipo de producto:	Congreso Nacional
Nombre General:	XXVI Congreso Nacional de Física
Nombre Particular:	Influence on the physical properties of the $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ due to presence of BiFeO_3 thin films growth at high oxygen pressures.
Ciudad y fechas:	Universidad Nacional, Manizales, Caldas, Colombia. Septiembre 29 a Octubre 2 de 2015.
Participantes:	Claribel Domínguez Ordoñez, John Edward Ordoñez y María Elena Gómez
Sitio de información:	Documentación del grupo de películas delgadas
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Anexo , Certificado de Ponencia en el evento.

Tesis de Doctorado en Marcha (VER ANEXO 8)

Tipo de producto:	Propuesta de Investigación
Nombre General:	Doctorado en Ciencias Física
Nombre Particular:	Efecto de interfase en sistemas de bicapas de $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3(\text{FM})/\text{Pr}_{1/2}\text{Ca}_{1/2}\text{MnO}_3(\text{AFM})$ crecidas por pulverización Catódica
Ciudad y fechas:	Cali, jueves 8 Octubre de 2015, sustentación propuesta doctoral
Participantes:	Carlos William Sánchez, Director Pedro Antonio Prieto
Sitio de información:	Centro de Excelencia en Nuevos Materiales de la Universidad del Valle
Formas	Grupo de Películas Delgadas y Centro de Excelencia en Nuevos Materiales



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**FORMATO PARA LA ELABORACION
DE INFORMES FINALES –
PROYECTOS DE INVESTIGACION**

organizativas:	
Soporte	Anexo , acta de sustentación proyecto de investigación

Tesis de Maestría en Marcha (VER ANEXO 9)

Tipo de producto:	Propuesta de Investigación
Nombre General:	Maestría en Ciencias Física
Nombre Particular:	Estudio de las propiedades físicas en bicapas $\text{BiFeO}_3/\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$
Ciudad y fechas:	Cali, Fecha de sustentación tentativa Junio 2016.
Participantes:	Claribel Domínguez Ordoñez, Directora María Elena Gómez
Sitio de información:	Centro de documentación grupo de películas delgadas
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Propuesta de Investigación.

Tipo de producto:	Propuesta de Investigación
Nombre General:	Maestría en Ingeniería énfasis en Materiales
Nombre Particular:	Estudio de propiedades eléctricas y magnéticas de $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ para desarrollo de sensores magnéticos
Ciudad y fechas:	Cali, Fecha de sustentación tentativa Junio 2016.
Participantes:	Isabel Cristina Arango, Directora María Elena Gómez
Sitio de	Centro de documentación grupo de películas delgadas



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**FORMATO PARA LA ELABORACION
DE INFORMES FINALES –
PROYECTOS DE INVESTIGACION**

información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Propuesta de investigación.

Tipo de producto:	Propuesta de Investigación
Nombre General:	Maestría en Ciencias Física
Nombre Particular:	Estudio de propiedades eléctricas y magnéticas de $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ para desarrollo de sensores magnéticos
Ciudad y fechas:	Cali, Fecha de sustentación tentativa Junio 2016.
Participantes:	Mario Quiñonez, Directora María Elena Gómez
Sitio de información:	Centro de documentación grupo de películas delgadas
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Propuesta de investigación.

Trabajo de Grado en Marcha: (ver Anexo 10)

Tipo de producto:	Propuesta de Investigación
Nombre General:	Programa de Ingeniería de Materiales
Nombre Particular:	Estudio de las propiedades físicas en bicapas $\text{BiFeO}_3/\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$
Ciudad y fechas:	Cali, Fecha de sustentación tentativa Junio 2016.



Participantes:	Mario Alejandro Millán, Director Gustavo Zambrano
Sitio de información:	Centro de documentación grupo de películas delgadas
Formas organizativas:	Grupo de Investigación de Películas Delgadas.
Soporte	Carta entrega propuesta.

En el proyecto nos comprometimos con la publicación de dos artículos de investigación, a la fecha solo ha salido publicado un artículo, se tienen dos artículos que han sido sometidos a publicación y se espera que en los próximos meses salgan publicado y se estará entregando para cumplir con el compromiso adquirido. Anexo 10 Artículos sometidos.

Al proyecto se vincularon estudiantes de maestría que están terminando sus tesis y se espera que en el mes de julio defiendan sus investigaciones y se entregaran las actas de sustentación. Nos comprometimos con la vinculación de dos estudiantes de maestría, sin embargo se logró vincular un tercer estudiante que está desarrollando su trabajo de investigación dentro de la línea del proyecto. Se vincularon estudiantes de pregrado dentro de programa semilleros de investigación, solo uno de ellos alcanzó a presentar su trabajo de grado. Debo hacer notar que los dos estudiantes de pregrado citados son los mismos dos semilleros de investigación.

Al proyecto está vinculado el estudiante de Doctorado en Ciencias Física Carlos William Sánchez, el estudiante ya defendió su propuesta de investigación y lleva un adelanto de su tesis en un 60%. Se adjunta el acta de sustentación del proyecto de tesis doctoral.

En el año 2015 se presentaron dos propuestas de investigación que son “*ESTUDIO DE PROPIEDADES DE TRANSPORTE Y MAGNÉTICAS EN ÓXIDOS MULTIFUNCIONALES*”, en el marco de la convocatoria 729 AMÉRICA LATINA Capítulo Argentina y la propuesta “*DISEÑO, SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE*



HETEROESTRUCTURAS DE NITRURO DE SILICIO (Si_3N_4) Y ALÚMINA (Al_2O_3) SOBRE ACEROS PARA POSIBLES APLICACIONES BIOMÉDICAS”, en el marco convocatoria de Colciencias para la conformación del banco de proyectos de investigación – 712 – 2015, en conjunto con el Grupo de Tribología, Polímeros, Metalurgia de Polvos y Transformaciones de Residuos Sólidos - TPMR, de la Escuela de Ingeniería de Materiales (EIMAT) y el Grupo de Películas Delgadas; sin embargos estas propuestas no pasaron a ser financiables. Se está en la redacción de otra propuesta de investigación para ser presentadas a futuras convocatorias.

Se anexan de manera detallada los adelantos de las investigaciones de los estudiantes de pregrado, maestría y doctorado que hacen parte del proyecto, de igual manera los soportes de los certificados de asistencia a los diferentes eventos en los que se participó.

4. Impactos actual o potencial:

Haga una descripción y/o relacione los impactos que tenga el proyecto en los diferentes ámbitos: académico, productivo, social, educativo, entre otros. Si posee información acerca de los impactos actuales o potenciales de la investigación, preséntela en máximo una página. Se refiere a los aportes que ofrece en el campo de investigación al que corresponde. Incluye las tecnologías y resultados de IDi que puedan transferirse a los sectores productivos y de servicios, tanto nacionales como internacionales.

Este proyecto ha hecho su impacto en la formación de estudiantes a nivel de pregrado y posgrado en física e ingeniería de materiales: participaron desde pregrado con el programa de semilleros de investigación hasta posgrado desarrollando tesis de maestría y el inicio de una tesis doctoral. La habilidad experimental y la metodología de investigación que adquieren los estudiantes, aunque difícil de cuantificar, los prepara para desempeñarse exitosamente en otros laboratorios de investigación. El impacto es posterior a la culminación de las respectivas tesis.



Desde el punto de vista de los resultados de investigación en el estudio de propiedades físicas de capas y heteroestructuras basadas en materiales óxidos, estos han sido divulgados en diferentes eventos científicos, se logró una publicación en revista indexada y están en proceso otros papers a ser sometidos a publicación en revistas indexadas de circulación internacional.

De manera concreta nuestra contribución al nuevo conocimiento en este tema está en mostrar que las propiedades físicas de los materiales óxidos que forman una bicapa está fuertemente influenciada por efectos de interfaz en las superficies de contacto sustrato película y en la interfaz entre los dos materiales de la bicapa. Este efecto de interfaz se refleja en la estructura cristalina y morfología, y en la propiedad física característica de cada material, esto es, ferroelectricidad, ferromagnetismo, o simplemente su propiedad magnética, de transporte o de magnetotransporte.

Los resultados a los que hemos llegado en estos materiales óxidos a escala nanométrica nos permite proyectar estudios más avanzados y más detallados de estos sistemas así como la medición de otras propiedades de transporte que complementen los estudios realizados hasta el momento.

Vale la pena destacar acá los grandes inconvenientes que se deben superar a diario en el desarrollo de proyectos experimentales como son los cortes de energía. Pero hay un problema a superar relacionado con el mantenimientos de los equipos de experimentación, sobre todo el equipamiento robusto. Durante el desarrollo de este proceso, el laboratorio de películas delgadas decidió someterse al proceso de calidad de laboratorios de investigación, y participamos de unos rubros dedicados a este fin. Pero eso implicó apagar los equipos de crecimiento y caracterización por un período cercano a los tres meses totalmente, y otros tres de ajuste.

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:



VICERRECTORIA DE INVESTIGACIONES
División de Proyectos

**FORMATO PARA LA ELABORACION
DE INFORMES FINALES –
PROYECTOS DE INVESTIGACION**

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

*Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial
11, con espacios de 1 1/2*