

PROYECTO MULTI E INTERDISCIPLINARIO PIMI-14-07
"Polarización Topológicamente Inducida de Valles Energéticos en Heteroestructuras de Grafeno y Nitrato de Boro"

En la ciudad de Quito D.M., a los cinco días del mes de octubre del año dos mil veinte, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Multi e Interdisciplinario **PIMI-14-07 "Polarización Topológicamente Inducida de Valles Energéticos en Heteroestructuras de Grafeno y Nitrato de Boro"**, por una parte la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Dr. Leonardo Alberto Basile Carrasco** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Multi e Interdisciplinario PIMI-14-07**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a. El 28 de abril de 2014, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación y Proyección Social, se aprobó el cronograma para convocar al "Concurso de Financiamiento para Proyectos de Investigación Multi e Interdisciplinarios 2014"
- b. Una vez realizado el proceso de evaluación de los proyectos Multi e Interdisciplinarios presentados en el marco de la Convocatoria señalada en el literal precedente, y de acuerdo a la Resolución Nro. 49 del Consejo de Investigación y Proyección Social, del 13 de octubre de 2014, donde se resolvió la aprobación de 18 proyectos Multi e Interdisciplinarios, entre ellos el denominado "**Polarización Topológicamente Inducida de Valles Energéticos en Heteroestructuras de Grafeno y Nitrato de Boro**" presentado por el Dr. Leonardo Basile.
- c. Mediante Memorando EPN-VIPS-2015-0388-M del 19 de marzo de 2015, se informa al Dr. Leonardo Basile, Director del proyecto PIMI-14-07, que la ejecución del proyecto inicia el 1 de abril de 2015 y finalizará el 30 de marzo de 2017.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

| | |
|--------------------------------|--|
| Código de Proyecto | PIMI-14-07 |
| Nombre del Proyecto | Polarización Topológicamente Inducida de Valles Energéticos en Heteroestructuras de Grafeno y Nitrato de Boro |
| Directora del Proyecto | BASILE CARRASCO LEONARDO ALBERTO |
| Colaboradores | - SANTACRUZ TERAN CRISTIAN PATRICIO (Desde 13/08/2015) - IDROBO TAPIA JUAN CARLOS (Externo) |
| Departamento | FISICA (DFIS) |
| Líneas de Investigación | • Nanoestructuras |
| Objetivo | Establecer un programa de estudio en el campo de las propiedades electrónicas y ópticas de nuevos materiales bidimensionales a nivel teórico y experimental. |
| Duración del Proyecto | -Fecha de Inicio: 1 de abril de 2015 -Fecha de Fin Planeada: 30 de marzo de 2017 -Fecha de Fin Prórroga: 2 de julio de 2017 -Duración total: 27 meses |



| | |
|----------------------------------|---|
| Presupuesto asignado | \$ 60.439,78 USD (sesenta mil cuatrocientos treinta y nueve dólares americanos, con 78/100) |
| Presupuesto ejecutado | \$ 14.469,30 USD (catorce mil cuatrocientos sesenta y nueve dólares americanos, con 30/100) |
| Entrega del Informe Final | 12 de julio de 2020 |

3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando Nro. EPN-PIMI-14-07-2020-0002-M del 12 de julio de 2020, el Dr. Leonardo Basile, Director del Proyecto Multi e Interdisciplinario PIMI-14-07 presenta el Informe Final del proyecto que dirige. Esta información es recibida y revisada por la Dirección de Investigación y se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- Con respecto al primer objetivo, determinar el efecto del ángulo de rotación y de impurezas en monocapas y bicapas de grafeno y BN en la propiedades electrónicas y ópticas usando modelos teóricos de primeros principios, se presentó un modelo teórico sobre un nuevo fenómeno obtenido de los cálculos. Lo que se encontró fue lo siguiente: heteroestructuras de grafeno/h-BN presentan diocrismo si están rotadas una con respecto a la otra. Este es un resultado inesperado desde el punto de vista físico, porque otros sistemas que presentan diocrismo requieren la presencia de acoplamiento espín órbita. En estos sistemas no existe tal acoplamiento, la física se explica desde la naturaleza de la rotación y la falta de simetría de inversión que producen el desdoblamiento de las bandas de energía, en la misma forma que el acoplamiento espín órbita origina separación de bandas de energía. Este es un resultado novedoso y predice un origen topológico en la estructura de bandas.
- El segundo objetivo, el desarrollo de capacidad experimental para estudiar sistemas bidimensionales, permitió establecer un protocolo básico para sintetizar materiales bidimensionales, en particular grafeno, en forma económica y fácil de implementar en las condiciones de los laboratorios de la EPN. Se sintetizó grafeno mediante una técnica electroquímica utilizando láminas de grafito. Esta técnica probó ser muy eficiente y produjo tintas de grafeno con excelentes propiedades eléctricas. Estas tintas fueron caracterizadas completamente en las instalaciones de la EPN, se utilizó UV-VIS, FTIR, AFM, TGA, mediciones eléctricas de 4 puntas, todas estas son de las primeras mediciones de este tipo que se hacen en materiales bidimensionales en la EPN. Las tintas producidas de grafeno son conductoras de la electricidad y por tanto muy versátiles en varias aplicaciones. Se realizó una aplicación sencilla, fabricar un sensor de presión mediante la funcionalización de una esponja de poliuretano comercial. Es decir, al impregnar la esponja de poliuretano, que no es conductora, con la tinta de grafeno, la esponja adquiere conductividad eléctrica y sigue manteniendo sus propiedades elásticas. Al variar la presión, varía la conductividad eléctrica y así se pudo fabricar un simple sensor de presión. Este sensor fue caracterizado con FTIR, para verificar el anclaje del grafeno a la esponja, microscopia electrónica, y TGA. Además, se propuso un modelo teórico sencillo, basado en el efecto túnel, para predecir el comportamiento del material. En definitiva, se realizó, el trabajo completo de sintetizar el material, caracterizarlo,

funcionalizar una esponja con el material sintetizado y caracterizar el dispositivo construido y proponer un modelo teórico de su funcionamiento.

PRODUCTOS:

1. Ponencia: "*Topologically-driven valley polarization in twisted graphene/hexagonal boron nitride heterostructures*"; Leonardo Basile; *APS March Meeting 2016*; Baltimore, Estados Unidos, marzo 2016.
2. Presentación a la comunidad politécnica: "*Valletrónica*", Leonardo Basile; *Seminarios de física y sus aplicaciones*; junio 2015.
3. Proyecto de titulación de Física: "*Obtención de grafeno mediante exfoliación electroquímica de grafito para fabricar sensores de presión usando esponjas de poliuretano*"; Cristhian Humberto Sumba Lusero; URL: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19117>; enero 2018.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

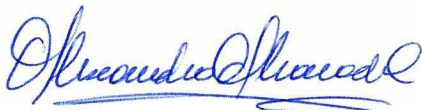
El monto asignado al Proyecto Multi e Interdisciplinario PIMI-14-07 fue de \$ 60.439,78 USD (*sesenta mil cuatrocientos treinta y nueve dólares americanos con 78/100*), y ejecutó \$ 14.469,30 USD (*catorce mil cuatrocientos sesenta y nueve dólares americanos, con 30/100*), conforme el detalle emitido por la Unidad de Gestión de Investigación y Proyección Social del Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, que se adjunta a la presente Acta y forma parte integrante de la misma.

5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de investigación Multi e Interdisciplinario PIMI-14-07 "*Polarización Topológicamente Inducida de Valles Energéticos en Heteroestructuras de Grafeno y Nitrato de Boro*".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los cinco días del mes de octubre del año dos mil veinte.



Dra. Alexandra Alvarado
Vicerrectora de Investigación y
Proyección Social

cr/sp



Dr. Leonardo Basile
Director del Proyecto
PIMI-14-07

