

**PROYECTO SEMILLA PIS-17-12**

***"Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio-grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas"***

En la ciudad de Quito D.M., a los 17 días del mes de septiembre del año dos mil veinte, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Semilla **PIS-17-12 "Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio-grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas"**, 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. Cristian Patricio Santacruz Terán** en calidad de **Director del Proyecto Semilla PIS-17-12**, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- a) El 4 de julio de 2017, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social - CIPS, mediante Resolución R079/17, se aprueba el cronograma para la convocatoria de proyectos de investigación 2017. El 1 de agosto de 2017, mediante Resolución R092/17, se aprueba la reforma al cronograma.
- b) El 12 de diciembre de 2017, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación y Proyección Social, mediante Resolución R167/17, se aprobaron los proyectos del Informe Final 1 - Convocatoria 2017, entre ellos el denominado: *"Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio-grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas"*, presentado por el Dr. Cristian Patricio Santacruz Terán.
- c) Mediante memorando EPN-VIPS-2018-0553-M del 13 de marzo de 2018, se informa a los Directores de los proyectos Semilla 2017, que la fecha de inicio de los proyectos es el 9 de abril de 2018.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

<b>CÓDIGO DEL PROYECTO</b>	PIS-17-12
<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	<i>Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio-grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas</i>
<b>DIRECTOR</b>	SANTACRUZ TERAN CRISTIAN PATRICIO
<b>CODIRECTOR</b>	OSORIO CALVOPINA HENRRY MARCELO
<b>COLABORADOR</b>	- BASILE CARRASCO LEONARDO ALBERTO - CELI APOLO LUIS ALBERTO (desde el 1 de abril de 2019)
<b>DEPARTAMENTO</b>	FISICA (DFIS)
<b>LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	- Nanoestructuras
<b>OBJETIVO</b>	<i>Identificar y cuantificar los procesos de transporte y recombinación electrónica causada al adicionar grafeno a electrodos de dióxido de titanio sumergidos en soluciones electrolíticas.</i>
<b>DURACIÓN DEL PROYECTO</b>	-Fecha de Inicio: 9 de abril de 2018 -Fecha de Fin: 9 de octubre de 2019 -Duración total: 18 meses
<b>PRESUPUESTO APROBADO</b>	\$ 14.849,01 USD (catorce mil ochocientos cuarenta y nueve dólares americanos, con 01/100)





<b>PRESUPUESTO EJECUTADO</b>	\$ 12.440,64 USD (doce mil cuatrocientos cuarenta dólares americanos, con 64/100)
------------------------------	---

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando EPN-PIS-17-12-2019-0010-M del 23 de diciembre de 2019 el Dr. Cristian Santacruz, Director del Proyecto PIS-17-12, presenta el Informe Final del Proyecto Semilla que dirige. Con memorando EPN-DI-2020-0422-M del 16 de junio de 2020, la Dirección de Investigación solicita correcciones y documentación adicional para el cierre del proyecto, la cual es entregada por el Dr. Santacruz mediante memorando EPN-PIS-17-12-2020-0001-M del 13 de agosto de 2020. El informe final es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- El proceso de intercambio de carga en medios electrolíticos de películas de dióxido de titanio modificadas con grafeno, fue identificado y cuantificado por medio de voltametría cíclica y espectroscopía de impedancia electroquímica. Los resultados obtenidos concuerdan con otros estudios similares y son coherentes con los resultados medidos en celdas solares sensibilizadas con grafeno.
- Se identificaron dos procesos físico-químicos: (1) un efecto capacitivo, y (2) un efecto catalítico. El efecto capacitivo causado por el fenómeno de doble capa, aumenta hasta en un 30% al añadir grafeno a las películas de dióxido de titanio. Esto se debe a la gran área superficial del grafeno y a su estructura de bandas energéticas. El efecto co-catalítico del grafeno reduce la resistencia al intercambio de carga entre las moléculas disueltas y el dióxido de titanio, incrementando la cinética de la reacción y la corriente eléctrica en la interface. Estos resultados explican el incremento de la eficiencia de celdas solares sensibilizadas con pigmentos naturales, las cuales tienen baja eficiencia de conversión energética.
- Aún quedan algunas respuestas por responder; en especial las relacionadas con el decremento en la eficiencia al añadir grafeno a celdas solares con gran eficiencia de conversión energética. En este caso se considera que deben existir otros fenómenos de catálisis al incrementar la densidad electrónica en la interface dióxido de titanio – solución electrolítica.

#### PRODUCTOS:

- Artículo publicado: "*Towards the design of effective multipodal contacts for use in the construction of Langmuir–Blodgett films and molecular junctions*"; Enrique Escorihuela, Pilar Cea, Sören Bock, David C. Milan, Saman Naghibi, Henry M. Osorio, Richard J. Nichols, Paul J. Low y Santiago Martin; *Journal of Materials Chemistry C* (SCOPUS Q1); ISSN 2050-7534; DOI: <https://doi.org/10.1039/C9TC04710G>; diciembre 2019.
- Artículo publicado: "*Natural Dyes from Mortiño (Vaccinium floribundum) as Sensitizers in Solar Cells*"; Miguel A. Taco-Ugsha, Cristian P. Santacruz y Patricio J. Espinoza; *Energies* (SCOPUS Q2); ISSN 1996-1073; DOI: <https://doi.org/10.3390/en13040785>; febrero 2020.
- Ponencia: "*Improving the Energy Conversion Efficiency of Dye-Sensitized Solar Cells by Co-Sensitization of Graphene/Natural Dyes*"; Cristian Santacruz; evento "*The IV International Congress of Nanoscience and Nanotechnology ICNN' 2019*"; Quito-Ecuador; noviembre 2019.

- Ponencia: "Uso de pigmentos naturales en celdas solares"; Cristian Santacruz; evento "II Congreso Internacional de Agroindustria, Ciencia y Tecnología de Alimentos", Manta – Ecuador; julio 2019.
- Tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica: "Exfoliación mecánica de grafito en vórtices de Taylor y su aplicación en electrodos de dióxido de titanio modificados con grafeno"; Jorge Ismael Escobar Ortiz; URL: <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=90022>, 2020.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El monto asignado al Proyecto Semilla PIS-17-12 fue de 14.849,01 USD (catorce mil ochocientos cuarenta y nueve dólares americanos, con 01/100), y se ejecutaron \$ 12.440,64 USD (doce mil cuatrocientos cuarenta dólares americanos con 64/100), conforme al 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 Semilla PIS-17-12: "Electrodos nanoestructurados de dióxido de titanio-grafeno: estudio del transporte y recombinación electrónica en soluciones electrolíticas".

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 17 días del mes de septiembre del año dos mil veinte.



Dra. Alexandra Alvarado  
Vicerrectora de Investigación,  
Innovación y Vinculación

cr/sp



Dr. Cristian Santacruz  
Director del Proyecto  
PIS-17-12

