

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SEMILLA PIS-17-04

### ***"Desarrollo de estrategias de control avanzado para procesos industriales que presentan grandes retardos de tiempo"***

En la ciudad de Quito D.M., a los once días del mes de diciembre del año dos mil veinte, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Semilla **PIS-17-04 "Desarrollo de estrategias de control avanzado para procesos industriales que presentan grandes retardos de tiempo"**, por una parte la **Ph.D. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra la **M.Sc. Yadira Lucía Bravo Narváez** en calidad de **Directora del Proyecto de Investigación Semilla PIS-17-04**, al tenor de lo siguiente:

#### 1. ANTECEDENTES:

- a) El 4 de julio de 2017, el Consejo de Investigación y Proyección Social mediante Resolución 079/17, aprueba el Cronograma para el lanzamiento de la Convocatoria para la presentación de Proyectos de Investigación Internos, Semilla, Junior y Multi e Interdisciplinarios 2017, y mediante Resolución 092/17 del 1 de agosto del 2017 se aprueba una reforma al Cronograma de la Convocatoria de Proyectos de Investigación del 2017; con lo cual se aplaza la fecha de cierre de la convocatoria.
- b) El 12 de diciembre de 2017, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación y Proyección Social, mediante Resolución 167/17, se aprobaron los proyectos del Informe Final - Convocatoria 2017, entre ellos el denominado "*Desarrollo de estrategias de control avanzado para procesos industriales que presentan grandes retardos de tiempo*", presentado por la M.Sc. Yadira Bravo.
- 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 del 2018.

#### 2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

<b>Código de Proyecto</b>	<i>PIS-17-04</i>
<b>Nombre del Proyecto</b>	<i>Desarrollo de estrategias de control avanzado para procesos industriales que presentan grandes retardos de tiempo</i>
<b>Directora del Proyecto</b>	<i>YADIRA LUCIA BRAVO NARVAEZ</i>
<b>Codirector del Proyecto</b>	<i>PAULO CESAR LEICA ARTEAGA</i>
<b>Colaboradores del Proyecto</b>	<i>PATRICIO JAVIER CRUZ DAVALOS MARCO ANTONIO HERRERA GARZON OSCAR EDUARDO CAMACHO QUINTERO</i>
<b>Departamento</b>	<i>Automatización y Control Industrial (DACI)</i>
<b>Líneas de Investigación</b>	<i>Control y Sistemas</i>
<b>Objetivo</b>	<i>Desarrollar estrategias de control avanzado para procesos industriales que presentan grandes retardos de tiempo</i>
<b>Duración del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Inicio: 9 de abril del 2018</i></li> <li>• <i>Fin planificado: 9 de octubre del 2019</i></li> <li>• <i>Prórroga Ordinaria: 6 meses, hasta el 8 de abril de 2020</i></li> <li>• <i>Duración total: 24 meses</i></li> </ul>
<b>Entrega del Informe Final</b>	<i>6 de julio del 2020</i>

<b>Presupuesto asignado</b>	\$ 14.950,80 USD (catorce mil novecientos cincuenta dólares americanos, con 80/100)
<b>Presupuesto ejecutado</b>	\$ 12.503,66 USD (doce mil quinientos tres dólares americanos, con 66/100)

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando EPN-PIS-17-04-2020-0003-M del 6 de julio de 2020, la M.Sc. Yadira Bravo, Directora del Proyecto PIS-17-04, presenta el Informe Final del Proyecto Semilla, y mediante Memorando EPN-PIS-17-04-2020-0004-M entregado al Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación el 3 de diciembre de 2020, presenta información complementaria. Esta documentación es revisada por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- Los procesos en la industria se encuentran sujetos a retardos de tiempo, esto debido a su comportamiento dinámico o a otras fuentes muy comunes como: el transporte de materiales o fluidos a través de distancias considerables, sensores o instrumentos de medida que requieran un tiempo para procesar la información, actuadores que requieran un tiempo para desarrollar su acción y retardos de tiempo que se introducen cuando se realizan aproximaciones de sistemas de orden elevado a un sistema de orden reducido.
- El método de identificación basado en la curva de reacción ha permitido determinar una primera aproximación lineal de orden reducido, la cual caracteriza de una manera adecuada a los procesos industriales estudiados.
- El compensador de retardo de dos grados de libertad diseñado, el cual está basado en el predictor de Smith ha sido satisfactoriamente aplicado a un proceso industrial de mezclado de agua fría y agua caliente, el desempeño del controlador se verifica a través de pruebas ante rechazo de perturbaciones utilizando el software de simulación MatLab.
- El rendimiento del controlador por modos deslizantes (SMC) basado en un predictor Smith es utilizado para el control de seguimiento de trayectorias de un vehículo submarino no tripulado (UUV) bajo la presencia de retardos de tiempo y perturbaciones de corrientes marinas, esto se lo verifica a través de simulaciones.
- El controlador PI descentralizado basado en el Método de Davison en combinación con compensador de retardo basado en un predictor de Smith fue implementado experimentalmente sobre un módulo de temperatura de dos entradas dos salidas, este ha demostrado ser robusto bajo la presencia de incertidumbres y es capaz de realizar el seguimiento de referencias.
- Los sistemas basados en Hardware in the loop permiten probar controladores digitales sin la necesidad de incurrir en procesos industriales reales que resultan ser excesivamente costosos.
- El análisis gráfico basado en curvas radiales es una buena alternativa cuando el objetivo es determinar un rendimiento global de los sistemas de control desarrollados, este análisis puede basarse en la comparación de índices como el ISE, IAE, máximo sobre pico, etc.

#### PRODUCTOS:

- Artículo: "Nonlinear Chemical Processes with Variable Dead Time: Comparative Robustness and Performance Analysis for Model Based Predictive Schemes" (Scopus); Campoverde M. G.,

Guayasamín R. M., Camacho O., Leica P.; Revista: "Proceeding of the 2018 IEEE Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)"; ISSN: 978-153866657-9; DOI: 10.1109/ETCM.2018.8580271; octubre 2018.

- Artículo: "*Null-Space based Robust Controller for Quadcopter's formation in windy environments*" (Scopus); Vaca E., Samaniego P., Cruz P. J., Leica P.; Revista: "Proceeding on the 2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing"; ISSN: 978-153869245-5; DOI: 10.1109/IRC.2019.00131; febrero 2019.
- Artículo publicado: "*An Approach for Trajectory Tracking Control of an Underactuated Autonomous Underwater Vehicle Considering Time Delay*"; Chávez D. G., Camacho O., Guanaluiza J. D., Leica H.; Revista: "RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao" (Indexada Scopus Q4); ISSN: 16469895; abril 2019.
- Artículo: "*A Modified Smith Predictor for Processes with Variable Time Delay*" (Scopus); Mejía C., Camacho O., Chávez D., Herrera M.; Revista: "Proceeding of the 2019 IEEE 4th Colombian Conference on Automatic Control"; ISSN: 978-153866962-4; DOI: 10.1109/CCAC.2019.8920844; octubre 2019.
- Artículo publicado: "*PSO Tuning for a Centralized Dead Time Compensator Applied to TITO Processes*"; Herrera M., Aguas X., Revelo J., Camacho O.; Revista: "RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao" (Indexada Scopus Q4); ISSN: 16469895; octubre 2019.
- Artículo: "*Optimal-Robust Controller Applied to an Inverted Pendulum-Cart System: A Graphic Performance Analysis*"; Herrera M., Aguas X., Gonzales O., Camacho O.; Revista: "Communications in Computer and Information Science" (Indexada Scopus Q3); ISSN: 18650929; DOI: 10.1007/978-3-030-42531-9\_21; diciembre 2019.
- Artículo: "*Hardware in the Loop Simulation for Sliding Mode Control Schemes for Deadtime systems*" (Scopus); Camacho O., Díaz R., Obando C.; Revista: "Proceeding on the 2019 International Conference on Information Systems and Computer Science"; ISSN: 978-172815581-4; DOI: 10.1109/INCISCOS49368.2019.00037; noviembre 2019.
- Conferencia en congreso con revisión por pares: "*A Modified Smith Predictor for Processes with Variable Time Delay*"; Camacho Óscar; 2019 IEEE 4th Colombian Conference on Automatic Control; Medellín, Colombia; abril 2019.
- Proyecto de titulación de Ingeniería en Electrónica y Control: "*Diseño e implementación de cuatro esquemas de control modificados basados en el predictor de Smith en una tarjeta embebida, aplicados a dos modelos simulados que presentan retardo: un tanque de mezclado y un reactor de agitación continua (CSTR)*"; Mejía Aguirre Carlos Julio; URL: <https://192.188.57.199/handle/15000/20365>; julio 2019.
- Conferencia de difusión de resultados a la comunidad politécnica: "*Presentación de resultados Proyecto Semilla PIS-17-04*"; Herrera Marco; modalidad virtual, Plataforma Teams; junio 2020.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El monto asignado al Proyecto Semilla PIS-17-04 fue de \$ 14.950,80 USD (catorce mil novecientos cincuenta dólares americanos, con 80/100), y se ejecutaron \$ 12.503,66 USD (doce mil quinientos tres dólares americanos, con 66/100), 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-17-04 "*Desarrollo de estrategias de control avanzado para procesos industriales que presentan grandes retardos de tiempo*".

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 once días del mes de diciembre del año dos mil veinte.



Firmado electrónicamente por:  
**YADIRA LUCIA  
BRAVO NARVAEZ**

---

Ph.D. Alexandra Alvarado  
**Vicerrectora de Investigación,  
Innovación y Vinculación**

sp/cr

---

M.Sc. Yadira Bravo  
**Directora del Proyecto  
PIS-17-04**