

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SEMILLA PIS-19-06

"Estudio numérico de la erosión por sedimentos en turbinas Francis basada en la predicción del flujo bifásico líquido - sólido"

En la ciudad de Quito D.M., a los veintisiete días del mes de julio del año dos mil veintidós, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Semilla **PIS-19-06** *"Estudio numérico de la erosión por sedimentos en turbinas Francis basada en la predicción del flujo bifásico líquido - sólido"*, 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. Edgar Hernán Cando Narváez** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Semilla PIS-19-06**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) El 17 de septiembre de 2019, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación - CIIV, mediante Resolución Nro. RCIPS-124-2019, se aprueba el cronograma para la Convocatoria para la presentación de Proyectos de Investigación, Vinculación y Transferencia Tecnológica del 2019. El 15 de octubre de 2019, mediante Resolución Nro. RCIPS-153-2019, se aprueba la modificación al cronograma.
- b) El 3 de marzo de 2020, al amparo de lo dispuesto por Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación, mediante Resolución Nro. RCIV-028-2020, se aprobó el *"Informe Final de los Proyectos de Investigación de la Convocatoria 2019"*, donde se muestran los resultados y los proyectos aprobados de la Convocatoria 2019. Entre los proyectos aprobados se encuentra el Proyecto de Investigación Semilla denominado *"Estudio numérico de la erosión por sedimentos en turbinas Francis basada en la predicción del flujo bifásico líquido - sólido"*, presentado por el Dr. Edgar Cando.
- c) Mediante Memorando Nro. EPN-VIIV-2020-0292-M del 6 de marzo del 2020, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica a la Jefatura del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM), la aprobación de los proyectos del departamento correspondientes a la Convocatoria 2019, entre ellos, el Proyecto de Investigación Semilla PIS-19-06 *"Estudio numérico de la erosión por sedimentos en turbinas Francis basada en la predicción del flujo bifásico líquido - sólido"*, dirigido por el Dr. Edgar Cando.
- d) Mediante Memorando Nro. EPN-VIIV-2020-0337-M del 11 de marzo de 2020, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica al Dr. Edgar Cando que se ha aprobado la propuesta de Proyecto de Investigación Semilla *"Estudio numérico de la erosión por sedimentos en turbinas Francis basada en la predicción del flujo bifásico líquido - sólido"*, y que se ha asignado el código PIS-19-06 al proyecto.
- e) Mediante Memorando Nro. EPN-VIIV-2020-0552-M del 15 de abril del 2020, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación, notifica a los directores de los Proyectos de Investigación Semilla de la Convocatoria 2019, que la fecha de inicio es el 4 de mayo de 2020, y la fecha de finalización el 3 de noviembre de 2021.

- f) Mediante Memorando EPN-CIIV-2021-0241-M del 19 de octubre de 2021, se notificó la Resolución RCIIV-196-2021 de Consejo de Investigación, Innovación y Vinculación, con la que se aprobó la prórroga técnica del proyecto; por lo que la nueva fecha de finalización del proyecto es el 3 de febrero de 2022.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	PIS-19-06
Nombre del Proyecto	Estudio numérico de la erosión por sedimentos en turbinas Francis basada en la predicción del flujo bifásico líquido - sólido
Director del Proyecto	EDGAR HERNAN CANDO NARVAEZ
Codirector del Proyecto	VICTOR HUGO HIDALGO DIAZ
Colaboradores del Proyecto	ESTEBAN ALEJANDRO VALENCIA TORRES OSCAR IVAN ZAMBRANO OREJUELA (desde 11 enero de 2021)
Unidad Ejecutora	Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)
Línea de Investigación	• Modelización, simulación y optimización de procesos de Física Térmica
Objetivo	Investigar y establecer un método mejorado para la predicción de la erosión por sedimentos en turbinas tipo Francis basado en la predicción de flujo CFD
Duración del Proyecto	• Inicio: 4 de mayo del 2020 • Fin planificado: 3 de noviembre de 2021 • Prórroga técnica: hasta el 3 de febrero de 2022 • Duración total: 21 meses
Entrega del Informe Final	5 de abril de 2022
Presupuesto asignado	\$ 14.984,60 USD
Presupuesto ejecutado	\$ 12.351,22 USD

3. INFORME FINAL:

Mediante Memorandos Nro. EPN-PIS-19-06-2022-0008-M del 5 de abril de 2022, y, EPN-PIS-19-06-2022-0010-M del 19 de julio de 2022, el Dr. Edgar Cando, Director del Proyecto de Investigación Semilla PIS-19-06, presenta el Informe Final del Proyecto que dirige, mismo que es revisado por la Dirección de Investigación, se anexa y forma parte integrante del Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- La erosión por el impacto de partículas sólidas en los componentes de turbinas tipo Francis, usando dinámica de fluidos computacional puede ser predicho a través de un enfoque euleriano-lagrangiano y optimizando el dominio computacional de análisis para mejorar la precisión y exactitud de los resultados.
- La disminución de la velocidad relativa del flujo líquido-sólido a la entrada de los alabes directores y del rodete puede ser utilizado en la metodología de diseño paramétrico de turbinas tipo Francis, para minimizar la erosión.

- Del análisis de la erosión por el impacto de partículas sólidas en la Hidroeléctrica “San Francisco” en Ecuador, se concluye que: la operación de turbinas tipo Francis en ríos cargados de sedimentos debe realizarse con consideración particular del efecto de la apertura de los alabes directores. Esta situación puede conducir a tasas aceleradas de erosión, producto de los vórtices y la recirculación del flujo. El daño por erosión aumenta significativamente para caudales más altos, cuando la apertura de los alabes directores supera el 85% de apertura.
- La cooperación institucional entre la EPN y CELEC fue fortalecida a través de los resultados obtenidos del proyecto.
- Los resultados del proyecto permitieron realizar publicaciones de alto impacto (Q1), publicaciones en conferencias y desarrollar proyectos de titulación de pregrado.

PRODUCTOS:

- Artículo publicado: “A case study: Sediment erosion in Francis turbines operated at the San Francisco Hydropower plant in Ecuador”; Cruzatty Cristian, Jiménez Darwin, Valencia Esteban, Zambrano Iván, Mora Christian, Luo Xianwu, Cando Edgar; Energies (Indexado Scopus; Q1); ISSN: 19961073; DOI: 10.3390/en15010008; enero 2022.
- Artículo en congreso indexado Scopus: “Evaluation of guide vanes effect over runner Francis turbine sediment erosion using a quasi-two dimensional approach”; Quishpe L. M., Valencia E. A., Hidalgo V. H., Zambrano O. I., Cando E. H.; IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 30th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, IAHR 2020; Suiza – Laussane; ISSN: 17551307; DOI: 10.1088/1755-1315/774/1/012077; marzo 2021.
- Artículo en congreso indexado Scopus: “Optimization of a Pelton impeller geometry for particulate flow using numerical simulation”; Hidalgo V., Barragán G., Parra C., Cando E., Simbaña S., Velasco M., Erazo J., Mena S., Gonzáles Palua I., Pérez Sánchez M.; Puga D.; Materials Today: Proceedings; 1st International Virtual Conference on Mechanical Engineering Trends, MET 2021; ISSN: 22147853; DOI: 10.1016/j.matpr.2021.07.495; marzo 2021.
- Artículo en congreso indexado Scopus: “Rotatory 3D structured mesh study using openFOAM to simulate the flow in francis turbine”; Hidalgo V., Velasco M., Cando E., Valencia E., Simbaña S., Puga D., Mora C., Escaler X.; Materials Today: Proceedings; 1st International Virtual Conference on Mechanical Engineering Trends, MET 2021; ISSN: 22147853; DOI: 10.1016/j.matpr.2021.07.492; marzo 2021.
- Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: “Diseño de alabes directores de turbinas tipo Francis para minimizar la erosión producida por el impacto del flujo bifásico líquido-sólido”; Quishpe Cholango Luis Miguel; URL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21960>; diciembre 2021.
- Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: “Diseño paramétrico de turbinas tipo Francis basado en la reducción de la erosión producida por flujo particulado”; Ramos Acaro Steven Manuel, López Cerna Kadir; URL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22069>; enero 2022.

- Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: "*Estudio del flujo bifásico líquido-sólido y la erosión por partículas sólidas en una turbina francis, en base al análisis de la influencia de los modelos de turbulencia rans convencionales (k-omega y k-epsilon)*"; Prócel Vivar Martin Tomás; URL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22381>; febrero 2022.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El monto asignado al Proyecto de Investigación Semilla PIS-19-06 fue de \$ 14.984,60 USD (*catorce mil novecientos ochentaicuatro dólares americanos, con 60/100*), y se ejecutaron \$ 12.351,22 (*doce mil trescientos cincuentaún dólares americanos, con 22/100*), 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 de Investigación Semilla PIS-19-06 "*Estudio numérico de la erosión por sedimentos en turbinas Francis basada en la predicción del flujo bifásico líquido - sólido*".

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 veintisiete días del mes de julio del año dos mil veintidós.

Dra. Alexandra Alvarado
**Vicerrectora de Investigación,
Innovación y Vinculación**

Dr. Edgar Cando
**Director del Proyecto
PIS-19-06**

sp/cr