



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN (Internos, Semilla, Inter y Multidisciplinarios, Externos):

Área del proyecto: Ciencias Básicas <input type="checkbox"/>	Ciencias Aplicadas <input checked="" type="checkbox"/>
FACULTAD: INGENIERÍA MECÁNICA	
DEPARTAMENTOS: INGENIERÍA MECÁNICA – ENERGÍA ELÉCTRICA	
LINEA DE INVESTIGACIÓN: ENERGÍA (verificable en el SAEW)	

<b>Proyecto de Investigación</b>
<b>Título:</b> <b>“Simulación numérica de flujo inestable con validación experimental para desarrollar un método que permita reducir la erosión y optimizar la operación de las turbinas Francis de la Central Hidroeléctrica Agoyán”</b>
<b>Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)</b> <p>La modelación, simulación numérica y experimentación ha demostrado su potencial para disminuir las consecuencias negativas de los fenómenos de desgaste y falla, que ocurren en las turbomáquinas y equipos electromecánicos relacionados. En este estudio se propone aprovechar estas capacidades para dar solución al problema de erosión las turbomáquinas, que se produce debido al alto contenido de sedimentos en las aguas que se turbinan, con la finalidad de disminuir este fenómeno en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos de las centrales hidroeléctricas para resolver un problema de confiabilidad operacional y eficiencia energética en el Ecuador.</p> <p>Esta investigación tiene carácter fundamental y aplicativo. En su parte fundamental, el proyecto propone el desarrollo de un método que permita: Estudiar, identificar y analizar la sensibilidad de las variables que intervienen en el fenómeno de erosión en las turbinas de reacción Francis; e intervenir sobre las variables identificadas para disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos. Se sistematizará y generalizará el método desarrollado con el fin de utilizarlo en otras centrales hidroeléctricas similares.</p>
Palabras clave (3-5): simulación numérica, flujo inestable, erosión



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



<b>4</b>	<p><b>Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b></p> <p><b>Objetivos</b></p> <p><i>Objetivo General:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Desarrollar un método que permita reducir la erosión y optimizar la operación para turbinas Francis de la Central Hidroeléctrica Agoyán mediante el modelado, la simulación numérica y validación experimental.</li></ul> <p><i>Objetivos específicos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Determinar, cualitativa y cuantitativamente, las consecuencia y el impacto que tiene el proceso de desgaste y falla de erosión, en el funcionamiento de las turbinas Francis y los generadores eléctricos.</li><li>- Estudiar, identificar y analizar la sensibilidad de un grupo de variables que permitan caracterizar el comportamiento del fenómeno de erosión en las turbinas de reacción Francis.</li><li>- Desarrollar simulaciones numéricas del flujo inestable en las turbinas Francis utilizadas en la Central Hidroeléctrica Agoyán para su geometría y operación</li><li>- Desarrollar una metodología y procedimiento para intervenir sobre las variables identificadas para disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos de la Central Hidroeléctrica Agoyán.</li><li>- Generar un marco de trabajo que permita sistematizar y generalizar el método desarrollado para otras centrales hidroeléctricas similares, como es el caso de la Central Hidroeléctrica San Francisco.</li><li>- Establecer y fortalecer líneas de investigación y programas académicos multi e interdisciplinarios.</li><li>- Difundir la investigación en congresos nacionales e internacionales, generando al menos dos publicaciones en memorias o revistas indexadas.</li></ul> <p><b>Hipótesis</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Existe información de experiencias anteriores que permiten identificar y analizar la sensibilidad de un grupo de variables que permitan caracterizar el comportamiento del fenómeno de erosión en las turbinas de reacción Francis.</li><li>- La combinación de técnicas de modelación, simulación numérica y experimentación permiten generar un método para disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos de las centrales hidroeléctricas.</li></ul>
----------	---



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE**  
**INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



**Resultados esperados**

- Esta investigación tiene carácter fundamental y aplicativo. En su parte fundamental, el proyecto propone el desarrollo de un método que permita: (1) Estudiar, identificar y analizar la sensibilidad de las variables que intervienen en el fenómeno de erosión en las turbinas de reacción Francis, y (2) Intervenir sobre las variables identificadas para disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos. En el lado aplicativo se investigará el potencial del método desarrollado para ser sistematizado y generalizado con el fin de utilizarlo en otras centrales hidroeléctricas similares.
- La combinación de técnicas de modelación, simulación numérica y experimentación ha demostrado su potencial para disminuir las consecuencias negativas de los fenómenos de desgaste y falla, que ocurren en las turbomáquinas y equipos electromecánicos relacionados, como los generadores eléctricos. En este estudio se propone aprovechar estas capacidades para dar solución a un problema relacionado con el fenómeno de erosión las turbomáquinas, que se produce debido al alto contenido de sedimentos en las aguas que se turbinan, con la finalidad de disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos de las centrales hidroeléctricas en una aplicación que pretende resolver un problema de confiabilidad operacional y eficiencia energética en el Ecuador.
- El resultado de este estudio tiene el potencial de fortalecer los contenidos de cátedras y líneas de investigación relacionadas con: (1) Modelamiento y caracterización de procesos de desgaste y falla e integridad estructural (Facultad de Ingeniería Mecánica), (2) Turbomáquinas (Facultad de Ingeniería Mecánica y Civil-Hidráulica), (3) Confiabilidad operacional y eficiencia energética (Facultades de Ingeniería Mecánica y Eléctrica), (3) Métodos numéricos (Facultad de Ciencias).
- Se generará un marco numérico-computacional que sirva para mejorar el entendimiento del comportamiento fundamental del fenómeno de erosión en las turbomáquinas en el aprovechamiento de la energía hidráulica y sus aplicaciones en la ciencia e ingeniería.
- Como resultado de esta investigación se espera se generen varias Tesis Doctorales y de Maestría para que sean desarrollados en los Programas de Doctorados y Maestrías en Ciencias de las Facultades de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y otras, formando núcleos y estructurando esta línea de investigación.
- Se espera que el resultado de esta investigación pueda ser tema de varias ponencias y artículos científico-técnico en el cual se contribuya al estado del arte en materia de eficiencia energética y optimización de sistemas de aprovechamiento de energía hidráulica.

**Potenciales Usuarios**

- El beneficiario directo de esta investigación es la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC y su Unidad de Negocio HIDROAGOYAN puesto que este proyecto aportará en la solución a la problemática de erosión de las turbinas de la Central Hidroeléctrica Agoyán.
- Este proyecto tiene centrado su interés en investigar las variables que caracterizan el fenómeno de erosión en las turbinas de reacción para mitigarla, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos en las centrales hidroeléctricas del Ecuador. En este contexto, el principal beneficiario de este estudio es la sociedad ecuatoriana en general.
- Universidades e Instituciones de Investigación de nuestro país que pueden continuar con procesos de investigación aplicada en esta línea.
- Programas de Doctorados y Maestrías en Ciencias de las Facultades de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y otras de la Escuela Politécnica Nacional, formando núcleos y estructurando esta línea de investigación
- Comunidad científica en la línea de la energía y eficiencia energética.
- Otros beneficiarios son: Organismos de planificación, organismos de protección ambiental, organismos de control en temas energéticos, institutos de investigación pública, sector industrial.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



5

**Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.**

La energía es fundamental para posibilitar la vida de la humanidad, las sociedades la requieren prioritariamente para sustentar el modo de vida de miles de millones de personas que demandan una calidad y expectativas de vida acorde con el desarrollo alcanzado por la humanidad. La situación energética mundial es crítica actualmente, con gravísimos problemas de contaminación, cambio climático, conflictos internacionales motivados por el acceso a los recursos, y agotamiento de combustibles fósiles. Entre los grandes objetivos y prioridades gubernamentales en el Ecuador, se encuentra el cambio o transformación de la matriz energética hacia un sistema más eficaz, eficiente y amigable con el medio ambiente.

Enmarcada en esta política estatal, la Escuela Politécnica Nacional realiza investigación científica y aplicada para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de generación, transporte y utilización de la energía; y, específicamente en las centrales hidroeléctricas, siendo esta una propuesta de investigación multi e interdisciplinaria, que se alinea con objetivos y líneas de investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería Civil y Facultad de Ciencias de la Escuela Politécnica Nacional y de los Departamentos adscritos a estas facultades. Tiene el potencial de transformar nuestra habilidad de entender el comportamiento fundamental del fenómeno de erosión en las turbomáquinas con la finalidad de disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación, aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos y en general aprovechar esta investigación para solucionar los problemas de confiabilidad operacional y eficiencia energética de las centrales hidroeléctricas en el Ecuador.

Será una contribución en el análisis, la modelación, simulación numérica y experimentación de los fenómenos físicos, hidromecánicos y eléctricos que ocurren en las turbomáquinas y equipos relacionados, con implicaciones en diversas ramas y aplicaciones científicas e ingenieriles. Los resultados de esta investigación de carácter fundamental y aplicado abren una amplia gama de posibilidades para generar proyectos de interés nacional a futuro.

Esta investigación busca dar solución a una problema y satisfacer una necesidad concreta de una Institución Pública de nuestro país, como es la Unidad de Negocio HIDROAGOYAN de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC, como se puede evidenciar en el Certificado del Anexo A.

Es muy importante resaltar el apoyo y la cooperación de la primera universidad técnica de China y una de las primeras a nivel mundial, Tsinghua University, con la participación en este proyecto de su Profesor Investigador Dr. XianWu Luo, Jefe del Laboratory of Hydro-science and Engineering of Tsinghua University, como se puede evidenciar de su Carta de Aceptación y Convenio de Colaboración Académica que mantiene con la EPN y que se presentan en el Anexo B.

Este proyecto será un aporte a líneas de investigación relacionadas con energía, la cual constituye un pilar fundamental para, mediante Tesis, nuclear y estructurar la investigación en esta línea, en los Programas de Doctorados y Maestrías en Ciencias de las Facultades de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y otras.

Este estudio tiene implicaciones en la generación de conocimiento y tecnologías que resuelvan problemas identificados como relevantes en el país y tiene el potencial de motivar el desarrollo de nuevos procesos a nivel nacional en el área de sistemas de conversión energética, con el consiguiente aporte a la propuesta de cambio de la matriz energética y productiva en el Ecuador.

El enfoque de esta propuesta en el tema energético, el cual ha sido identificado como prioritario en el plan nacional de desarrollo, aporta también al fortalecimiento de procesos de convergencia tecnológica que pueden apuntalar sectores en los que el país puede, competitivamente, encontrar nuevos mercados en la región



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



6	<b>Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido</b>
<p>La Central Agoyán fue concebida para aprovechar el caudal del Río Pastaza, localizada en la provincia de Tungurahua a 180 Km. al Sureste de Quito y a 5 Km. al este de la ciudad de Baños en el sector denominado Agoyán de la parroquia Ulba, en la vía principal de entrada al sector amazónico ecuatoriano. La extensión global de la zona de influencia de la Central es de 5.00 Km<sup>2</sup> con una producción media anual de 1.080 GWH.</p> <p>Se tiene una presa de hormigón a gravedad de 43 m de altura y 300 m de longitud, con desagüe de fondo, vertedero y toma. Dispone de una tubería de presión de 170 m con una caída de 150 m. La casa de máquinas es subterránea para alojar 2 grupos turbogeneradores de 85.000KVA cada uno. El caudal de consumo es de 60 m<sup>3</sup>/s. potencia instalada es de 156 MW, 2 unidades Francis 78 MW cada una, de eje vertical con una velocidad de 225 RPM.</p> <p>Las dos turbinas de reacción tipo Francis están sujetas a fuerte desgaste en sus partes constitutivas a consecuencia del efecto erosivo de las aguas del río Pastaza y que se ha visto fuertemente complicado con las erupciones del volcán Tungurahua, siendo este un problema muy grave que disminuye la eficiencia de las turbinas, disminuye el tiempo entre mantenimientos, aumenta los costos de mantenimiento y en general, afecta tanto a la confiabilidad operacional de la Central, como a su eficiencia energética.</p> <p>Este problema se hace mucho más crítico porque aguas debajo de la Central Hidroeléctrica Agoyán, se encuentra la Central Hidroeléctrica San Francisco que utiliza las Aguas turbinadas en la Central Agoyán y, por lo tanto, cualquier falla que ocurra en las turbinas de esta Central, implica que se vea afectada inmediatamente la operación de la Central San Francisco.</p> <p>La modelación, simulación numérica y experimentación ha demostrado su potencial para disminuir las consecuencias negativas de los fenómenos de desgaste y falla, que ocurren en las turbomáquinas y equipos electromecánicos relacionados, como los generadores eléctricos. Se propone aprovechar estas capacidades para dar solución a un problema relacionado con el fenómeno de erosión las turbomáquinas, que se produce debido al alto contenido de sedimentos en las aguas que se turbinan, con la finalidad de disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos de las centrales hidroeléctricas en una aplicación que pretende resolver un problema de confiabilidad operacional y eficiencia energética en el Ecuador.</p> <p>Esta investigación tiene carácter fundamental y aplicativo. En su parte fundamental, el proyecto propone el desarrollo de un método que permita: (1) Estudiar, identificar y analizar la sensibilidad de las variables que intervienen en el fenómeno de erosión en las turbinas de reacción Francis, y (2) Intervenir sobre las variables identificadas para disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos. En el lado aplicativo se investigará el potencial del método desarrollado para ser sistematizado y generalizado con el fin de utilizarlo en otras centrales hidroeléctricas similares.</p> <p>El resultado de este estudio tiene el potencial de fortalecer los contenidos de cátedras y líneas de investigación relacionadas con el modelamiento y caracterización de procesos de desgaste y falla e integridad estructural, turbomáquinas la confiabilidad operacional, eficiencia energética y los métodos numéricos.</p> <p>Se generará un marco numérico-computacional que sirva para mejorar el entendimiento del comportamiento fundamental del fenómeno de erosión en las turbomáquinas en el aprovechamiento de la energía hidráulica y sus aplicaciones en la ciencia e ingeniería y se espera se generen varias Tesis Doctorales y de Maestría para que sean desarrollados en los Programas de Doctorados y Maestrías en la EPN, formando núcleos y estructurando esta línea de investigación.</p>	



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



**- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)**

Se recomienda que el proyecto, su metodología y diseño de la investigación, este sustentada en referencias bibliográficas actualizadas y que en el cronograma de ejecución del proyecto se considere el tiempo que toma la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

**Actividad 1: Revisión bibliográfica y generación de base de datos**

En esta actividad se persigue como objetivo la generación de una base de datos en la que se almacene datos sobre variables que determinan o condicionan el flujo inestable en el interior de las turbinas de reacción Francis. Adicionalmente se registrará información sobre parámetros que caracterizan el fenómeno de la erosión y su efecto en los materiales de los impulsores y volutas de las turbinas. Este proceso se basará en una revisión bibliográfica extensa que buscará, en particular, información de zonas geográficas similares a la que se enfoca este estudio.

**Actividad 2: Análisis y modelación numérica**

Se determinará, cualitativa y cuantitativamente, las consecuencia y el impacto que tiene el proceso de desgaste y falla de erosión, en el funcionamiento de las turbinas Francis y los generadores eléctricos y se desarrollará una metodología y procedimiento para intervenir sobre las variables identificadas para disminuir la erosión en las turbinas, mejorar la eficiencia energética en las unidades de generación y aumentar la vida útil de los componentes electromecánicos de la Central Hidroeléctrica Agoyán

**Actividad 3: Identificación de variables y análisis de sensibilidad**

Se estudiará, identificará y analizará la sensibilidad de las variables que intervienen en el fenómeno de erosión en las turbinas de reacción Francis

**Actividad 4: Validación de los modelos matemáticos y experimentación**

La etapa de verificación y validación en un esquema que consiste en utilizar información de las simulaciones numéricas de los modelos matemáticos y compararlos con los resultados de la experimentación que se llevará a efecto en los Laboratorios de Investigación. La selección de estos datos responde a un estudio estadístico que será conducido como parte de este proyecto.

**Actividad 5: Simulación numérica y optimización**

Se desarrollará simulaciones numéricas del flujo inestable en las turbinas Francis utilizadas en la Central Hidroeléctrica Agoyán para su geometría y operación

**Actividad 6: Síntesis del método desarrollado, sistematización y generalización**

Se generará un marco de trabajo que permita sistematizar y generalizar el método desarrollado para otras centrales hidroeléctricas similares, como es el caso de la Central Hidroeléctrica San Francisco.

**Actividad 7: Difusión de la Investigación**

Se difundirá la investigación en congresos nacionales e internacionales, generando al menos dos publicaciones en memorias o revistas indexadas



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



**Referencias Básicas**

- XianWu.Luo, V. Hidalgo, Ji Bin, A. Aguinaga; Numerical study of unsteady cavitation on 2D NACA using Free/Open Source Software, Chinese Science Bulletin, CSB-2014-0166, 2014.
- V. Hidalgo, XianWu.Luo, Ji Bin, X. Escaler, A. Aguinaga; Numerical investigation of unsteady cavitation around a NACA 66 hydrofoil using OpenFOAM, 27<sup>th</sup> IAHR Symposium Hydraulic Machinery and Systems Montreal Canada, 2014.
- Coutu A., Annemo H., Badding B., Velagandula O.; "Dynamic behavior of high head Francis Turbine", Hydro 2005, October 17-20 2005, Villach, Australia..
- Monette C., Coutu A., Velagandula O.; "Francis runner natural frequency and mode shape predictions"; Waterpower XV, July 23-26 2007, Chattanooga TN, USA.
- Rodriguez C. G., Eguisquiza E., Escaler X., Farhat M., Liang Q.W., Avellan F., "Experimental investigation of added mass effect on a Francis turbine runner", J. Fluids Structure, 2006, Vol. 22, pp 699-712.

**Cronograma de trabajo anual:**

**AÑO 1**

Actividad	Meses					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
#1	XXXXXX					
#2		XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
#3				XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX
#4					XXXXXX	XXXXXX
#5						XXXXXX

**AÑO 2**

Actividad	Meses					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
#3	XXXXXX	XXXXXX				
#4	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX			
#5	XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX			
#6			XXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	
#7					XXXXXX	XXXXXX

- Para la simulación numérica se requieren computadoras de altas prestaciones de características similares a las que se adjunta en la cotización del ANEXO C.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



7	<b>Fecha de inicio</b> Lunes 7 de julio de 2014
8	<b>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</b> <b>TIEMPO DE DEDICACIÓN DE INVESTIGADORES:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Dr. ALVARO AGUINAGA (DIRECTOR): 150 Horas por Semestre.</li><li>- Msc. LUIS TAPIA CALVOPIÑA: 100 Horas por Semestre.</li><li>- Dr. XIANWU LUO (INVESTIGADOR DE TSINGHUA UNIVERSITY): Colaborará de conformidad a la Carta de Aceptación y Convenio de Colaboración Académica que mantiene con la EPN y que se presentan en el Anexo B.</li><li>- Msc. VICTOR HUGO HIDALGO: 100 Horas por Semestre.</li><li>- Msc. EDGAR CANDO: 100 Horas por Semestre.</li></ul> <b>INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS DISPONIBLES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Se utilizarán los Laboratorios de: Mecánica Computacional, Mecánica de Fluidos, Termodinámica, Energías Alternativas y Automatización Industrial de Procesos Mecánicos del Departamento De Ingeniería Mecánica y el de Máquinas Eléctricas del Departamento de Energía Eléctrica.</li><li>- De conformidad al Certificado del Anexo A, la Unidad de Negocio HIDROAGOYAN de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC se ha comprometido a prestar todas las facilidades para realizar toma de datos y facilitar el uso de equipos, instrumentos de medida, herramientas para la realización de las investigaciones en la Central Hidroeléctrica de Agoyán, de conformidad a cronogramas y planes de trabajo aprobados de común acuerdo.</li><li>- El Dr. XianWu Luo facilitará el trabajo de los investigadores en las instalaciones del Laboratory of Hydro-science and Engineering, Tsinghua University, como colaborador de este Proyecto como se indica en la carta de aceptación del Anexo B.</li><li>- Oficinas de trabajo y computadoras de escritorio para los participantes del proyecto (que son parte de la infraestructura de la EPN).</li><li>- Suministros básicos de oficina (EPN).</li><li>- Biblioteca física y virtual de la EPN con acceso a algunas revistas y bases de datos especializadas (ver <a href="http://biblioteca.epn.edu.ec">http://biblioteca.epn.edu.ec</a>).</li></ul> <b>FONDOS ADICIONALES:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Se aprovechará de la participación del Dr. XianWu Luo en los Cursos de las Maestrías y Programa de Doctorado de la Facultad de Ingeniería Mecánica para los que el Dr. Luo viene al país dos veces por año para colaborar en la investigación, sin embargo su participación será continua en forma virtual. Los Honorarios que se pagarán al Dr. Luo, provendrán de los fondos de estos Cursos de Maestría y Programa de Doctorado, de conformidad al Convenio de Colaboración Académica que mantiene con la EPN y que se presentan en el Anexo B.</li><li>- De conformidad al Certificado del Anexo A, la Unidad de Negocio HIDROAGOYAN de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC colaborará con el alojamiento de los investigadores cuando se encuentren trabajando en Hidroagoyán.</li></ul>