

# CÁTEDRAS CONACYT

## DESCRIPCIÓN DE PROYECTO DE DESARROLLO DE CAPACIDADES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS Y DE INNOVACIÓN

Institución:	<b>UNIVERSIDAD DEL ISTMO</b>
Dependencia:	<b>DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO, CAMPUS TEHUANTEPEC</b>
Título/Nombre del Proyecto:	<b>DISEÑO Y FABRICACIÓN DE AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA PARA SU USO EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC</b>
Modalidad:	ENERGÍA
Reto:	DESARROLLO Y APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y LIMPIAS
Entidad Federativa sede del proyecto:	OAXACA

**Duración del proyecto a partir del inicio del CARH: 10 años**

Descripción del Proyecto
<p><b>Propósito del proyecto institucional:</b></p> <p>Fortalecer la línea de investigación de tecnología de aerogeneradores de la División de Estudios de Posgrado de la Universidad del Istmo (UNISTMO) mediante el diseño y construcción de los diferentes sistemas eléctricos, mecánicos, aerodinámicos y electrónicos, que componen los aerogeneradores de pequeña capacidad para su uso en la zona del Istmo de Tehuantepec.</p>
<p><b>Objetivos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>Reforzar el grupo de investigación en tecnología de aerogeneradores de la UNISTMO mediante el desarrollo de actividades de diseño, simulación y pruebas de los subsistemas eléctrico, mecánico, aerodinámico y de control de aerogeneradores de baja potencia.</li><li>Desarrollar sistemas de control, electrónica de potencia y adquisición de datos que ayuden a mejorar la operación y seguimiento de los aerogeneradores desarrollados.</li><li>Sentar las bases para el desarrollo de los subsistemas de aerogeneradores de potencia media en el mediano y largo plazo.</li></ol>

## Descripción del Proyecto

- d. Fortalecer la plantilla de profesores de la maestría en ciencias en energía eólica de la UNISTMO para buscar su incorporación al Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACyT (PNPC).

### **Motivos de la Institución para desarrollar el Proyecto:**

El uso de aerogeneradores (AGs) de baja potencia en sitios con vientos fuertes está limitado por la baja confiabilidad de los diferentes subsistemas sometidos a fuerzas extremas. El grupo de investigación en AGs de la UNISTMO cuenta con la infraestructura para desarrollar los subsistemas de un AG de baja potencia que opere bajo estas condiciones. En la UNISTMO se han hecho esfuerzos por desarrollar este tipo de AGs. Sin embargo, los esfuerzos han sido limitados por la falta de un grupo de investigación que cubra todas las áreas de desarrollo de la tecnología de AGs.

Con este proyecto se busca contar con recursos humanos de alto nivel que ayuden a desarrollar los subsistemas de un AG de pequeña capacidad. El desarrollo de estos subsistemas sentará las bases para el diseño de AGs de potencia media.

Como consecuencia del trabajo de investigación realizado, se formará un grupo consolidado en el área de energía eólica, que ayudará a la formación de recursos humanos requeridos en la región.

### **Contribución esperada de las Cátedras:**

Por las diferentes disciplinas involucradas en el desarrollo de los aerogeneradores (AGs), para tener un grupo de investigación consolidado se requiere contar con al menos un experto en cada una de las áreas. La UNISTMO, por ser una institución que depende del gobierno del Edo. de Oaxaca, no cuenta con los suficientes especialistas que le permitan consolidar un grupo de investigación en energía eólica. Con este proyecto se complementará la actual plantilla de investigadores, en particular la línea de tecnología de AGs para reforzar el grupo de investigación.

La consolidación del grupo en energía eólica en la UNISTMO será difícil de lograr por la falta de recursos económicos existente, sumado a los rezagos tecnológicos tan marcados en Oaxaca conforme se mencionan en el PECiTI 2014-2018. Con la obtención de recursos humanos con el proyecto de Cátedras, se podrá consolidar un grupo de investigación dentro de la UNISTMO, que ayude a disminuir los rezagos y niveles de desigualdad en el país.

### **Actividades:**

El proyecto en su conjunto contempla las siguientes actividades a realizar:

- Diseño de la metodología para la construcción de aerogeneradores de baja potencia acorde a:
  - las características y la clase de viento donde va a operar.
  - condiciones ambientales (ambientes agresivos, temperaturas, etc.)
  - tipos de suelo.
- Definición de los subsistemas de un aerogenerador.
- Especificación del diseño para:

## Descripción del Proyecto

- aspas del aerogenerador.
- sistema de control pitch.
- generadores eléctricos tipo multipolos.
- sistema eléctrico de potencia.
- sistema electrónico de potencia.
- sistema de control supervisor y monitoreo.
- sistema de transmisión mecánica.
- sistema estructural (góndola, torre y bastidor).
- sistema de orientación.
- Diseño de componentes para un aerogenerador de 10 kW.
- Simulación y validación de componentes de un aerogenerador de 10 kW.
- Fabricación de los componentes de un aerogenerador de 10 kW.
- Pruebas por componente de cada subsistema.
- Ensamble del aerogenerador de 10 kW.
- Pruebas en viento libre del aerogenerador de 10 kW.
- Evaluación del aerogenerador de 10 kW.
- Propuestas de mejora al diseño del aerogenerador de 10 kW y sus componentes.
- Creación de metodologías de diseño y construcción para aerogeneradores de baja potencia.
- Actividades de docencia.
- Actividades de divulgación.
- Propuestas para el escalamiento de la tecnología.

### **Resultados e Impactos esperados (a 5 años y 10 años):**

#### Resultados a 5 años:

- Contar con un aerogenerador de 10 kW probado e instalado en la región del Istmo.
- Contar con un grupo de investigación en proceso de consolidación en la línea de tecnología de aerogeneradores.
- Iniciar el registro de al menos 3 patentes.
- El programa de maestría en ciencias en energía eólica incorporado al PNPC.
- 10 alumnos titulados dentro de la maestría en ciencias en energía eólica.
- Publicación de al menos 8 artículos en revistas arbitradas.

#### Resultados a 10 años:

- Un grupo consolidado en el área de energía eólica.
- Obtención de tres patentes.
- Un programa de doctorado en formación en el área de energía eólica.
- 20 alumnos titulados dentro de la maestría en ciencias en energía eólica.
- Incursión en el desarrollo de tecnología para aerogeneradores entre 20 y 50 kW.

### **Vinculación, pertinencia y perspectivas de transferencia de conocimiento o tecnología:**

### Descripción del Proyecto

El uso de aerogeneradores de pequeña capacidad, en la zona del Istmo de Tehuantepec resulta importante para aprovechar el recurso eólico disponible, dado que se puede contribuir de manera significativa a la generación eléctrica distribuida.

Por las condiciones favorables en la zona para las pruebas en viento libre del aerogenerador a desarrollar (intensidad del viento, condiciones de humedad, lluvia, polvo, etc.), sin duda garantizará que el aerogenerador desarrollado pueda operar en prácticamente cualquier zona del país por las condiciones adversas a las que se verá sometido.

El reto de obtener un aerogenerador de baja potencia confiable, seguro y de bajo costo que opere bajo las condiciones críticas de viento presentes en la zona, sin duda será difícil de superar. Pero al lograr el desarrollo de este aerogenerador, sin duda se estará en la posibilidad de transferir al mercado un producto de calidad.

Por lo anterior, se considera que el aerogenerador de 10 kW será susceptible de transferir su tecnología. A partir de ello se promoverá la creación de PyMES que puedan desarrollar los diferentes componentes del aerogenerador favoreciendo a su vez el desarrollo tecnológico de la región.

También se prevé que en el desarrollo del aerogenerador se pueda realizar la solicitud de al menos tres patentes en el diseño del generador multipolo y en el resto de los componentes a diseñar.

#### **Descripción del grupo de Investigación o personal académico asociado al proyecto (Incluir los nombres de los miembros y sus especialidades):**

**Nombre:** Víctor I. Moreno O.

**Adscripción:** División de Estudios de Posgrado de la UNISTMO

**Cargo:** Profesor/investigador Titular B de tiempo completo

**Campo de conocimiento:** Física y Óptica Aplicada

**Nivel académico:** doctorado en ciencias con especialidad en óptica

**Pertenece al SNI y en su caso nivel:** SNI Nivel I

**Experiencia profesional:** Desarrollo de sistemas ópticos para la evaluación de calidad en procesos de fabricación de piezas en el área eólica

**Actividades específicas:** Desarrollo de pruebas ópticas para la reconstrucción de los perfiles aerodinámicos en palas de aerogeneradores

**Nombre:** Miguel Á. Hernández L.

**Adscripción:** División de Estudios de Posgrado de la UNISTMO

**Cargo:** Director del Instituto de Estudios de la Energía de la UNISTMO

**Campo de conocimiento:** sistemas de control inteligente, desarrollo de prototipos dentro de la energía eólica, aplicaciones de realidad virtual en el sector energético

**Nivel académico:** doctorado en ingeniería eléctrica

**Experiencia profesional:** desarrollo de prototipos en el sector eólico, desarrollo de sistemas de control para sistemas no lineales, aplicaciones de inteligencia artificial, trabajo en realidad virtual

## Descripción del Proyecto

**Actividades específicas:** desarrollo de los sistemas de control del aerogenerador y pruebas y evaluación en viento libre del aerogenerador

**Nombre:** Edwin Román H.

**Adscripción:** División de Estudios de Posgrado de la UNISTMO

**Cargo:** Jefe de la División de Estudios de Posgrado

**Campo de conocimiento:** física y óptica aplicada

**Nivel académico:** doctorado en ciencias con especialidad en óptica

**Pertenece al SNI y en su caso nivel:** SNI nivel I

**Experiencia profesional:** Desarrollo de sistemas ópticos para la evaluación de calidad en procesos de fabricación de piezas en el área eólica

**Actividades específicas:** caracterización geométrica de perfiles aerodinámicos de palas de aerogeneradores por un método de pruebas ópticas

**Nombre:** Emmanuel Hernández M.

**Adscripción:** División de Estudios de Posgrado de la UNISTMO

**Cargo:** Profesor Investigador Titular A de tiempo completo

**Campo de conocimiento:** máquinas eléctricas, electrónica de potencia, sistemas de control, protecciones eléctricas

**Nivel académico:** doctorado en ciencias en ingeniería eléctrica

**Experiencia profesional:** Estrategias para control de aerogeneradores, análisis y modelado de máquinas eléctricas, calidad de la energía

**Actividades específicas:** Desarrollo del sistema eléctrico de potencia del aerogenerador. Evaluación y análisis de los aspectos de la calidad de la energía, interconexión de aerogeneradores a la red eléctrica

**Nombre:** J. Rafael Dorrego P.

**Adscripción:** División de Estudios de Posgrado de la UNISTMO

**Cargo:** Profesor Investigador Asociado C de tiempo completo

**Campo de conocimiento:** Aerodinámica

**Nivel académico:** Maestría en diseño mecánico

**Experiencia profesional:** Desarrollo de tecnología eólica, recurso eólico y sistemas híbridos

**Actividades específicas:** desarrollo de los sistemas mecánicos (sistemas de orientación y estructural del aerogenerador y pruebas en viento libre del aerogenerador)

### Descripción de la infraestructura física disponible para ejecutar las actividades del proyecto:

La Universidad del Istmo cuenta con la siguiente infraestructura:

- Laboratorio de energía eólica que incluye:

### Descripción del Proyecto

- Dos torres para mediciones anemométricas, una en el Campus Juchitán y otra en el Campus Tehuantepec.
- Un banco de pruebas para la evaluación del funcionamiento de aerogeneradores de pequeña potencia conectados a la red eléctrica.
- Infraestructura para el maquinado de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos para la construcción de aerogeneradores de baja potencia.
- Infraestructura para la fabricación de palas para aerogeneradores de baja potencia de hasta 2 metros de longitud por pala.
- Infraestructura para evaluación de generadores eléctricos de hasta 8 hp.
- Infraestructura para la evaluación de pruebas de fatiga en palas para aerogeneradores de hasta 3 m de longitud por pala.
- Laboratorio de Realidad Virtual para el desarrollo de sistemas de capacitación inmersivos para aerogeneradores y campos eólicos.
- Laboratorio de software para simulación y diseño de componentes para aerogeneradores.
- Una góndola de la empresa GAMESA-Eólica para capacitación y prácticas.
- Espacio para pruebas de aerogeneradores en viento libre en sus Campus Juchitán y Tehuantepec.

Además, la UNISTMO al ser parte del consorcio del CEMIE-Eólico mantiene estrecha relación con las siguientes instituciones:

- Instituto de Investigaciones Eléctricas. Contacto: Ing. Marco Antonio Borja Díaz. Aquí se cuenta con el Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE) ubicado en La Ventosa, Oaxaca, en el Istmo de Tehuantepec.
- Instituto Tecnológico de La Laguna. Contacto: Dr. Marco Antonio Arjona López.
- CIATEQ. Contacto: Dr. Isaac Hernández Arriaga.
- CIDESI. Contacto: Dr. Hugo Gámez Cuatzin.
- Universidad Autónoma de Querétaro: Dr. Juan Carlos Jáuregui Correa.
- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Contactos: Dr. Enrique Sucar Succar y Dr. Enrique Muñoz de Cote.
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Contacto: Dr. Oliver Probst Oleszewski.

Esta relación ha permitido que profesores y estudiantes de la UNISTMO realicen estancias temporales en dichas instituciones, participen en cursos organizados por dichas instituciones y se impartan cursos a la UNISTMO.

### **Relación del proyecto con los programas de Posgrado registrados o susceptibles de pertenecer al PNPC:**

Uno de los principales objetivos planteados para este proyecto será fortalecer la plantilla de profesores de la Maestría en Ciencias en Energía Eólica de la Universidad del Istmo, lo que ayudará a incrementar las líneas de investigación en el área de tecnología de aerogeneradores, incursionando en nuevas áreas de desarrollo tecnológico involucrado.

Con este fortalecimiento se buscará el registro al PNPC de la maestría en ciencias en energía eólica que garantice la continuidad del programa en el mediano y largo plazo. Con el ingreso de esta maestría al PNPC se buscará fortalecer e incrementar el grupo de investigación a través de apoyos complementarios otorgados solamente a programas de posgrado de calidad.

### Descripción del Proyecto

Además, en el largo plazo se contará con un grupo de investigación en el área de energía eólica consolidado, que busque la creación de un programa de energía eólica a nivel doctorado.

Considerando la ubicación estratégica de la Universidad del Istmo, por el recurso eólico disponible en el área, las contribuciones del grupo eólico consolidado y a través de los programas de maestría y doctorado en energía eólica serán importantes.

### Perfiles de la Cátedra

**Grado Académico:** doctorado.

**Área:** ingeniería.

**Disciplina:** Eléctrica

**Experiencia profesional:** Diseño, simulación y fabricación de máquinas eléctricas, en particular de generadores eléctricos síncronos, experiencia docente deseable.

**Actividades a Desarrollar:**

- a. Desarrollo de la metodología de diseño de generadores eléctricos tipo multipolo.
- b. Diseño y especificación de un generador eléctrico multipolo de 10 kW.
- c. Simulación y validación del generador eléctrico.
- d. Fabricación del generador eléctrico.
- e. Pruebas, evaluación y mejoras al generador eléctrico.
- f. Colaboración en el ensamble y pruebas en viento libre del aerogenerador.
- g. Impartir las materias de sistemas y generadores eléctricos y diseño de sistemas eólicos.
- h. Generación y dirección de cuatro tesis de maestría.
- i. Publicación de 3 artículos técnicos con arbitraje.
- j. Participación con artículo de divulgación en dos congresos.
- k. Creación de la metodología de diseño de generadores eléctricos tipo multipolo.

**Grado Académico:** doctorado.

**Área:** ingeniería.

**Disciplina:** Electrónica

**Experiencia profesional:** diseño, simulación y fabricación de sistemas electrónicos de potencia y sistemas SCADA, convertidores de potencia AC/DC, DC/AC, experiencia docente deseable.

**Actividades a Desarrollar:**

- a. Desarrollo de la metodología de diseño del sistema electrónico de potencia y del sistema de monitoreo para un aerogenerador de baja potencia.
- b. Diseño y especificación de los sistemas electrónico de potencia y de monitoreo para un aerogenerador de 10 kW.
- c. Simulación y validación del sistema electrónico de potencia.
- d. Fabricación del sistema electrónico de potencia.
- e. Implementación del sistema de monitoreo.
- f. Pruebas, evaluación y mejoras a los sistemas electrónico de potencia y de monitoreo.
- g. Colaboración en el ensamble y pruebas en viento libre del aerogenerador.
- h. Impartir las materias de modelado de sistemas electrónicos de potencia y diseño de sistemas electrónicos de potencia.

- i. Generación y dirección de cuatro tesis de maestría.
- j. Publicación de 3 artículos técnicos con arbitraje.
- k. Participación con artículo de divulgación en dos congresos.
- l. Creación de la metodología de diseño de sistemas electrónicos de potencia y de monitoreo.

**Grado Académico:** doctorado.

**Área:** ingeniería.

**Disciplina:** Mecánica

**Experiencia profesional:** diseño, simulación y fabricación de sistemas mecánicos de transmisión, experiencia de manejo de sistemas electromecánicos, hidráulicos y neumáticos, experiencia docente deseable.

**Actividades a Desarrollar:**

- a. Desarrollo de la metodología de diseño de sistemas de transmisión mecánica para aerogeneradores de baja potencia.
- b. Diseño y especificación del sistema de transmisión mecánica para un aerogenerador de 10 kW.
- c. Simulación y validación del sistema de transmisión mecánica para el aerogenerador.
- d. Fabricación del sistema de transmisión mecánica.
- e. Pruebas, evaluación y mejoras al sistema de transmisión mecánica.
- f. Colaboración en el ensamble y pruebas en viento libre del aerogenerador.
- g. Impartir las materias de modelado de sistemas mecánicos de aerogeneradores y diseño dinámico y estructural.
- h. Generación y dirección de cuatro tesis de maestría.
- i. Publicación de 3 artículos técnicos con arbitraje.
- j. Participación con artículo de divulgación en dos congresos.
- k. Creación de la metodología de diseño de sistemas de transmisión mecánica.

**Grado Académico:** doctorado.

**Área:** ingeniería.

**Disciplina:** Aerodinámica

**Experiencia profesional:** diseño, simulación y evaluación de perfiles aerodinámicos, experiencia docente deseable.

**Actividades a Desarrollar:**

- a. Desarrollo de la metodología de diseño de las aspas y de los sistemas de control pitch de aerogeneradores de baja potencia.
- b. Diseño y especificación de las aspas y del sistema de control pitch para un aerogenerador de 10 kW.
- c. Simulación y validación de las aspas y del sistema de control pitch para el aerogenerador.
- d. Fabricación de las aspas y del sistema de control pitch.
- e. Pruebas, evaluación y mejoras de las aspas y del sistema de control pitch.
- f. Colaboración en el ensamble y pruebas en viento libre del aerogenerador.
- g. Impartir la materia de aerodinámica y aeroelasticidad para aerogeneradores.
- h. Generación y dirección de cuatro tesis de maestría.
- i. Publicación de 3 artículos técnicos con arbitraje.
- j. Participación con artículo de divulgación en dos congresos.
- k. Creación de la metodología de las aspas y del sistema de control pitch.



Mediante el proyecto de Cátedras se buscará consolidar el grupo de investigación de la línea de tecnología de los aerogeneradores de la maestría en ciencias en energía eólica de la Universidad del Istmo, por medio de la incorporación de 4 investigadores de áreas involucradas en el desarrollo de aerogeneradores. Dicho grupo de investigadores participará en la impartición de clases, formación de recursos humanos y primordialmente en tareas de investigación.