

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

PROYECTO NÚMERO P01

1. Título

Adquisición y fabricación de componentes para la integración de un aerogenerador prototipo de potencia media, de concepto amigable a la red.

2. Tipo de proyecto

Multipropósito: Consolidación de capacidades para el desarrollo de aerogeneradores de mediana capacidad, formación de recursos humanos, asimilación tecnológica, vinculación con el sector privado, desarrollo tecnológico.

3. Instituciones y empresas participantes

| |
|---|
| Instituto de Investigaciones Eléctricas |
| Número de RENIECYT: 003 |
| Dirección legal : Calle Reforma 113, Col. Palmira, C.P. 62490 |
| Cuernavaca, Mor. |
| Ciateq A.C., Centro de Tecnología Avanzada |
| Número de RENIECYT: 020 |
| Dirección: Av. del Retablo 150, Col. Constituyentes Fovissste, C.P. 76150, |
| Querétaro, Qro. |
| Potencia Industrial, S.A. |
| Número de RENIECYT: N/D |
| Dirección: Av. Año de Juárez, No. 205. Col. Granjas de San Antonio. Delegación |
| Iztapalapa. |
| México D.F. |
| Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (Aportación Concurrente a fondo perdido proveniente del Fondo para el Medio Ambiente Mundial –GEF-) |
| Número de RENIECYT: N/A |
| Dirección postal: 1300 New York Avenue, N.W. |
| Washington, D.C. 20577, EE.UU. |

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

4. Líder técnico

| | | |
|---|-------------|----------------------------|
| Raúl González Galarza | CVU: 245063 | Grado máximo: Licenciatura |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| Perfil.- Es ingeniero Mecánico Electricista, tiene más de 30 años de experiencia. Fue Responsable Técnico ante el Fondo SENER-CONACYT-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA del proyecto de diseño de un aerogenerador de 1.2 MW. Ha dirigido varios proyectos relacionados con el diseño de pequeños aerogeneradores y es autor principal de dos patentes sobre este tema. | | |
| Estudios: Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) | | |

5. Líder administrativo

| | | |
|--|--|--|
| C.P. Alfredo Gómez Luna Maya | | |
| Es Contador Público Egresado del IPN. Actualmente es Director de Administración y Finanzas del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Fue Secretario Administrativo del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Fue Gerente de Recursos Humanos en CFE y también colaboró en el SAT, la PGR y PEMEX. | | |
| Estudios: IPN | | |

6. Principales participantes del equipo de trabajo

| | | |
|---|-------------|----------------------------|
| Raúl González Galarza | CVU: 245063 | Grado máximo: Licenciatura |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| Perfil.- Es ingeniero Mecánico Electricista, tiene más de 30 años de experiencia. Fue Responsable Técnico ante el Fondo SENER-CONACYT-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA del proyecto de diseño de un aerogenerador de 1.2 MW. Ha dirigido varios proyectos relacionados con el diseño de pequeños aerogeneradores y es autor principal de dos patentes sobre este tema. | | |
| Estudios: Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) | | |

| | | |
|---|-------------|----------------------------|
| Fortino Mejía Neri | CVU: 325691 | Grado máximo: Licenciatura |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| Perfil.- Es Ingeniero en Aeronáutica, participó en el diseño de pequeños aerogeneradores (500 W y 1.5 kW). Es co-autor de dos patentes sobre el diseño de un aerogenerador de 500 W. Participó en el proyecto de diseño de un aerogenerador de 1.2 MW. | | |
| Estudios: ESIME-IPN | | |

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

| | | |
|--|-------------|----------------------------|
| Rubén Isaac Cariño Garay | CVU: 217260 | Grado máximo: Licenciatura |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero Químico con Maestría en Informática. Tiene más de 30 años de experiencia. Participó en el proyecto de diseño, desarrollo e implantación del sistema de calidad y gestión integrado para el IIE. Ha sido jefe de proyectos de servicios para CFE y PEMEX. Ha participado en el proyecto de diseño de un aerogenerador de 1.2 MW, en el IIE.</p> | | |
| Estudios: UNAM y UPIICSA-IPN | | |

| | | |
|---|-------------|----------------------------|
| Javier Lagunas Mendoza | CVU: 326744 | Grado máximo: Maestría |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero Mecánico-Electricista con especialidad en Eléctrica y Electrónica y es Maestro en Ciencias Computacionales. Tiene más de 20 años de experiencia en proyectos de instrumentación y control en el área de fuentes no convencionales de energía. Ha dirigido proyectos relacionados con la modernización de la red de estaciones hidrométricas y climatológicas de la CFE.</p> | | |
| Estudios: UNAM y CENIDET | | |

| | | |
|---|------|----------------------------|
| Ricardo Saldaña Flores | CVU: | Grado máximo: Licenciatura |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero en Energía. Ha dirigido y participado por más de 30 años en proyectos relacionados con la evaluación de los recursos energéticos renovables. Ha sido Responsable Técnico de proyectos CONACYT apoyados con recursos de diversos Fondos y de proyectos desarrollados para la SENER. Ha publicado artículos y dictado conferencias y cursos sobre el tema eólico.</p> | | |
| Estudios: Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). | | |

| | | |
|--|-------------|----------------------------|
| José Manuel Franco Nava | CVU: 120180 | Grado máximo: Doctorado |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero Mecánico y es Doctor en Filosofía. Ha dirigido y participado en varios proyectos de turbomaquinaria aplicando análisis de elemento finito (FEA) y dinámica de fluidos computacional (CFD). Participó en el proyecto de diseño de un aerogenerador de 1.2 MW liderando al grupo de diseño mecánico.</p> | | |
| Estudios: ESIME-IPN, Universidad de Londres, UK. | | |

| | | |
|---|-------------|----------------------------|
| Francisco Antonio Carvajal Martínez | CVU: 553594 | Grado máximo: Maestría |
| | | Es miembro del S.N.I. = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero Industrial Electricista y es Maestro en Ingeniería Eléctrica. Tiene más de 25 años de experiencia. Se especializó en Nottingham, Inglaterra sobre Generadores de Inducción.</p> | | |

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

Ha dirigido y participado en varios proyectos de desarrollo tecnológico en el tema de generadores eléctricos y motores. Participó en el proyecto de diseño de un aerogenerador de 1.2 MW siendo el responsable del diseño del generador eléctrico.

Estudios: IT-Veracruz y UNAM

| | | |
|---|------------|---------------------------|
| José Luis Silva Farias | CVU: 65377 | Grado máximo: Maestría |
| | | Es miembro del S.N.I = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero Electricista y Maestro en Ingeniería Especialidad Sistemas Eléctricos. Ha participado en varios proyectos de estudios, diseño y diagnóstico de sistemas eléctricos de CFE en Distribución. Participó en el Grupo de Trabajo para formulación del "Código de Red Eólico" para el Sistema Eléctrico Nacional. Participó en el diseño del sistema eléctrico de un prototipo de aerogenerador de 1.2 MW</p> | | |
| Estudios: U-MICH e ITESM | | |

| | | |
|--|-------------|---------------------------|
| Humberto Raúl Jiménez Grajales | CVU: 094514 | Grado máximo: Maestría |
| | | Es miembro del S.N.I = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero Electrónico y Maestro en Ciencias en Ingeniería. Es el instructor principal en el Diplomado "Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Eléctrica" que se ha impartido a varias instituciones. Tiene experiencia en la integración de pequeños sistemas híbridos eólico-fotovoltaico y en el desarrollo de un convertidor de potencia para pequeños sistemas fotovoltaicos.</p> | | |
| Estudios: IT-TUXTLA y CENIDET | | |

| | | |
|---|-----------|---------------------------|
| Raúl Garduño Ramírez | CVU: 7113 | Grado máximo: Doctor |
| | | Es miembro del S.N.I = NO |
| Instituto de Investigaciones Eléctricas | | |
| <p>Perfil.- Es Ingeniero Electricista y es Doctor en Filosofía en Ingeniería. Se especializó en Robótica por el Laboratorio Nacional de Ingeniería Mecánica en Japón. Dirigió un proyecto para evaluar el comportamiento de un aerogenerador de la central La Venta II, para CFE. Dirigió al grupo que diseñó el sistema de control y supervisión como parte del proyecto de diseño de un aerogenerador de 1.2 MW.</p> | | |

| | | |
|--|-------------|---------------------------|
| Ignacio Torres Contreras | CVU: 213413 | Grado máximo: Doctor |
| | | Es miembro del S.N.I = NO |
| CIATEQ, A.C. Centro de Tecnología Avanzada | | |
| <p>Perfil: Es Ingeniero Mecánico y Maestro en Diseño y Desarrollo de Sistemas Mecánicos. Es Coordinador de la Especialidad de Transmisiones Mecánicas en CIATEQ. Fungió como responsable técnico por parte de CIATEQ del desarrollo de un incrementador de velocidad tipo planetario como parte del proyecto de diseño del aerogenerador de 1.2 MW.</p> | | |
| Estudios: U-GTO y PICYT | | |

7. Antecedentes

A la fecha el IIE tiene desarrollado el diseño de un aerogenerador de potencia media (1.2 MWe) para vientos intensos (Clase IA), con características “amigables a red”. El IIE está consolidando un equipo de especialistas con capacidades técnicas en aspectos metodológicos y normativos de clase mundial relacionados con el diseño, construcción, certificación, evaluación del desempeño, y mantenimiento de aerogeneradores. Para el desarrollo del diseño del citado aerogenerador se utilizó software especializado y se contó con los servicios de asesores de reconocido prestigio en el ámbito internacional. Los resultados de este diseño fueron revisados por expertos nacionales e internacionales (Conacyt).

Por otra parte, dado que las condiciones de viento en el país son -en esencia- diferentes de las condiciones presentes en los países europeos en donde se originó la tecnología eólica, la Gerencia de Energías No Convencionales del IIE obtuvo financiamiento de la Fundación para el Medio Ambiente Global (GEF por sus siglas en Inglés) a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), para construir el Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE) destinado al desarrollo de tecnología eólica nacional, a la prueba y certificación de aerogeneradores, y a la formación de recursos humanos en el tema eólico, entre muchos otros propósitos.

El contar con el diseño del aerogenerador de potencia media y con el CERTE para instalarlo y probarlo, constituye una plataforma y un medio importante para la conformación y el desarrollo del CEMIE-Eólico, a la vez que ofrece la generación de un producto de tecnología nacional cuya tecnología se puede transferir; lo que a en el mediano plazo podría generar ingresos para el CEMIE-Eólico. Por otra parte, se sabe que cerca del 75% de la inversión en una central eoloelectrica corresponde al costo de las máquinas eólicas, y actualmente todos los aerogeneradores de potencia media que se han instalado en México han sido de importación; por lo que esta importante porción del beneficio económico en un proyecto eoloelectrico se ha quedado en los países donde se produce la tecnología. En vista de esta situación, y considerando las capacidades técnicas del IIE y otras instituciones de su tipo en el país, así como la infraestructura de soporte (CERTE) que se tiene, el IIE propuso un proyecto de estas características. En 2007, la Dirección Ejecutiva del IIE arrancó de manera interna una iniciativa para el diseño de máquinas eólicas en México, y con el apoyo económico del Fondo SENER-CONACYT-Sustentabilidad Energética se logró el desarrollo del diseño de un aerogenerador de potencia media (1.2 MWe) para vientos intensos (Clase 1A).

En el contexto del CEMIE-Eólica, el destino final del desarrollo apunta a la integración de un paquete tecnológico transferible a la industria; sin embargo, no necesariamente es ése su principal beneficio ya que tal como se ha planteado en el Plan Estratégico del CEMIE-Eólico, alrededor del desarrollo de un proyecto multipropósito como lo es este, se generarán muchos otros beneficios cuyo valor será aún más elevado que el propio valor que pudiese tener el paquete tecnológico del aerogenerador, entre ellos está por supuesto, la formación de especialistas y el desarrollo de capacidades en el ámbito nacional.

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

8.- Objetivos y metas

- Adquisición de componentes comerciales para la conformación de un aerogenerador prototipo de mediana capacidad (1.2 MWe).
- Desarrollar y/o fortalecer competencias a nivel nacional para la fabricación de los componentes metalmecánicos estratégicos, de diseño propio, del tren de potencia un aerogenerador prototipo de mediana capacidad (1.2 MWe).
- Atestiguamiento de pruebas de banco a componentes y subsistemas, y preparación de la documentación para la evaluación “D” del diseño.
- Consolidar capacidades nacionales para el desarrollo tecnológico de aerogeneradores.

9.- Contenido innovador

El contenido innovador de este proyecto consiste en desarrollar como país el principal elemento en la cadena de valor de una central eoloeléctrica y contribuir con ello tanto al desarrollo eólico nacional que actualmente se está dando en México, como impulsar la planta industrial mediante la utilización de la capacidad tecnológica e infraestructura actualmente presente en el país. Una meta implícita en el desarrollo del aerogenerador es la fabricación e integración del prototipo industrial con componentes fabricadas/adquiridas esencialmente en México. Cabe resaltar que para el desarrollo del diseño del aerogenerador, la capacidad tecnológica e infraestructura vigente de la planta industrial del país fue un factor determinante en la conceptualización de éste; la configuración modular permite la versatilidad que demanda un prototipo y asegura un tránsito mucho más seguro para alcanzar un producto final exitoso, considerando que en el país no se tiene experiencia previa sobre este tema en particular.

No es posible listar a priori y de manera específica ningún tipo de innovación tecnológica en el producto final, la identificación específica de estas innovaciones en todo caso se irán dando conforme se desarrolle el proyecto y se dé respuesta a la problemática específica que se presente durante el proceso de fabricación y ensamblaje de los distintos elementos del aerogenerador, así como cuando se instale éste en el CERTE para la ejecución de pruebas y su caracterización operacional en condiciones de viento libre.

10.- Principales resultados esperados y listos de entregables.

- Un informe técnico final con la documentación de los resultados producto de la ejecución de cada una de las actividades realizadas.
- La lista de entregables asociada a cada actividad y a cada etapa se muestra en el **Apéndice No. 3**

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

11.- Metodología propuesta

La metodología propuesta para alcanzar los objetivos y metas enumerados en el inciso 8 de este documento consiste básicamente en lo siguiente:

1. Generar un listado completo de los componentes a adquirir y fabricar para la integración del prototipo de aerogenerador de 1.2 MWe
2. A partir de la información disponible, revisar e identificar y completar información técnica fundamental para definir las características requeridas en el producto a adquirir o fabricar para el proyecto. Integrar un expediente por componente con información única y exclusivamente para este propósito.
3. Identificar potenciales proveedores de servicios especializados de ingeniería para desarrollar la ingeniería de detalle y proceso de fabricación de las componentes metalmeccánicas de diseño propio. Gestionar la contratación del servicio de conformidad con los procedimientos vigentes en el IIE.
4. Identificar el proceso aplicable para la adquisición o fabricación de cada componente, identificar potenciales proveedores y llevar a cabo las gestiones necesarias en función del procedimiento interno que aplique.
5. Dar un seguimiento puntual a las adquisiciones y a los trabajos de fabricación y atestiguamiento de pruebas en las instalaciones del proveedor si este es el caso
6. A partir de los requisitos obligatorios para aspirar a una “certificación tipo” del aerogenerador (norma IEC), se integrará un expediente con la información de diseño disponible y se dará además durante la ejecución del proyecto un seguimiento puntual de los cambios, actualización, y de información de diseño nueva (identificada y generada en el proceso), para integrar un expediente que contenga la documentación necesaria para la evaluación “D” del diseño.

12.- Cronograma de actividades

El cronograma de actividades se incluye en el **Apéndice No. 1**

13.- Desglose financiero

El desglose financiero se incluye en el **Apéndice No. 2**

14.- Justificación del gasto

| |
|--|
| Rubro 9.1 |
| Recursos solicitados al Fondo: Costo del personal de CIATEQ para la ingeniería de detalle y fabricación de componentes de la caja de engranes e implementación con sus accesorios, más el costo parcial del personal del IIE involucrado en el desarrollo del proyecto (gestión, verificación de especificaciones, seguimiento de la construcción, atestiguamiento de pruebas y supervisión del proceso de fabricación), así como el apoyo para la contratación de cuatro investigadores asociados directamente al proyecto. Recursos concurrentes: Ingeniería de manufactura, fabricación y pruebas en fábrica del generador eléctrico [Potencia Industrial], más la fracción del costo de su personal involucrado en el desarrollo del proyecto aportada por del IIE. |
| Rubro 9.2 |
| Recursos solicitados al Fondo: Viajes nacionales e internacionales del personal que participará en |

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

| |
|---|
| las actividades de adquisición, fabricación y atestiguamiento de pruebas a componentes; así como en las actividades para la “certificación tipo” del prototipo de aerogenerador. |
| Rubro 9.3 |
| Recursos solicitados al Fondo: Materiales de consumo y bibliográficos, normatividad, y capacitación para la gestión y ejecución del proyecto, y para el seguimiento del proceso de “certificación tipo” del prototipo de aerogenerador [IIE]. |
| Rubro 9.4 |
| Recursos solicitados al Fondo: Aprovisionamiento de equipo y componentes para la integración del tren de potencia y rotor eólico del aerogenerador (sin incluir aspas). Recursos concurrentes: Equipo para pruebas del tren de potencia; adquisición de torre y aspas |
| Rubro 9.5 |
| Recursos solicitados al Fondo: Subcontrato para la ingeniería de manufactura de componentes metalmecánicos de gran tamaño y masa, y para el ensamble y pruebas de banco del tren de potencia y rotor eólico. Pago de honorarios, asesorías y consultorías de origen nacional y extranjero. |
| Rubro 9.6 |
| Recursos solicitados al Fondo: Pago de derechos y estudios inherentes a la protección de propiedad intelectual generada durante el proyecto. |
| Rubro 9.7 |
| Recursos solicitados al Fondo: Auditorias semestrales, por despachos contables acreditados ante la SFP, a los informes financieros del gasto ejercido en el proyecto. |
| |

15.- Impactos, oportunidades, caso, plan o modelo de negocios y/o mecanismos de transferencia.

Impacto científico

El contenido innovador de este proyecto radica en avanzar para desarrollar como país, en el corto plazo, el principal elemento en la cadena de valor de una central eoloeléctrica y contribuir con ello tanto al desarrollo eólico nacional que actualmente se está dando, como impulsar la planta industrial mediante la utilización de la capacidad tecnológica e infraestructura presente en el país. Una meta implícita en el desarrollo del aerogenerador es la integración del prototipo industrial con componentes fabricadas/adquiridas esencialmente en México. Cabe resaltar que para el desarrollo del diseño del aerogenerador, la capacidad tecnológica e infraestructura vigente de la planta industrial del país fue un factor determinante en la conceptualización de éste; el concepto modular del diseño permite la versatilidad que demanda un prototipo y asegura un tránsito mucho más seguro para alcanzar un producto final exitoso, considerando que en el país no se tiene experiencia previa sobre este tema en particular. **Impacto científico.**

Se pondrá especial atención en que el conocimiento científico, práctico y metodológico que se asimile y/o desarrolle durante la ejecución del proyecto sea transferido a los jóvenes que participen en el Programa de Graduados del CEMIE-Eólico, esto sin perjuicio de la protección de la propiedad intelectual que sea susceptible de transferencia.

PROYECTO APROBADO PARA EL CEMIE-EÓLICO

Impacto cualitativo.

En su momento, la producción y uso masivo de este aerogenerador impulsará en primera instancia el desarrollo de la industria nacional relacionada con esta tecnología y con el proyecto; y coadyuvará a la generación de empleos tanto en las áreas de aplicación como en las regiones donde se fabriquen y ensamblen los diferentes componentes y/o subsistemas del aerogenerador.

En su momento, la principal área geográfica sobre la que potencialmente impactará la ejecución de este proyecto es la región del Istmo de Tehuantepec cuyo potencial eólico es excelente (Clase IA) y donde por la intensidad y persistencia del viento actualmente están, y se estima que se seguirán dando en el mediano y largo plazo, los grandes proyectos de generación de electricidad mediante el viento en este país.

Mecanismos de transferencia.

Un convenio de colaboración específico entre el IIE y el CIATEQ para la ejecución de éste proyecto es en principio el documento donde se establece la propiedad intelectual, la relación y compromiso de y entre las distintas entidades, así como los mecanismos bajo los cuales se explotará en su momento el desarrollo producto de la ejecución de este proyecto.