

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Vicerrectoría de Investigación y Extensión
Dirección de proyectos



Escuela de Ingeniería Electromecánica

Escuela de Física

Área Académica Ingeniería Mecatrónica

Documento tipo 2 del proyecto

“Requerimientos para lograr la factibilidad de turbinas eólicas
comerciales de pequeña escala en Costa Rica”

Código 1341021

Ing. Rosa Matarrita Chaves

Ing. Gustavo Richmond Navarro

Ing. Luis Diego Murillo

Ing. Juan José Montero Jiménez

Ing. Gustavo Murillo Zumbado

Ing. Iván Araya Meneses

Cartago, Costa Rica

Marzo 2025

1. Datos generales

Código del Proyecto: 1341021

Nombre del proyecto: Requerimientos para lograr la factibilidad de turbinas eólicas comerciales de pequeña escala en Costa Rica

Escuela responsable: Escuela de Ingeniería Electromecánica

Otras escuelas participantes: Escuela de Física y Escuela de Ingeniería Mecatrónica

Instituciones participantes externas al ITCR: En modalidad de colaboradores externos se contó con la participación de Pedro Casanova Treto de la Universidad de Costa Rica y Williams Calderón Muñoz de la Universidad de Chile.

Investigadora coordinadora: Ing. Rosa María Matarrita Chaves

Investigadores colaboradores:

Gustavo Richmond Navarro

Luis Diego Murillo

Juan José Montero Jiménez

Gustavo Murillo Zumbado

Iván Araya Meneses

Período de ejecución: 1 de julio de 2022 al 31 de diciembre de 2024.

2. Cumplimiento de objetivos

El objetivo general del proyecto se enuncia a continuación:

Crear un protocolo para determinar la factibilidad de instalación de turbinas eólicas comerciales de pequeña escala en unidades habitacionales. El cumplimiento de este se da a través de satisfacer los objetivos específicos, como se detalla a continuación:

Objetivo específico	Productos	% de logro	Comentarios
OE1: Determinar la altura máxima de instalación	1. Altura máxima de instalación según legislación nacional 2. Parámetro justificado de la altura máxima de instalación	100 %	Los productos se encuentran en el artículo: Viabilidad Económica de Microturbinas Eólicas en Costa Rica: Análisis Multidimensional de Altura, Ubicación y Rentabilidad¹ , admitido para revisión en la revista UNICIENCIA. El producto 1 se encuentra en la tabla 2. El producto 2 se encuentra en la introducción a la tabla 2.
OE2: Determinar la muestra o conjunto de turbinas eólicas que ofrecen un alto desempeño en la altura de interés	1. Histogramas proyectados a distintas alturas. 2. Conjunto de turbinas con mejor desempeño en las condiciones de interés	100 %	El producto 1 se encuentra en el reporte técnico Histogramas de velocidad del viento en Costa Rica, proyectados a una altura de hasta 30 metros sobre el suelo.² El producto 2 se encuentra en el artículo: Proyección del rendimiento de turbinas eólicas de pequeña escala en Costa Rica² , admitido para revisión en la revista LACCEI en la Tabla II.
OE3: Determinar la producción anual de energía de los aerogeneradores seleccionados, en función de la altura de instalación, en las localidades de interés	1. Conjunto de combinaciones factibles de instalación. 2. Producción anual proyectada de las turbinas seleccionadas a diferentes alturas	100 %	Los productos se encuentran en el artículo: Proyección del rendimiento de turbinas eólicas de pequeña escala en Costa Rica² , admitido para revisión en la revista LACCEI. El producto 1 se encuentra en las figuras 10, 11, 12 y 13. El producto 2 se encuentra en la figura 14.
OE4: Establecer los parámetros operativos y económicos de la instalación	1. Costo de Instalación. 2. Costo anual de mantenimiento	100%	Los productos se encuentran en el artículo: Viabilidad Económica de Microturbinas Eólicas en Costa Rica: Análisis Multidimensional de Altura, Ubicación y Rentabilidad¹ , admitido

			para revisión en la revista UNICIENCIA. El producto 1 se encuentra en la sección de Análisis y Resultados página 13.
OE5: Determinar la factibilidad de instalación de turbinas eólicas de pequeña escala en Costa Rica.	1. Ahorros económicos esperados en función de la producción de energía. 2. Costo de electricidad de la empresa electrificadora de la zona. 3. Factibilidad de instalación de turbinas eólicas comerciales en Costa Rica. 4. Protocolo para la determinación de la factibilidad.	100%	Los productos se encuentran en el artículo: Viabilidad Económica de Microturbinas Eólicas en Costa Rica: Análisis Multidimensional de Altura, Ubicación y Rentabilidad¹, admitido para revisión en la revista UNICIENCIA. El producto 1 se encuentra en la tabla 4. El producto 2 se encuentra en la introducción a la tabla 4. El producto 3 se encuentra en la gráfica 5. El producto 4 se encuentra en la evidencia física disponible en el Protocolo para determinar la factibilidad de instalación de turbinas eólicas de pequeña escala en unidades habitacionales en Costa Rica⁴.

¹ Artículo admitido para revisión en la Revista UNICIENCIA: Viabilidad Económica de Microturbinas Eólicas en Costa Rica: Análisis Multidimensional de Altura, Ubicación y Rentabilidad. Copia en: DOI:[10.13140/RG.2.2.26019.67366](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26019.67366)

² Reporte Técnico: Histogramas de velocidad del viento en Costa Rica, proyectados a una altura de hasta 30 metros sobre el suelo. Publicado en: https://www.researchgate.net/publication/374945561_Histogramas_de_velocidad_del_viento_en_Costa_Rica_proyectados_a_una_altura_de_hasta_30_metros_sobre_el_suelo

³ Artículo Proyección del rendimiento de turbinas eólicas de pequeña escala en Costa Rica, admitido para revisión en el 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering, Artificial Intelligence, and Sustainable Technologies in service of society". Hybrid Event, Mexico City, July 16 - 18, 2025.

⁴ Protocolo para determinar la factibilidad de instalación de turbinas eólicas de pequeña escala en un unidades habitacionales en Costa Rica. Publicado en: https://www.researchgate.net/publication/389591238_Protocolo_para_determinar_la_factibilidad_de_instalacion_de_turbinas_eolicas_de_pequena_escala_en_unidades_habitacionales_en_Costa_Rica

3. Cumplimiento del plan de difusión

Nombre de obra	Tipo de obra	Estado	Indexación	Nombre del Evento	Comité científico
Viabilidad Económica de Microturbinas Eólicas en Costa Rica: Análisis Multidimensional de Altura, Ubicación y Rentabilidad	Artículo	En revisión	Scopus	Revista Uniciencia ¹	Si
Proyección del rendimiento de turbinas eólicas de pequeña escala en Costa Rica	Artículo	En revisión	Scopus	LACCEI ¹	Si
Histogramas de velocidad del viento en Costa Rica, proyectados a una altura de hasta 30 metros sobre el suelo	Reporte Técnico	Publicado	No	ResearchGate ²	No
Protocolo para determinar la factibilidad de instalación de turbinas eólicas de pequeña escala en unidades habitacionales en Costa Rica.	Protocolo	Publicado	No	ResearchGate ³	No

¹ Ver Anexo A

² [\(PDF\) Histogramas de velocidad del viento en Costa Rica, proyectados a una altura de hasta 30 metros sobre el suelo](#)

³ [\(PDF\) Protocolo para determinar la factibilidad de instalación de turbinas eólicas de pequeña escala en unidades habitacionales en Costa Rica](#)

4. Participación estudiantil

Como parte de este proyecto no se desarrollaron prácticas o tesis estudiantiles.

Sí se contó con la participación de los siguientes estudiantes asistentes:

Nombre	Información	Correo electrónico
Luis Enrique Castro Rodríguez	Estudiante de Ingeniería en Mantenimiento Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Habla español, inglés y portugués.	luisenriquecr27@estudiantec.cr

Nombre	Información	Correo electrónico
	Coordinador y supervisor de pasantías en Coopesa R.L.	
Alfonso Rodríguez Pereira	Estudiante de la carrera Ingeniería en Mantenimiento Industrial, apasionado por las fuentes de energía renovables y temas afines.	alfonsojose2942@gmail.com
Carlos Echandi Jara	Estudiante universitario de Ingeniería Mecatrónica en el del Instituto Tecnológico de Costa Rica y de Física de la Universidad de Costa Rica. Asistente especial del Laboratorio en Energías Eólicas. Habla español, inglés y alemán.	echandijara@gmail.com
Emanuel Marín Lewis	Técnico Electromecánico del COVAO, con tres años de experiencia en industria de manufactura medica. Estudiante de Ingeniería en Mantenimiento Industrial del tecnológico de Costa Rica.	emamarin@estudiantec.cr
Víctor Céspedes Cordero	Estudiante de ingeniería en mantenimiento industrial, apasionado en campos de energías limpias.	vcespe@estudiantec.cr
Matías Cedeño León	Estudiante avanzado de ingeniería mecatrónica, versátil, responsable y con ganas de aprender. Apasionado el diseño mecánico y los	matiascedeno20@gmail.com

Nombre	Información	Correo electrónico
	dispositivos electromagnéticos.	
Luis Valverde Araya	Estudiante de ingeniería en Mantenimiento Industrial. Le agrandan las experiencias nuevas y retadoras, en la cuales deba estar en contacto con otras personas, intercambiar conocimientos y compartir ideas.	luvalverдеми@estudiantec.cr
Isaac Barrios Campos	Estudiante de ingeniería en computadores con interés en el sector de embebidos y análisis de datos.	2001isaacbc@gmail.com
Lezzin Leiva Leiva	Estudiante de Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Conocimientos en programas CAD como AutoCAD y SolidWorks; y programación en lenguajes como C++, MATLAB y Python.	lezzinleiva@gmail.com

5. Ejecución presupuestaria

Año	% de ejecución	Observaciones
2022	100 %	Horas VIE y Asistente
2023	100 %	Horas VIE y Asistente
2024	100 %	Horas VIE y Asistente

6. Limitaciones y problemas encontrados

El desarrollo de esta investigación enfrentó dos limitaciones principales, ambas vinculadas al acceso a información precisa y confiable.

La primera limitación estuvo relacionada con la inexistencia de regulaciones nacionales específicas respecto a la altura permitida para la instalación de microturbinas eólicas. Inicialmente, se consultó a los entes rectores correspondientes, principalmente las municipalidades, y se identificó un vacío regulatorio en esta materia. Como respuesta, algunas municipalidades remitieron al Reglamento de Construcciones, el cual, a su vez, indica que la autoridad competente para definir alturas máximas de construcción son las mismas municipalidades. Para efectos de permisos, esta situación se ve parcialmente subsanada por la Ley N.º 10086, la cual regula la generación distribuida y fomenta el uso de fuentes renovables. Dicha normativa establece que las instalaciones menores a 500 kVA están exentas de permisos municipales y de viabilidad ambiental. No obstante, persiste la falta de claridad sobre la altura permitida o adecuada para la instalación de microturbinas eólicas desde una perspectiva normativa a nivel nacional, lo que podría generar incertidumbre en futuros proyectos de este tipo.

La segunda limitación identificada se relacionó con la disponibilidad de referencias confiables sobre los costos asociados a la adquisición, instalación y mantenimiento de microturbinas de distintas marcas y capacidades. Esta dificultad se debió, en gran medida, a la limitada oferta de proveedores nacionales y a la reserva de información propia de las empresas del sector. En algunos casos, los proveedores consultados se mostraron reacios a brindar cotizaciones detalladas sin realizar previamente una evaluación del sitio de instalación, lo que restringió el acceso a datos comparables y precisos. Esta limitación podría impactar la estimación de costos en estudios de viabilidad y en la toma de decisiones para proyectos futuros.

7. Observaciones generales y recomendaciones

El desarrollo de proyectos de microturbinas eólicas en Costa Rica enfrenta desafíos regulatorios, técnicos y económicos que deben ser abordados para maximizar su potencial, así como para contribuir con futuros proyectos, las principales recomendaciones para esto serían:

- Promover una normativa específica que establezca lineamientos claros para la instalación de microturbinas en Costa Rica, tomando en cuenta criterios aerodinámicos y estructurales. Además, se recomienda realizar un trabajo conjunto con las municipalidades y la Dirección General de Aviación Civil para estandarizar criterios de altura en función de la ubicación del proyecto.
- Antes de la implementación de un proyecto, es crucial realizar estudios de recurso eólico utilizando datos meteorológicos históricos y proyecciones de velocidad del viento a distintas alturas. Se recomienda emplear modelos de Weibull para caracterizar el comportamiento del viento en cada sitio y asegurar que la instalación sea económicamente viable.
- Sobre la viabilidad económica de los proyectos, se recomienda evaluar el impacto de posibles cambios en las tarifas eléctricas sobre la rentabilidad de las microturbinas.
- Se recomienda desarrollar una base de datos de proveedores nacionales e internacionales con información estandarizada sobre precios de adquisición, instalación y mantenimiento. Además, se podrían establecer alianzas con distribuidores para facilitar el acceso a cotizaciones sin compromisos previos.

- Se recomienda evaluar la viabilidad técnica y económica de torres más altas en función de la velocidad del viento proyectada y los costos adicionales de instalación. Se debe priorizar la selección de turbinas cuya curva de potencia sea más eficiente a las velocidades de viento predominantes en cada sitio.
- Se sugiere realizar estudios adicionales sobre la integración de microturbinas con sistemas de almacenamiento de energía, como baterías de litio, para mejorar la estabilidad del suministro eléctrico. También sería valioso evaluar modelos híbridos que combinen microgeneración eólica con paneles solares para optimizar el autoconsumo.

Como observación general, el desarrollo de este protocolo representa un paso significativo en la evaluación de la viabilidad de microturbinas eólicas en Costa Rica. A pesar de las limitaciones regulatorias y la disponibilidad de datos de costos, el análisis realizado ofrece información clave para futuras investigaciones y la implementación de proyectos sostenibles.

8. Anexo A

A continuación se muestra la evidencia de envío de los artículos para publicación:

LACCEI 2025 | Nuevo envío recibido 546

LACCEI 2025 <laccei2025@conftool.pro> Responder Responder a todos Reenviar ...

Para: Gustavo Richmond Navarro

CC: Lezzin Leiva Leiva; Juan Jose Montero Jimenez; rmatarrita@itcr.ac.cr

Jue 23/1/2025 19:26

Este mensaje proviene de un remitente externo
Este mensaje vino de fuera de su organización.

Estimado/a Dr(a). Gustavo Richmond-Navarro,

Hemos recibido su envío. Gracias

Datos de la contribución
=====

ID de la contribución : 546
Tipo : Energy and Water
Formato : Full Paper (FP): reviews
Modo de presentación : Virtual
Título : A performance projection of small-scale wind turbines in Costa Rica
Autor(es) : Leiva-Leiva, Lezzin; Montero-Jimenez, Juan José; Matarrita-Chaves, Rosa; Richmond-Navarro, Gustavo

Archivos subidos
=====

Primer archivo : LACCEI.pdf
Última vez que cargó/subió una contribución: 23/01/2025 19:25:23 CST

Los organizadores de LACCEI 2025.

--
LACCEI 2025
<https://laccei.org/laccei2025/>
<https://www.conftool.pro/laccei2025/>

Figura 1. Confirmación de recepción de envío LACCEI.

20471 / MATARRITA CHAVES et al. / Viabilidad Económica de Microturbinas Eólicas en Costa Rica: Análisis Multidimensional de Altura, Library

Workflow **Publication**

Submission **Review** **Copyediting** **Production**

Submission Files Q Search

95394	Carta de postulación.pdf	September 16, 2024	Cover letter for submission of articles and authorization
95393	Manuscrito Viabilidad Económica de Microturbinas Eólicas en Costa Rica.docx	September 16, 2024	Article Text

Download All Files

Figura 2. Confirmación de envío UNICIENCIA.