

PROCEDIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE PARQUES EÓLICOS: CASO DE ESTUDIO PARQUES DE GIBARA, HOLGUÍN

Por M. Sc. Ángel Infante Haynes*, M. Sc. Mailén Hernández Jorge**, Dr. Orlando Belete Fuentes***
y Yoel Estupiñan Ricardo****

*Departamento Mecánica, Cuba.

E-mail: ehaynes@uho.edu.cu.

**Contabilidad. Facultad Ciencias Empresariales y de Administración.

E-mail: maylen@uho.edu.cu.

***Departamento Mecánica, Cuba.

E-mail: orlandobf@uho.edu.cu

****Economía y Planificación Municipal, Holguín, Cuba.

Resumen

Los parques eólicos de Gibara constituyen los primeros de su tipo en el país, y si bien demuestran su eficiencia, necesitan del perfeccionamiento, del control en categorías tales como disponibilidad, rentabilidad y costos, factores claves en la elevación de su efectividad. La investigación responde a la necesidad de evaluar si los resultados del proceso de generación de energía son técnica y económicamente factibles. El objetivo de la investigación se centra en elaborar y aplicar un procedimiento para evaluar la factibilidad técnica, económica y medioambiental del proceso de generación de energía, que permita a los directivos tomar decisiones que aseguren su rentabilidad. Durante la misma se hizo una revisión bibliográfica de los modelos existentes, que permite fundamentar el procedimiento.

Palabras clave: Energía eólica; factibilidad técnica; económica, medioambiental, parques eólicos.

PROCEDURE FOR THE STUDY OF TECHNICAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL FEASIBILITY OF WIND FARMS: CASE STUDY OF THE GIBARA PARKS, HOLGUÍN

Abstract

The Gibara wind farms are the first of their kind in the country, and although they demonstrate their efficiency, they need improvement, and control in categories such as availability, profitability and costs, key factors in the increase of effectiveness. That is why the research responds to the need to assess whether the results of the energy generation process are technically and economically feasible. Therefore, the objective of this research is to develop and apply a procedure to assess the technical, economic and environmental feasibility of the energy generation process, which allows managers to make decisions that ensure profitability. During the same, a quite extensive bibliographical review was made, which has allowed theoretically to base the procedure.

Keywords: Wind energy, technical feasibility, economic, environmental, wind farms.

Introducción

La política energética cubana referida a la electricidad está dirigida a asegurar el suficiente suministro de esta energía acorde con el desarrollo energético esperado. En los últimos cinco años, el consumo energético en Cuba ha superado como promedio los 19 366 GWh en la demanda y por tanto en la generación [ONEI Cuba, 2015]. La producción de energía eléctrica el país depende mayoritariamente de combustibles fósiles, por lo cual es de prioridad nacional mejorar la eficiencia energética, maximizar la generación con el gas acompañante de petróleo nacional e incrementar la generación con fuentes renovables [Minem, 2015].

Por otro lado, potenciar la eficiencia, el ahorro, el desarrollo energético sostenible y las fuentes renovables de energía están enmarcadas como segunda prioridad nacional en las áreas temáticas, según datos suministrados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

En Cuba existen cuatro parques eólicos, desde mediados de febrero de 2008 comenzó a generar el parque eólico Gibara I y a partir del año 2010 comienza a funcionar el parque Gibara II, que complementa la generación e incrementa el potencial eólico del oriente del país [Montesinos, 2007; Moreno, 2008]. El parque eólico de Gibara constituye el primero de su tipo en el país, utiliza una tecnología de punta, que si bien demuestra su eficiencia, necesita del perfeccionamiento del control en categorías tales como, ganancia, rentabilidad y precios, lo que no existía hasta el momento de esta investigación y que por supuesto son factores clave en la elevación de la efectividad de la producción social, ya que estas son las que reflejan el movimiento de la generación eléctrica y sus resultados económicos de manera más precisa.

En estudios previos realizados en la Empresa Eléctrica de Holguín y entrevistas a los especialistas tanto del grupo de energía renovable como del parque eólico, se ha podido detectar que aunque existe información sobre el desempeño del proceso de generación de energía, en el Parque Eólico de Gibara, no se conocen como estos resultados aportan a la recuperación del capital inicialmente invertido, por lo que sus directivos no cuentan con bases suficientes para tomar decisiones de corrección o mejora.

Materiales y métodos

Se utilizaron las bases de Datos SIOGEN y SISCOP del parque eólico de Gibara y la Empresa Eléctrica de Holguín, respectivamente, así como consulta a expertos de ambas instituciones.

El procedimiento propuesto para el estudio de viabilidad técnica, económica y medio ambiental del Parque Eólico de Gibara está compuesto por tres etapas que constituyen un sistema en función del análisis y la evaluación de resultados, a partir de la caracterización, diagnóstico y seguimiento de los resultados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Etapas para el estudio de viabilidad técnica, económica y medioambiental del Parque Eólico de Gibara

Etapas I. Caracterización de la inversión realizada en la generación de energía a través de fuentes renovables en los Parques Eólicos Gibara I y II	Paso 1. Análisis de la inversión realizada para la generación de energía
--	---

Etapas II. Diagnóstico del estado actual de la viabilidad de la generación de energía

Paso 1. Análisis del costo inicial de la inversión.

Paso 2. Determinación de los beneficios potenciales de la explotación.

Paso 3. Análisis de los costos y gastos durante la explotación de las capacidades generadas por la instalación de los parques

Etapas III. Cálculos de otros indicadores para el seguimiento de la viabilidad de la generación de energía

Paso 1. Diseñar indicadores para el análisis de la viabilidad técnicos, económicos y medio ambientales.

Paso 2. Establecer estrategias para revertir la situación económica en casos desfavorables

Análisis y discusión de los resultados

1. Etapa I. Caracterización de la inversión realizada en la generación de energía.

El rendimiento energético de un parque eólico depende las características de la tecnología instalada y de factores propios de su instalación, como el espaciamiento o distancia de un aerogenerador a otro, para no provocar pérdidas aerodinámicas. Para la caracterización se utilizarán aspectos técnicos de la tecnología instalada.

Paso 1: Análisis de la inversión realizada para la generación de energía en los Parques Eólicos Gibara I y II.

Se procede a realizar una caracterización de los aspectos técnicos y económicos fundamentales que permitan conocer aspectos relevantes para su posterior evaluación. Se consideran: el tipo de instalación, la clase y marca del aerogenerador, así como el país de fabricación, potencia, cantidad de aerogeneradores, diámetro del rotor, área de barrido, la relación que existe entre la potencia y el diámetro, la potencia específica, altura del buje, su rendimiento promedio y la velocidad del viento del lugar.

2. Etapa II. Diagnóstico del estado actual de la viabilidad de la generación de energía a través de fuentes renovables en los Parques Eólicos Gibara I y II.

Para determinar si un proyecto es factible o viable se debe demostrar que la inversión inicial será recuperada en un tiempo prudencial, para ello debe generarse un rendimiento durante la explotación superior al costo inicialmente invertido y al rendimiento mínimo exigido por los inversionistas o costo de oportunidad del capital.

Paso 1. Análisis del costo inicial de la inversión.

El valor actual de los activos puestos en explotación del parque o valor actual de la inversión se muestra a continuación (Tabla 1):

Tabla 1. Valor actual de activos

Descripción del activo	Fecha de puesta en explotación	Valor Inicial	Valor depreciado	Saldo en Libros
Parque Eólico I	2 – 2008	9.500.528,49	5.767.336,97	3.733.191,52
Parque Eólico II	12 – 2010	11.762.196,74	5.248.537,32	6.513.659,42
Totales		21.262.725,23	11.015.874,29	10.246.850,94

Fuente: elaboración propia a partir de datos aportados por la institución.

a) Desglose de la inversión inicial por componentes del Parque Gibara I

La inversión inicial del Parque Eólico de Gibara I se realizó en dos monedas, en moneda nacional (CUP), representando 64,73 % y moneda convertible (CUC), representando 35,27 % para un total de 9.500.528,49 en moneda total.

b) Desglose de la inversión inicial por componentes del Parque Gibara II

La inversión inicial del Parque Eólico de Gibara II se realizó en dos monedas, en moneda nacional representando 56,60 % y moneda convertible, representado 43,40 % para un total de 11.762.296,74 en moneda total.

La inversión en ambos parques fue con financiamiento propio de la Unión Nacional Eléctrica, los aerogeneradores pertenecen al grupo 4, maquinarias, con tasa de depreciación 6 % anual, el resto de equipos y edificaciones, cada cual según su clasificación.

Paso 2. Determinación de los beneficios potenciales de la explotación.

Para la determinación de la viabilidad se deben establecer los beneficios potenciales y los costos generados durante la explotación para verificar si los flujos generados aseguran el retorno de la inversión inicial y superan los criterios de rentabilidad exigidos; en función de ello se han determinado los beneficios generados como sigue:

Evaluar los beneficios potenciales de la generación de energía limpia.

Comportamiento del precio de los combustibles en el periodo de explotación de las capacidades generadas por los Parques Eólicos Gibara I y II (Tabla 2).

A partir de la obtención de los precios del combustible en el período de evaluación se pueden obtener los resultados del ahorro generado por la explotación de los parques.

Total de ahorro generado por la sustitución de combustibles por la generación de energía en los Parques Eólicos Gibara I y II (Tabla 3).

Tabla 2. Comportamiento de los precios del combustible en el período

Precio	UM	Años de explotación de las capacidades									
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	USD/ton	193,6	267,2	266,6	620,6	782,9	782,9	787,0	595,9	265,5	265,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Ahorro de combustibles generado en el periodo de análisis

Indicadores	UM	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Combustible sustituido	ton	1496,8	459,5	2225,8	3681,2	4394,6	4552,1	5023,4	5559,6	5572,8	5360,0	5360,0
Precio	USD/ton	193,6	267,2	266,6	620,6	782,9	782,9	787,06	595,9	265,5	265,5	265,5
Ahorro	M USD	289,7	1228,0	593,3	2284,5	3440,6	3563,9	3953,7	3312,9	1479,5	14231	34.377,6

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Total de ingresos por generación de energía en los Parques Eólicos Gibara I y II

Indicadores	UM	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Generación bruta	M KWh	6736,6	2137,3	9990,8	16 638,1	19 917,8	20 772,8	17 979,3	19 898,4	19 945,4	19 184,0	15 3200,5
Precio de venta	MN	0,17	0,18	0,17	0,24	0,23	0,25	0,27	0,26	0,24	0,26	0,23
Ingresos por generación	M MN	1140,7	379,6	1727,7	3992,6	4534,4	5296,0	4766,4	5116,6	4863,4	4987,8	36805,7

Fuente: elaboración propia.

La generación bruta total por kW/h tuvo un comportamiento irregular, pero fue elevado en todos los años, el ingreso total generado ascendió a 36 805,74 miles de pesos en moneda nacional (Tabla 4).

Paso 3. Análisis de los costos y gastos durante la explotación de las capacidades generadas por la instalación de los parques.

En función de la determinación de la viabilidad de la inversión en el tiempo, se analizan los gastos incurridos desde la puesta en explotación hasta la actualidad en cada instalación. En este caso se calculan los gastos Incurridos en: gasto de operaciones, de administración, depreciación, reparaciones corrientes, generales, averías, mantenimiento constructivo y por último los gastos de seguridad y protección.

Los gastos vinculados a la generación incurridos en el Parque Gibara I fueron encabezados por la depreciación, seguido los gastos de operaciones y seguridad y protección, para un total de 8.475.502,0 pesos en moneda total. En los gastos incurridos por el Parque Gibara II asociados a la generación, los más elevados fueron la depreciación, seguido de los gastos de operación y de seguridad y protección, para un total de 6.334.106,02 pesos en moneda total.

Análisis de los resultados de la viabilidad, determinando los resultados y estableciendo una comparación con el costo inicial

Beneficio Gibara I + Gibara II (Tabla 5).

El beneficio total mantuvo un comportamiento irregular, pero solo se afectó en el año 2009 que generó pérdida, provocado porque fue el año que menos generó y los gastos incurridos fueron relativamente elevados. A partir de 2011 los beneficios oscilaron entre los dos y tres millones anualmente, para un monto total de beneficios desde su puesta en explotación ascendente a 21.995,9 miles de pesos en moneda total.

Análisis del costo por pesos. Costos por pesos Gibara I y II (Tabla 6).

A partir de los datos obtenidos en la investigación se realiza un análisis de la recuperación del capital inicialmente invertido, en base a los beneficios obtenidos de los cálculos anteriores,

para evidenciar si el comportamiento responde a los estándares generalmente aceptados para este tipo de proyectos que provienen de la revisión de literatura especializada¹; para ello se ha determinado a través del método de acumulación del período de recuperación con los resultados siguientes (Cuadro 2):

Cuadro 2. Tiempo de recuperación de la inversión

Parque	Años
Parque Eólico Gibara I	10 años
Parque Eólico Gibara II	12 años

El Parque Gibara I tiene 10 años de explotación en el período de análisis y de acuerdo a los datos analizados la recuperación se produce en ese último año de análisis, por lo que la recuperación se produce dos años después a la establecida por el estándar.

El Parque Gibara II tiene siete años de explotación en el período de análisis. Al realizar el cálculo del período de recuperación en el último año de análisis falta por recuperar una parte de la inversión, por lo que se ha estimado un comportamiento similar en los próximos años para establecer un tiempo de recuperación aproximado que se produciría en 12 años, cuatro años después del estándar generalmente aceptado. Este resultado es consecuente a los análisis realizados anteriormente a través de otros métodos.

3. Etapa III. Cálculos de otros indicadores para el seguimiento de la viabilidad de la generación de energía a través de fuentes.

Paso 1. Diseñar indicadores para el análisis de la viabilidad técnica.

A partir de los indicadores diseñados se realiza su cálculo en el período de evaluación y se muestra el comportamiento como sigue (Tabla 7):

Tabla 7. Indicadores técnicos, económico y ambientales de Gibara I y II

¹ De acuerdo a las investigaciones y reportes publicados por la IrenaWorkingPaper la recuperación óptima de este tipo de proyectos debe ocurrir de 3 a 5 años, aunque esta depende de la cantidad de aerogeneradores; en parques pequeños como el del caso que se muestra es hasta 7 años.

Tabla 5. Beneficios obtenidos en Gibara I y II

Indicadores	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Ingresos por generación	1.140,7	379,6	1.727,7	3.992,6	4.534,4	5.296,0	4.766,4	5.116,6	4.863,4	4.987,84	36.805,74
Gastos incurridos	332,4	1.31,5	941,6	1.602,2	1.589,6	1.908,6	1.799,4	2.170,1	2.062,0	1.272,4	14.809,9
Beneficio	808,3	-751,8	786,0	2.390,4	2.944,8	3.387,3	2.967,0	2.946,5	2.801,4	3.715,44	21.995,9

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Costo por pesos obtenido

Años	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Gibara I + Gibara II	3,43	0,34	1,83	2,49	2,85	2,77	2,65	2,36	2,36	3,91	2,49

Fuente: elaboración propia.

Indicadores	UM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total/Promedio
CO2 no emitido	Ton	7992,6	13 310,5	15 934,3	16 618,2	13 754,1	15 222,3	15 258,2	14 675,8	119 810,7
Ingresos no emisión	s	3356,8	5590,4	6692,4	6979,6	5776,7	6393,3	6408,4	6163,8	50 320,4
Factor de disponibilidad	%	95,0	79,9	84,3	88,6	79,8	79,6	91,3	87,3	83,771
Factor de capacidad	%	26,0	26,0	26,6	28,6	21,4	23,7	23,7	22,8	24,785
Participación eólica	%	28,2	51,0	33,1	30,0	24,7	27,2	26,4	25,3	28,613
Combustible sustituido	Ton	2225,7	3681,2	4394,6	4552,2	5023,4	5559,6	5572,7	5360,0	38 325,7
Velocidad de viento	m/s	6,17	6,12	6,20	6,58	6,42	6,80	6,55	6,4	6,39
Promedio generación diaria	kWh/días	27,4	45,6	54,4	56,9	49,3	54,5	54,5	52,6	43,71
Consumo esp. bruto	kW/h	222,5	221,1	220,8	219,2	279,4	279,4	279,4	279,4	244,526
Energía no producida	kW/h	11 874,1	5226,8	2451,7	3278,6	17,2	32,3	-14,6	-10,1	55 231,4
Importe ENP	s	2018,6	1254,4	563,8	819,6	4,6	8,4	-3,5	-2,6	10329,2
Rentabilidad	%	21,68	21,25	18,60	19,70	20,6	25,69	32,49	6,61	18,15
Punto equilibrio	kW/h	844 776,0897	1 408 321,342	1 476 660,047	1 506 913,64	1 571 520,249	1 602 655,216	1 608 856,269	5 502 758,987	16 492 088,14

Fuente: elaboración propia.

Realizando el análisis del comportamiento de los indicadores de forma general para ambos parques podemos ver como el 2013 fue el de mejores resultados, influyendo en el hecho de que este año fue el mejor año en el Gibara I, por lo que obtiene mejores resultados que el Gibara II.

Indicadores económicos Gibara I y II (Tabla 8)

De forma general para ambos parques los ingresos estuvieron en 0,14 ctvs.; en 2017 estuvieron por encima de la media; sin embargo, en este propio año los costos fueron los más bajos que en el resto de los años en plena explotación, comportándose por debajo de la media que estuvo en 0,09 ctvs. por kW de generación.

Paso 2. Establecer estrategias para revertir la situación técnica, económica y medioambiental en casos desfavorables.

A los efectos de esta investigación se proponen algunas recomendaciones específicas de las estrategias a seguir por los directivos de la empresa para la mejora continua del desempeño del parque eólico.

En primer lugar, realizar un análisis de los gastos de administración y los de seguridad y protección en función de disminuirlos o estabilizarlos. En segundo lugar, mantener la atención sobre el mantenimiento preventivo para evitar averías y fallas que incrementen estos costos, y en tercer lugar realizar comprobaciones sistemáticas de seguimiento a los indicadores propuestos.

Tabla 8. Indicadores económico de Gibara I y II

Indicadores	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio
Ingreso por kW de generación	0,11	-0,35	0,07	0,14	0,14	0,16	0,16	0,14	0,14	0,19	0,14
Costo por kW de generación	0,04	0,52	0,09	0,09	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,06	0,09

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El procedimiento propuesto demuestra su utilidad para evaluar el desempeño técnico, económico y ambiental. Puede aplicarse con sus adecuaciones en los parques fotovoltaicos.

La utilidad se comportó en 0,13 \$ por kW en el Parque Gibara I, y de 0,14 \$ por kW en Gibara II.

El factor de capacidad, indicador de eficiencia más relevante para este tipo de tecnología, para el caso de Gibara I alcanzó 25,2, (de 28, previsto) y 26 (22,6) para Gibara II.

El factor de disponibilidad, que según algunos autores; en dependencia de la tecnología y las regiones de instalación podría oscilar entre 90-98, se estimó en Gibara I y Gibara II, en 81,8 y 88,9 %, respectivamente.

La participación eólica (clientes conectados) prevista de 16, se cumple en ambos parques, Gibara I y II, con 18,9 y 16,3, en cada caso.

Combustible sustituido en dependencia de la generación: el país dejó de consumir 22 302,2 toneladas por el aporte de Gibara I, y 16 023,8, por Gibara II, lo que representa el ahorro de 19 067,0 y 14 205,4 miles de USD, respectivamente.

Todo lo anterior incidió en evitar que se dejara de emitir en Gibara I y Gibara II, 69 791 y 49 051,1 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Recomendaciones

1. Aplicar acciones organizativas concretas que permitan reducir los gastos de administración, seguridad y protección.
2. Mejorar el mantenimiento preventivo para evitar averías y fallas imprevistas que incrementen la no disponibilidad.

Referencias bibliográficas

- ALMONACID, B. A., & M. L. NAHUELHUAL (2009). «Estimación del potencial eólico y costos de producción de energía eólica en la costa de Valdivia, sur de Chile».
- ALONSO G, R. R. (2006). «Análisis de Costos Nivelados de la Generación de Electricidad en México».
- ALONSO, J. A. (2005). «Ventajas Comerciales y Competitividad: Aspectos conceptuales y empíricos. ICE, Especialización Comercial y Competitividad».
- ARRAÑA, I., & J. CEMES (2012). «Generación de energía eólica en Santa Fe, Pre estudio de Viabilidad Técnica».
- BÉRRIZ PÉREZ, LUIS (2016). «La política energética cubana en el camino del desarrollo sostenible». En revista *Energía y Tú* No 75 (julio-septiembre, 2016). La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN 1028-9925.
- BEHRENS, W., & P. M. HAWANEK (1994). *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial*. Viena: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
- BREALEY, R., & S. MYERS (1993). *Fundamentos de financiación empresarial*. México: Mc Grau Hill.
- CARTA GONZÁLEZ, J. A.; R. CALERO PÉREZ, A. COLMENAR SANTOS Y M. A. CASTRO GIL (2009). *Centrales de energías renovables*.
- CASTILLO JARA, E. (n.d.). *Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el istmo de Tehuantepec*.
- DE ARMAS TEIRA, D. M., & I. E. MARTÍNEZ VILCHES (n.d.). «Uso eficiente de las fuentes renovables de energía. Mejoramiento económico mediante la sincronización a la red». En *Eco Solar* 19.
- DEL CAMPO M., E. N. (2009). «La energía del viento en México: Simulación de un parque eólico y aplicación de análisis probabilístico de seguridad». DEWI: Instituto Alemán de Energía Eólica.
- FERNÁNDEZ SALGADO, J. M. (2009). *Tecnologías de las energías renovables*.
- GARCÍA DE SORIA, X.; C. VILLASANTE CABRERA Y E. MELOGNIO (2008). «Evaluación Económico - Financiera: Proyecto de Parque Eólico de 10 MW». Uruguay.
- GIRALT, C. (2011). *Energía eólica en Argentina: un análisis económico del derecho*. Letras Verdes, 64-86.
- HANSEN, A. & G. MICHALKE (2007). *Voltage Grid Support of DFIG Wind Turbines during Grid Faults*.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2013). «Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview».
- INFANTE HAYNES, A. Y C. TRINCHET VARELA (n/d). «Evaluación de los costos de operación, mantenimiento y parada de los parques eólicos de Gibara».
- LEIVA VIAMONTE, G. (n/d). «Factores actuales de incertidumbres sobre la generación anual y riesgos para la factibilidad de los futuros parques eólicos en Cuba».
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2015). «Información aportada por el Ministerio de Energía y Minas, 2015».
- MOLINERO BENÍTEZ, A. (2009). «Proyecto fin de carrera: Proyecto de un Parque Eólico». Madrid.
- MONTESINOS LARROSA, A. (2007). «Historia de la energía eólica en Cuba». La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. (2008). «Parque Eólico Gibara 1». La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. (n/d). *8 preguntas y respuestas sobre energía eólica*. La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. (n/d). *Diez preguntas y respuestas sobre energía eólica*. La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO, C. (2018). *Doce preguntas y respuestas sobre energía eólica*. La Habana: Ed. Cubasolar.
- MORENO FIGUEREDO Y OTROS (n/d). «Estado actual y desarrollo de la energía eólica en Cuba». La Habana: Ed. Cubasolar.
- NAVARRETE PÉREZ, E. (2000). *Gestión e Ingeniería del Mantenimiento*. ONEI, CUBA (2015). «Inventario Nacional de FRE». Consultado en: <http://www.onei.gob.cu>
- PAEC (n/d). «Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba».
- PORK, J. (1981). *The wind power book*. California.
- PRANDO, R. (1996). *Manual Gestión de Mantenimiento a la medida*. OLADE: Organización Latinoamericana de Energía.
- RODRÍGUEZ BATISTA, A. (2019). «Conferencia Magistral, Las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en Cuba: retos y perspectivas». Citma (2019). Información.

Recibido: 20 de noviembre de 2020.

Aceptado: 10 de diciembre de 2020.