

ANÁLISIS DE LAS FUENTES RENOVABLES FOTOVOLTAICA, EÓLICA Y BIOMASA, CONSIDERANDO IGUAL ENERGÍA PRODUCIDA

Por D. C. Jorge Lodos Fernández* y Dr. C. Elena Vigil Santos**

*Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (Icidca), Carretera Central y Vía Blanca, Guanabacoa, La Habana.

E-mail: jorgelodos@ceniai.inf.cu

** Facultad de Física. Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales. Cátedra de Energía Solar, Universidad de La Habana, Colina Universitaria, La Habana.

E-mail: evigil@fisica.uh.cu

Resumen

Se analizan el factor de capacidad, la inversión, el costo del kWh y la productividad del terreno en las fuentes renovables de energía (FRE) biomasa cañera, eólica y fotovoltaica, referidos a la electricidad vendida. El reembolso del préstamo para la inversión se realiza en 10 o 25 años. Se concluye que la inversión por kW equivalente es casi el doble en las FRE fotovoltaica y eólica; por su bajo factor de capacidad, algo poco discutido anteriormente, la FRE biomasa produce casi el doble de energía con la misma inversión; que el costo del kWh, incluyendo el reembolso de la inversión y su interés en 10 años es similar y algo menor de 10 ¢USD en las FRE fotovoltaica y biomasa; y que, si se reembolsa el préstamo en 25 años, el costo del kWh fotovoltaico y eólico es 40–30 % menor, respectivamente, respecto al de la FRE biomasa. La productividad por área de la fotovoltaica es veinte veces mayor que la de biomasa por la baja eficiencia de conversión de la energía solar por las plantas. La fotovoltaica y la eólica no son «despachables» por su variabilidad, mientras que la FRE biomasa lo es.

Palabras clave: Fuentes renovables de energía, fotovoltaica, eólica, biomasa.

ANALYSIS OF WIND, PHOTOVOLTAIC AND BIOMASS RENEWABLES WHEN PRODUCED ENERGY IS THE SAME

Abstract

Capacity factor, investment, kWh cost and land productivity referred to energy produced are compared for cane biomass, wind and photovoltaic energies. Loan reimbursement and its cost are calculated for 10 and 25 years extension periods. Wind and photovoltaic investment referred to exported kW is almost twice that for biomass, something discussed insufficiently before. Biomass produces almost twice the energy others renewables produce with the same amount of invested money. kWh cost, including 10 years loan and its interest rate reimbursement are very similar for biomass and photovoltaic, a bit lower than 10 ¢USD. When the loan is reimbursed in 25 years, photovoltaic and wind kWh costs are 40 – 30 % lower, respectively, than for biomass. Photovoltaic area productivity is 20 times higher than for biomass energy, because of the low conversion efficiency of solar radiation into biomass. Photovoltaic and wind energies are not “dispatchables” as biomass is, because the power they provide fluctuates.

Keywords: Renewable energy, photovoltaic, wind energy, biomass.

1. Introducción

Son varios los países que actualmente establecen planes para lograr una infraestructura energética basada en fuentes renovables de energía con el objetivo de eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el CO₂ proveniente de los combustibles fósiles. Solo así se conseguiría que la temperatura media del Planeta no se eleve por encima de 1,5 grados Celsius con respecto al periodo preindustrial. Afortunadamente, muchos han ganado consciencia del peligro en que se encuentra nuestro Planeta y en algunos casos se está imponiendo la cordura por encima de los intereses económicos existentes, los cuales han estado combatiendo el uso de las fuentes renovables de energía, no apoyando las investigaciones necesarias, retardando su uso masivo y por lo tanto, la disminución de sus costos. En Cuba, el uso de las fuentes renovables de energía resulta estratégicamente indispensable para eliminar la importación de combustible, utilizar nuestros propios recursos y poder llegar a ser energéticamente autosuficientes. Este es un gran objetivo con el cual, simultáneamente, contribuimos a la disminución de emisiones para frenar al cambio climático global. La Política para el Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía (FRE), aprobada en el 2014, prevé incrementar 24 % su participación en la generación eléctrica nacional. Se planifican 755 mega watt (MW) en bioeléctricas anexas a centrales azucareros, 700 MW en parques fotovoltaicos y 656 MW en parques eólicos, predominando como fuente de financiamiento la inversión extranjera [ProCuba, 2018].

Las tres FRE son necesarias y se requiere claridad sobre los distintos aspectos que deben considerarse al evaluar su instalación y uso. No es fácil analizar estas fuentes, porque las bases de cálculo utilizadas comúnmente para ello, por ejemplo, para definir el valor de la inversión unitaria y el costo del kilowatt hora (kWh), no coinciden [Bérriz, 2020].

Debe destacarse que el análisis que se realiza no considera el gasto medioambiental evitado al eliminar los serios daños que los combustibles fósiles causan a la salud de los seres humanos y a la naturaleza. Tampoco se analiza el ahorro que las FRE producen al evitar el gasto de combustible fósil en las termoeléctricas, que es el mismo para cualquiera de las tres FRE, y depende de los precios del petróleo en el mercado.

El objetivo del trabajo es analizar la producción de electricidad fotovoltaica, eólica y de biomasa cañera, sobre bases comunes y la experiencia cubana, fundamentalmente.

2. Materiales y métodos

La discusión de la producción de electricidad renovable se hace para grandes instalaciones, que entregan la electricidad al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) a la salida del generador. En todos los casos, la fundamentación, negociación, ejecución y puesta en marcha de la inversión se realiza en dos años, su vida útil es 25 años y no se considera el pago del impuesto sobre las utilidades; tampoco, ingresos por recuperación o venta de equipos al finalizar la vida útil de la planta. Para ejecutar la inversión se recibe un préstamo, que se reembolsa en montos iguales durante

10 años, que es un plazo posible para ello, o 25 años, que se corresponde con la vida útil de la instalación. El costo del financiamiento (interés) será solo 5 % de la deuda existente en cada momento. Como la deuda se va reduciendo con cada reembolso, también se reduce la magnitud del interés a pagar. Para simplificar el análisis, se «normalizará» el pago del interés, sumando todos sus valores y dividiéndolos por 10 o 25 años, según corresponda. Cada año se pagará una cantidad igual, que incluirá el reembolso del préstamo y el pago «normalizado» de su interés. Todos los datos se expresan en moneda total como dólares de los EE.UU. (USD).

En el análisis se utilizarán cuatro indicadores:

1. Factor de capacidad.
2. Inversión por kilowatt (kW).
3. Costo total del kWh.
4. Productividad del área vinculada al generador.

El factor de capacidad es el porciento que la potencia entregada al SEN u operacional, representa de la potencia nominal de la instalación. Todas las instalaciones tienen algún consumo propio y un tiempo perdido por diversas causas, por lo que la potencia operacional sea inferior a la nominal. En el caso de las FRE fotovoltaica y eólica, además, la variabilidad de la radiación solar y del viento hace que se defina la potencia «nominal» para condiciones normalizadas preestablecidas, por ejemplo, el «Watt pico» (Wp) para la fotovoltaica. En esos casos, la *potencia operacional* es la que entregaría al SEN igual cantidad de energía generada, pero de forma continua.

La inversión, a los efectos del análisis, será la necesaria para disponer de un kW de potencia operacional. No incluirá la conexión al SEN, que depende de las ubicaciones de la instalación y del centro conector.

El costo del kWh frecuentemente, se asocia solo a su costo de operación y mantenimiento, que existe durante toda la vida útil de la instalación. Sin embargo, en el caso de la fotovoltaica es frecuente incluirle también la recuperación de la inversión. A los efectos de uniformar el análisis, se considerarán tres componentes del costo total del kWh: 1. El costo de operación y mantenimiento, 2. El componente asociado a reembolsar el préstamo necesario para la inversión y 3. El costo del préstamo, equivalente al interés que exige el prestamista. Los ingresos por la venta de la electricidad deben cubrir, como mínimo, estos tres componentes del costo durante el plazo de reembolso del préstamo de 10 o 25 años.

La productividad del área, en el caso de la biomasa cañera, incluye el área de la instalación y la nueva área de biomasa (caña) «energética», sembrada especialmente para producir energía cuando la fábrica de azúcar no procesa caña azucarera. No incluye el área sembrada de caña azucarera, para producir azúcar, cuyo bagazo es un subproducto y su costo se incluye en el costo del kWh. En el caso de los parques eólicos y fotovoltaicos, se refiere al área que ocupan los aerogeneradores y paneles fotovoltaicos, respectivamente.

3. Resultados y su discusión

3.1. El factor de capacidad

El *factor de capacidad de la FRE biomasa cañera* se calculó para la Empresa Mixta «Biopower», que inició su operación en el 2020 con una potencia nominal de 62,0 MW, 5 de los cuales se emplean en operar la propia instalación. Biopower, por paradas por mantenimiento, por ejemplo, vende anualmente 95 % de los 57 MW restantes (54,2 MW). De esa manera, el factor de capacidad de la FRE biomasa cañera es 87,4 % (54,2/62,0).

El Centralal que se vincula Biopower podía vender al SEN, cogenerando, hasta 5400 MWh/año. Biopower venderá 474 400 MWh/año, casi noventa veces más (54,2 MW x 8760 horas al año). (Debe estar claro que una bioeléctrica no es la instalación de una fábrica de azúcar o central que cogenerated).

El *factor de capacidad de la FRE eólica* debe estar entre 22 y 35 % [Moreno, 2007, pág. 171]. Un parque eólico real de 10 MW nominales vende 26,28 MWh/año, equivalente a una potencia operacional de 3,0 MW con un factor de capacidad de 30,0 % [Moreno, 2007, pág. 220]; valor que se utilizará, reportado también para un parque de 51 MW [Delgado, 2013].

El *factor de capacidad de la FRE fotovoltaica* pudiera ser 15,5 %, al definir que 1 kWp produce 1360 kWh anuales en las condiciones de Cuba (1360 kWh / 8760 horas al año) [Stolik, 2019, pág. 231]. En un trabajo reciente se reevalúa el nivel de radiación solar en Cuba a 1440 kWh (factor de capacidad 16,4%) [Stolik, 2020], que se utilizará en el análisis.

En la Figura 1 aparecen los valores de factor de capacidad según lo discutido anteriormente.

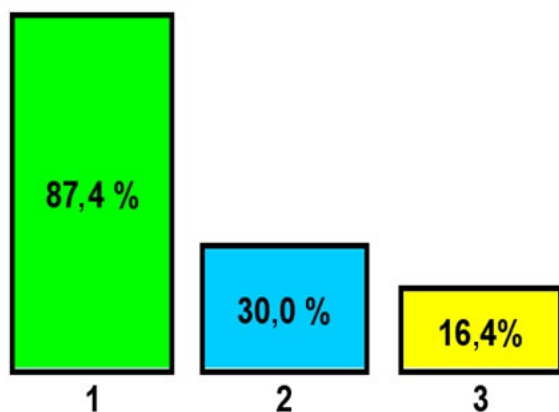


Fig. 1. Factor de capacidad.
1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

3.2. La inversión unitaria operacional

La *inversión de Biopower*, que opera en zafra con bagazo y fuera de zafra con caña «energética», fue de 173,15 millones de USD (MMUSD), que incluye 31,6 % en construcción y montaje; 42,1 % en equipos, 15,0 % en gastos previos; prueba, arranque e intereses durante la ejecución, y 11,4 % para desarrollar 8933 ha de caña energética [Lodos, 2019]. Los cañeros reembolsan el préstamo para de-

sarrollar la caña energética en 10 años, con un descuento en el precio de la venta a la Bioeléctrica. Esta caña permite un uso más intensivo de la misma tecnología, equipos y trabajadores que la caña azucarera, es más productiva y requiere menos insumos. Con esa inversión Biopower entrega al SEN 54,2 MW y su inversión operacional unitaria será 3196 USD/kW (173,15 MMUSD / 54,2 MW).

La *inversión en un parque eólico* de 51 MW en equipos es de unos 90 MMUSD. Cuando se le suman la construcción, montaje, gastos previos, prueba, arranque e intereses durante ejecución, y las inversiones inducidas, puede llegar a 106 MMUSD y más. Las inversiones inducidas pueden ser importantes y costosas, como manipular y transportar grandes pesos y volúmenes con equipos especiales; y hacer los caminos para eso [Delgado, 2013]. Con esa inversión, considerando el factor de capacidad de 30 %, el parque eólico entrega al SEN 15,3 MW (30 % de 51 MW) y la inversión unitaria nominal será 2078 USD/kW (106 MMUSD / 51 MW) y la operacional 6928 USD/kW (106 MMUSD / 15,3 MW).

La *inversión en un parque fotovoltaico* ha sido 1130 USD/kWp en China y Alemania [Stolik, 2019, pág. 235] y 1322 USD/kWp en el parque fotovoltaico de la Zona Especial de Desarrollo Mariel (82 MMUSD / 62 MW) [NTV, 2021]. En un trabajo reciente, se considera que en Cuba pudiera llegar a 1000 USD/kWp, incluyendo 700 USD para el costo *hard* y 30 % para el *soft* [Stolik, 2020], ambos con un alto componente en USD. Para el análisis, se consideró una inversión nominal de 1000 USD/kWp que, con un factor de capacidad de 16,4 %, implica 6098 USD/kW (1000 USD / 16,4 %) para la inversión unitaria operacional.

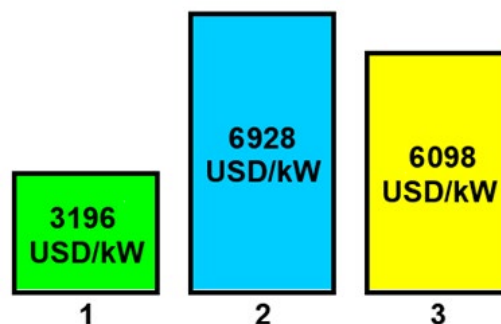


Fig. 2. La inversión unitaria.
1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

En la Figura 2 aparecen los valores de inversión unitaria operacional, según lo discutido. Llama la atención que el valor de las FRE fotovoltaica y eólica es del orden del doble de la biomasa, debido a su bajo factor de capacidad, un elemento importante poco cuantificado.

3.3. El costo del kWh

El *costo del kWh de biomasa* en operación y mantenimiento (O&M) durante los primeros 10 años de producción asciende a 23,85 MMUSD. Incluye salarios y gastos de administración (6,5 %); mantenimiento (6,0 %); seguros e impuestos sobre ventas, desarrollo local, seguridad

social y otros (3,2 %), compra de bagazo (28,1 %) y de caña energética (56,2 %) [Lodos, 2019], lo que equivale a 5,03 ¢USD/kWh (23,85 MMUSD / 474 400 MWh). Este costo en los 15 años siguientes será 27,55 MMUSD, cuando es mayor el mantenimiento y el precio de la caña energética, lo que equivale a 5,81 ¢USD (27,55 MMUSD / 474 400 MWh). El promedio ponderado en 25 años será de 5,50 ¢USD/kWh. Se observa que el costo de la biomasa es 85 % del costo total de operación y mantenimiento del kWh. El aporte al costo del kWh del reembolso del préstamo para biomasa en 10 años es 3,65 ¢USD {3196 USD / (10 años x 8760 horas al año)} y de 1,46 ¢USD, si se reembolsa en 25 años. El aporte del costo financiero normalizado del préstamo para la biomasa en 10 años es 1,02 ¢USD/kWh (89 USD / 8760 horas al año) y 0,41 ¢USD/kWh, si se reembolsa el préstamo en 25 años. El costo total del kWh de biomasa, mientras se reembolsa el préstamo, será de 9,75 ¢USD (10 años) y 7,37 ¢USD (25 años). La contribución de la caña al costo indica que la Bioeléctrica que no queme residuos, bosques energéticos como la caña energética, o plagas agrícolas, como el marabú, todos de bajo costo, no será viable [Lodos, 2019].

El *costo del kWh eólico* en O&Men la experiencia española es 0,011 € (~ 1,3 ¢USD/kWh). Incluye el alquiler del terreno (16 %), el gasto administrativo (13 %), el pago de seguros e impuestos (14 %) y el costo de mantenimiento, insumos y otros salarios (57 %) [Moreno, 2007, pág. 217]. En los EE.UU. este costo, incluyendo sus componentes fijos y variables, fue 1,31 ¢USD [Stolik, 2019, pág. 247], aun cuando en algunos países, Alemania, por ejemplo, llega a 3 ¢USD [Moreno, 2017]. Para el análisis, se tomó el menor valor de 1,30 ¢USD/kWh. El aporte al costo del kWh del reembolso del préstamo para la inversión en 10 años es 7,91 ¢USD {6928 USD / (10 años x 8760 horas al año)} y 3,16 ¢USD para 25 años. El aporte del costo financiero normalizado en 10 años es 2,17 ¢USD/kWh (190 USD / 8760 horas al año) y 0,86 ¢USD/kWh en 25 años. El costo total del kWh eólico, mientras se reembolsa el préstamo, será 11,38 ¢USD (10 años) o 5,32 ¢USD (25 años).

El *costo del kWh fotovoltaico*, frecuentemente, incluye el reembolso de la inversión distribuido entre toda la vida útil de la instalación, lo que complica el análisis [Stolik, 2019, págs. 228-230]. Diferenciar el costo de operación y mantenimiento del reembolso y ajustarlo a 10 y 25 años, es imprescindible para poder realizar el análisis. Este costo tiene que ser inferior al del kWh eólico (1,30 ¢USD), porque la FRE eólica tiene un mayor mantenimiento al tener partes móviles (los aerogeneradores). Se tiene como referencia 1,01 ¢USD/kWh, como costo de operación y mantenimiento en los EE.UU. [Stolik, 2019, pág. 247]. En esa misma fuente se acepta 1,31 ¢USD para el kWh eólico y 4,94 ¢USD para el de biomasa, costos muy similares a los utilizados en este trabajo.

El aporte al costo del kWh del reembolso del préstamo para la inversión en 10 años es 6,96 ¢USD {6098 USD / (10 años x 8760 horas al año)} y 2,78 ¢USD, si se reembolsa en 25 años. El aporte del costo financiero normalizado en 10 años es 1,91 ¢USD/kWh (167 USD / 8760 horas al año)

y 0,76 ¢USD/kWh en 25 años). El costo total del kWh fotovoltaico, mientras se reembolsa el préstamo, será 9,88 ¢USD (10 años) o 4,55 ¢USD (25 años).

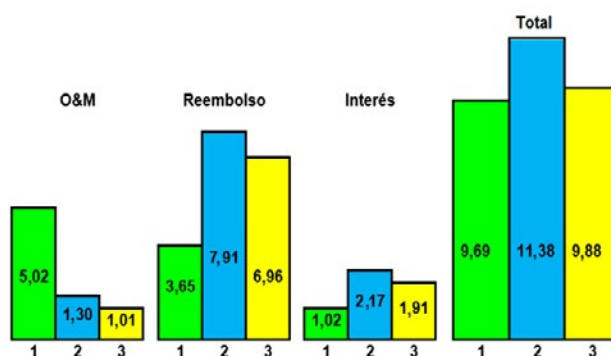


Fig. 3. Costo del kWh con reembolso en 10 años en ¢USD.

1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

En la Figura 3 se resume, para las tres FRE, el costo total del kWh desagregado en sus tres componentes, para el caso del reembolso del préstamo en 10 años.

Cuando se considera el pago del reembolso y del costo del préstamo para la inversión en 10 años, los costos totales del kWh de las FRE fotovoltaica (9,88 ¢USD) y de biomasa (9,69 ¢USD) son similares, mientras que el eólico se aleja un poco (11,38 ¢USD). Este cuadro cambia significativamente cuando el análisis se extiende a 25 años.

En la Figura 4 se resume, para las tres FRE, el costo total del kWh desagregado en sus tres componentes, para el caso del reembolso del préstamo en 25 años.

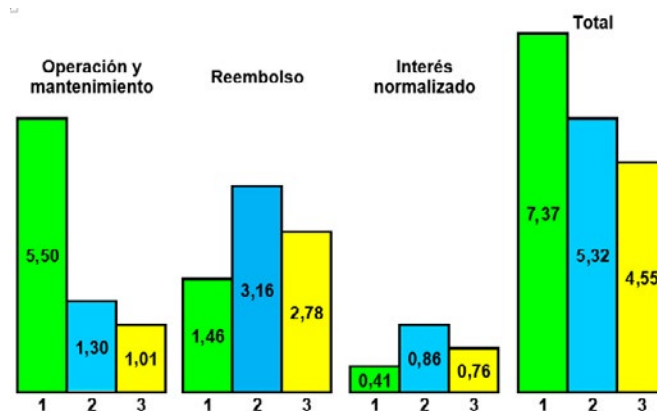


Fig. 4. Costo del kWh con reembolso en 25 años en ¢USD.

1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

En este caso, predomina la influencia del costo de operación y mantenimiento, que es 5,50 ¢USD/kWh para biomasa, de cuatro a cinco veces superior al costo del kWh fotovoltaico (1,01 ¢USD/kWh) o eólico (1,30 ¢USD/kWh). El costo total del kWh de biomasa (7,37 ¢USD) también es superior al costo del kWh fotovoltaico (4,55 ¢USD) o eólico (5,32 ¢USD). Evidentemente, las ventajas económicas de la FRE fotovoltaica y, en menor grado, de la FRE eólica, se manifiestan claramente a plazos mayores de 10 años.

El plazo de 10 años también significa mucho para el análisis cuando se trata de maximizar la producción de electricidad a corto plazo, para una misma disponibilidad

de dinero. En otras palabras, si se tienen, por ejemplo, 173 MMUSD para invertir en FRE, que fue la cifra para la Bioeléctrica «Biopower», y se necesita con urgencia electricidad en los próximos 10 años; con biomasa se obtiene algo más de 54 MW operacionales, mientras que, con fotovoltaica y eólica, apenas se llega a la mitad, con un costo similar del kWh en esos años. No obstante, para que esta ventaja se materialice, se necesita disponer de biomasa abundante, barata y garantizada durante 10 y más años, lo que puede convertirse en un problema. Las ventajas económicas de la FRE fotovoltaica y eólica se manifiestan a plazos mayores de 10 años.

3.4. La productividad del área

La *productividad del área de Biopower* se obtiene dividiendo 474 400 MWh producidos anualmente entre 8940 ha (8933 ha de caña energética y 7 ha de área industrial) y es igual a 5,3 kWh/m².

La *productividad del área de la FRE eólica* depende de la separación entre aerogeneradores, que es 50 a 150 m²/kW nominal, siendo 125 lo más aceptado [Moreno, 2007, pág. 263]. De esa manera, la productividad es 21,0 kWh/m² {(0,30 x 8760 horas al año) / 125 m² por kW}.

La *productividad del área de la FRE fotovoltaica* es 100 kWh/m² (1 MM MWh/año en 10 km²) [Stolik, 2019, pág. 55], similar al 97 kWh/m² del Parque fotovoltaico Mariel (114 000 MWh / 118 ha).

En la Figura 5 se resume la productividad del área de las tres FRE. Se aprecia que para la biomasa esta es veinte veces inferior a la fotovoltaica y cuatro veces menor que la eólica, debido a la baja eficiencia de las plantas en convertir la luz solar en masa vegetal.

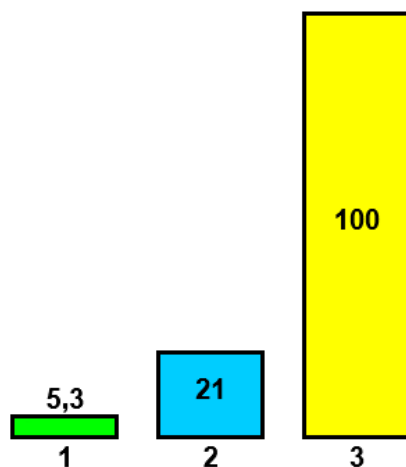


Fig. 5. Productividad del área en kWh/m².

1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

3.5. Ventajas y desventajas adicionales de las FRE

La principal ventaja adicional de la biomasa es poder producir mucha electricidad en forma continua todo el tiempo, lo que la hace «despachable». Sus principales desventajas son necesitar grandes volúmenes de biomasa, alto mantenimiento y consumo de agua, así como vigilar la calidad

del humo que emiten para evitar que contamine el medioambiente.

Las ventajas adicionales de la eólica son disponibilidad del portador; rápida conversión en electricidad; ejecución por etapas añadiendo aerogeneradores y, prácticamente, no utiliza agua ni contamina al medioambiente. Como desventajas: necesita áreas con vientos apropiados, es discontinua, poco predecible y no «despachable». También es desventajoso el posible rechazo de la comunidad por afectar el paisaje, interferir las comunicaciones y producir efectos ópticos y ruido molestos; lo que obliga a alejarla a más de 350 m de las áreas habitadas. El vuelo de las aves migratorias puede afectar, pero se intenta ubicarla fuera de sus rutas [Moreno, 2007, págs. 258 a 264].

Las ventajas adicionales de la fotovoltaica son: disponibilidad del Sol, rápida conversión en electricidad, reducción potencial de las pérdidas por distribución, sin partes móviles, ejecución por etapas añadiendo paneles, silenciosa, fácil de instalar, sin riesgo tecnológico y prácticamente no utiliza agua ni contamina al medioambiente. Se reporta [Stolik, 2020] que es la de más rápido crecimiento en el mundo, el doble de la eólica y decenas de veces más que la biomasa, y que su costo continuará disminuyendo al aumentarla potencia y eficiencia de sus instalaciones. Su desventaja es que genera corriente directa, discontinua, poco predecible y no «despachable» [Stolik, 2019, págs. 86 a 93].

4. Conclusiones

1. Las tres FRE analizadas, biomasa cañera, eólica y fotovoltaica, son recomendables y factibles para nuestro País, se complementan y deben introducirse.

2. En el análisis de las FRE es imprescindible tomar en consideración en el costo de la inversión y del kWh, la energía eléctrica que entregan al SEN, que no está dada por la potencia nominal sino por la operacional.

3. Las FRE fotovoltaica y eólica tienen una alta inversión por kW operacional, ya que su intermitencia determina su bajo factor de capacidad, elemento fundamental no cuantificado usualmente.

4. El costo del kWh de las FRE fotovoltaica y biomasa cañera es similar en los primeros 10 años de operación considerando el reembolso del préstamo y sus intereses. En ese plazo, la FRE basada en biomasa produce, aproximadamente, el doble de energía con la misma inversión, siempre que la biomasa esté garantizada.

5. Cuando el análisis se extiende a 25 años, la fotovoltaica es la mejor opción, seguida de cerca por la eólica. En ese caso, el costo del kWh fotovoltaico es algo menor que el eólico, y significativamente menor que el de biomasa. La dificultad radica en conseguir un préstamo con reembolso a más de 10 años.

6. La productividad por área de la FRE fotovoltaica es veinte veces mayor que la de biomasa por el relativo bajo aprovechamiento de la energía solar por el reino vegetal.

5. Referencias bibliográficas

BÉRRIZ PÉREZ, LUIS (2020). «Las unidades de medida y las estadísticas en el futuro desarrollo energético del país»,

en *Energía y Tú* (92): octubre-diciembre, 2020, págs. 4-9. ISSN 1028-9925.

DELGADO GONZÁLEZ, MARÍA DEL CARMEN Y GUILLERMO LEIVA VIAMONTE (2013). «Organización general del proyecto del Parque Eólico de 51 MW La Herradura 1» en *Eco Solar* (44): abril-junio, 2013, págs. 52-60. ISSN 1028-6004.

LODOS FERNÁNDEZ, JORGE, ELENA VIGIL SANTOS Y RICARDO CAMPO ZABALA (2019). «Estrategia para suministrar energía renovable todo el año a países cañeros» en *Eco Solar* (69): julio-septiembre, 2019, págs. 29-33. ISSN 1028-6004.

MORENO FIGUEREDO, CONRADO; JOSÉ MARTÍNEZ ESCANAVERINO, GUILLERMO LEIVA VIAMONTE, ALFREDO ROQUE RODRÍGUEZ ET AL. (2007). *Diez preguntas y respuestas sobre energía eólica*. La Habana: Ed. Cubasolar, 2007. 335 pp. ISBN 978 959-7113-34-8.

MORENO FIGUEREDO, CONRADO (2017). «Operación y Mantenimiento de Parques Eólicos II Parte» en *Energía y Tú* (79): julio- septiembre, 2017, págs. 15-17. ISSN 1028-9925.

NTV (2021). «Reportaje sobre la Zona Especial de Desarrollo Mariel en la emisión del primero de enero del 2021 del Noticiero estelar de la Televisión Cubana».

PROCUBA. Centro para la promoción del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera. <https://www.procuba.cu/cartera-de-oportunidades.pdf>, consultado en julio de 2020.

STOLIK NOVYGRD, DANIEL (2019). *Energía fotovoltaica para Cuba*. La Habana: Ed. Cubasolar, 2019. 533 pp. ISBN: 978-959-7113-56-0.

STOLIK NOVYGRD, DANIEL. Comunicación personal de julio del 2020: «Sobre estrategia FV para Cuba».

Recibido: 20 de diciembre de 2020.

Aceptado: 10 de enero de 2021.