

Análisis del costo/beneficio para prosumidores de energía solar

Cost/benefit analysis for solar energy prosumers

Eduardo-Rodríguez Antúnez^I, Ovel Concepción Díaz^{II}, Miriam Lourdes-Filgueiras Sainz de Rozas^{I*}, Ariel-Santos Fuentefrias^I

^IUniversidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE), La Habana, Cuba

^{II}Unión Eléctrica (UNE), La Habana, Cuba

* Autor de la correspondencia: miriaml@electrica.cujae.edu.cu

Recibido: 28 de septiembre de 2023

Aprobado: 29 de noviembre de 2023

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



RESUMEN/ABSTRACT

Cuba ha trabajado en el desarrollo de la energía fotovoltaica para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. El sector residencial ha acogido la modalidad de instalar paneles solares en los techos de sus hogares con el fin de reducir sus tarifas. La energía no consumida puede ser vendida a la red eléctrica nacional. En el estudio, a través del análisis de escenarios, con el Homer Pro, se determinó el tiempo aproximado para recuperar la inversión inicial y obtener ganancias al evaluar su viabilidad técnico-económica con el objetivo de recuperar la inversión en 7 a 8 años. Al brindarse una visión clara de cómo el estudio, al considerar las condiciones y necesidades locales, ofrece recomendaciones específicas sobre el ajuste de tarifas para incentivar la inversión en energía solar y resalta su relevancia dentro del contexto habanero, de modo que los prosumidores puedan recuperar su inversión en menor tiempo.

Palabras clave: energía solar; paneles solares; recuperación de la inversión; sistema de gestión de la energía; tarifas.

Cuba has worked on the development of photovoltaic energy to reduce dependence on fossil fuels. The residential sector has embraced the modality of installing solar panels on the roofs of their homes in order to reduce their rates. Unconsumed energy can be sold to the national electrical grid. In the study, through scenario analysis, with the Homer Pro, the approximate time to recover the initial investment and obtain profits was determined by evaluating its technical-economic viability with the objective of recovering the investment in 7 to 8 years. At provide a clear vision of how the study, when considering local conditions and needs, offers specific recommendations on adjusting tariffs to encourage investment in solar energy and highlights its relevance within the Havana context, so that prosumers can recover their investment in solar energy less time.

Key words: solar energy; solar panels; investment recovery; energy management system; rates.

INTRODUCCIÓN

La gran dependencia de los combustibles fósiles y su limitado acceso conlleva a buscar nuevas alternativas para combatir la crisis energética, en especial, para los países en vías de desarrollo. Cada vez las fuentes renovables de energía (FRE) se vuelven más populares, utilizándose como una alternativa muy prometedora [1]. La energía solar fotovoltaica ha sido catalogada como la fuente de energía más confiable para uso doméstico [2]. La energía solar es obtenida a partir del aprovechamiento de la luz procedente del Sol. Es una energía tan abundante, que la cantidad que recibe la tierra en 30 minutos, es equivalente a toda la energía eléctrica consumida por la humanidad en un año [1].

Cómo citar este artículo:

Eduardo Rodríguez Antúnez y otros. Análisis del costo/beneficio para prosumidores de energía solar. Ingeniería Energética. 2024. 45 (1), enero/abril. ISSN: 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

Llegar al desarrollo de tecnologías solares menos costosas supone un enorme beneficio a largo plazo para la humanidad con una incidencia directa en la mitigación del cambio climático. El sector residencial, a nivel mundial consume alrededor del 25% al 30% del consumo total de energía[3], por lo que adoptar el uso de FRE desde los consumidores, como la solar, contribuye significativamente a mitigar su efecto en la generación de electricidad[4], adquirir tecnologías que posibilita producir total o parcialmente su energía, por lo que se les denomina prosumidores; ya que son productores y a la vez consumidores [5]. La energía solar con el paso del tiempo se hace más viable económicamente y es competitiva en costos con la energía convencional desde 2015 en los países del sur de Europa y desde 2020 en la mayor parte de Europa. Estados Unidos paga la electricidad generada a precio minorista y aplica una política de devolución de impuesto que reduce el costo de la inversión inicial. En cambio, Alemania garantiza una tarifa de pago por cada unidad de electricidad generada en los hogares[6]. Por otra parte, Australia hace el uso de la política de tarifa de alimentación solar (FiT) donde se paga a los clientes por la electricidad no utilizada (<https://energy5.com/es/el-futuro-de-la-energia-en-australia-como-están-cambiando-las-tarifas-y-los-planes-para-satisfacer-las-demandas>).

El estudio de las tarifas eléctricas ha mostrado que se deben hacer ajustes a las mismas para impulsar el uso de las fuentes renovables en el sector residencial [7]. En el cálculo de la tarifa correcta intervienen las condiciones, políticas, económicas y sociales de cada país o región [6]. Cuando el cliente residencial instala paneles solares, existen tres formas de operación que, en dependencia de la tarifa, se pueden obtener mayores o menores beneficios. El cliente puede elegir consumir toda la energía de los paneles solares para reducir el consumo de la vivienda y así obtener mayores beneficios[8], el cliente puede elegir entregar toda la energía al sistema eléctrico nacional (SEN) y pagar el consumo de energía de forma independiente [9], o una combinación de ambas, consumir en determinados horarios del día o hasta un valor determinado y entregar a la red el resto de lo generado [10]. En los últimos años, Cuba ha trabajado por el desarrollo de la energía fotovoltaica con el objetivo de contribuir a la diversificación de la matriz energética del país, para reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados, lo que ayuda a su vez a la reducción de gases de efecto invernadero y contribuye a la lucha contra el cambio climático, con resultados y avances importantes [11].

En junio de 2014, se promulgó, por el gobierno cubano, la Política para el Desarrollo de las Fuentes Renovables y la Eficiencia Energética y a finales de 2019 se aprobó el Decreto-Ley N° 345 “Sobre el desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía” con resoluciones e instrucciones complementarias, para coadyuvar aumentar la proporción de FRE en la generación de electricidad (<https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/decreto-ley-345-de-2019-de-consejo-de-estado>), la sustitución progresiva de los combustibles fósiles; aumentar la eficiencia y el ahorro energético; el estímulo a la inversión, la investigación y la mejora de la eficiencia energética, así como la producción y uso de energía procedente de fuentes renovables, mediante el establecimiento de incentivos y otros instrumentos que estimulen su desarrollo; entre otras [12]. A su vez, esta norma de 2019, se complementa con la Instrucción 6/2019 del Banco Central de Cuba, que regula la concesión de créditos a personas naturales (no empresas privadas) para la adquisición de equipos al utilizar fuentes renovables como mecanismo de apoyo para la acelerar de su uso [13].

Uno de los aspectos que podría limitar su extensión sería el costo de la instalación y el período de recuperación para que las personas jurídicas que inviertan en los paneles solares para auto consumo puedan recuperar su inversión. Por tanto, el objetivo de este trabajo es analizar el monto que debe pagar la empresa eléctrica para que sus clientes que inviertan en el desarrollo de las fuentes renovables puedan recuperar su inversión en un plazo de siete a ocho años, al tener en cuenta estudios previos que plantean que para impulsar la energía solar en el sector residencial los clientes deben recuperar la inversión entre 5 y 10 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó para la capital de Cuba, ubicada en la costa norte de la isla. La Habana según el censo realizado en el año 2012 cuenta con una población de 2,1 millones de habitantes convirtiéndose en la ciudad más poblada del país con una superficie de 728 km² (<http://www.onei.gob.cu/anuario-estadistico-de-cuba-2018/>). Cuenta con una alta radiación solar con valores que oscilan entre 4,5 y 6,0 kWh/m² al día favorable para el uso activo de las fuentes renovables de energía, incluyendo la energía solar, promovida por el gobierno cubano en todo el país, particularmente en la Habana [14]. En esta provincia se han llevado a cabo varios proyectos en los que se incluye la instalación de paneles solares tanto en zonas rurales, edificios gubernamentales y últimamente en el sector residencial [15]. El trabajo se realizó con un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo) [16], con un diseño cuasi experimental transversal, aplicándose diferentes métodos: el histórico-lógico, para estudiar los antecedentes y sus interrelaciones con los factores del entorno; el inductivo-deductivo, para determinar causas y condiciones, formular hipótesis y enfrentar la investigación.

Para la realización de esta investigación los autores se apoyaron en un software especializado para el análisis y simulación de sistemas con FRE; HOMER Pro (utilizado en su período de prueba gratis <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>). Es una herramienta ampliamente utilizada para modelar, diseñar y optimizar sistemas fotovoltaicos con el cálculo de su viabilidad económica, para satisfacer las necesidades energéticas específicas.

Con el mismo, se realizó el análisis económico para evaluar la viabilidad financiera del sistema fotovoltaico que puede emplearse en los hogares, al tener en cuenta: costos de inversión, costos operativos y tarifas de electricidad, para así evaluar el período de recuperación de la inversión (ROI) y el costo nivelado de la energía (LCOE) del sistema. El HOMER tiene la capacidad de trabajar con datos reales en la zona de investigación, así tiene en cuenta diversos factores como la radiación solar, los horarios de sol, el tipo de clima, las horas de máxima radiación solar entre otros factores típicos de la zona de trabajo. Al insertarse los datos necesarios, la simulación brinda un posible escenario de lo que se mide. Además, el análisis costo/beneficios (ACB) se emplea como método económico para evaluar proyectos, inversiones o decisiones al tener en cuenta tanto los costos involucrados como los beneficios esperados. El objetivo principal del ACB es determinar si los beneficios obtenidos superan los costos incurridos y si la inversión es financieramente justificada determinado por la ecuación (1), [17].

$$VCB = \frac{BN}{CI} \quad (1)$$

donde: VCB es Valor del costo/beneficio; BN es beneficio neto; CI es costo de inversión

También se empleó el análisis del costo nivelado de la energía (LCOE), como método utilizado para evaluar la viabilidad financiera de una planta con fuentes renovables de energía, en este caso, una planta solar fotovoltaica. Este LCOE representa el costo promedio de generar electricidad a lo largo de la vida útil de la planta, se consideran tanto los costos de inversión inicial, los costos operativos y mantenimiento, así como los ingresos generados por la venta de electricidad.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Recopilación de información

Para la investigación los autores se apoyan en la tabla 1, del consumo anual en kWh y cantidad de consumidores para los diferentes rangos.

Tabla1. Consumo anual de kWh y cantidad de consumidores de La Habana

Rangos en kWh	Consumidores	Consumo en kWh
0 - 100	73629	3832433
101 - 150	64429	8109641
151 - 200	55921	9761734
201 - 250	40129	8970438
251 - 300	24517	6716447
301 - 350	15326	4948593
351 - 400	8745	3268823
401 - 450	5349	2265165
451 - 500	3231	1529191
501 - 600	3112	1688666
601 - 700	1116	717437
701 - 1000	640	503423
1001 - 1800	116	142202
1801 - 2600	9	17986
2601 - 3400	1	3092
3401 - 4200	1	3892
más de 5000	1	8660
	296272	52487823

Para el estudio, solo se han tenido en cuenta el rango de 0 a 350 kWh donde se encuentra la mayor cantidad de clientes con un 92% del total de consumidores aproximadamente. A raíz de estos datos se elaboró la tabla 2; donde se muestra el consumo mensual y diario promedio de los consumidores dentro del rango utilizado. Para el cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones (2 y 3):

$$CM = \frac{CA}{C} \quad (2)$$

$$CD = \frac{CM}{30} \quad (3)$$

donde: CM es consumo mensual; CA es consumo anual; C la cantidad de consumidores y CD el consumo diario.

Tabla 2. Consumo mensual y diario en kWh por consumidores

Rango en kWh	Consumo Mensual en kWh	Consumo Diario en kWh
0 - 100	52,05059148	1,735019716
101 - 150	125,8694222	4,195647405
151 - 200	174,562937	5,818764567
201 - 250	223,5400334	7,451334446
251 - 300	273,9506057	9,131686857
301 - 350	322,8887511	10,76295837

Con el consumo diario y la demanda máxima fue posible obtener los kW por horas en el transcurso de un día típico, se muestra a continuación la curva característica de carga diaria (CCCD) para los diferentes rangos de los consumidores de 110 V y 220 V se muestran en la figura 1 y la figura 2, respectivamente.

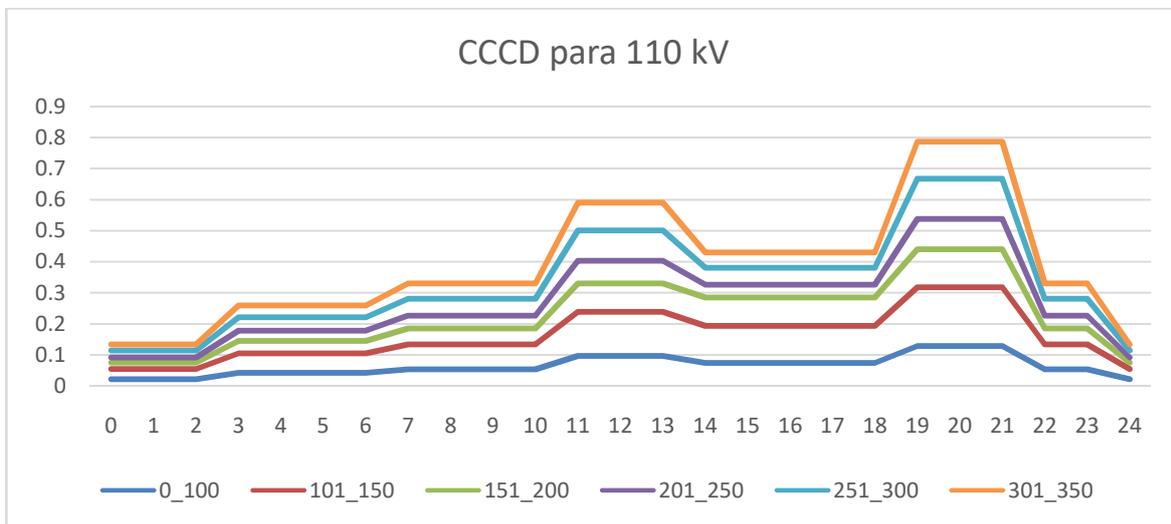


Fig. 1. CCCD para 110 V

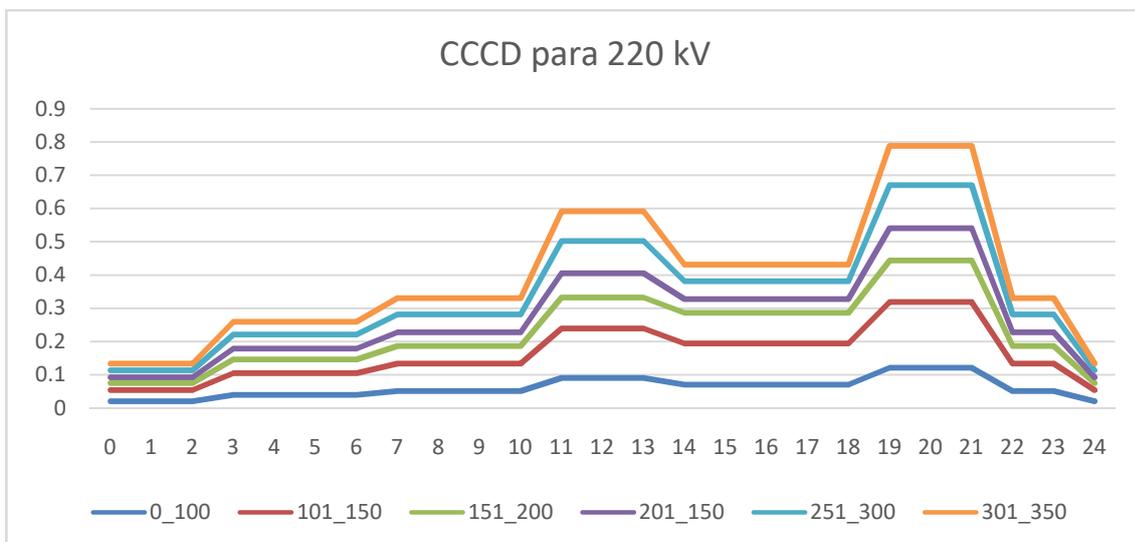


Fig. 2. CCCD para 220 V

La tarifa actual del consumo residencial se aprecia en la siguiente tabla 3:

Tabla 3. Tarifa del Sector Residencial

Rango en kWh (Tramos de Consumo)	Precio antes de ordenamiento monetario (Pesos)	Nuevo Precio (Pesos)
0-100	0,09	0,33
101-150	0,30	1,07
151-200	0,40	1,43
201-250	0,40	2,46
251-300	0,60	3,00
301-350	1,50	4,00
351-400	1,80	5,00
401-450	1,80	6,00
451-500	1,80	7,00
501-600	2,00	9,20
601-700	2,00	9,45
701-1000	2,00	9,85
1001-1800	3,00	10,80
1801-2600	3,00	11,80
2601-3400	3,00	12,90
3401-4200	3,00	13,95
4201-5000	3,00	15,00
Más de 5000	5,00	20,00

Nueva tarifa modificada del servicio eléctrico, en el proceso de ordenamiento monetario en Cuba. Otros datos a tener en cuenta son los precios de los módulos fotovoltaicos y la tarifa vigente. Según la gaceta oficial, las personas naturales y jurídicas podrán comprar paneles solares por un precio de 55 000 pesos cubanos (CUP) y por cada 1 kWh entregados a la red, el cliente recibe una bonificación monetaria de 3 CUP (ver figura 3).

Potencia fotovoltaica kW	Precio de la potencia fotovoltaica contratada MLC				kWh a reducir del consumo eléctrico	
	20 años	10 años	5 años	2 años	Mensual	Anual
0.5	750.00	382.50	195.00	79.50	63	756
1	1 500.00	765.00	390.00	159.00	125	1 500
1.5	2 250.00	1 147.00	585.00	238.50	188	2 256
2	3 000.00	1 530.00	780.00	318.00	250	3 000
2.5	3 750.00	1 912.50	975.00	397.50	313	3 756
3	4 500.00	2 295.00	1 170.00	477.00	375	4 500
3.5	5 250.00	2 677.50	1 365.00	556.50	438	5 256
4	6 000.00	3 060.00	1 560.00	636.00	500	6 000
4.5	6 750.00	3 442.50	1 755.00	715.50	563	6 756
5	7 500.00	3 825.00	1 950.00	795.00	625	7 500
5.5	8 250.00	4 207.50	2 145.00	874.50	688	8 256
6	9 000.00	4 590.00	2 340.00	954.00	750	9 000
6.5	9 750.00	4 972.50	2 535.00	1 033.50	813	9 756
7	10 500.00	5 355.00	2 730.00	1 113.00	875	10 500
7.5	11 250.00	5 737.50	2 925.00	1 192.50	938	11 256
8	12 000.00	6 120.00	3 120.00	1 272.00	1 000	12 000
8.5	12 750.00	6 502.50	3 315.00	1 351.50	1 063	12 756
9	13 500.00	6 885.00	3 510.00	1 431.00	1 125	13 500
9.5	14 250.00	7 267.50	3 705.00	1 510.50	1 188	14 256
10	15 000.00	7 650.00	3 900.00	1 590.00	1 250	15 000

El dinero transferido será destinado por parte de la UNE para el desarrollo de las fuentes renovables de energía.

1 kW contratado descuenta 125 kWh al mes

Mientras tenga vigencia el contrato [Se descuenta del escalón de mayor consumo de la tarifa].

Cuando el valor de generación del sistema contratado es superior al consumo del mes, la Empresa Eléctrica pagará el excedente de energía al precio aprobado por el MFP.

1 kWh entregado = 3.00 CUP

Fig. 3. Tarifa del sector residencial para la venta de energía solar

En los sistemas solares fotovoltaicos en venta por la Corporación de servicios electrónicos conocida por sus siglas COPEXTEL, en moneda nacional se incluyen todos los componentes del sistema, así como su transportación y visitas de los técnicos para la instalación y el montaje. Actualmente, se estima para conocer la cantidad de paneles que se requieren, es necesario saber el consumo de electricidad en un domicilio, y estimar con el consumo diario de la vivienda, al dividir entre 30 el consumo promedio mensual de la casa. En las páginas de [cubatrámite](#) aparece un ejemplo de cómo se hace actualmente y cito:

Por ejemplo: Si su consumo promedio mensual es de 185 kWh:

1. Calcule el consumo promedio diario. Divida: 185 kWh / 30 días = 6,16 kWh.
2. Calcule la cantidad de energía neta en watts que se requiere captar del sistema fotovoltaico. Multiplique el consumo promedio diario por 1000: 6,16 kWh * 1000 = 6 160 Wh.

3. Calcule la potencia requerida en los paneles para su vivienda. Divida el valor total de energía requerida entre 5 (la cantidad de horas promedio de luz diaria de sol que sirven para que el panel pueda captar y almacenar): $6160 \text{ Wh} / 5 \text{ h} = 1232 \text{ W}$.
4. Calcule la cantidad de paneles que necesita. Divida la potencia requerida en paneles para su vivienda entre la potencia del panel que ha adquirido o adquirirá. Las potencias de los paneles pueden variar de acuerdo al fabricante. Suponiendo un estimado de que la potencia de los paneles es de 260 watts, cada uno: $1232 \text{ W} / 260 \text{ W} = 4,74 \approx 5$ paneles aproximadamente.

Como se puede apreciar, no se tiene en cuenta la rentabilidad económica y el periodo de recuperación de la inversión, solo se satisface la demanda energética al estimar que para una vivienda promedio con 5 paneles aproximadamente es suficiente para garantizar su energía, pero no se analiza cuando se recupera la inversión.

Análisis de costos

Para los cálculos se ha considerado que en viviendas residenciales se ha de tener en cuenta: el costo de la inversión, 55000 CUP, en el que se incluyen los inversores, las estructuras de montaje, el sistema de cables y otros componentes necesarios; los costos operativos y de mantenimiento durante la vida útil de la instalación fotovoltaica, los cuales pueden ser limpieza, reparaciones; la vida útil de la instalación aproximadamente estipulada para unos 25 años y la generación de electricidad. Además, se utiliza el historial de radiación de la región como se muestra en la figura 4, sobre la base de los factores limitantes como los nublados propios de la región tropical[18]. También se analiza la cantidad de electricidad que podría producir la instalación, en función de su capacidad de generación como se muestra en la figura 5,[19].

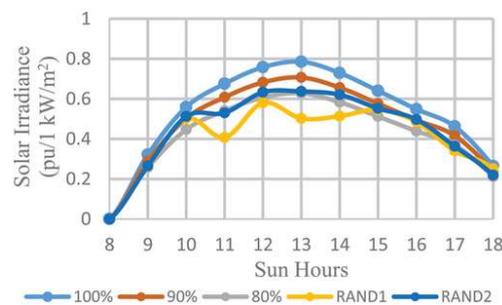


Fig. 4. Radiación Solar durante el día

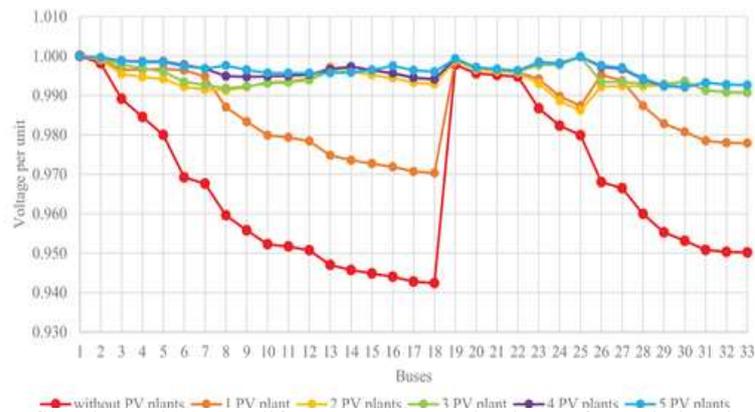


Fig. 5. Perfiles de tensión para diferentes números de plantas fotovoltaicas instaladas

De esta forma, los ingresos por la venta de la electricidad van a variar en dependencia de la tarifa que se aplique (en la actualidad: 3 CUP por kWh), así como la decisión del cliente, si desea vender toda su energía o consumir parte de ella (en dependencia del mejor modo de operación según las condiciones existentes). Para ello se utiliza la ecuación (4):

$$LCOE = \frac{VP(TCP)}{VP(TEEG)} \quad (4)$$

donde: VP es Valor Presente; TCP es total del costo del proyecto, TEEG es total de energía eléctrica generada.

El período de recuperación de la inversión (PRI) no es más que la estimación del tiempo que donde la inversión se recupera y se comienza a generar ganancias [20]., para ello se tiene en cuenta la siguiente ecuación (5):

$$PRI = a + \frac{b-c}{d} \quad (5)$$

donde: a es el año anterior inmediato a que se recupera la inversión; b es la inversión inicial; c es la suma de los flujos de efectivo anteriores y d es el FND del año en que se satisface la inversión, respectivamente.

Como resultado del análisis para un rango entre 3 a 20 CUP, las tablas muestran el tiempo aproximado de la cantidad de años que tardaría en recuperarse la inversión inicial y comenzar a generar ganancia. Los escenarios analizados se muestran en la tabla 4 y tabla 5, respectivamente:

Tabla 4. Resultados para los clientes de 110 V

CUP	Recupera la inversión	
3	10,73	17,43
4	8,06	12,24
5	6,45	8,35
6	5,37	6,65
7	4,61	5,54
8	4,03	4,14
9	3,58	4,09
10	3,22	3,69
11	2,93	3,32
12	2,69	3,01
13	2,48	2,77
14	2,30	2,55
15	2,15	2,37
16	2,02	2,21
17	1,90	2,07
18	1,79	1,95
19	1,70	1,84
20	1,61	1,75

Tabla 5. Resultados para los clientes de 220 V

CUP	Recupera la inversión	
3	10,72	17,44
4	8,06	12,24
5	6,45	8,36
6	5,38	6,66
7	4,61	5,55
8	4,04	4,75
9	3,59	4,16
10	3,23	3,70
11	2,94	3,33
12	2,70	3,02
13	2,49	2,77
14	2,31	2,56
15	2,16	2,38
16	2,03	2,22
17	1,91	2,08
18	1,80	1,96
19	1,70	1,85
20	1,62	1,76

Se diseñaron dos posibles escenarios, para cada uno, se realizó el análisis de su comportamiento técnico-económico, con el fin de hallar la variante más factible para recuperar la inversión en un período de 7 a 8 años. Los resultados obtenidos lanzan que el mejor escenario está dado para un aumento de la tarifa de 6 CUP al brindar de manera óptima la posibilidad de poder recuperar la inversión en un período superior a los 5 años aproximadamente (ver figura 6).

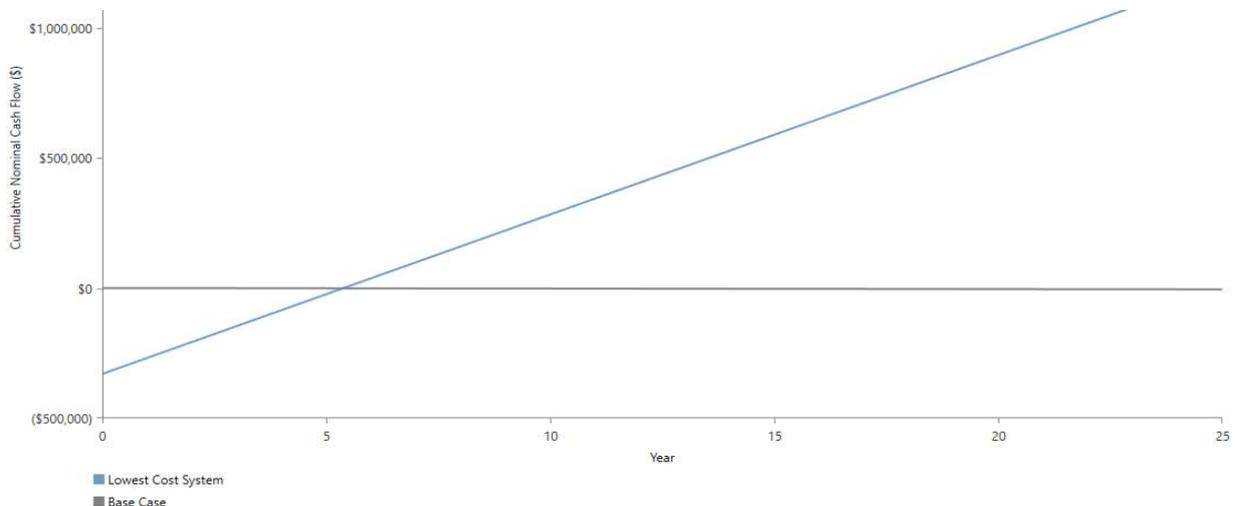


Fig. 6. Resultado de la simulación para para el primer estrato de 110 V con un precio de 6 cup

Para obtener los resultados esperados es preciso tener en cuenta que los clientes deberán invertir en 6 módulos fotovoltaicos lo que corresponde a una inversión inicial 330 000 CUP.

CONCLUSIONES

Se obtuvo una propuesta de variante de tarifa de compra de la energía eléctrica a los prosumidores que permita la disminución del período de recuperación de la inversión en paneles fotovoltaicos, acorde con las realidades sociales y geográficas de La Habana. Además, se determinó el monto que debe pagar la empresa eléctrica por la compra de electricidad para que sus prosumidores recuperen la inversión en un período de tiempo menor. La tarifa actual es de 3 CUP, esta se debería modificar, al tener en cuenta que para 6 módulos fotovoltaicos sería necesario vender la energía a 6 CUP para recuperar la inversión y comenzar a generar ganancia en un tiempo inferior a los 7 años.

Después de terminada la investigación, se publicó en la Gaceta Oficial, con fecha 16 de octubre de 2023, la Resolución 238/2023 Finanzas y Precios (<http://www.minem.gob.cu/es/noticias/minem/resolucion-2382023-actualizacion-del-sistema-de-tarifas-para-la-compra-de-energia>), la cual actualiza la tarifa vigente para distintos sectores incluyendo el sector objeto de estudio residencial, en consonancia con el estudio realizado y cito: Tarifa de compra de energía eléctrica (CFR) entregada al SEN por el sector residencial, con la instalación de sistemas solares fotovoltaicos, eólicos u otras tecnologías que aprovechan las fuentes renovables de energía, para los que se establece la tarifa de 6.00 CUP/kWh entregado al SEN en cualquier horario del día.

AGRADECIMIENTOS (SIN FINANCIAMIENTO)

Los autores agradecen el apoyo brindado por la Red Temática 723RT0150 “Red para la integración a gran escala de energías renovables en sistemas eléctricos (RIBIERSE-CYTED)” Financiada por la convocatoria de Redes Temáticas de CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo) del año 2022.

REFERENCIAS

- [1]. Pérez Gutiérrez, R; *et al.* “Las fuentes renovables de energía en tres comunidades rurales de Cuba”. Límites y oportunidades. Universidad y Sociedad. 2021; vol. 13, n. 6, p. 109-122. ISSN 2218-3620. [Consultado 13 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2372/2334>
- [2]. United Nations. “Sustainable Development Goals”. 2020. [Consultado el 25 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- [3]. International Energy Agency (IEA). “World Energy Outlook (WEO)”. 2021. [Consultado 13 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- [4]. Dato P, Durmaz T, Pommeret A. “Feed-in tariff policy in Hong Kong: Is it efficient?”. *City Environ Interact.* 2021; vol. 10, e100056. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2021.100056>. [Consultado 13 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590252021000015>
- [5]. Fajardo G. “El autoconsumo de Energía Renovable, las comunidades energéticas y las cooperativas”. *Noticias de la economía pública, social y cooperativa*; 2021, n. 66. [Consultado 5 de abril de 2023]. Disponible en: https://ciriec.es/wp-content/uploads/2021/07/Revista_66_CIDEC_tema.pdf
- [6]. Babich V, Lobel R, Yücel Ş. “Promoting solar panel investments: Feed-in-tariff vs. Tax-rebate policies”. *Manuf Serv Oper Manag.* 2020, vol. 22, n.6, p.1107-1286, e1148-64. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1287/msom.2019.0860>
- [7]. Ndiritu SW, Engola MK. “The effectiveness of feed-in-tariff policy in promoting power generation from renewable energy in Kenya”. *Renew Energy.* 2020; vol. 161, p.593-605. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.082>
- [8]. Sæle H, Bremdal BA. “Economic evaluation of the grid tariff for households with solar power installed”. *CIREN - 24 th International Conference on Electricity Distribution.* 2017; n.1, p.2707-2710. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2558381/S%25C3%25A6le2017eoo_CIREN2017_0556_final.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [9]. Gautier A, Jacqmin J. “PV adoption: the role of distribution tariffs under net metering”. *J Regul Econ.* 2020; vol. 57, n.1, p.53-73. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11149-019-09397-6>
- [10]. Zander KK. “Adoption behaviour and the optimal feed-in-tariff for residential solar energy production in Darwin”. (Australia). *J Clean Prod.* 2021; vol. 299, e126879. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126879>

- [11]. Alberto Alvarez E, *et al.* “Long-range Integrated Development Analysis: The Cuban Isla de la Juventud study case”. *Energies*. 2021; vol. 14, n. 10, e2865. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/en14102865>
- [12]. Luukkanen, J.; *et al.* “Historical development of Cuban energy sector”. In *Cuban Energy Futures: The Transition towards a Renewable Energy System—Political, Economic, Social and Environmental Factors*, Turku: Finland Futures Research Centre, 2022. ISBN:978-952-249-569-3. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/361472010_I3_Historical_development_of_Cuban_energy_sector
- [13]. González Lorente Á, *et al.* “Differences in electricity generation from renewable sources from similar environmental conditions: The cases of Spain and Cuba”. *Sustainability*. 2020; vol. 12, n. 12, e5190. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/su12125190>
- [14]. Muiña FG, *et al.* “Evaluación del WRF como herramienta para determinar el rendimiento de un sistema fotovoltaico en condiciones de cielo despejado”. *Revista Cubana de Meteorología*. 2022; vol. 28, n. 4. ISSN 0864-151X. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/655>
- [15]. Pérez Gutiérrez R, *et al.* “Transición energética en Cuba: experiencias del proyecto Fuentes Renovables de Energía como apoyo al desarrollo local”. *Instituto de Información Científica y Tecnológica*. 2022. vol. 24, n. 3, p. 256-271. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6378/637873567001/html/>
- [16]. Belloso G, Lizardo A. “El proceso de investigación científica en las ciencias políticas: enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto”. *Universidad Católica Cecilio Acosta - Maracaibo, Venezuela*. 1 de noviembre 2023, vol. 24, n.51, p. 250-266, ISSN 2542-3460. [Consultado el 5 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.10059973>
- [17]. Becerra-Pérez LA, *et al.* “La energía solar fotovoltaica, análisis costo beneficio de los proyectos en México”. *RINDERESU*. 2020. vol. 5, n. 2, p.600-623. ISSN 2448-5527. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/104/107>
- [18]. Hernández-Mora IE. “Cálculo del costo nivelado de la energía para una planta fotovoltaica en el noreste de la República Mexicana”. 39^{na} Semana Nacional de Energía Solar (Campeche). 2015, p. 7. [Consultado el 10 de febrero de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Israel-Hernandez-Mora/publication/342433294_CALCULO_DEL_COSTO_NIVELADO_DE_LA_ENERGIA_PARA_UN_A_PLANTA_FOTOVOLTAICA_EN_EL_NOROESTE_DE_LA_REPUBLICA_MEXICANA/links/5ef3f57ba6fdceeb7b22c0ad/CALCULO-DEL-COSTO-NIVELADO-DE-LA-
- [19]. Pérez CAP, Espinosa LG, Fuentefría AS. “Reduction of energy losses through the integration of photovoltaic power plants in distribution networks”. *IET GenerTransmDistrib*. 2023; vol. 17, n.16, p. 3739-3750. [Consultado el 12 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1049/gtd2.12930>
- [20]. Montecinos, S; Carvajal, D. “Energías renovables. Escenario actual y perspectivas futuras”. *La Serena: Universidad de la Serena*. 2018, vol. 207, e2204368 p. 56-51. ISBN 9789567052479. [Consultado el 12 de abril de 2023]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUK_Ewj-8NaHj--DAXWpSTABHdcPCYcQFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F343922050_Energias_renovables_Escenario_actual_y_perspectivas_futuras&usg=

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Eduardo Rodríguez Antúnez: <https://orcid.org/0009-0008-9782-2022>

Revisión del estado del arte, diseño de la investigación, recolección de datos y procesamiento, simulación, análisis de los resultados, redacción del artículo y revisión crítica del contenido hasta su aprobación final.

Ovel Concepción Díaz: <https://orcid.org/0009-0003-6881-0165>

Revisión del estado del arte, diseño de la investigación, análisis de los resultados, redacción del artículo y revisión crítica del contenido hasta su aprobación final.

Miriam Lourdes Filgueiras Sainz de Rozas: <https://orcid.org/0000-0002-5273-0975>

Revisión del estado del arte, diseño de la investigación, análisis de los resultados, redacción del artículo y revisión crítica del contenido hasta su aprobación final.

Ariel Santos Fuentefrias: <https://orcid.org/0000-0002-9131-5539>

Revisión del estado del arte, diseño de la investigación, análisis de los resultados, redacción del artículo y revisión crítica del contenido hasta su aprobación final.