

***PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA  
FOTOVOLTAICO SOBRE TECHOS EN LA  
CORPORACIÓN CUBA RON S.A***

***PROCEDURE FOR INSTALLING A PHOTOVOLTAIC SYSTEM ON ROOFS IN  
CUBAN RON CORPORATION S.A***

*Mayra Guzmán Villavicencio<sup>1\*</sup>, Carlos R. Soto Castellón<sup>2</sup>, Inoel Águila Bernal<sup>1</sup>  
y José M. Torres Águila<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup>Ronera Central, Corporación Cuba Ron S.A. Calle 2da, CAI George Washington. Santo Domingo.  
Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup>Corporación Cuba Ron S.A. Calle 200 No 1708 e/ 17 y 19 Rpto. Atabey, Playa, Habana, Cuba.

Recibido: Febrero 24, 2016; Revisado: Marzo 28, 2016; Aceptado: Octubre 18, 2016

---

## **RESUMEN**

En el trabajo se presenta un procedimiento metodológico elaborado a partir de las experiencias adquiridas durante el desarrollo del proyecto “Instalación fotovoltaica sobre las cubiertas de la Ronera Central para funcionamiento en autoconsumo y conexión a red MT pública” el cual se llevó a cabo de conjunto con la firma UGAO-AINAIR. El mismo se elabora teniendo en cuenta la necesidad de continuar consolidando el dominio de esta tecnología de energía alternativa, que esta constituye la primera experiencia en instalaciones de este tipo tanto para la industria ronera como para las industrias de proceso en Cuba y que no existen normas técnicas que regulen los requisitos a tener en cuenta durante la etapa conceptual de proyectos para la introducción de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red. El procedimiento metodológico que se presenta sirve de guía para su aplicación en otras entidades, resultando necesaria su elaboración para garantizar la estabilidad y confiabilidad técnica de los sistemas durante su vida útil.

**Palabras clave:** Sistemas fotovoltaicos, fuentes renovables de energía, gestión tecnológica, ahorro de energía, energía solar

---

Copyright © 2017. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

---

\* Autor para la correspondencia: Mayra Guzmán, Email: [innovacion@ronvc.co.cu](mailto:innovacion@ronvc.co.cu)

## **ABSTRACT**

In this work, a methodological procedure developed from experiences gained during the project "Photovoltaic installation on the roofs of the Central Rum Factory for operation in self consumption and public MT grid connection" is presented, which was held along with UGAO-AINAIR signature. It is developed taking into account the need to further consolidate the dominance of this alternative energy technology, which is the first experience in such facilities for both, the rum industry and process industries in Cuba. There are no technical rules that regulate requirements to be considered during the conceptual stage of projects for the introduction of photovoltaic systems connected to the grid. The methodological procedure presented provides guidance for its application in other entities, resulting necessary its elaboration to ensure technical stability and reliability of systems during its life.

**Key words:** photovoltaic systems, renewable energy sources, technology management, energy saving, solar energy.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El contexto internacional está caracterizado por la apertura comercial y por la globalización de la economía, exigiendo a las empresas nacionales que pretendan participar en él, capacidad para competir de manera sostenible. Los países de reciente industrialización han entendido que para entrar en un mercado con estas características se requiere de: (1) un adecuado manejo de la variable tecnológica, (2) un aumento en la calidad de los bienes y servicios que se ofrecen, y (3) una alta productividad. (Castellanos, 2007). En este entorno, la actual crisis energética preocupa al mundo entero, es por ello que la disminución al consumo de combustibles fósiles y el incremento del uso de energías alternativas debe ser una prioridad. Sin embargo, el esquema energético global actual descansa en la utilización de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) combustibles que son extinguidos, contaminantes en alto grado, concentrados en pocas regiones de la tierra, en manos de grandes consorcios transnacionales, y utilizados de forma muy ineficiente. Ese modelo es insostenible, pues se basa en el uso de recursos limitados y por sus graves impactos negativos sobre el medio ambiente (Colectivo de autores, 2009).

Actualmente se destaca la importancia del uso de la energía solar fotovoltaica que, a diferencia de las tecnologías de generación de energía basadas en combustibles fósiles, la energía solar fotovoltaica no produce ningún tipo de emisiones nocivas durante su funcionamiento, aunque la producción de los paneles fotovoltaicos presenta también un cierto impacto ambiental. Los residuos finales generados durante la fase de producción de los componentes, así como las emisiones de las factorías, pueden gestionarse mediante controles de contaminación ya existentes. Durante los últimos años también se han desarrollado tecnologías de reciclaje para gestionar los diferentes elementos fotovoltaicos al finalizar su vida útil, y se están llevando a cabo programas para incrementar el reciclaje entre los productores fotovoltaicos (Wikipedia, 2016).

En este sentido y según refieren (Ávila 2003; Leiva, 2002) en Cuba se está produciendo un cambio muy significativo en la cultura energética. De acuerdo con estudios

realizados en Cuba (Peláez, 2011; Figueredo, 2016), la energía solar es un elemento decisivo en el desarrollo sostenible porque en cada metro cuadrado del territorio cubano se recibe a diario una cantidad de radiación equivalente a medio kilogramo de petróleo combustible o cinco kWh/día, equivalentes a medio litro de petróleo diario, un valor promedio casi invariable durante todo el año e igual en toda la isla. Ello crea las mejores condiciones para la instalación de sistemas para la conversión de la energía solar fotovoltaica y térmica.

Por otro lado, dentro de los lineamientos de la política económica y social aprobados en el VI congreso el PCC se hace alusión al uso de fuentes alternativas de energía en el lineamiento 247: potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía, fundamentalmente la utilización del biogás, la energía eólica, hidráulica, biomasa, solar y otras; priorizando aquellas que tengan el mayor efecto económico, (Comité Central PCC, 2011).

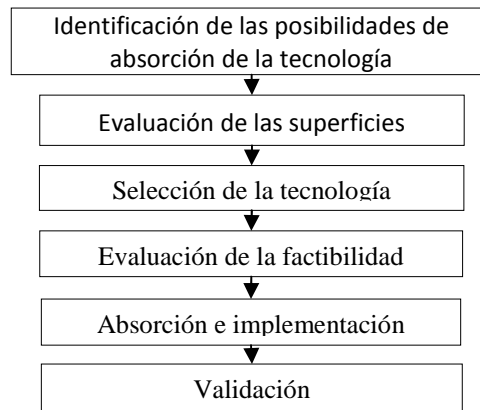
No obstante, existe poca literatura disponible y conocimiento y no existe experiencia ni normas técnicas que regulen las actividades y requisitos a tener en cuenta para la introducción de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red en Cuba, que sirvan de guía a las empresas no especializadas en la producción de energía eléctrica para que puedan realizar con éxito inversiones en materia de energía fotovoltaica y de esa forma contribuir a la modificación de la matriz energética del país. Esta situación define la situación problemática del trabajo.

La Corporación Cuba Ron S.A, en sintonía con lo anterior, identifica la oportunidad de utilizar fuentes renovables de energía en su esquema de producción para el autoconsumo, adquiriendo esta tecnología para llevar a cabo su instalación a partir del aprovechamiento de la superficie disponible (techos), inicialmente en la UEB Ronera Central, siendo esta la primera experiencia de este tipo en la Corporación y en el país, por lo que se presenta como objetivo de este trabajo diseñar un procedimiento metodológico que contribuya a la consolidación, estabilidad y confiabilidad técnica de los sistemas fotovoltaicos que se instalen sobre techos en las unidades de la Corporación Cuba Ron S.A y otras, resultando necesaria su elaboración para garantizar la seguridad y confiabilidad técnica de los sistemas durante su vida útil.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para llevar a cabo la introducción y asimilación de una tecnología, durante la organización y fases del proceso inversionista deben identificarse las necesidades; obtener los datos del mercado; desarrollar y determinar la estrategia y los objetivos de la inversión; así como desarrollar la documentación técnica de ideas conceptuales y del anteproyecto, que se fundamenta mediante los estudios de pre factibilidad y factibilidad técnico-económica.

Para cumplimentar el objetivo propuesto y llevar a cabo la adquisición e implementación del sistema fotovoltaico sobre cubiertas en la Ronera Central se diseñó un procedimiento metodológico que consta de seis (6) etapas, las cuales se ilustran en la Figura 1:



**Figura 1.** Procedimiento metodológico para llevar a cabo la adquisición e implementación del Sistema Fotovoltaico en Ronera Central

### ***2.1. Etapa No 1. Identificación de las posibilidades de absorción de la tecnología***

La instalación de un Sistema Fotovoltaico requiere de la evaluación de las posibilidades de utilización del espacio, aplicando las técnicas de la ordenación territorial, priorizando las áreas techadas que presenten condiciones estructurales adecuadas, que no sean afectados por sombreado durante las horas del día. Estos análisis permiten argumentar la solicitud de micro localización al organismo competente, y constituyen documentos del expediente del proyecto, para ello se deben evaluar fundamentalmente las variables relacionadas con:

- Área total y Área aprovechable: priorizarlas áreas techadas que presenten condiciones estructurales adecuadas.
- Orientación SUR: Los módulos fotovoltaicos deben tener orientación Sur y el diseño de la cubierta debe permitir la instalación del PSF.
- Grado de Inclinación respecto a la horizontal: Cubiertas con un nivel de inclinación 5 %. Los resultados de investigaciones experimentales desarrolladas por el Centro de Investigación de Energía Solar (CIES) en Cuba, corroboran que la no observancia de la adecuada inclinación de los paneles fotovoltaicos, procurando la mayor perpendicularidad posible a los rayos solares, puede afectar entre 5 y 10% la eficiencia en la captación de la radiación y la conversión eléctrica, (Rodríguez y col., 2012).
- Edificaciones o elementos que sean fuentes de sombreado: Se debe tener en cuenta que no sean afectados por formas irregulares, obstáculos o varios niveles en la cubierta, edificaciones cercanas que tengan la altura y cercanía como para generar sombreado sobre la cubierta, u otro efecto de sombreado por parte de elementos lejanos (ejemplo una montaña).

### ***2.2. Etapa No 2. Evaluación de las superficies (Áreas seleccionadas)***

Una vez determinada el área para llevar a cabo el proyecto se debe realizar una evaluación del estado de las cubiertas, en este aspecto se debe tener en cuenta una serie de variables que a continuación se relacionan:

- La estructura de la edificación deberá soportar las cargas que implican la instalación del SFV (sistema fotovoltaico).

- La cubierta deberá estar en buenas condiciones estructurales y con una perspectiva en esa categoría por al menos 20 años.
- Se deberá tener acceso permanente a la cubierta.
- La carga agregada por metros cuadrados deberá ser  $20 \text{ kg/m}^2$ .
- Se debe evaluar la impermeabilización de los techos, con el objetivo de garantizar la estanqueidad.

### **2.3. Etapa No 3. Selección de la tecnología**

Para la determinación de la tecnología a utilizar se deben tener en cuenta requerimientos técnicos, entre los que se señalan:

- Relación precio y características técnicas.
- Pruebas de homologación que permitan garantizar la resistencia a la intemperie y un elevado aislamiento entre sus partes eléctricamente activas y accesibles externamente.
- Resistencia a vientos elevados y huracanes (hasta 240 km/h), teniendo en cuenta que en los países tropicales como Cuba es frecuente la influencia de fenómenos atmosféricos tales como ciclones, tornados, mangas de viento y tormentas locales severas, los que generalmente se presentan acompañados de fuertes vientos con rachas superiores a 150 km/h.
- Estructuras soporte de paneles: Para una mayor seguridad, se deben emplear estructuras coplanares al tejado, de tal forma que el viento no provoque un “efecto vela” sobre los módulos fotovoltaicos.
- Determinación de la forma óptima de fijación a la cubierta que garantice la estanqueidad.
- Para el particular de los conductores se debe tener en cuenta que estén protegidos contra degradación por radiación solar debido a su principal instalación en ambientes expuestos a la radiación directa del sol.
- Sistemas de puesta a tierra certificados.
- Sistema de monitorización que permita controlar y monitorizar el funcionamiento permanente de la instalación, para conocer los posibles contratiempos que podamos encontrar y detener un mal funcionamiento de la planta lo antes posible.
- Tecnología para el mantenimiento de la instalación o sea para mantener la limpieza del área de la instalación y la superficie de los módulos.
- Medidas de protección dirigidas a garantizar la confiabilidad técnica del sistema durante todo su ciclo de vida, deben preverse desde la etapa de pre inversión, mediante estudios puntuales de los riesgos y la aplicación de las medidas que garanticen su reducción o erradicación.
- Dispositivos de protección para la prevención de accidentes, los fundamentales han de estar dirigidos a: protección eléctrica del panel fotovoltaico; protección contra vientos; protección física contra animales y personas; protección contra corto circuitos y descargas eléctricas.

Existen otros requerimientos que, por su influencia en la estabilidad y confiabilidad técnica de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, también deben ser

evaluados como son: la influencia de micro faunas propias residentes en los sitios preseleccionados para la instalación; recursos humanos con los conocimientos requeridos para operar el parque quienes deben estar avalados para ello, la calidad operacional del sistema; así como los posibles impactos económicos, sociales y medio ambientales que puede provocar la introducción de la nueva tecnología (Rodríguez, 2002).

#### **2.4. Etapa No 4. Evaluación de la factibilidad**

En proyectos de este tipo la decisión final no solo se basa en los criterios comúnmente utilizados, entiéndase Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Período de Recuperación, sino que adicionalmente se introducen otros criterios que se describen a continuación.

##### **2.4.1. Disminución de la emisión de gases contaminantes.**

Desde el punto de vista de los impactos medioambientales, las tecnologías fotovoltaicas ofrecen más beneficios que afectaciones, pues conllevan una reducción gradual del consumo de recursos agotables, así como de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera; sin embargo, ninguna tecnología es totalmente inocua, siendo necesaria su evaluación para cumplir lo establecido en el marco regulatorio del proceso inversionista, y la consiguiente obtención de la Licencia Ambiental.

$$\text{Emisión}(CO_2) = kw \quad C_{(CO_2)}(1)$$

Donde:

Emisión (CO<sub>2</sub>): Cantidad de CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera(g).

kw: kwh generados.

C<sub>(CO<sub>2</sub>)</sub>: Constante (Se estima 700 g/kwh generado)

##### **2.4.2. Costo nivelado de la energía**

El uso de esta herramienta de análisis permite cuantificar el costo unitario de la electricidad generada (\$/kWh) durante la vida útil del proyecto. El costo nivelado de la energía es el precio al cual la energía debe ser generada a partir del uso de una fuente determinada. Es una herramienta para analizar desde el punto de vista económico el costo de un sistema de generación incluyendo los costos en que se incurre durante la vida del proyecto, entiéndase: inversión inicial, operación y mantenimiento, costo del combustible y costos financieros, (INEL, 2013/a; INEL,2013/b).

La fórmula que define este indicador es la siguiente:

$$Cn = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{(It+Mt+Ft)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Et}{(1+r)^t}} \quad (2)$$

Donde:

Cn: Costo nivelado de la energía (\$/kWh).

It: Costo de inversión en el año t (\$).

Mt: Gastos de operación y mantenimientos en el año t (\$).

Ft: Gastos financieros y reembolsos en el año t (\$).

Et: Energía producida en el año t (kW).

r: Tasa de descuento (%).

n: Vida útil del sistema (años).

#### **2.4.3. Efectos en Divisas para el País. (Ahorro de Combustible)**

Una de las ventajas del uso de energías renovables, es la sustitución de combustibles fósiles, los cuales además de contaminar el medioambiente han tenido precios significativamente elevados durante las últimas décadas. Favorablemente, la creación de los SFV (Sistemas Solares Fotovoltaicos) permitirá ahorrar anualmente cierta cantidad de dinero para la adquisición de Diesel.

Los ahorros se determinan partiendo del siguiente cálculo:

$$\frac{GP \cdot CEN}{(1-p)} P = \text{Ahorro} \quad (3)$$

Donde:

GP: Generación del PSFV (kWh)

CEN: Consumo Específico Neto de Sistema Eléctrico Nacional (g/kWh).

p: Pérdidas en transmisión (%)

P: Precio Promedio del combustible en el Sistema Eléctrico Nacional (CUC/t).

#### **2.5. Etapa No 5. Absorción e implementación**

Durante el proceso de absorción e implementación de esta tecnología es necesario establecer y documentar modos de actuación, para los cuales se requiere identificar y documentar los procedimientos necesarios.

Otros requerimientos a tener en cuenta son:

- Capacitar y certificar a los trabajadores encargados de operar el parque fotovoltaico.
- Contar con la aprobación de la UNE para la conexión al SEN.
- Dictamen del proyecto y homologación por la APCI.

#### **2.6. Etapa No 6. Validación**

En esta etapa se debe analizar la correspondencia entre los beneficios, tanto económicos como ambientales, proyectados y obtenidos.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Identificación de las posibilidades de absorción de la tecnología**

La determinación de la superficie disponible en la Ronera Central para la instalación del Sistema Fotovoltaico, comprendió un total de 8 edificaciones, seleccionándose atendiendo a sus características 4 de ellas para llevar a cabo la instalación, se determinó una superficie total aprovechable de 5 949,29 m<sup>2</sup> (73,8 % de la superficie disponible).

En la tabla No 1 se muestran los resultados de esta evaluación:

**Tabla 1.** Resultados de la evaluación de las superficies disponibles para la instalación del Sistema Fotovoltaico sobre techos

<i>Edificación</i>	<i>Área Total</i>	<i>Orientación</i>	<i>Grado de inclinación</i>	<i>Área aprovechable</i>
1	1056,68 m <sup>2</sup>	(N y S)	45 °	528,34 m <sup>2</sup>
2	740,61 m <sup>2</sup>	(N y S)	5°	370,32 m <sup>2</sup>
3	1 819,29 m <sup>2</sup>	(E y O)	1,5 °	1 819,29 m <sup>2</sup>
4	467, 90 m <sup>2</sup>	(E y O)	5 °	467,90 m <sup>2</sup>
5	740,61 m <sup>2</sup>	(N y S)	7, 5 °	740,61 m <sup>2</sup>
6	1241,36 m <sup>2</sup>	(E y O)	7,5 °	1241,36 m <sup>2</sup>
7	1444,32 m <sup>2</sup>	(E y O)	7,5 °	1444,32 m <sup>2</sup>
8	1444,32 m <sup>2</sup>	(E y O)	7,5 °	1444,32 m <sup>2</sup>

### 3.2 Evaluación de las superficies

La evaluación de la superficie aprovechable, se realizó a partir de un Estudio de las patologías de los techos(CIDEM, 2015) el que implicó a su vez la ejecución de otros estudios tales como estudio de la tecnología constructiva de las naves, estudio de las posibles patologías asociadas al ambiente interior de las naves, estudio de las posibles patologías asociadas a problemas de corrosión, estudio de las posibles patologías asociadas a la impermeabilización de cubiertas, modelación del sistema de paneles solares a colocar en la cubierta y sistema de anclaje de las mismas, carga de vientos.

### 3.3 Selección de la tecnología

La selección de la tecnología se realizó a partir de la evaluación de los criterios técnico-económicos establecidos. Se efectuó el análisis de 10 ofertas, y se evaluaron dos tecnologías fundamentales, el empleo de módulos solares y mantas flexibles. Finalmente se selecciona la tecnología mediante el empleo de módulos solares, de esta manera se tiene que:

La producción estimada del conjunto de todas las instalaciones, determinada a partir de los datos de radiación solar incidente disponibles en la web de la NASA <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>; según se refiere en la Oferta “Oferta Técnico Comercial, suministro de componentes para instalación fotovoltaica” Ref: 14-2014. UGAO-AINAIR, es de 966 628,9 kwh anual repartida mensualmente según se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Distribución de la producción mensual del Sistema Fotovoltaico

<i>Mes</i>	<i>Producción FV(kWh)</i>
Enero	64518,58
Febrero	69695,55
Marzo	88672,52
Abril	96950,44
Mayo	96129,44
Junio	88008,41
Julio	96291,55



Agosto	91752,56
Septiembre	78438,87
Octubre	73596,57
Noviembre	62594,21
Diciembre	59979,59
<b>Total</b>	<b>966628,29</b>

El sistema está conformado por 2 752 módulos fotovoltaicos, acoplados a 23 unidades de inversores trifásicos SMA STP 25000TL-30, que transforman la corriente continua en corriente alterna compatible con la red, de esta forma el sistema cuenta con una potencia total de 688kWp y 552kWn de corriente alterna, en base a lo cual se estima que en los periodos de producción de la ronera el 40% de dicha energía generada será consumida por la propia entidad, entregando el resto a la red; en los periodos en los que esta no tenga producción, toda la energía generada en la planta fotovoltaica será entregada a la red. Para las estructuras soporte de paneles se opta por el sistema denominado “COPLANAR-50”. Esta estructura se fija a la cubierta con taco químico para asegurar la resistencia y estanqueidad de la solución.

Debido a las características de la instalación y su función como sistema para el balance neto de la energía, es decir, reducir el consumo energético del exterior, se dispone un sistema de monitorización que permite controlar y monitorizar el funcionamiento permanente de la instalación, para conocer los posibles contratiempos que se pueden encontrar y detener un mal funcionamiento de la planta lo antes posible. El sistema de control y monitorización puede ser consultado en la propia planta en modo local.

Con el fin de mantener los paneles fotovoltaicos en un estado óptimo de producción es necesario extremar al máximo la limpieza de paneles, se dota a la instalación de un equipo de limpieza rápido y económico especialmente diseñado para instalaciones fotovoltaicas expuestas a un alto grado de suciedad, evitando de ésta manera pérdidas hasta del 15%.

### **3.4 Evaluación de la factibilidad**

Los indicadores de rentabilidad del proyecto, considerando como ingreso la energía eléctrica obtenida por la generación del sistema fotovoltaico y no la servida por el SEN, indica resultados aparentemente poco atractivos desde el punto de vista de rentabilidad con un período de recuperación estimado de 11 años. Sin embargo, al generarse energía en el mismo punto en que se produce el consumo, se eliminan las pérdidas en la transmisión y distribución de la energía eléctrica, lo cual equivale a un ahorro anual de 289,4 tn de petróleo, equivalente a \$ 159,17 MCUC anuales como efecto país.

Teniendo en cuenta que el Sistema Fotovoltaico generará un total de 966 628, 29 kwh al año y que por consiguiente este consumo no generará emisiones de CO<sub>2</sub>, se afirma que la instalación del Sistema Fotovoltaico en la Ronera Central disminuirá las emisiones al medio ambiente en 676,63 tn de CO<sub>2</sub> al año. El costo nivelado de la energía durante el horizonte temporal del proyecto, es de 0,04 \$/kWh.

### 3.5 Absorción e implementación.

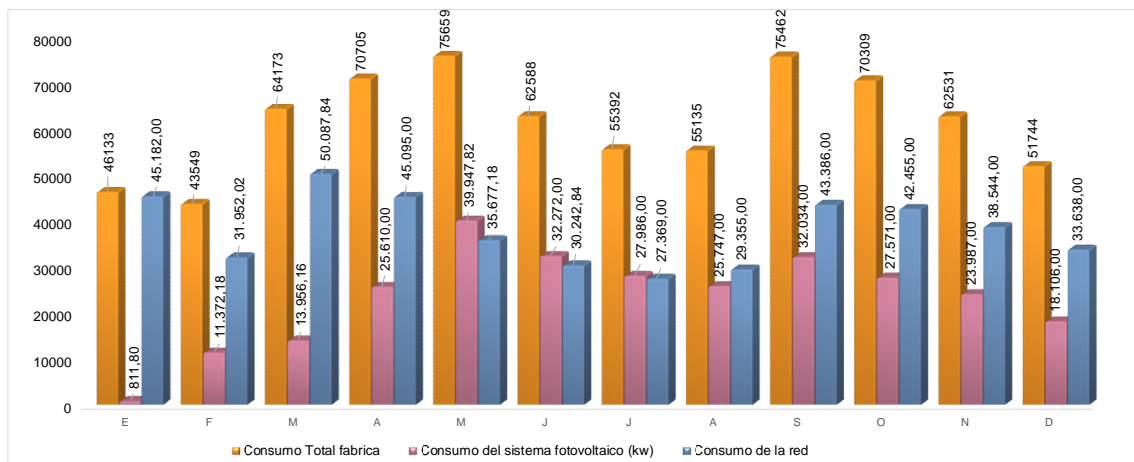
Se diseñaron e implementaron los siguientes documentos:

- **Protocolo de actuación:** con el objeto de definir la planificación que se debe seguir durante la ejecución del proyecto (Elaborado por UGAO-AINAIR, 2014)
- **Plan de manejo ambiental:** con el objetivo de asegurar el cumplimiento de la legislación y normas técnicas ambientales vigentes en Cuba, así como prevenir, controlar, minimizar y mitigar los impactos ambientales negativos que las actividades de construcción, operación, mantenimiento, y retiro del Sistema Fotovoltaico puedan generar sobre el entorno, (Elaborado por Ronera Central).
- **Procedimiento de operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico:** con el objetivo de establecer las prácticas para llevar a cabo la operación y mantenimiento del parque, (Elaborado por Ronera Central).

### 3.6 Validación

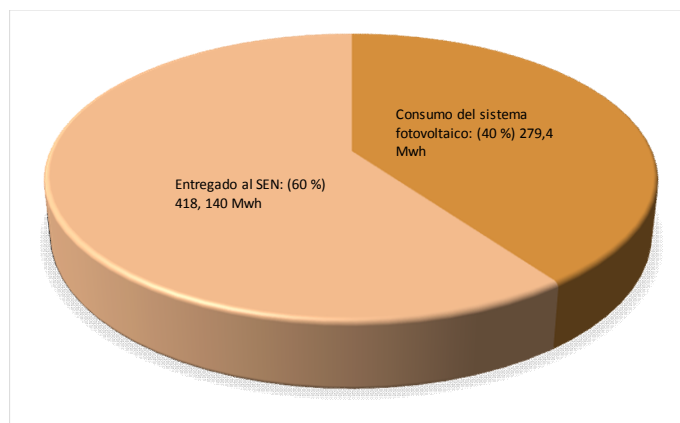
La implementación del sistema fotovoltaico sobre cubiertas en la Ronera Central durante el período de pruebas y puesta en marcha ha traído consigo beneficios tanto económicos como ambientales, cuyo comportamiento ha estado en correspondencia con los parámetros proyectados, los cuales se muestran a continuación.

Una vez estabilizado el sistema solar fotovoltaico (a partir del mes de mayo 2016) el consumo de energía del sistema eléctrico nacional (SEN) en la entidad disminuye, representando un 60 % del consumo total en el período que se analiza, siendo favorables los resultados logrados hasta la fecha los cuales se muestran a continuación:



**Figura 2.** Comportamiento del consumo de energía. **Fuente:** Elaboración propia

La entrega de energía al SEN se incrementa y de manera acumulada se llega a entregar durante el período un 40 % de la energía generada por el sistema fotovoltaico, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 3.** Distribución de energía fotovoltaica. **Fuente:** Elaboración propia

El comportamiento de otros indicadores que reportan beneficios en el período que se analiza (7 meses, incluye la fase de pruebas y puesta en marcha) se muestran en la tabla 3:

**Tabla 3.** Análisis de indicadores

<i>Indicadores</i>	<i>Acumulado</i>
Ahorro para la empresa por energía dejada de consumir (Costo evitado) (\$)	47979,80
CO <sub>2</sub> dejado de emitir (tn/mes)	311,54
Combustible equivalente dejado de consumir (tn)	124,349
Efecto país (ahorro por combustible dejado de consumir (MCUC))	73,287

Asociados a estos se identifican otros beneficios entre los que encuentran las Ventajas de imagen (competitividad, ya que mejora la imagen de la empresa al generar energía no contaminante y comercializar productos con el empleo de tecnologías limpias lo cual aumenta su valor agregado. Está demostrado que la generación de energía limpia es un valor añadido a la imagen individual de las personas o empresas que contribuyen a su desarrollo. Valores como “responsabilidad”, “sostenibilidad”, “preservación del medioambiente”, “tecnología”, “compromiso”, “futuro” e “innovación” son valores positivos con los que se identifica a las marcas que promueven el uso de las energías renovables.

#### 4. CONCLUSIONES

1. En Cuba no existen normas técnicas que regulen las actividades y requisitos a tener en cuenta durante la etapa conceptual de proyectos para la introducción de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, resultando necesaria su elaboración y aprobación para garantizar la estabilidad y confiabilidad técnica de los sistemas durante su vida útil.
2. El procedimiento metodológico propuesto se elabora a partir de la experiencia adquirida durante el diseño, instalación y explotación del Sistema fotovoltaico sobre techos en la Ronera Central, por lo que puede servir de base para la elaboración de las normas técnicas aplicables a la introducción de estos sistemas en la práctica.

3. El procedimiento metodológico diseñado puede constituir una herramienta trabajo para las demás fábricas de la Corporación Cuba Ron S.A que decidan invertir en parques solares fotovoltaicos hasta tanto no se dicten regulaciones en esta materia, siempre y cuando se realicen las adecuaciones pertinentes

## **REFERENCIAS**

- Ávila, D., Análisis preliminar de factibilidad técnico-económico para la construcción de un parque eólico en la provincia de Matanzas., Tesis presentada en opción al grado académico de Master en Termoenergética Industrial, Universidad de Matanzas, Cuba 2003.
- Castellanos, O.F., Gestión Tecnológica: De un enfoque tradicional a la inteligencia., BIOGESTIÓN, Bogotá D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2007, pp. 5-6.
- CIDEM., Estudio de las patologías y de la colocación del sistema de paneles. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas., Villa Clara, Cuba, 2015, pp. 3-28.
- Colectivo de Autores., Manual de Procedimientos para la Realización de Auditorías Energéticas en Edificios., Tomo I. 1ra ed., Castilla: ed. Junta de Castilla y León, España, Depósito Legal: LE-357-2009, 2009, pp. 12-16.
- Comité Central PCC., Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución., Documento del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, La Habana, Cuba, 2011.
- Figueredo, M.C., Cuba hacia 100% con energías renovables., Cuba solar, <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia62/HTML/articulo02.htm>, 2016.
- INEL., Estudio de Pre-factibilidad Técnico Económico y Financiero Parque Solar Fotovoltaico (PSFV) 1MW., 2013, pp. 21-23.
- INEL., Estudio de Pre-factibilidad Técnico Económico y Financiero Parque Solar Fotovoltaico (PSFV) 100MW., 2013, pp. 21-22.
- Leiva, G., Sistema híbrido-fotovoltaico., Revista Energía y tú. Cuba Solar, No. 18 Enero-Marzo, 2002, pp. 11-14.
- Peláez, O., Energía fotovoltaica., Alternativa viable, 2011, <http://www.granma.cu/granmad/secciones/cienciaytec/energia/energia15.htm>.
- Rodríguez, G. M., Guía de recomendaciones para el uso de las energías renovables en la electrificación rural., CITMA, 2002, pp. 1-14.
- Rodríguez, M., Vázquez, A., Vilaragout, M., Sarmiento, A., Díaz, R., Santos, A., y Sánchez, G., Evaluación y criterios para la instalación de 1 MWp de FV conectados a la red en Cantarrana, municipio y provincia de Cienfuegos., Informe Técnico, Archivo de datos digitales del CIPEL, 2012, pp. 35-36.
- UGAO-AINAIR., Oferta técnico comercial, suministro de componentes para instalación fotovoltaica, ref: 14-2014.
- Wikipedia., Energía solar fotovoltaica., Recuperado el 4 de junio de 2016, de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica), 2016.