

APLICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ELECTRO ENERGÉTICO. HOTEL TRYP CAYO COCO

Por M. Sc. **Arnaldo Molina González***, M. Sc. **Celia Sánchez Borroto****, M. Sc. **Mayelín Cruz Hidalgo****,
Ing. **Aleksey González Dugareva***** y M. Sc. **Dayton Hernández Tamayo******

*Grupo Desarrollo Tecnológico y Soluciones para Sistemas Energéticos (DTSSE)

E-mail: dtseml2017@gmail.com

**Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez.

E-mail: celial@unica.cu

***Centro de Bioplantas Ciego de Ávila.

E-mail: lioja@bioplantas.cu

****Centro de Bioplantas Ciego de Ávila.

E-mail: dayton@bioplantas.cu

Resumen

Este es un trabajo orientado a elevar el desempeño energético de hoteles e industrias. Se detecta un grupo de deficiencias que afectan el correcto funcionamiento electro-energético de la instalación Hotel Tryp Cayo Coco. Se construyen las bases de datos de consumo y de equipamiento. Con este muestreo se elabora un grupo de elementos de diagnóstico a partir del levantamiento de la totalidad de la carga eléctrica instalada en cuatro escenarios. Se identifican oportunidades técnico organizativas de ahorro, cargas con posibilidades de ser desplazadas en tiempo y las oportunidades de ahorro por cambios tecnológicos. Con esta información se diseña una aplicación como herramienta de consulta para el equipo técnico. Esto hace que de manera fácil y rápida los explotadores puedan revisar sus necesidades, filtrando conceptos. La aplicación en soporte web se instala en los servidores del cliente con códigos abiertos para cualquier actualización que se requiera.

Palabras clave: Desempeño electro energético, aplicaciones web, cargas eléctricas, base de datos, oportunidades de ahorro.

APPLICATION FOR EVALUATING ELECTRO-ENERGY PERFORMANCE. HOTEL TRYP CAYO COCO

Abstract

This is a job aimed at increasing the energy performance of Hotels and Industries. A group of deficiencies are detected that affect the correct electro-energetic operation of the Tryp Cayo Coco Hotel installation. Consumption and equipment databases are built. With this sampling, a group of diagnostic elements is elaborated from the survey of the total installed electrical load in four scenarios. Technical organizational savings opportunities are identified, loads with the possibility of being displaced in time and savings opportunities due to technological changes. With this information an application is implemented as a consultation tool for the technical team. This makes it easy and fast for operators to review their needs, filtering concepts. The application in web support is installed on the client's servers with open source for any update that is required.

Keywords: Electro-energy performance, web applications, electrical loads, database, savings opportunities.

I. Introducción

A pesar de ser Cuba un país pequeño con una economía en desarrollo, sus emisiones de CO₂ resultan altas en relación con el suministro total de energía primaria [IEA, 2017]. Es importante entonces que se potencien soluciones tecnológicas y organizativas que logren reducir al mínimo las oportunidades de ahorro.

Los principales consumos energéticos en el país ocurren en sectores muy vinculados con el ambiente construido, como el residencial (49 %), el industrial (27 %), así como los servicios públicos y el comercio (20 %) [SIER, 2017]. Los hoteles cubanos constituyen parte de las edificaciones con mayores consumos energéticos y se considera que cuentan con casi el doble del costo energético con respecto a edificaciones similares en el ámbito internacional [Cabrera, 2016].

A pesar de las aspiraciones nacionales de disminuir el consumo de energía convencional, en Cuba, todavía no se ha planteado una estrategia para reducir el consumo y generar energía en las edificaciones.

El dato de consumo de las edificaciones demuestra que están muy por encima del rango de lo que se considera como edificios eficientes en condiciones parcialmente similares a los casos cubanos [Collado, 2019].

Para establecer un sistema de gestión energética en una empresa, entidad económica o inmueble, se requiere en primer lugar de mecanismos de supervisión y control eficaces [Molina *et al.*, 2011].

Un programa de ahorro de energía en la empresa, consiste en una serie de actividades conducentes a la detección de áreas de oportunidad de ahorro de energía, planteamiento de medidas de ahorro, evaluación técnico-económica de las medidas y finalmente su implantación [Colectivo de autores, 2002].

Este trabajo se propone como un primer paso en función de la adopción de un sistema de gestión electro energética.

Durante los meses de marzo, abril y mayo de 2018 se efectuó por parte del grupo Desarrollo Tecnológico y de Soluciones a Sistemas Energéticos (DTSSE), una intervención a las instalaciones del Hotel Tryp Cayo Coco en Ciego de Ávila.

El objetivo general fue evaluar el desempeño electro energético de la instalación. Se propone entonces diagnosticar de manera integral los sistemas electro-energéticos y para ello se cumplió con:

1. Elaborar el levantamiento de la totalidad de la carga eléctrica instalada en cuatro escenarios: datos de fabricante, datos calculados, carga con tiempo estimado y carga en tiempo real a partir de los datos de consumo y mediciones en todos los regímenes de operación, de la totalidad de las instalaciones.
2. Identificar oportunidades técnico organizativas de ahorro que eleven el desempeño energético de la organización, a partir del conocimiento de los esquemas funcionales.
3. Estudio de acomodo de cargas y oportunidades de ahorro por cambios tecnológicos.
4. Modelación del comportamiento de los inmuebles para cargas de fuerza y cargas de alumbrado.

5. Diagramas de cargabilidad para los equipos de uso significativo de energía.
6. Identificar oportunidades de mejoras electro-energéticas a partir de inversiones y trabajos correctivos y preventivos de intervención a corto plazo.
7. Corrección de asimetría entre fases.
8. Esquemas mono lineales de los principales sistemas electro energéticos.
9. Gráficos y esquemas de comportamiento de los principales parámetros de calidad de la energía: armónicos, potencia reactiva, tensiones, crestas de potencia y consumo, máxima demanda, consumo en pico, etc.

El Hotel Tryp Cayo Coco en Ciego de Ávila pertenece al Ministerio de Turismo e integra el grupo hotelero Cubanacán. Posee tres servicios eléctricos contratados con la UNE. Hotel Tryp Club Caribe I, Hotel Tryp Club Caribe II y bombeo de residuales Tryp Cayo Coco. Este último servicio es compartido con el Hotel Colonial, del cual paga 53 %.

Los tres servicios están incluidos en la tarifa M1A. El primero posee instalado un transformador trifásico con capacidad para 1000 kVA y con demanda máxima contratada actual de 900 kW. El segundo posee un transformador trifásico con 630 kVA de capacidad y demanda máxima contratada actual de 400 kW. El tercero, bombeo de residuales, posee tres transformadores monofásicos de 25 kVA de capacidad cada uno, y demanda máxima contratada actual de 25 kW.

En diagnóstico preliminar del recorrido realizado previo a esta intervención, se detectó un grupo de deficiencias de las cuales se enumeran las más importantes:

Como se aprecia, existe un grupo importante de oportunidades presentes en la instalación. Algunas de estas carencias se asocian al perfil técnico administrativo, o sea, son deficiencias que se pueden resolver sin financiamientos importantes.

Se destaca en este análisis que el esquema de trabajo empleado no cubre todas las necesidades. Este trabajo que se muestra puede constituir el primer paso de este proceso, donde se elabora un diagnóstico profundo de la organización a partir del levantamiento de las cargas instaladas. Se identifican además oportunidades de mejoras y de ahorro.

II. Materiales y métodos

Como parte del trabajo se elaboró una tabla de demanda de todas las instalaciones de servicio, oficinas, almacenes, talleres, etc. Se construyó entonces la base de datos con todas las cargas electro-energéticas, que fue elaborada de forma que se agrupen las cargas por conceptos de ubicación, tipo de equipo, consumo, tiempo de trabajo estimado, etc. Esta particularidad hace posible entonces que la base de datos sea soportada por un gestor o aplicación informática. Esto logra que de manera fácil y rápida los explotadores puedan revisar sus necesidades filtrando conceptos. Todos los elementos descritos se anexan al informe o se entregan funcionando y con códigos abiertos para cualquier actualización que se requiera por parte del usuario. La aplicación en cuestión es una herramienta

construida por DTSSE. Se puede instalar en los servidores empresariales y ser revisada desde cualquier terminal (PC, móvil, etc.), conectado a la red corporativa. Esta aplicación será perfeccionada y actualizada sin costo adicional para la empresa. Todo el proceso de instalación en servidor y organización de las funcionalidades y accesos también son responsabilidad de DTSSE.

Se muestra la modelación de la demanda para 24 horas de trabajo, la curva teórica muestra el escenario a plena carga calculado, la real muestra lo medido (Fig. 1).

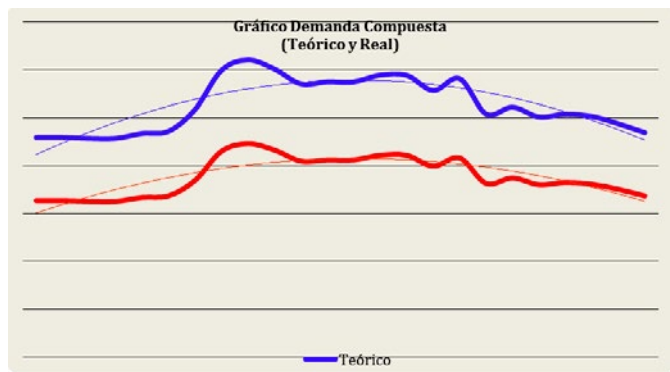


Fig. 1. Modelación en 24 horas de Hotel Tryp Cayo Coco.

Con respecto a la asimetría entre fases, se muestran mediciones realizadas entre los días 11 y 25 de abril a los dos servicios del centro general de Distribución 1 (Figs. 2 y 3).

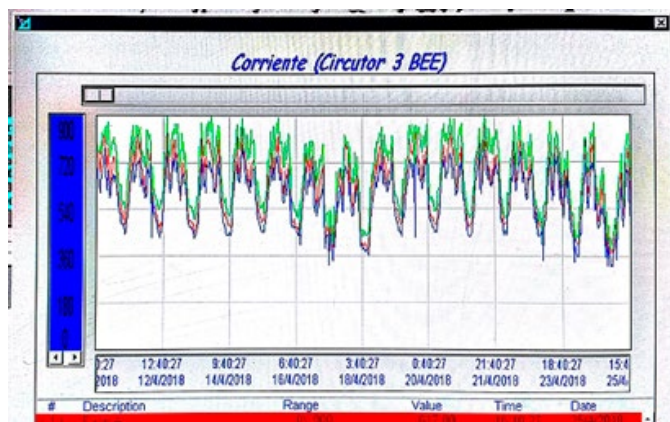


Fig. 2. Medición de intensidades en las tres fases servicio 1 en CGD 1.

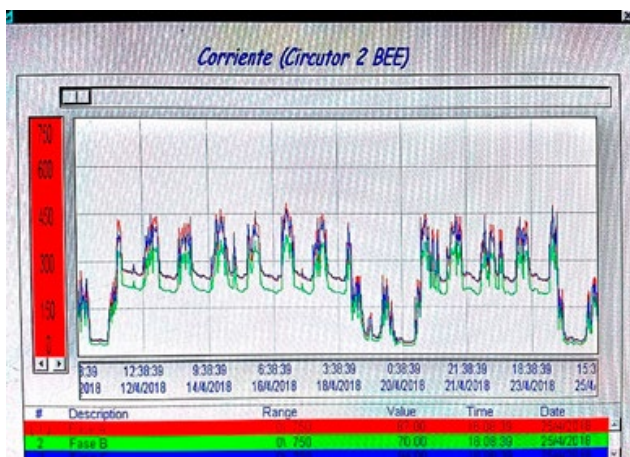


Fig. 3. Medición de intensidades en las tres fases servicio 2 en CGD 1.

Se evidencia un mal comportamiento de la simetría, causado por la deficiente conexión de las cargas monofásicas. Corregir la asimetría mejora la calidad de la energía en la instalación y los índices de fiabilidad.

Compensación de la potencia reactiva

Es importante señalar que se entregan también, como parte del trabajo, las bases de datos del comportamiento de cada servicio desde enero de 2015 hasta marzo de 2018.

El equipamiento para la compensación de la potencia reactiva se encuentra en mal estado, por este concepto el hotel ha sido penalizado en varias oportunidades, y de acuerdo al consumo de esta instalación el monto de las penalizaciones no es despreciable.

Se muestra en la figura 4 el comportamiento de la compensación de la potencia reactiva en los tres primeros meses del año en un servicio.

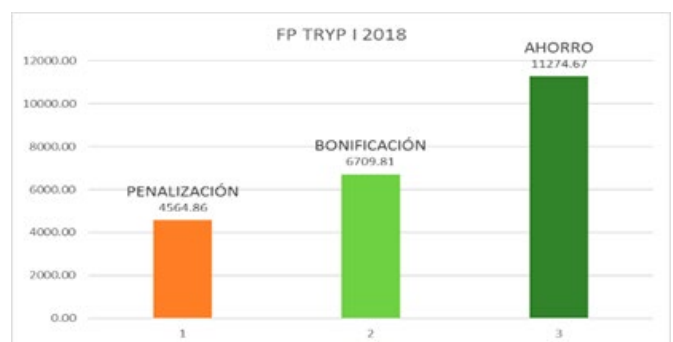


Fig. 4. Situación con la compensación de la potencia reactiva en el servicio TRYP I.

Solo en los tres primeros meses de 2018 el servicio TRYP I fue penalizado por el monto de \$4564,86; si se suma a esto el monto de la bonificación que hubieran recibido en ese mismo período, entonces a esta cifra se le suma el valor de \$6709,81, y la oportunidad de contraer la factura en estos tres meses asciende a \$11 274,67.

Comportamiento del otro servicio, en el mismo período

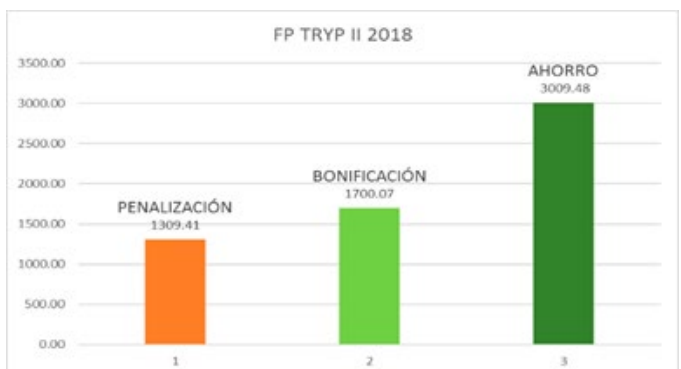


Fig. 5. Situación con la compensación de la potencia reactiva en el servicio TRYP II.

Algo similar con el servicio TRYP II: fueron penalizados en los tres meses por un monto de \$1309,41. Dejaron de ser bonificados por un monto de \$1700,07 y sumando los dos valores, \$3009,48 (Fig. 5).

Control de la demanda. Procedimiento organizativo tecnológico

La demanda máxima contratada permanece constante durante todo el año en todos los servicios. Se muestra en los tres servicios la reserva financiera que se paga por encima de la real potencia demandada. Se valoran en gráficos (Figs. 6-11) los datos correspondientes a 39 meses a partir del 1 de enero de 2015.

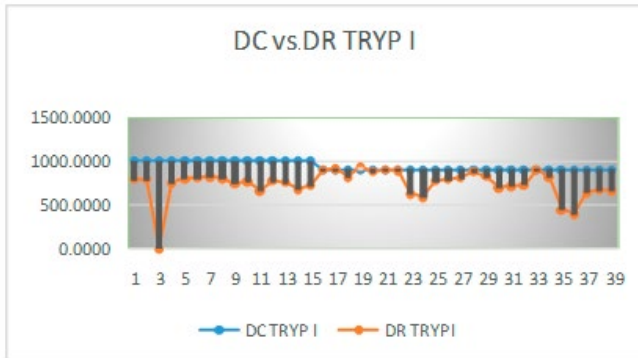


Fig. 6. Comportamiento de la demanda contratada vs. la demanda registrada en el servicio TRYP I.



Fig. 7. Reserva por demanda máxima contratada en el servicio TRYP I.

Nótese los valores que se pagan al contratar valores con reservas, sin tener en cuenta que se pueden contratar dos valores anuales y que en muchos casos los hoteles e industrias tienen períodos de demanda cíclicos que coinciden con el cambio estacional u otras variables.

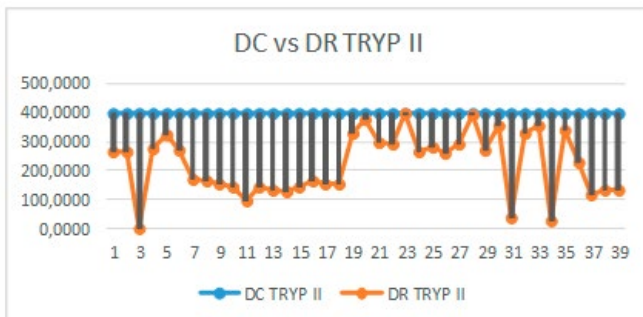


Fig. 8. Comportamientos de la demanda contratada vs. la demanda registrada en el servicio TRYP II.

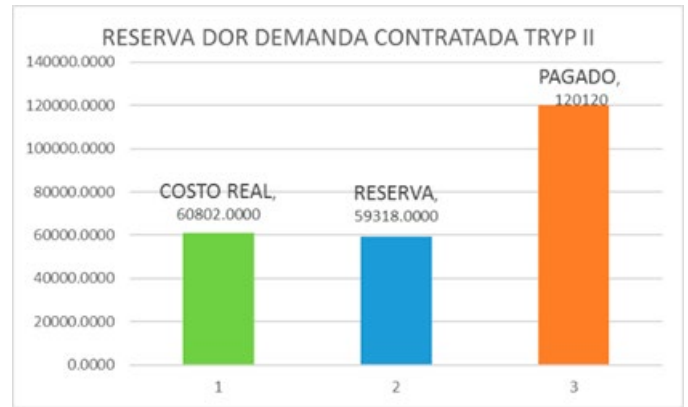


Fig. 9. Reserva por demanda máxima contratada en el servicio TRYP II.

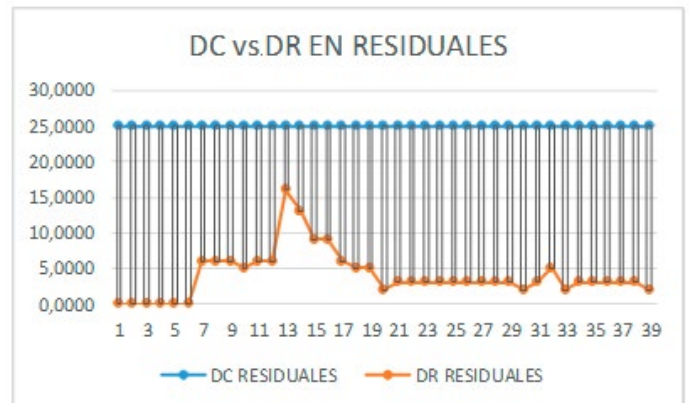


Fig. 10. Comportamientos de la demanda en el servicio bombeo de residuales.

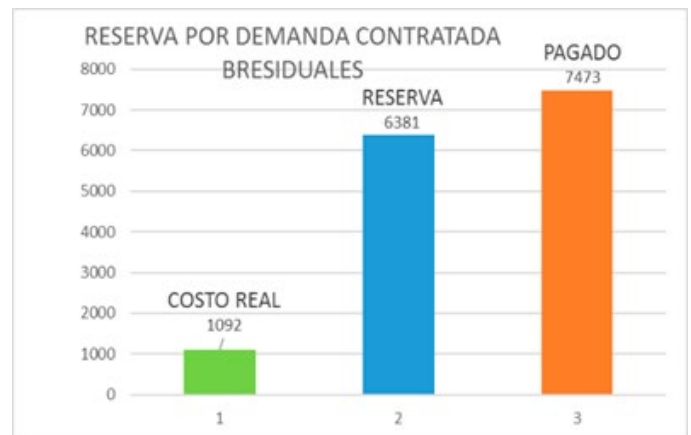


Fig. 11. Reserva por demanda máxima contratada en el servicio bombeo de residuales.

En los dos primeros casos se debe valorar recontractar con dos valores anuales. Para esto se debe tener muy en cuenta el comportamiento de las variables climatológicas y de la ocupación, en función de poder predecir los picos de potencia. En el tercer caso debe ser ajustado el valor de la demanda contratada.

Un comentario adicional: Se deben crear condiciones tecnológicas y organizativas para lograr la no simultanei-

dad en el arranque de motores, la demanda máxima es la integración en 15 minutos de la suma de las potencias activas. Esto se puede controlar con tecnología y con procedimientos organizativos. Esta magnitud es perfectamente medible para supervisarla y controlarla, es importante y no está en la planificación.

III. Desarrollo

Estimando que el comportamiento sea similar durante el año (Tabla 1).

Tabla 1. Gastos por concepto de no compensación del factor de potencia en Hotel Tryp.

Nombre	Penalización	Bonificación	Total
Tryp I	18 259,44	26 839,24	45 098,68
TrypII	5237,64	6800,28	12 037,92
Total	23 497,08	33 639,52	57 136,60

Cambio tecnológico en los elementos de alumbrado

Si se realiza un cambio tecnológico de luminarias, migrando a la tecnología LED en todo el alumbrado, se reportan también importantes ahorros anuales (Tabla 2).

Tabla 2. Oportunidades de ahorros potenciales por cambio de luminarias.

Luminaria	Ctdad.	kW	Led	Ahorro P	Ahorro \$	Año
Fluorescente 32 W	412	0,032	0,018	5,768	0,8652	3157,98
Fluorescente 18W	188	0,018	0,008	1,88	0,282	1029,3
Halógeno	4	0,1	0,03	3,88	0,582	2124,3
Spotlight	3	0,08	0,012	0,204	0,0306	111,69
					Total	6423,27

Cambio tecnológico en climatizadoras o enfriadoras

Entre 60 y 70 % de la electroenergía que se consume en una instalación hotelera de este tipo, está directamente relacionada con la climatización [Borges, 2011]. Los equipos de aire acondicionado centralizado como los utilizados en el Tryp, tienen una alta incidencia en el desempeño electro energético de la instalación.

Los sistemas centralizados por agua helada operan frecuentemente fuera de las condiciones de diseño, existiendo diversas estrategias operacionales para el ahorro de energía [Montelier, 2010]. Por esto también se deben adquirir tecnologías para climatización que permitan adecuarse a baja explotación.

Las tecnologías actuales han logrado equipamientos que consumen 0,57 kW de energía por cada kW de potencia frigorífica que entregan. En las instalaciones cubanas se ha trabajado con equipamiento de hasta 1,1 kW/kW de refrigeración. En la actualidad se ha generalizado el uso de equipamientos importados que promedian 0,93 kW/kW (Tabla 3).

Acomodo de cargas. Propuesta de cambio organizativo

Se valoró el acomodo de cargas a partir de los datos que se fueron incorporando en las tablas de demanda compuesta. Se fue valorando equipo a equipo la posibilidad de desplazar su trabajo del pico hacia el horario de madrugada, el análisis dio como resultado que el hotel puede ahorrar por este concepto \$29,84 diarios, o sea \$895,10 mensuales y \$10 741,26 anuales.

Se debe valorar una modificación funcional importante en el esquema de trabajo de las instalaciones frigoríficas. Existe una importante oportunidad de ahorro al desplazar las cargas de los equipos de refrigeración del horario pico al horario de la madrugada.

Cámaras frías

Está demostrado que cuando se trabaja correctamente con las aperturas y cierres de estas cámaras y están en correcto estado técnico, se pueden desconectar cuatro horas al día sin la menor consecuencia. Esto se puede automatizar de manera relativamente sencilla.

Introducción de FRE

El país pretende cambiar la matriz energética para disminuir la alta dependencia que se tiene de los combustibles fósiles para la producción de electricidad. Para esto se ha propuesto en pocos años, hasta el 2030, elevar la participación de las Fuentes Renovables de energía FRE de 8 % en la actualidad, a 24 %. La intención es realizar estas inversiones con financiamiento externo pues no existen las finanzas suficientes para establecer estas tecnologías.

En un comienzo la energía fotovoltaica (FV) no podía competir con la generación eléctrica de otras fuentes de generación, pero paulatinamente en forma sostenida fue

Tabla 3. Oportunidades de ahorros potenciales por cambio de enfriadoras de 0,93 a 0,57 kW / kW

Equipos	P(kW)	Horas	Ahorro (kWh)	Precio	Importe	Demanda \$ MES	Demanda \$ AÑO	Total \$
Actual	639,18	4380	2 799 608	0,147	411 542	4474,26	53 691,12	
Eficiente	409,08	4380	1 791 749	0,147	263 387	2863,53	34 362,32	
Ahorros	266,18	4380	1 007 859	0,147	148 155	1610,73	19 328,80	167 484

logrando una decisiva disminución de sus costos que la hacen ya competitiva en la inversión inicial [Stolik, 2017].

Se ha explicado por la alta dirección del país que esta decisión es vital para el desarrollo económico, y que a pesar de que se negocian las grandes inversiones en fuentes renovables de energía a nivel de estado, los diferentes ministerios pueden tramitar la adquisición de sistemas medianos o pequeños.

En los casos donde las instalaciones se coloquen sobre estructuras a dos aguas con un ángulo de inclinación de 15 grados, el aprovechamiento del terreno es total, o sea, 100 % [Bérriz, 2019].

Se presenta la propuesta de 14 baterías fotovoltaicas de 35 kWp conectadas a red que lograrían asumir 34,3 % del gasto electro energético de la entidad, reduciendo la factura de electricidad en \$283 065,54 CUC anuales.

El Hotel Tryp tiene un área de cubiertas adecuadas física y estéticamente, para la instalación de paneles fotovoltaicos, de 3977 m². Por margen de trabajo útil se calcula que el área neta es de 3579 m². En este espacio se pudieran instalar 490 kWp.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Alto rendimiento energético anual gracias a la tecnología MPPT (*Maximun Power Point Tracking*) en cada inversor y el desacople entre la generación fotovoltaica y el consumo.
- Control y gestión eficaz del sistema, gracias a la herramienta de Supervisión instalada en una PC, que permite conocer el estado y producción del sistema vía Ethernet en tiempo real.
- El empleo de componentes de alta calidad y eficiencia.
- Reducción significativa del costo de la factura eléctrica anual.
- Un sistema robusto y con mínimo costo de mantenimiento.
- Un impacto favorable sobre el medioambiente y una bella imagen ecológica al Hotel.
- Un tiempo de vida útil del sistema de 20 años como mínimo. Al devenir auto productor le permite actuar según su interés y optimizar la gestión de su consumo, y a la vez adquiere una nueva experiencia rentabilizando la superficie de sus techos.

Resultados:

Consumo anual del TRYP 2017 kWh/año: 5 183 558
 Gasto anual en electricidad \$/año: 825 115
 Producción anual media esperada de los sistemas FV kWh/año: 1 778 280
 Participación del sistema FV respecto al consumo anual: 34,3 %
 Impacto económico
 (Ahorro por pago de electricidad) \$/año -283 065
 Retorno de la inversión: 4 años

Aprovechar las principales oportunidades de ahorro identificadas y lograr la instalación de baterías fotovoltaicas significa para el Tryp:

Gasto anual.....\$825 115,00
 Reservas.....\$380 873,00 46 %

Baterías.....\$157 808,00 19 %
 Totales.....\$538 681,00 65 %

IV. Conclusiones

Se logra evaluar el desempeño electro energético de la instalación hotelera y proponer los cambios requeridos para maximizar las oportunidades de ahorro.

Esta evaluación de desempeño, con su aplicación asociada pueden ser valoradas como un primer paso en función de un sistema de gestión energética.

V. Referencias bibliográficas

IEA (2017). *IEA Energy Atlas* [en línea]. s. d. [Consulta: octubre 2019]. Disponible en Web: <https://www.iea.org/statistics/ieaenergyatlas>

SIER (2017). *Matriz de electricidad*. [en línea]. s. d. [Consulta: octubre 2019]. Disponible en Web: <http://sier.olade.org/consultas/tablero-matriz-electricidad>.

CABRERA, GORRÍN, OSMEL (2016). «Reflexiones sobre el consumo energético en el sector turístico cubano». Disponible en // www.ilustrados.com/tema/2897. [Consulta: junio 2020].

COLLADO, BALDOQUÍN, NATALÍ (2019). «Hoteles de consumo energético casi nulo. Potencialidades y restricciones para Cuba». En *Eco Solar*, No. 69 / 2019, revista científica de las fuentes renovables de energía julio-septiembre, 2019. La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN-1028-6004, RNPS-2220.

MOLINA, GONZÁLEZ, ARNALDO ET AL. (2011). «Implicaciones energético-económicas de la espontánea gestión tecnológica en los hoteles turísticos del polo Jardines del Rey». Revista electrónica *TURyDES, Turismo y Desarrollo Local* (ISSN: 1988-5261), indexada en RePEc, Latindex, C.I.R.E.T. <http://www.eumed.net/turedes/index.htm>. Mayo de 2011.

COLECTIVO DE AUTORES (2002). *Gestión Energética Empresarial*. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos, Cuba. ISBN 959-257-040-X. Editorial Universidad de Cienfuegos, 2002. Disponible www.scribd.com/doc/52877066/Libro-Gestion-Energética-Empresarial.

BORGES, DAVEL (2011). «Hacia un indicador de consumo de energía eléctrica más efectivo en hoteles del grupo Cubanacán de la provincia de Camagüey». *Ingeniería Energética*. vol. XXXII, n. 1/2011, p 35-42. ISSN 1815 – 5901.

MONTELIER, HERNÁNDEZ, SERGIO (2010). «Estrategias operacionales para el ahorro de energía en sistemas centralizados de climatización por agua helada de hoteles turísticos». *10 Retos Turísticos* Vol. 9, No 1, 2010.

STOLIK, NOVYGRÓD, DANIEL (2017). «Los costos de la energía fotovoltaica (FV)». En *Eco Solar*, No. 60 / 2017, revista científica de las fuentes renovables de energía de abril-junio, 2017. La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN-1028-6004, RNPS-2220.

BÉRRIZ, PÉREZ, LUIS (2019). «La producción de electricidad en sistemas fotovoltaicos colocados sobre estructuras o techos a dos aguas». En *Eco Solar*, No. 68 / 2019, revista científica de las fuentes renovables de energía de abril-junio, 2019. La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN-1028-6004.

Recibido: 20 de diciembre de 2020.
 Aceptado: 10 de enero de 2021.