

Método de cálculo del índice de eficiencia energética de los hoteles

Leuber Rosa Rodríguez^a; Julio Pineda Insuasti^a, Willian Yero Peña^b;
Claudio Otero Sierra^a, Claudia Soto Arroyave^c, Camilo Pineda Soto^d,
Nelson Santiago Vispo^e, José Huaca Pinchao^a, Rubén Guzmán^f, Gustavo
Reyes Lara^g

^a Universidad Técnica del Norte (UTN), Av 17 de Julio 5-21. Ibarra, Ecuador.

^b Empresa de Automatización Integral (CEDAI). Calle San Antonio de los Baños km 2.5 Torrens, Boyeros. La Habana. Cuba.

^c Universidad Católica de Oriente (UCO), Sector 3, cra. 46 No. 40B 50, Rionegro Antioquia, Colombia.

^d Escuela Politécnica Nacional (EPN), Ladrón de Guevara E11-253. Quito, Ecuador

^e Universidad Yachay Tech. Hacienda San José, Urcuquí, Ecuador.

^f Ingenio Azucarero del Norte (IANCEM). Panamericana Norte km 25, vía Tulcán. Ibarra, Ecuador.

^g Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente (CEBA). Calle Bolívar 13-118 y Av. Teodoro, Edificio Gómez, oficina 11. Ibarra, Ecuador

Contacto: jpineda@utn.edu.ec

Resumen. La práctica actual para evaluar la eficiencia del uso de la energía eléctrica en los hoteles, basada en la relación existente entre la Energía Consumida (EC) y las Habitaciones Diarias Ocupadas (HDO) no garantiza la adecuada efectividad de este indicador, dado que el coeficiente de Determinación R^2 de los modelos de regresión generados son menores al 75 % y no explican adecuadamente las variaciones de la EC respecto a las HDO. El objetivo de este trabajo es calcular el número de HDO equivalente tras referir el consumo de energía eléctrica de todos los locales diferentes de las habitaciones físicas al consumo de energía en ellas, a la cual se le adicionan las habitaciones virtuales calculadas. Refiriendo los consumos de energía eléctrica del resto de las áreas del hotel a los consumos de energía de las habitaciones físicas, es posible calcular un nuevo valor de HDO utilizando la variable “habitaciones diarias equivalentes” HDO_{equiv} , obteniéndose modelos de regresión más efectivos con coeficientes superiores al 80 %, así como valores más adecuados de la correlación lineal entre ambas variables. La aplicación de esta metodología contribuye a un análisis más confiable en la evaluación del desempeño energético del sector hotelero.

Palabras clave: Energía eléctrica, Gestión Energética, Habitaciones Diarias Ocupadas Físicas, Habitaciones Diarias Ocupadas Virtuales, Habitaciones Diarias Ocupadas Equivalente, Índice De Consumo Energético.

1. Introducción

De acuerdo a Cabrera Gorrín y colaboradores [1] se debe asignar entre el 5 y el 7 % de los ingresos para cubrir los gastos energéticos, valor que varía en dependencia del tipo

de hotel y la categoría. Los autores especifican que “en Cuba, en las cadenas Cubanacán, Gran Caribe Islazul y Horizontes, este indicador oscila entre el 8 y el 16 % pudiendo llegar hasta el 20% en hoteles que tienen una infraestructura muy atrasada y bajos niveles de comercialización”. La figura 1 muestra la densidad de la distribución de los consumos de energía eléctrica según su utilización [1], y en la figura 2 la distribución de la energía eléctrica en el sector hotelero [2].

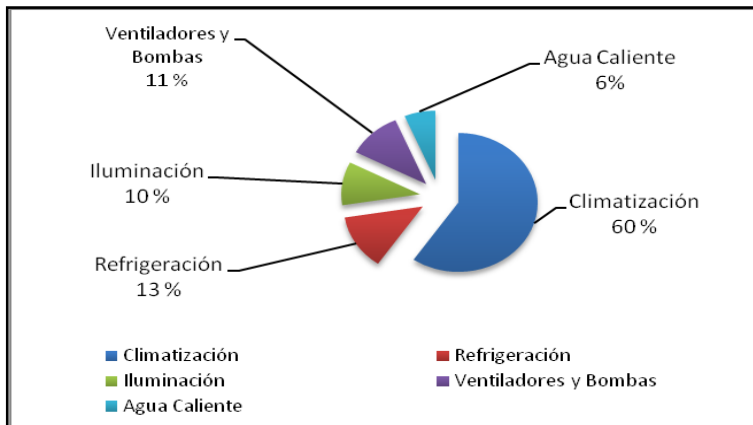


Fig. 1. Densidad de la distribución de los consumos de energía eléctrica por tipo de consumidor, sector hotelero.

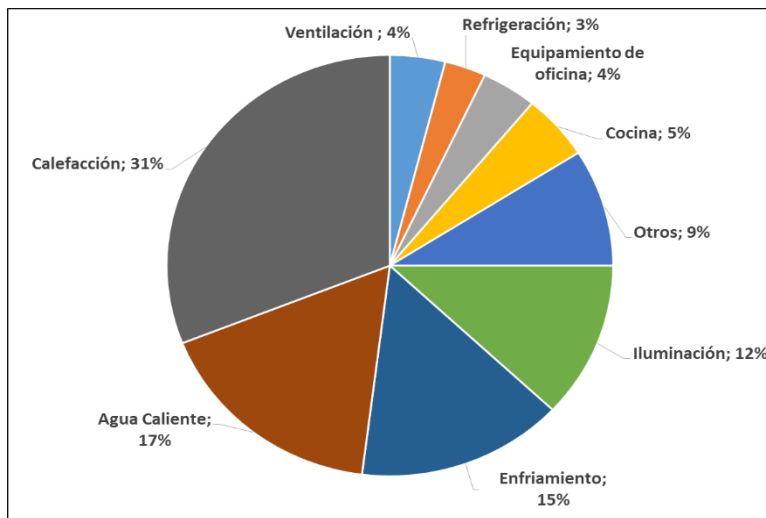


Fig. 2. Densidad de la distribución de los consumos de energía eléctrica, sector hotelero.

Los portadores energéticos o marcas varían según el tipo de hotel y cadena hotelera. Estos valores han sido definidos sobre la base de estadísticas generales en la explotación de los hoteles, los que se resumen en la Tabla 1. Se aprecia que sólo el indicador del agua presenta similitud para todos los casos presentados, ya que se aplica

una norma general de diseño que regula el consumo de agua a las instalaciones turísticas [1, 3].

Tabla 1. Indicadores energéticos utilizados por las diferentes cadenas hoteleras cubanas.

Cadena Hotelera	Energía kWh/HDO	Agua m³/HDO	Diesel Lts/HDO	GLP Lts/HDO
Gran Caribe	14-30	0.8-1	0.65-0.7	1.9
Horizontes	35-40	0.8-1	2.5	1.9-2.0
Gaviota	35-40	0.8-1	2-3.5	1.9-2.0
Cubanacán	30-60	0.8-1	--	1.5-2.0
Islazul	27-60	0.8-1	2-2.5	1.5-2.0

Estos valores de marcas no son revisados periódicamente, por lo que no son datos confiables para ser utilizados como criterios de diseño.

Es una práctica común que la gestión energética se exprese en función de la variable reconocida y aceptada por el sector o ramal empresarial que se trate, por ejemplo, Miles de Pesos, Toneladas de Acero fundidas, etc. Sea cual fuere la variable aceptada, siempre se tendrá en cuenta que entre las mismas debe existir una fuerte relación estadística, de lo contrario no existe una adecuada efectividad del índice de consumo asumido y la gestión energética queda mal caracterizada.

Hernández Sampieri y colaboradores [4] establecen que, para que un índice sea válido como indicador, el coeficiente de determinación R^2 deberá tener un valor igual o mayor que 0.75. De esta manera el modelo de regresión obtenido explicará el comportamiento del mayor número de variable dependiente. Así mismo el coeficiente de correlación R dará el mayor número posible de pares correlacionados.

El sector turístico cubano ha establecido, como Índice de Consumo I_{energ} , a la relación que existe entre la energía Eléctrica consumida kWh_{mes} y la cantidad de Habitaciones Diarias Ocupadas HDO, expresando este último concepto en % del total de habitaciones disponibles, de acuerdo con la ecuación (1):

$$I_{energ} = \frac{kWh_{mes}}{HDO_{totales}} \quad (1)$$

Un análisis de los consumos de energías mensuales para el año 2006 en 3 hoteles en relación a la cantidad de HDO, muestra la falta de correlación entre estas variables [5-7]. Las Figuras 3, 4 y 5 reflejan el valor de $R^2 < 0.75$.

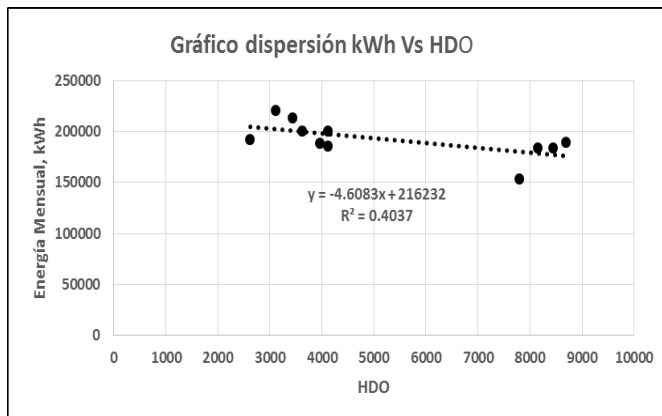


Fig. 3. Diagrama de dispersión del consumo mensual de Energía Eléctrica y las habitaciones diarias ocupadas. Hotel Blau Costa Verde.

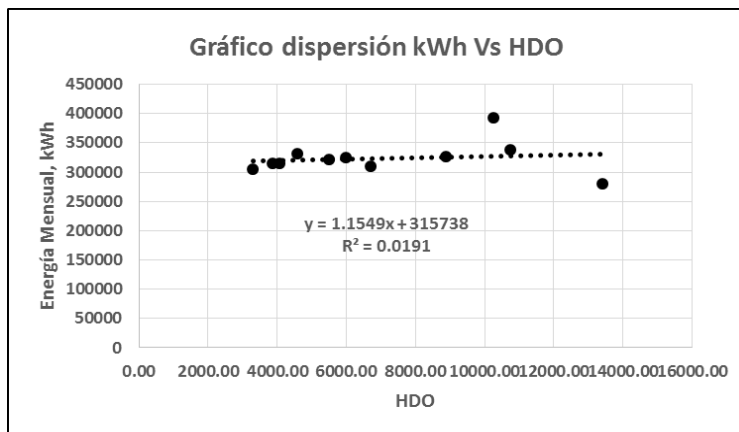


Fig. 4. Diagrama de dispersión del consumo mensual de Energía Eléctrica y las habitaciones diarias ocupadas. Hotel Costa Verde.

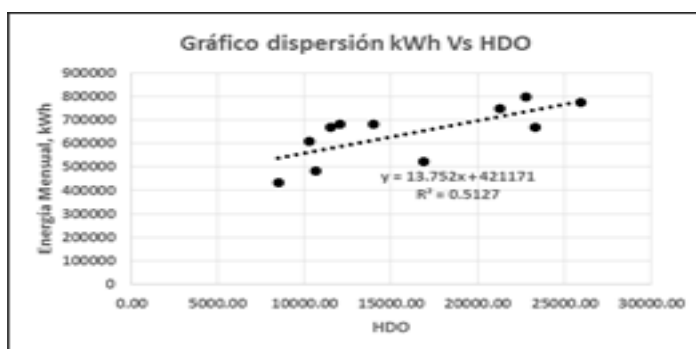


Fig. 5. Diagrama de dispersión del consumo mensual de Energía Eléctrica y las habitaciones diarias ocupadas. Hotel Playa Pesquero.

La Tabla 2 resume los valores del Coeficiente de Determinación R²:

Tabla 2. Coeficientes de determinación entre el consumo de energía eléctrica (kWh) y la ocupación (HDOequiv).

Hoteles	Coeficiente de Determinación R ² kWh Vs. HDO
Blau Costa Verde	0.430
Costa Verde	0.019
Playa Pesquero	0.512

Los resultados anteriores evidencian que otros factores influyen con mayor peso que la ocupación en el consumo de energía eléctrica de las instalaciones hoteleras. En cuanto a la variable HDO se refiere, es común considerar las habitaciones de diferentes tamaños y consumos energéticos como iguales a los efectos del índice, así como no tener en cuenta la influencia de otros servicios que presta el hotel y que son de alto consumo energético, por ejemplo los salones de eventos, tiendas, oficinas de administración, talleres de reparación, etc. Estos servicios representan una demanda adicional de energía, en muchos casos elevada, y que considera como parte del consumo total del hotel, afectando considerablemente el índice energético.

Estudios previos realizados muestran un análisis de las habitaciones diarias equivalentes HDO_{equiv} a partir de considerar “factores de corrección que logren linealizar la influencia de las variables” [1]. En el mismo se utiliza la ecuación (2):

$$HDO_{eq} = HDO * F_c * F_t + F_s \quad (2)$$

Donde:

F_c: Factor de Carga (diferencias en carga de enfriamiento en las habitaciones).

F_t: Factor de Temperatura (influencia temperatura ambiente).

F_s: Factor de Servicios (consumos no asociados con la ocupación)

Al utilizar este procedimiento se logran valores del coeficiente de determinación del orden del 74 %.

En este trabajo se propone calcular el número de Habitaciones Diarias Ocupadas Equivalente (HDO_{equiv}) a partir de referir el consumo de energía eléctrica de todos los locales diferentes de las habitaciones físicas al consumo de energía en estas, a la cual se le adicionan las habitaciones virtuales calculadas.

2. Metodología

2.1 Corrección de la variable Habitaciones Diarias Ocupadas HDO.

Tiene como base los resultados de las mediciones de la energía eléctrica consumida según los tipos de consumidores, para lo cual se utiliza el parámetro de Habitación Diaria Ocupada Equivalente HDO_{equiv}. Se desglosan los consumidores del hotel, es decir, se tiene en cuenta la energía consumida tanto en las habitaciones de los clientes, expresada como HDO_{reales} como la que se consume en cualquier otro lugar que no sea

habitación y que tiene una relación indirecta con las habitaciones, expresadas todas ella como $HDO_{virtual}$, ecuación (3)

$$HDO_{equiv} = HDO_{reales} + HDO_{virtual} \quad (3)$$

2.2 Cálculo de las HDO_{reales} .

Sólo se tiene en cuenta la energía eléctrica consumida en las habitaciones reales o físicas del hotel, bajo el concepto de:

2.2.1 $E_{climahab}$, Climatización: con la ecuación (4) $E_{climahab}$, se determina la carga térmica (K_t), para las habitaciones. K_t expresa la cantidad de toneladas de aire frío requeridas para climatizar una habitación según el tiempo total de utilización de dicha habitación, t_{util} , teniendo en cuenta el efecto de la temperatura del medio ambiente. De no ser posible medir los valores reales de la carga térmica se utilizan los datos de diseño [8], aportados por la entidad de proyecto que diseñó el sistema de clima. Es posible utilizar los datos nominales de los equipos suministrados por fabricantes [9]. El tiempo de utilización t_{util} se determina por los datos de registro de la gerencia del hotel. Toda la carga térmica calculada se expresa en kWh:

$$E_{climahab} = (\sum K_t * t_{util}) * kW_{uni} \quad (4)$$

Siendo kW_{uni} el valor equivalente de energía en kW por unidad de carga térmica considerada, ejemplo: BTU/h. Este valor se obtiene de las tablas de las bases de diseño o datos del fabricante del equipo.

Otra manera de determinar el consumo de energía por el uso de la climatización sería disponiendo de medidores de energía eléctrica para cada habitación, pero los esquemas actuales de diseño para el suministro a las habitaciones no contemplan la instalación de estos medidores.

2.2.2 E_{habgen} . Esta energía se medirá con la ecuación 5, de forma global en la pizarra desde donde se suministra la energía para este fin y contempla las cargas de iluminación, electrodomésticos, etc. Se obtiene así el valor total de E_{habgen} , mientras el HDO_{reales} , se calcula con la ecuación (6)

$$E_{totalgen} = E_{habgen} + E_{climahab} \quad (5)$$

Entonces:

$$HDO_{reales} = \frac{E_{totalhab}}{E_{hab}} \quad (6)$$

La E_{hab} representa la energía teórica o de diseño a consumir por una habitación considerada para todo el tiempo de utilización t_{util} determinado anteriormente. Esto incluye las cargas de clima y otros equipos instalados en la habitación.

2.3 Cálculo de la HDO_{virtual}.

El cálculo de la HDO_{virtual} implica la determinación de la energía consumida en los Otros Locales E_{OtrosL}, que no son habitaciones y que contienen diversos equipos que consumen energía eléctrica, ecuación (7): luces, computadoras, impresoras, fotocopiadoras, registradoras y cualquier otro equipo no relacionado con la producción y distribución del clima del local donde se encuentran. Entre los Otros Locales están las oficinas de la gerencia, economía, servicios, tiendas, luces de pasillos, talleres, salones de reuniones, tarimas y salones de espectáculos, restaurantes, etc. Estos valores de energía se obtienen con la medición realizada en los tableros eléctricos desde donde se suministra su energía.

$$E_{OtrosL} = E_{oficinas} + E_{tiendas} + E_{pasillos} + E_{talleres} + E_{salones} + E_{oficinas} + E_{restaur} \quad (7)$$

Muchos de estos locales están climatizados, por lo que conviene ahora determinar qué parte de la energía consumida por el sistema de clima central está asignada a estos Otros Locales. Conocemos, de la medición realizada en el tablero, el valor total medido de la energía relacionada con la climatización, que es E_{climatotal}, ecuación (8). Esta energía deberá ser equivalente a la energía consumida por el clima en las habitaciones más la energía consumida por el clima en los Otros Locales, ecuación (9).

$$E_{climatotal} = E_{habclima} + E_{ClimaotrosL} \quad (8)$$

$$E_{ClimaotrosL} = E_{climatotal} - E_{habclima} \quad (9)$$

A la energía calculada en ecuación 8 se le adiciona la E_{otrosL} calculada mediante la ecuación 7. Este total de energía expresa la energía total consumida por Otros Locales, lo que permite calcular la cantidad de habitaciones virtuales HDO_{virtual} del hotel, tal y como se expresa en la ecuación (10 y 11).

$$E_{total} = E_{ClimaotrosL} + E_{OtrosL} \quad (10)$$

$$HDO_{virtual} = \frac{E_{ClimaotrosL}}{E_{hab}} \quad (11)$$

Entonces, la HDO_{equiv} se calcula con la ecuación (12):

$$HDO_{equiv} = HDO_{reales} + HDO_{virtual} \quad (12)$$

Finalmente, se calcula el I_{energ} del mes o período mediante la expresión mejorada en la ecuación (13).

$$I_{energ} = \frac{kWh_{mes}}{HDO_{equiv}} \quad (13)$$

3. Resultados y discusión

La variable HDO_{equiv} fue utilizada en los tres hoteles estudiados, obteniéndose un coeficiente de determinación satisfactorio y superior a los iniciales, tal como se muestra en las Figuras 6, 7 y 8.

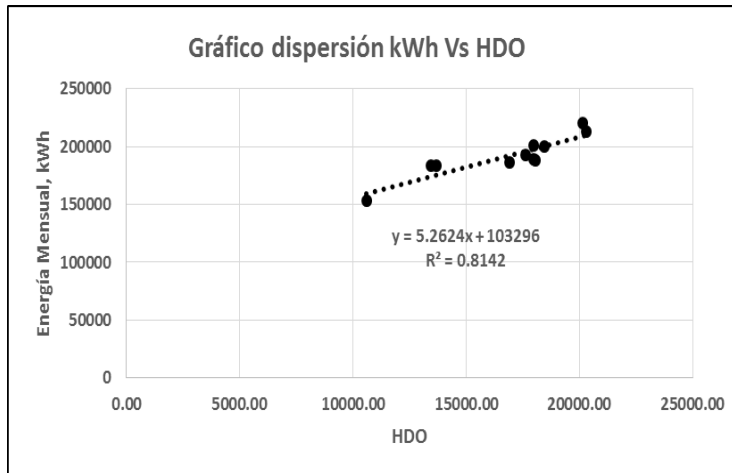


Fig. 6. Diagrama de dispersión de las HDO_{equiv} . Vs kWh_{mes} . Hotel Blau Costa Verde.

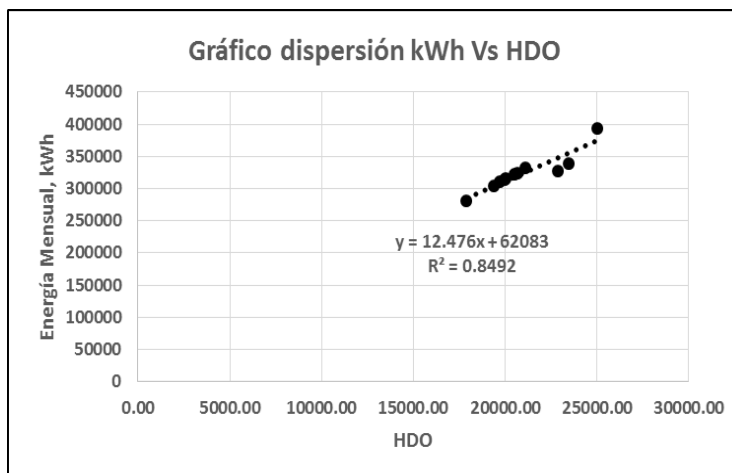


Fig. 7. Diagrama de dispersión de las HDO_{equiv} . Vs kWh_{mes} . Hotel Costa Verde.

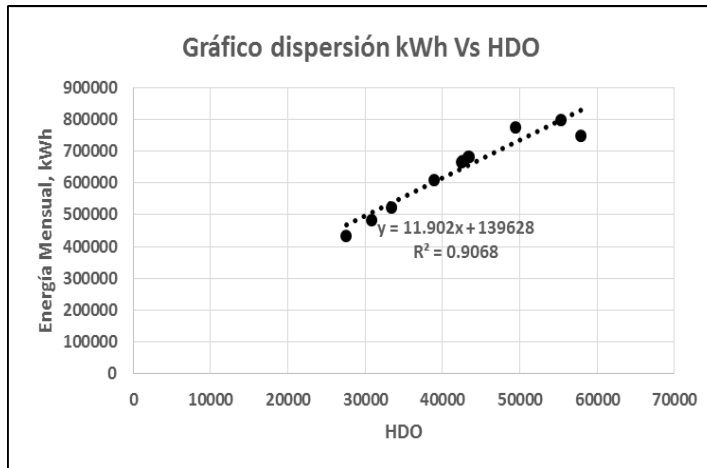


Fig. 8. Diagrama de dispersión de las HDO_{equiv.} Vs kWh_{mes.} Hotel Playa Pesquero.

La Tabla 3 compara los coeficientes R^2 antes y después de aplicar el método, notándose las mejoras significativas en el mismo, lo cual indica una mejor aproximación del modelo obtenido con una menor desviación estándar.

Tabla 3. Coeficientes de determinación corregidos entre el consumo de energía eléctrica (kWh) y la ocupación (HDO_{equiv.}).

Hoteles	Coeficiente de Determinación R^2 . kWh/HDO	Coeficiente de Determinación Corregido R^2 kWh-HDO _{equiv.}
Blau Costa Verde	0.430	0.814
Costa Verde	0.019	0.849
Playa Pesquero	0.512	0.906

Por su parte, la Tabla 4 permite apreciar el cambio obtenido en el valor del índice energético promedio, considerando las HDO y HDO_{equiv.}. Nótese que los valores de las desviaciones estándar S_x , y el error de la regresión lineal E_r se reducen considerablemente.

Tabla 4. Evolución del Índice Energético antes y después de la aplicación del método.

Hoteles	kWh/HDO			kWh/HDO _{equiv.}		
	I_{energ}	S_x	$E_R \times 10^3$	I_{energ}	S_x	$E_R \times 10^3$
Blau C.V	44,48	20,32	14,3	11,62	1,47	7,98
Costa V.	55,48	22,98	28,9	15,46	0,55	11,34
Playa P.	43,51	11,93	87,7	15,33	0,89	38,35

Al comparar los resultados obtenidos con la aplicación de las HDO_{equiv} con respecto a los valores que normalmente se obtienen de la forma tradicional de calcular el I_{energ} , se aprecia una mejora significativa de los parámetros estadísticos.

Así mismo, los resultados obtenidos son superiores a los resultados obtenidos mediante la utilización de los factores de carga, temperatura y servicios descritos en [1], el cual permite un coeficiente de determinación del 74 % en los casos allí estudiados.

Tomando como ejemplo el hotel Blau Costa Verde, de la cadena Gaviota, su I_{energ} varía desde 44,48 kWh/hab a 11,62 kWh/hab, valor que difiere marcadamente con los datos históricos. Esta variación se explica porque el I_{energ} histórico se calcula considerando que toda la energía eléctrica de la instalación hotelera es consumida por las habitaciones físicas, lo cual no ocurre así.

El valor corregido del I_{energ} nos da una mejor aproximación al consumo promedio por habitación, al considerar que el resto de las cargas eléctricas que no son parte de las habitaciones físicas se comportan como habitaciones virtuales.

Los datos estadísticos del valor corregido del I_{energ} indican un mejor desempeño al arrojar una desviación estándar de 1,47 kWh/hab respecto a la desviación estándar histórica de 20,32 kWh/hab para este hotel.

Por otra parte, el nuevo modelo de regresión obtenido nos da un menor error típico de regresión, 7,98 kWh frente al anterior de 14,30 kWh, lo que nos permite estimar con mejor aproximación los consumos futuros.

4. Conclusiones

El análisis de los modelos de regresión lineal que se obtienen demuestran que no existe una adecuada correlación entre ambas variables, dado que los tres hoteles estudiados nos dan un coeficiente de determinación de 43 %, 1,9 % y 51,2 %, respectivamente, valores muy por debajo del criterio estadístico para aceptar que los modelos explican el comportamiento de los consumos de energía eléctrica. Los coeficientes de correlación que se obtienen a partir de los coeficientes de determinación anteriores, 65,57 %, 13,78 % y 71,55 %, tampoco indican una adecuada correlación entre las variables. Este comportamiento es debido a que solo se tiene en cuenta las habitaciones físicas diarias ocupadas sin considerar los otros consumidores que no están relacionados con la ocupación de manera directa y que sí tienen una influencia marcada sobre el consumo de energía.

Con la variable “habitaciones diarias ocupadas equivalentes” HDO_{equiv} se logró referir el consumo de energía del resto de los locales al consumo de energía de las habitaciones, por lo que el peso cuantitativo de HDO_{equiv} se incrementa y se eleva su relación estadística con el parámetro energía consumida EC. La corrección anterior permite obtener valores de índices energéticos más adecuados, 81,4 %, 84,9 % y 90,6 %, así como coeficientes de correlación de 90,22 %, 92,14 % y 95,18 % respectivamente.

Estos valores sí caracterizan la efectividad de la gestión energética realizada durante

la explotación del hotel. Además facilita identificar, con mayor efectividad, las áreas más consumidoras de la energía eléctrica y sobre ellas establecer medidas de ahorro eficaces. Finalmente, se incrementa la confiabilidad de los datos estadísticos que pueden utilizarse para hacer planes predictivos del consumo de energía eléctrica.

Referencias

- [1] Cabrera, O., Borroto, A., Monteagudo, J., Pérez, C., Campbell, H.: Indicadores de Eficiencia Energética en Hoteles Turísticos en Cuba. *Retos Turísticos*. 3 (2), 137 (2004). <http://revistas.mes.edu.cu:9900/eduniv/03-Revistas-Cientificas/Retos-Turísticos/2004/2/41104203.pdf>
- [2] Hendrikx, N.: *Power Quality & utilization Guide*. European Copper Institute, London (2008). <http://www.leonardo-energy.org>.
- [3] Cabrera, O., Pérez, Y.: Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano. *Scientia et Technical*, 29, 169 1 174 (2004).
- [4] Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P.: *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A., México D.F. (2010). ISBN: 978-607-15-0291-9.
- [5] *Indicadores Energéticos del Hotel Playa Pesquero*. Complejo Turístico Rafael Freyre; Holguín (2006)
- [6] *Indicadores Energéticos del Hotel Blau Costa Verde*. Complejo Turístico Rafael Freyre, Holguín (2006)
- [7] *Indicadores Energéticos del Hotel Playa Costa Verde*. Complejo Turístico Rafael Freyre, Holguín (2006).
- [8] Norma Cubana, NC-45:1999. Bases para el Diseño y Construcción de Inversiones Turísticas. Requisitos de Electronérgica.
- [9] Comisión Nacional para el Uso eficiente de la Energía. Oportunidades de Ahorro de Energía en Sistema de Aires Acondicionados de Hoteles. CONUE (2004). <http://www.conae.gob.mx/wb>.