



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
"CAMILO CIENFUEGOS"
FACULTAD DE INGENIERIAS QUÍMICA – MECANICA.**

MONOGRAFÍA

**INFLUENCIA DEL CLIMA Y EL NIVEL DE OCUPACIÓN
SOBRE EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE UN
HOTEL CINCO ESTRELLAS.**

MSc. Juan Landa García
Centro de Estudio de Combustión y Energía.

Noviembre, 2007

Influencia del clima y el nivel de ocupación sobre el comportamiento energético de un Hotel Cinco Estrellas.

Autor: Ing. Juan Landa García, MSc

Profesor Auxiliar

Grupo de Investigación de Eficiencia Energética

Centro de Estudios de Combustión y Energía

Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

Km 3 y ½ Carretera de Varadero, Ciudad de Matanzas, Matanzas, Cuba

juan.landa@umcc.cu

RESUMEN.

Este trabajo se refiere al análisis realizado para establecer la influencia del número de habitaciones ocupadas por día y del clima, expresado a través de la temperatura, sobre el consumo de energía eléctrica y el índice $\frac{\text{consumo de energía eléctrica}}{\text{habitaciones ocupadas por un día}} \left(\frac{kWh}{HO} \right)$ de un hotel

Cinco Estrellas con sistema de climatización centralizado utilizando datos promedios mensuales de los parámetros meteorológicos y del índice y el total de consumo mensual de energía eléctrica y habitaciones ocupadas por un día. Como resultado, después de la aplicación del método de regresión múltiple, se concluye que la relación existente entre estas variables es no lineal, que el clima y el nivel de ocupación influyen tanto sobre el consumo como sobre su índice y que el número de habitaciones ocupadas por un día en hoteles con sistema de climatización centralizado influye en mayor medida sobre el consumo de energía eléctrica y el índice de consumo que en un hotel con climatización individual, obteniéndose además los modelos de regresión entre estos parámetros para un año.

PALABRAS CLAVE: Turismo, hoteles, consumo, índices de consumo, energía eléctrica, modelos matemáticos, correlación e índices energéticos.

ABSTRACT.

This work refers to an analysis about the influence of the number of rooms used daily and the weather expressed to temperature on consumption of electrical energy and the index of electrical energy kWh/HDO in a hotel installation with acclimatized central system, using monthly average date of meteorological parameters and of index and total consumption of electrical energy, as a result, after putting into practice the multilane regression method, it is concluded that the relation between this parameters is no lineal, the weather and the occupational level influence about the consumption and this index according to the analysis made to data of forth years of exploitation

of this installation and that the number of rooms used daily in hotel with acclimatized central system is more influence that in hotels with individual acclimatized system about consumption energy and his index, and the obtaining of the regression models between this parameters in two years.

KEY WORDS: tourism, hotels, consumption, consumption index, mathematical models, correlation, electrical power and energetic index.

Introducción.

En trabajo anterior (Landa y Pelladito, 2004) se mostró que al estudiar la influencia del clima y el nivel de ocupación de una instalación hotelera con sistema de climatización individual sobre su consumo de energía eléctrica, utilizando datos de consumo total y el número de habitaciones ocupadas por un día en un mes y el método de correlación lineal múltiple para las variables independientes con exponente 1, se obtuvo que la influencia del clima es expresada por la temperatura de bulbo seco y que el nivel de ocupación del hotel no influye sobre los resultados. Resultado similar ha sido reportado en Cuba en otras instalaciones turísticas (Colectivo de autores del CEEMA, 2002) proponiendo para lograr una correlación adecuada entre el consumo y el nivel de ocupación de la instalación el concepto de habitación día ocupada equivalente. Al aplicar el método de correlación múltiple (Landa, 2006) se obtuvo que es posible apreciar la influencia del número total de habitaciones ocupadas por un día en un mes utilizando variables que sean el producto o potencias de la variable habitaciones ocupadas y las variables climatológicas, lo cual permite obtener modelos que representan en mayor medida la correlación existente entre estas variables, lo cual ha sido planteado por diferentes autores sin llegar a reportar ninguna relación matemática adecuada como (González Rodríguez, Rigoberto. 1996), (Cabrera Gorrín, Osmel. 2003), (Cardero Corría, G. 2004), (Montelíer y otros, 2005) quien cita a Pindado (Pindado, 1998) de acuerdo a la información disponible. En trabajo anterior (Landa, 2006) se reporta el modelo de regresión del índice de consumo de energía eléctrica con los parámetros climatológicos y habitacionales para la instalación con climatización individual de los locales con datos mensuales utilizada en los análisis realizados en los trabajos anteriormente citados en que participa el autor. Utilizando datos diarios de consumo de energía eléctrica, número total de habitaciones ocupadas y temperaturas de bulbo seco promedio (Landa y Fernández, 2004) demuestran que existe una correlación adecuada entre el consumo diario de energía eléctrica con los citados parámetros y que en el caso estudiado la correlación no mejora al hacerse el análisis solo para un bloque de habitaciones. Teniendo en cuenta los anteriores antecedentes en este trabajo se pretende dar cumplimiento al siguiente objetivo **establecer la influencia del clima, expresado a través de la temperatura, y del nivel de ocupación del**

hotel sobre el consumo y el índice de consumo de energía eléctrica en una instalación turística Cinco Estrellas con sistema de climatización centralizado.

Materiales y métodos.

Se utilizaron datos de temperatura de bulbo seco promedio mensual T , del total de habitaciones ocupadas por un día durante el mes HO , del consumo de energía eléctrica total consumida en el mes E y del índice de consumo de energía eléctrica promedio mensual Ie de cuatro años, correlacionándose los datos correspondientes a un año fiscal, de forma que se evite en lo posible el efecto que sobre la correlación ejercen otras variables como el cambio de tecnología del equipamiento de la instalación, lo cual provocaría una dispersión no explicada por las variables climatológicas y el nivel de ocupación del hotel.

Se utilizaron las técnicas de obtención de modelos por regresión matemática.

Para establecer el efecto individual de la T y de HO sobre E e Ie se ajustan modelos de una sola variable.

Para obtener la influencia de las dos variables sobre E e Ie se aplicaron los principios de regresión lineal múltiple, por lo que se conformaron, a partir de las variables independientes T y HO , nuevas variables obtenidas como el producto entre estas elevadas a algún exponente en la forma $HO^n * T^m$, donde los exponentes n y m varían entre 0 y 4, de forma que se exprese el posible efecto combinado de estas variables sobre E e Ie , como se ejemplifica a continuación:

$$HO2 = HO^2, HO3 = HO^3, HOT = HO * T, HO2T4 = HO^2 * T^4, T2 = T^2, T3 = T^3, \text{ etc.}$$

Se establecieron relaciones funcionales cuya forma más general para este tipo de análisis es:

$$E = f_1(T, \dots, T4, HO, \dots, HO4, HOT, \dots, HOT4, \dots, HO4T, \dots, HO4T4)$$

$$Ie = f_2(T, \dots, T4, HO, \dots, HO4, HOT, \dots, HOT4, \dots, HO4T, \dots, HO4T4)$$

Nota: En el caso de datos mensuales no puede incluirse todas las variables especificadas pues solo se dispone de 12 juegos de valores en cada año.

Se ajustaron los modelos de regresión utilizando el software Statgraphics Versión 5.0. Si los coeficientes de algunas de las variables no fuesen significativos al expresar la influencia de una variable dada (T , HO o $HO^n * T^m$) sobre E o Ie , para lo cual se utilizó como valor crítico una probabilidad de rechazo del coeficiente mayor o igual al 10 %, se aplicó el método de regresión paso a paso a través de las opciones Forward Selection y Backward Selection de dicho software.

Se determinó el error de ajuste (divergencia) E_i de los modelos a cada uno de los juegos de datos (HO , T , E) y (HO , T , Ie), seleccionándose aquellos modelos que presentan mejores parámetros estadísticos y menor error de ajuste.

La divergencia E_i entre los valores de E y Ie , obtenidos al evaluar el modelo correspondiente para los valores de HO y T y los valores de estos parámetros medidos, se calcula como:

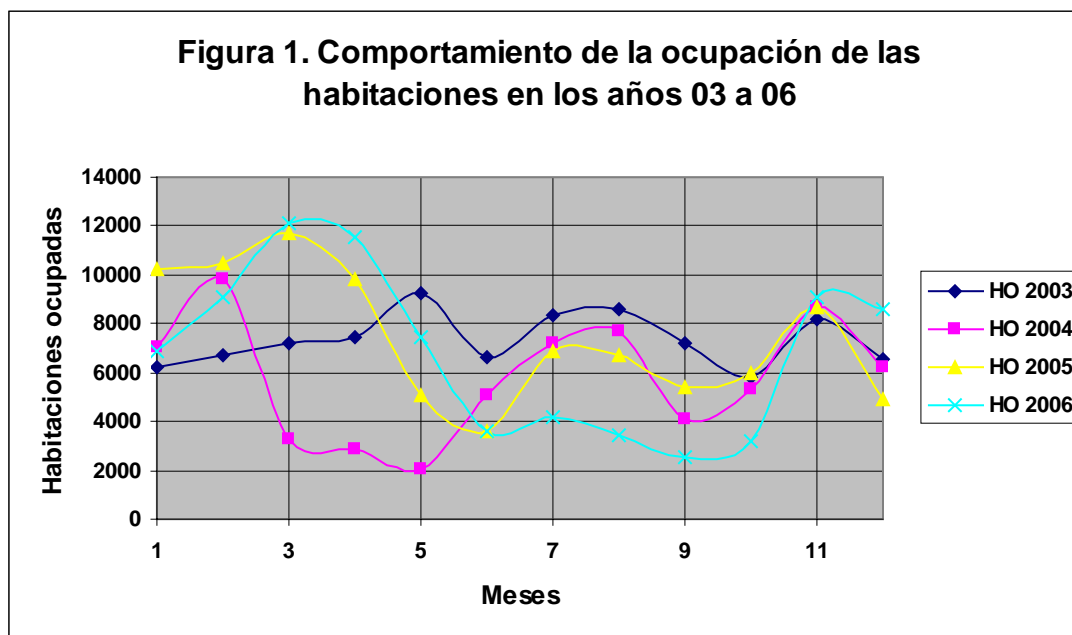
$$E_i = \frac{|y_{dato} - y_{modelo}|}{y_{dato}} * 100$$

Donde y_{dato} y y_{modelo} son los valores de consumo de energía eléctrica o de su índice de consumo correspondiente a cada mes, real o calculado a través del modelo obtenido, respectivamente.

En caso de que la relación funcional fijada inicialmente no permita obtener un modelo con un error aceptable a juicio del analista se propondrá una nueva relación funcional y se repetirá el procedimiento, hasta que se obtenga un modelo adecuado.

Comportamiento de los consumos e índices de consumo de energía eléctrica.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento del número de las habitaciones ocupadas por un día mensualmente durante los años 2003 a 2006. Se observa que durante el año 2003 la ocupación se mantuvo en forma más estable que en el resto de los años, siendo en invierno la ocupación promedio la menor de las dos épocas del año, debiendo precisarse además que no alcanzó valores que indiquen un alto nivel de explotación de la instalación como ocurre en los meses de Febrero a Abril del año 2006. Se observa que en los meses de Marzo a Mayo del año 2004 y Junio a Octubre del año 2006 el nivel de ocupación fue muy bajo, lo que también ocurrió en el mes de Junio del año 2005. En general puede establecerse que el nivel de ocupación no depende de la época del año para el tipo de turista que ocupa comúnmente la instalación, ya que tanto en invierno como en verano la ocupación puede ser alta o baja, por lo que no se cumple con el criterio generalizado en el sector de que en los meses de invierno existe un período de alza turística, o sea, un alto % de ocupación de la instalación.



Se observa en la Figura 2 que en los meses de mayor temperatura del año 2003, Mayo a Septiembre, el consumo de energía creció en forma notable, siendo el valor de este incremento muy superior al crecimiento del nivel de ocupación del hotel, lo que se debe a las altas temperaturas existentes en ese período. En el mes de Mayo de dicho año el número de habitaciones ocupadas fue el mayor del año, sin embargo el consumo de energía eléctrica es un 14 % menor que el del mes de Septiembre, lo que pone de manifiesto la influencia del clima, y en especial de la temperatura sobre el consumo de energía eléctrica, lo cual se ha demostrado anteriormente para instalaciones con climatización individual (Landa y Pelladito, 2004), (Pelladito, J L, Landa J y Roque C, 2005), (Landa y Fernández, 2004), (Fernández, 2004), (Landa, 2006). Debe destacarse que en el mes de Febrero del año 2006, el nivel de ocupación fue el más alto de este año y de los cuatro años estudiados (ver Figura 1) y, sin embargo, el consumo fue bajo, mientras que en los meses de verano donde la ocupación fue muy baja (ver Figura 1) el consumo fue superior al de este mes, debiendo resaltarse que en los meses de Junio a Agosto el consumo fue superior en más de un 25 % al mes de Febrero e incluso fue superior en los meses de Septiembre y Octubre en que la ocupación fue mucho menor, por lo que puede comprenderse con facilidad el comportamiento del índice de consumo de este año (ver Figura 3) donde se aprecia que en los meses entre Julio y Septiembre los índices de consumo fueron muy superiores a otros valores de este año, presentando un máximo en el mes de Septiembre, donde la ocupación fue la menor del año. Del anterior análisis puede concluirse que el consumo y los índices de consumo de energía eléctrica están relacionados físicamente con las condiciones climatológicas y con el nivel de ocupación del hotel como ya ha sido demostrado en instalaciones turísticas tres estrellas (Landa y Pelladito, 2004), (Pelladito, J L, Landa J y Roque C, 2005), (Landa, 2006). Al analizarse los datos del año 2003 se aprecia que en este año el comportamiento del índice de consumo de energía eléctrica muestra mayor estabilidad que en el resto de los años analizados, pero, como era de esperar de acuerdo al análisis anterior, en los meses de mayor temperatura el índice alcanza un mayor valor (ver Figura 3) pese a ser el nivel de ocupación elevado (meses de Julio a Octubre).

Figura 2. Comportamiento del consumo de electricidad mensual entre los años 03 y 06

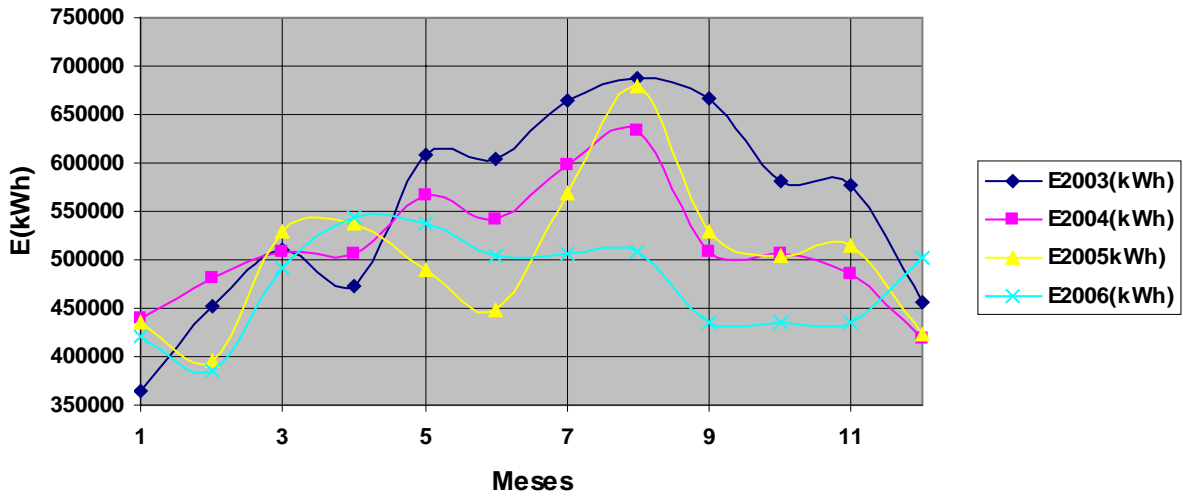
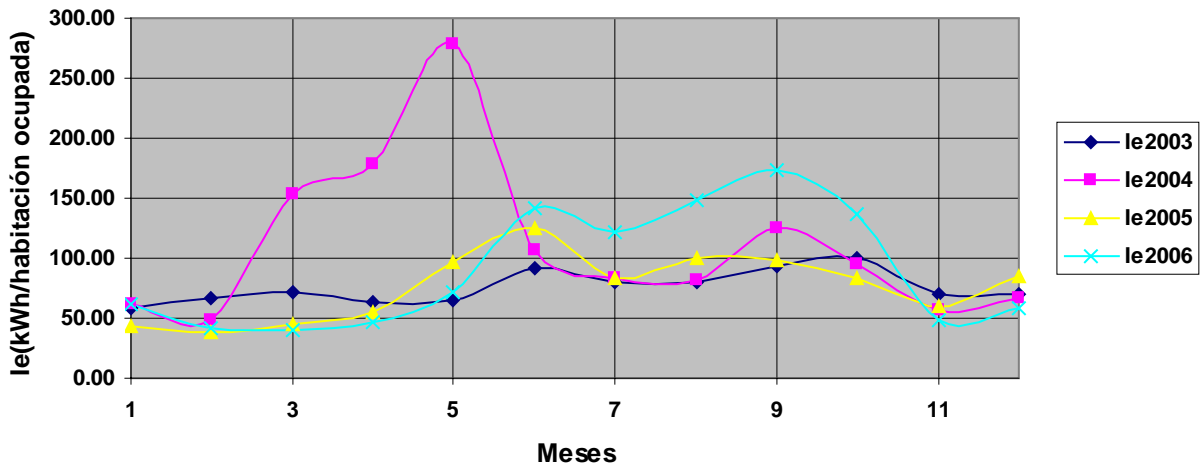


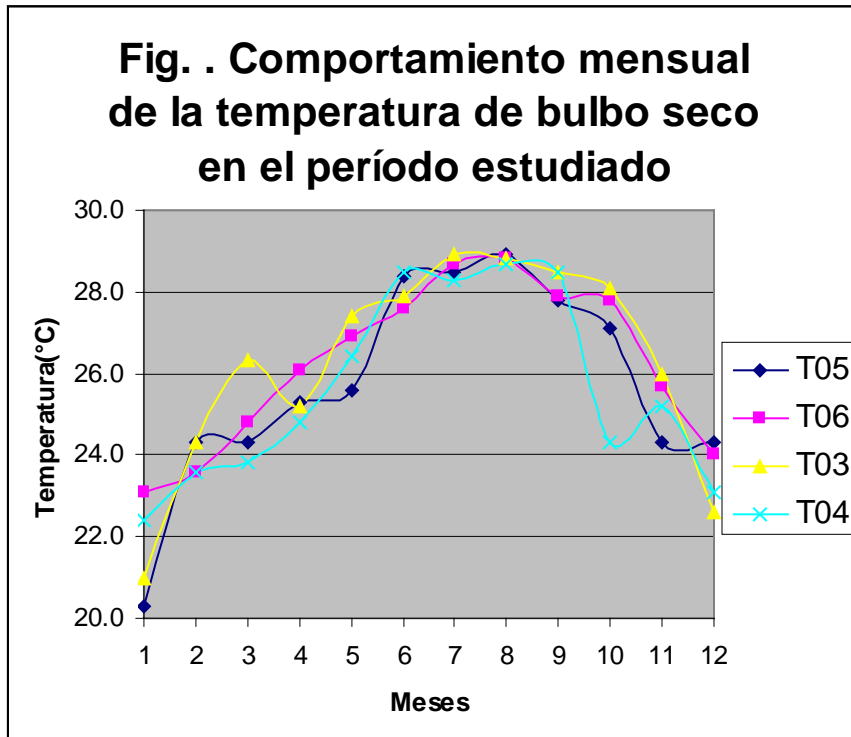
Figura 3. Comportamiento del índice de consumo de energía eléctrica por habitación ocupada entre los años 03 y 06



Incluir Figura con las temperaturas

Alerta "Programa 98-04 Datos meteorológicos

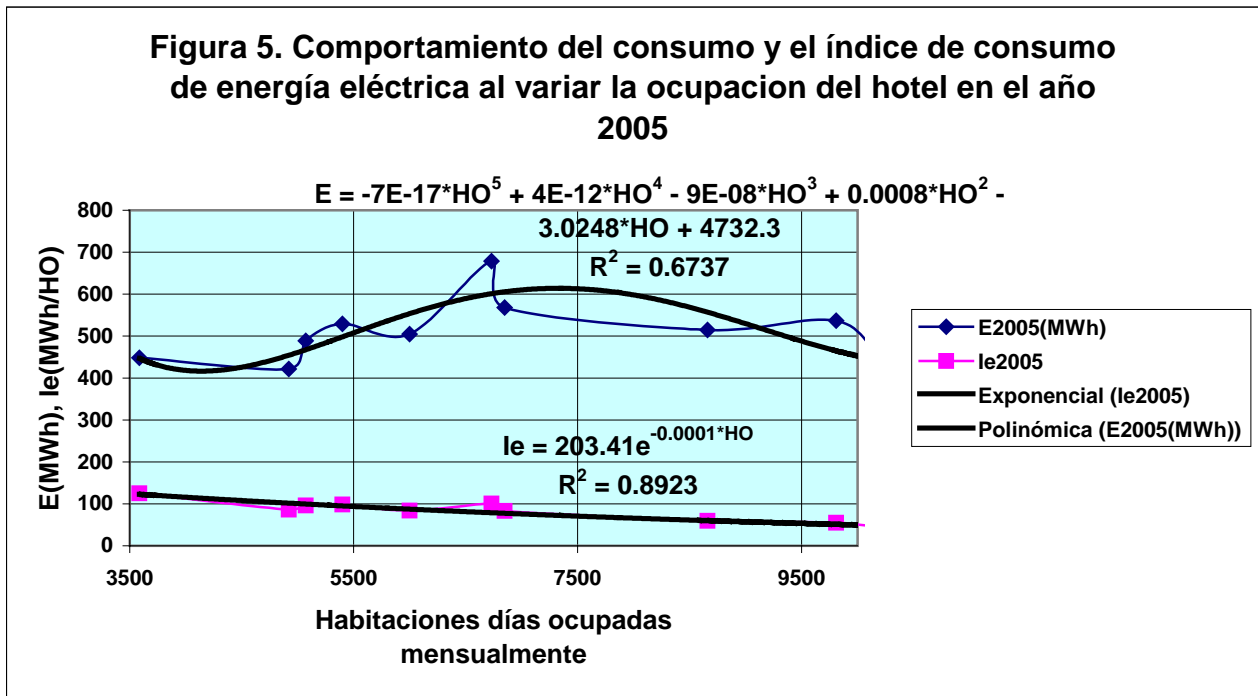
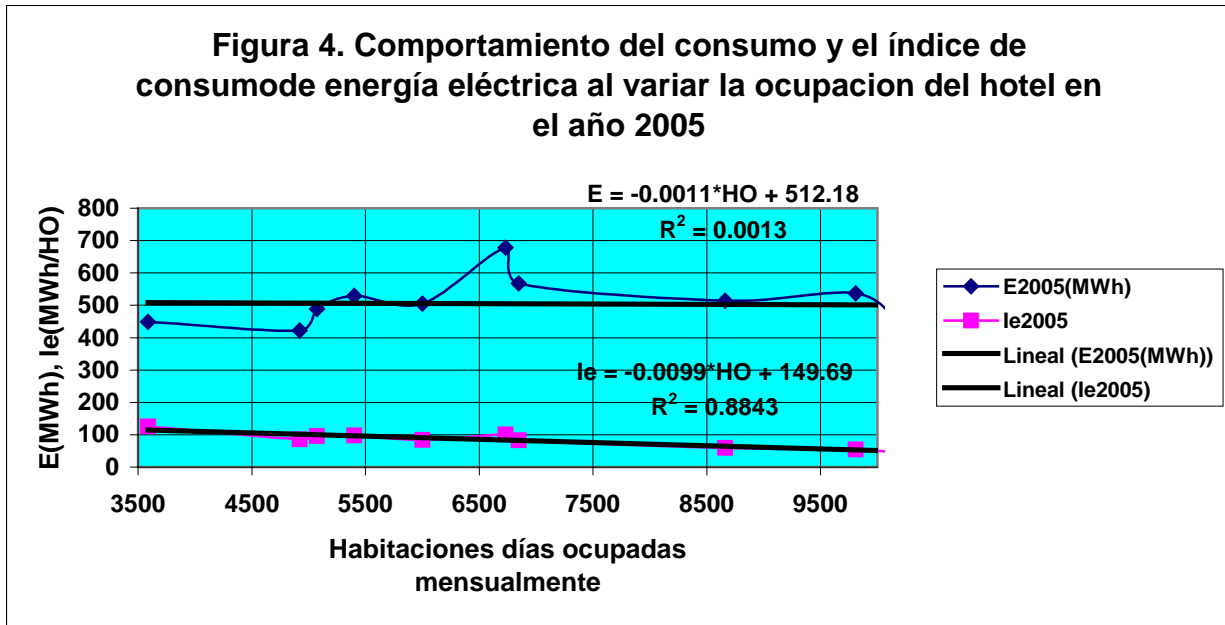
Varadero modificado Grafico Temp" en Excel



Modelos de influencia individual de las habitaciones ocupadas por día sobre el consumo E y el índice de consumo Ie de energía eléctrica.

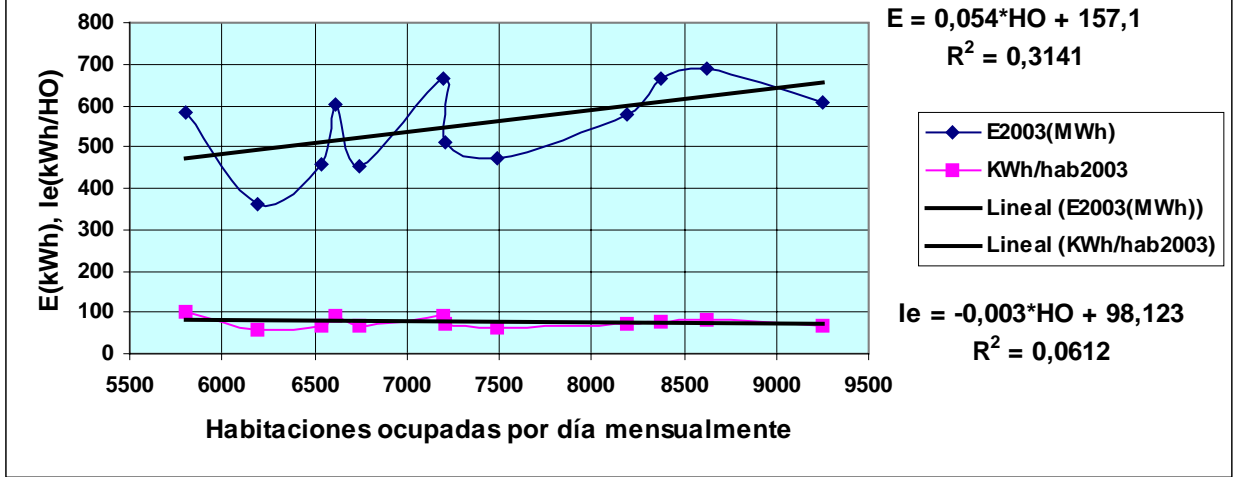
Con la finalidad de establecer la posible relación matemática entre el consumo y el índice de consumo de energía eléctrica con el número de habitaciones ocupadas por un día durante un mes HO se obtuvieron los modelos de regresión entre estos parámetros para cada uno de los años estudiados, de forma de evitar una posible dispersión adicional que introduzca alguna posible modificación en la tecnología instalada. En las Figuras 4 y 5 se muestran modelos del año 2005 utilizando la herramienta gráfica del Software Microsoft Excel. En la Figura 4 se observa que no existe correlación lineal entre el consumo y las habitaciones ocupadas ya que el coeficiente de regresión es muy bajo, por lo que no existe un valor del índice kWh/HO que represente el comportamiento energético de la instalación, lo cual concuerda con lo reportado por (CEEMA, 2002) y coincide con los resultados de hoteles Tres Estrellas ya citados (Landa, 2006). Sin embargo, el modelo lineal de regresión del índice de consumo con las habitaciones ocupadas muestra un valor del coeficiente R^2 adecuado ($R^2=0.8843$), lo que indica que puede ser aceptada la sugerencia de que existe un comportamiento lineal del índice de consumo con la variación del nivel ocupacional. En la Figura 5 se muestran los mejores modelos de regresión obtenidos para el consumo y el índice de consumo en el año 2005, siendo para el caso del modelo de consumo contra habitaciones ocupadas un polinomio de orden 5 con coeficiente $R^2 = 0.6737$ por lo que no puede descartarse la existencia de correlación entre estas variables o de otra forma que la variación de HO explique el cambio del consumo, mientras que en el caso del modelo de índice de consumo contra habitaciones ocupadas se obtiene un modelo exponencial con $R^2 = 0.8923$ de

mayor calidad aún que el modelo lineal representado en la Figura 4 y que es relativamente simple.



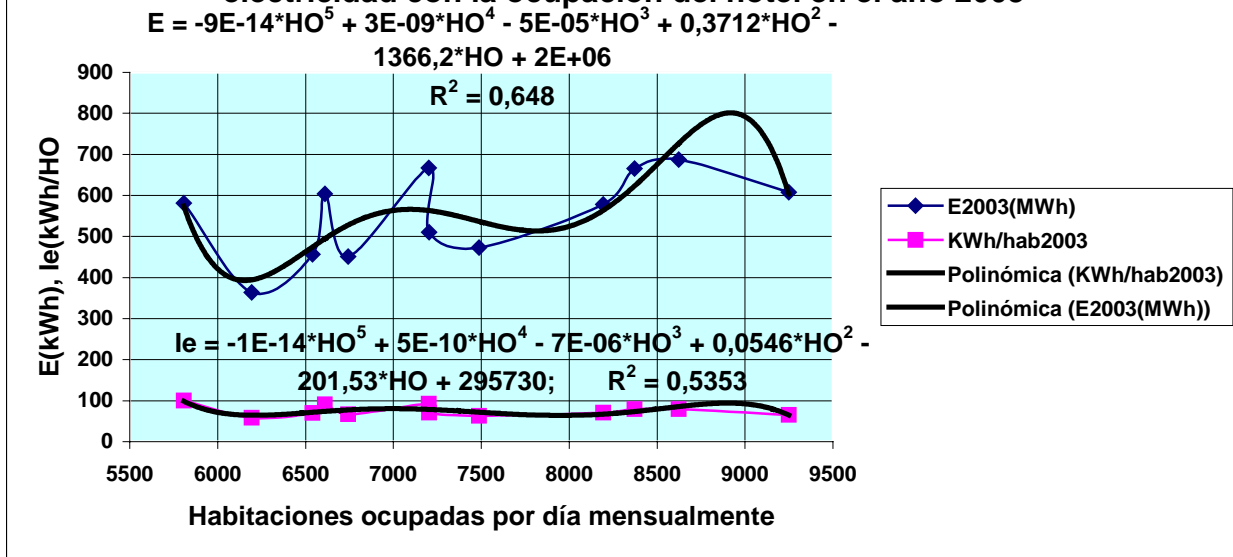
En las Figuras 6 y 7 se muestra el comportamiento del consumo y el índice de consumo al variar el número de habitaciones ocupadas por día en un mes para el año 2003. En la Figura 6 se observa que no existe correlación lineal entre el consumo y las habitaciones ocupadas al igual que ocurre en el año 2005 por lo que tampoco puede obtenerse un valor del índice de consumo que caracterice el comportamiento energético de la instalación, sin embargo, a diferencia del caso anterior, no existe correlación lineal entre el índice Ie y las habitaciones ocupadas HO.

Figura 6. Variación del consumo y del índice de consumo de electricidad con la ocupación del hotel en el año 2003



En la Figura 7 se aprecia que existe correlación entre estas variables en el año 2003 al ser ajustado un polinomio de quinto orden, aunque no es suficiente el número de habitaciones ocupadas por un día mensualmente para explicar la dispersión tanto del consumo como del índice de consumo de energía eléctrica. Debe señalarse que en sistemas de climatización individual no se alcanzaron resultados tan notables de influencia de las habitaciones ocupadas sobre los parámetros E e I_e .

Figura 7. Variación del consumo y del índice de consumo de electricidad con la ocupación del hotel en el año 2003



En la Tabla 1 se muestran los modelos para los años 2004 y 2006 donde se reafirman los resultados anteriores, donde queda claro que no existe un valor del índice de consumo que caracterice el comportamiento energético de la instalación por los bajos valores del coeficiente

R^2 de los modelos lineales obtenidos que expresan la relación entre E y HO y que no existe en el caso de la instalación estudiada un tipo de modelo que caracterice la relación existente entre el consumo y el índice de consumo de energía eléctrica con el número de habitaciones ocupadas por día mensualmente, pues el mejor modelo en un año dado puede ser de tipo polinómico, potencial o exponencial. En estos años los valores del coeficiente R^2 para los modelos de consumo vs habitaciones ocupadas son muy bajos lo que indica que la dispersión provocada por otros parámetros es superior, existiendo otras variables, presumiblemente climatológicas, que influyen en mayor medida sobre el consumo de energía eléctrica en estos años. En cuanto al índice de consumo este (su dispersión) puede ser expresado fundamentalmente en función del número de habitaciones ocupadas por día mensualmente lo que es indicado por los altos valores del coeficiente R^2 que se han obtenido, como se muestra en la Tabla 1 para el año 2004 y 2006, en el año 2005 hay poco margen a otras variables, ver Figura 4 y 5, siendo excepción el año 2003 donde el coeficiente R^2 es bajo en los mejores modelos obtenidos, aunque superior a 0,5.

Tabla 1. Influencia del numero de habitaciones ocupadas por un día en un mes sobre el consumo e índice de consumo de energía eléctrica.

Año	Modelo	R^2	E máx. (%)	E medio (%)
2006	$E = 0,0018*HO + 463,21$	0,0142	24.76	9.45
	$E = -9E-17*HO^5 + 3E-12*HO^4 - 4E-08*HO^3 + 0,0002*HO^2 - 0,4541*HO + 751,43$	0,3207		
	$Ie = -0.0137*HO + 183.86$	0.8812	57.14	22.74
	$Ie = 230,35e^{-0,0002*HO}$	0,9229		
	$Ie = 406973*HO^{-0,9828}$	0,9611	23.84	9.50
2004	$E = -0,0027*HO + 531,54$	0,0111	23.15	8.80
	$EMWh = 1/(0.00205755 - 0.442766/HO)$	0.049	21.08	7.94
	$E = -1E-16*HO^5 + 3E-12*HO^4 - 3E-08*HO^3 + 0,0001*HO^2 - 0,3479*HO + 908,59$	0,1593	20.52	8.21
	$Ie = -8.09928 + 559206.0/HO$	0.9762	21.72	8.27
	$Ie = 722247*HO^{-1,04}$	0,9483	20.3	7.20
	$Ie = -8E-17*HO^5 + 3E-12*HO^4 - 3E-08*HO^3 + 0.0002*HO^2 - 0.6898*HO + 1040.1$	0.9829	21.173	8.469
	$Ie = 2695.06-2.9376*HO + 0.0013969*HO^2-3.45293E-7*HO^3 + 4.61786E-11*HO^4-3.16381E-15*HO^5 + 8.69416E-20*HO^6$	99.028	18.71	6.22

Nota: el polinomio de Ie de sexto orden solo tiene un punto con error superior al 10% (18.71%).

Los datos que permitieron obtener los modelos del año 2004 aparecen sintetizados en la Tabla 2 y expresan el rango en que son válidos.

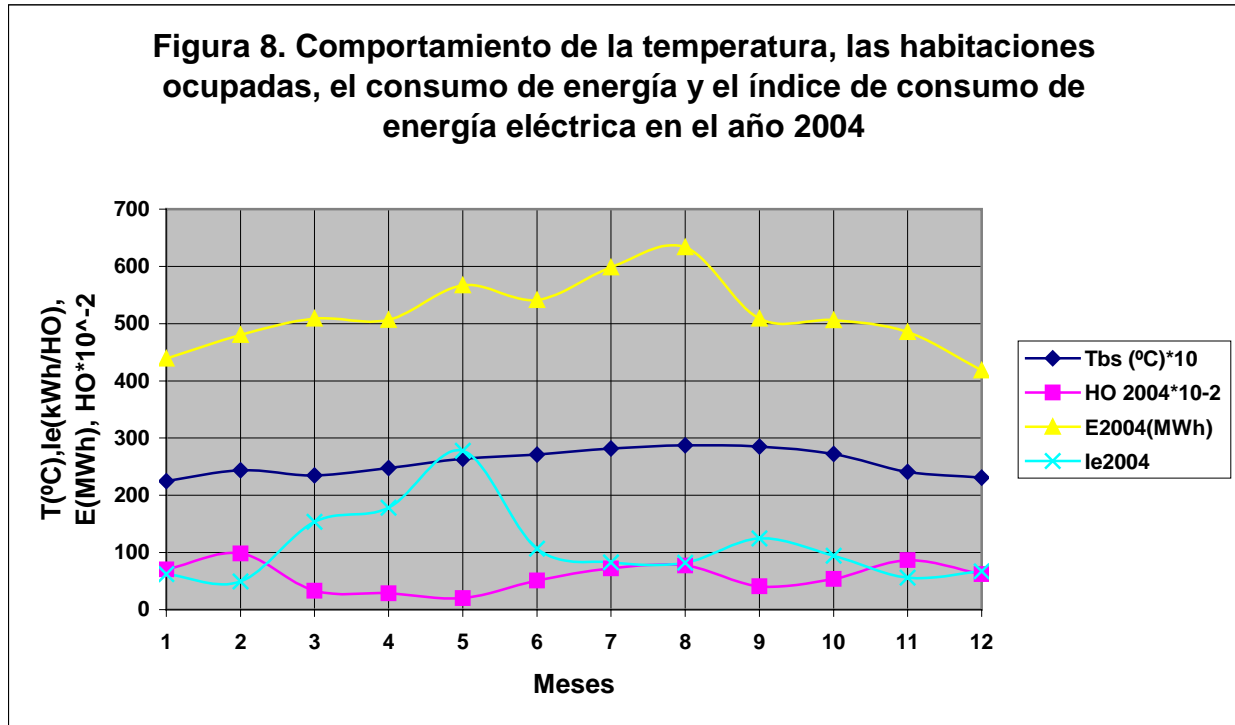
Tabla 2. Breve caracterización de los valores de los parámetros de los modelos del año

2004.				
Parámetro	Mínimo	Máximo	Medio	
T(°C)	22.4	28.7	25.697	
OH	2039.0	9817.0	5780.17	
E(MWh)	418.11	633.459	516.027	
Ie(kWh/HO)	48.9263	277.985	111.284	

Modelos de influencia individual de la temperatura de bulbo seco sobre el consumo E y el índice de consumo Ie de energía eléctrica para el año 2004.

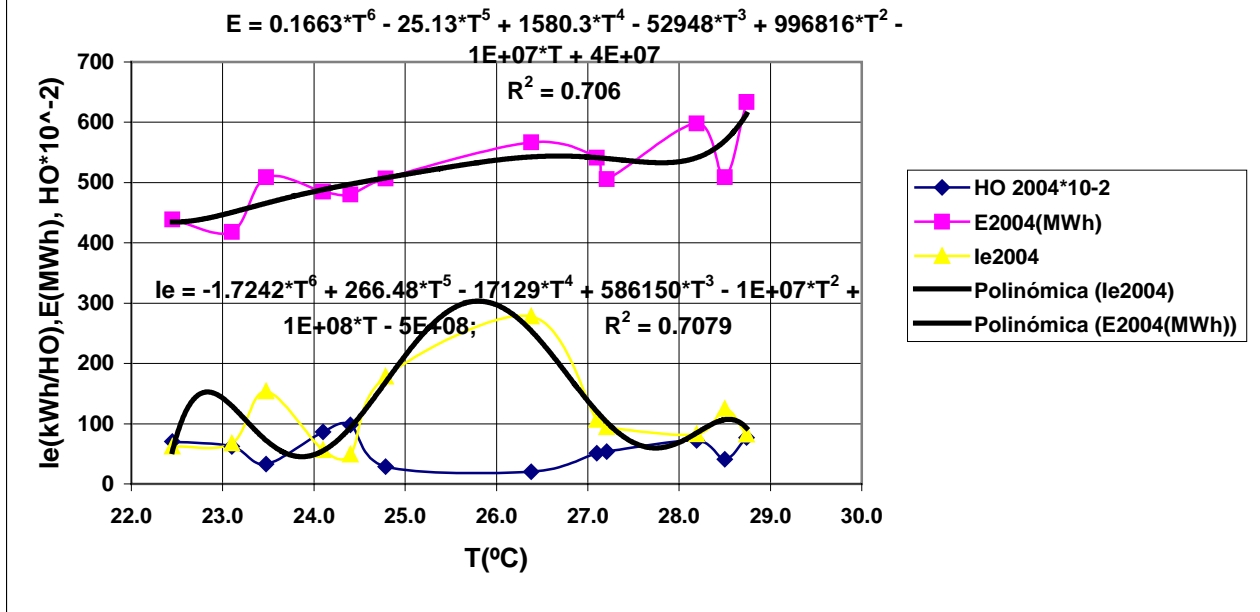
En la Figura 8 se representa la variación de la temperatura de bulbo seco, el número de habitaciones ocupadas por un día, el consumo de energía eléctrica y el índice de consumo a lo largo del año 2004. Se observa que en los meses de verano, donde la temperatura es mayor, se incrementa el consumo, con una variación de pocos grados en la temperatura, de 24.4 °C con 9817 habitaciones ocupadas en Febrero, a 28.7 °C y 7717 habitaciones ocupadas en Agosto, se ha incrementado el consumo de 480.039 a 633.459 MWh, o sea, pese a que se reduce el número de habitaciones ocupadas por día en un mes en 2100 habitaciones (21.39 %) un incremento de la temperatura de 4.3 °C (17.62 %) provoca un incremento en el consumo de 153 MWh (31.88 %), lo que pone de manifiesto que la influencia sobre el consumo de la temperatura de bulbo seco es superior a la que ejerce la ocupación del hotel. Esto es reafirmado en la Figura 9 donde se aprecia que en la medida que aumenta la temperatura hay una tendencia a incrementarse el consumo. Sin embargo el índice de consumo tiene una mayor dependencia de la ocupación del hotel, lo cual se aprecia en la Figura 8, lo cual puede ser precisado con el siguiente ejemplo, en el mes de Mayo, el cual tiene un valor de temperatura intermedia en el rango de temperaturas reportado pero con el nivel de ocupación más bajo del año se obtiene el mayor valor del índice de consumo, sin embargo en meses de menor temperatura como Marzo y Abril, con niveles de ocupación similares, aunque ligeramente mayores, el valor del índice se reduce notablemente, lo que indica que la influencia de la temperatura y la ocupación sobre el índice de consumo es muy compleja, lo cual puede comprenderse si se observan los resultados del análisis de regresión mostrados en la figura 9, donde se muestran los mejores modelos obtenidos de la influencia individual de la temperatura en este año y se aprecia que la relación entre el consumo y el índice de consumo de energía eléctrica con la temperatura en el año 2004 es mejor expresada por polinomios de orden 6 con coeficiente R^2 superiores a 0.7, lo que indica sin lugar a dudas la existencia de correlación matemática entre estos parámetros. En el caso del consumo de electricidad este se incrementa al aumentar la temperatura, lo cual ha sido reportado en sistemas de acondicionamiento de aire individual (Landa, 2006), pero en este caso los coeficientes R^2 son

bastante menores (en no menos de 0,2), lo que indica la posibilidad de una mayor incidencia sobre el consumo de otros factores como pueden ser las habitaciones ocupadas por un día. En el caso del índice de consumo este toma un valor máximo a los valores de temperatura intermedias, lo cual solo es explicable por la incidencia de otros factores, lo cual puede ser apreciado en la Tabla 2.



Si se comparan los valores de los coeficientes R^2 de los modelos de regresión matemática del consumo de energía eléctrica del año 2004 de la Tabla 1 con los de la Figura 9 se observa que los primeros modelos no expresan relación individual entre el consumo y las habitaciones ocupadas mientras que los de la Figura 9 plantean que no se puede obviar la influencia de la temperatura sobre el consumo y permiten reafirmar lo planteado anteriormente sobre la gran influencia que ejerce la temperatura sobre el consumo, aunque hay un margen en estos últimos modelos que indica que otras variables pueden expresar la dispersión de estos parámetros.

Figura 9. Comportamiento de las habitaciones ocupadas, el consumo de energía y el índice de consumo de energía eléctrica en el año 2004



Modelos de regresión múltiple no lineales con interacción entre las variables independientes para el año 2004.

Utilizando relaciones entre las variables independientes (T y HO) y las dependientes (E e Ie) que permitan valorar la influencia individual de la temperatura y de las habitaciones ocupadas y de la interacción entre las mismas de diferente tipo, ya señaladas en materiales y métodos, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 2.

Si se comparan los valores de los coeficientes R^2 de los modelos de regresión matemática del consumo de energía eléctrica con la temperatura del año 2004 (Figura 9) con los modelos de la Tabla 3, obtenidos estos últimos teniendo en cuenta la posible influencia de la temperatura de bulbo seco y las habitaciones ocupadas, se observa que el modelo del año 2004 que mejor expresa la correlación entre las variables estudiadas es el Modelo 5 de la Tabla 3 (ver Tablas 3 a y 3 b) debiendo destacarse que no presenta deficiencias estadísticas de ningún tipo y es el de menor error de ajuste a los datos, siendo de similar complejidad por el número de términos que componen la ecuación que el modelo de la Figura 9, por lo que debe ser seleccionado como el modelo a utilizar para explicar la relación entre estas variables para el año en cuestión, lo que pone en evidencia que para explicar en forma adecuada la dispersión de E hay que tener en cuenta ambas variables independientes.

Si se analizan los parámetros estadísticos y de ajuste de los modelos de consumo de energía eléctrica E de la Tabla 3 se puede apreciar que al utilizar las variables T y HO se obtienen modelos de regresión que explican con gran calidad el ajuste entre los datos como indican los valores de R^2 , de probabilidad de rechazo del modelo P, de probabilidad de rechazo de los coeficientes Pa, Pb, etc y del error máximo y medio de ajuste del modelo a los datos, por lo que sin lugar a dudas puede afirmarse que en el hotel Cinco Estrellas con climatización centralizada estudiado el consumo de energía eléctrica puede ser explicado por ambas variables, siendo el error de ajuste del mejor modelo a los datos menor que en el caso del hotel con climatización individual estudiado anteriormente (Landa y Pelladito, 2004), (Landa, 2006).

Al realizarse el análisis del mejor modelo de Índice de consumo de energía eléctrica reportado en la Tabla 3 (Modelo 4 BS) y compararlo con el mejor modelo del mismo año de la Tabla 1 se observa que este modelo es de similar complejidad y presenta un menor error de ajuste a los datos, por lo que debe ser el modelo seleccionado para explicar la dispersión de I_e , siendo su error máximo y medio solo de 7.42911 y 2.73111 respectivamente, lo que habla por si solo de la calidad del ajuste del modelo a los datos que le dieron origen. Por lo que queda claro que el índice de consumo de energía eléctrica I_e depende tanto de la temperatura de bulbo seco T como del número de habitaciones ocupadas HO

Tabla 3. Correlación matemática con Statgraphics Versión 5.0 del consumo y el índice de consumo de energía eléctrica con la temperatura y las habitaciones ocupadas por un día en un mes durante el año 2004.		
Tabla 3.a. Modelos matemáticos		
No	Modelo	P
1	$EMWh = 944.869 - 0.141851*HO - 12.613*T + 0.00377257*HOT + 6.18659E-9*HO2T2$	0.0014
1FS	$EMWh = -50.2515 + 22.0368*T$	0.0017
1BS	$EMWh = 628.407 - 0.0937349*HO + 0.00179193*HOT + 6.47548E-9*HO2T2$	0.0004
2	$EMWh = -50.2515 + 22.0368*T$; Análisis del modelo 1FS	0.0017
2FS1	$EMWh = 1/(-0.000193118 + 0.0550184/T)$ Doble recíproco	0.0012
2FS2	$EMWh = 14.6415*T^{1.09651}$	0.0014
2FS3	$EMWh = \exp(7.3374 - 28.0102/T)$; Modelo Curva S	0.0013
3	$EMWh = 24397.0 + 0.437943*HO + 9.19769E-8*HO2 + 7.67296E-9*HO2T2 - 0.0421018*HOT + 0.000886029*HOT2 - 2892.44*T + 117.345*T2 - 1.58528*T3$	0.0860
3FS	$EMWh = -50.2515 + 22.0368*T$	0.0017
3BS	$EMWh = 635.032 + 6.82873E-9*HO2T2 - 0.00565767*HOT + 0.000142776*HOT2$	0.0003
4	$I_e = 25125.2 - 0.652188*HO + 0.0000078208*HO2 + 2.50801E-8*HO2T2 + 0.0493327*HOT - 0.00121707*HOT2 - 1.00728E-9*HO3 - 2827.44*T + 106.766*T2 - 1.32106*T3$, la probabilidad de rechazo del sexto coeficiente es 0.2012 y la del resto es menor que 0.10	0.0000
4FS	$I_e = 481.635 - 0.2061*HO + 0.0000279932*HO2 - 1.27562E-9*HO3 + 3.9257*T$	0.0000
4BS	$I_e = 15358.1 + 2.67183E-8*HO2T2 + 0.00281164*HOT - 0.000341316*HOT2 - 6.44474E-10*HO3 - 1834.25*T + 73.504*T2 - 0.95788*T3$; otros coeficientes tienen p mayor que .006 y menor que 0.007	0.0001
5BS	$EMWh = 815.267 - 0.274801*HO + 0.000028779*HO2 - 1.42799E-9*HO3 + 0.0039349*HOT$	0.0007

Tabla 3.b. Parámetros estadísticos de los modelos											
No	Pa	Pb	Pc	Pd	Pe	R ²	R ² adj	F	P	E _{máx}	E _{med}
1	0.0218	0.0255	0.3533	0.1254	0.0300	89.8894	84.1119	15.56	0.0014		
1FS	0.7152	0.0017				64.318	60.7498	18.03	0.0017	13.56	5.46
1BS	0.0000	0.0001	0.0690	0.0209		88.4624	84.1358	20.45	0.0004	6.50	3.76
2	0.7152	0.0017					64.318	18.03	0.0017		
2FS1	0.6992	0.0012					66.5066	19.86	0.0012	13.12	5.45
2FS2	0.0081	0.0014					65.576	19.05	0.0014		
2FS3	0.0000	0.0013					65.9201	19.34	0.0013	13.03	5.39
3	0.6327	0.8109	0.9981	0.9011		94.0234	78.0857	5.90	0.0860		
3FS	0.7152	0.0017				64.318	60.7498				
3BS	0.0000	0.0134	0.0001	0.0001		89.4425	85.4834	22.59	0.0003	6.65	3.58
4	0.1012	0.2405	0.5832	0.1864	0.2479	99.88	99.3399				
4FS	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0.0083	99.1008	98.587	192.87	0.0000		
4BS	0.0729	0.0010	0.0990	0.0061	0.0062	99.713	99.2107	198.53	0.0001	7.43	2.73
BS	0.0001	0.0022	0.0278	0.0427	0.0001	91.6779	86.9225	19.28	0.0007	6.655	2.700

Nota: FS Forward Selection; BS: Backward Selection

Conclusiones.

- No puede establecerse un índice numérico que represente la influencia del número de habitaciones ocupadas por un día durante un mes sobre el consumo de energía eléctrica de la instalación hotelera Cinco Estrellas con climatización centralizada estudiada, en correspondencia con los resultados de la falta de ajuste de modelos lineales entre estas variables, ya que el consumo de electricidad depende fundamentalmente del clima el cual se expresa a través de la temperatura de bulbo seco, presentándose el mismo comportamiento que en una instalación de climatización individual
- Existe una estrecha relación matemática entre los consumos e índices de consumo de energía eléctrica con el número de habitaciones días ocupadas y con el clima, siendo la temperatura la variable que más explica la relación matemática existente entre las variables analizadas en el rango de ocupación existente en el hotel en el período estudiado.
- Los modelos de regresión múltiple, intrínsecamente no lineales, son los únicos que expresan la influencia del nivel de ocupación de la instalación hotelera sobre el consumo.
- Los modelos obtenidos de regresión múltiple del consumo de energía eléctrica representan en mayor medida la correlación existente entre las variables estudiadas que

los modelos lineales reportados en trabajos anteriores, presentando errores de ajuste a los datos aceptables o muy pequeños.

Recomendaciones.

Establecer los índices de consumo de energía eléctrica a aplicar como forma de control de la operación de las instalaciones turísticas por meses o época del año, por la marcada influencia que tienen los parámetros climatológicos sobre su valor.

Obtener ecuaciones de los consumos e índices de consumo de energía eléctrica utilizando datos diarios.

Bibliografía.

(Cabrera Gorrín, Osmel. 2003). Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano. En línea, disponible en: www.monografias.com.

(Cardero Corría, G. 2004). Problemas energéticos de los sistemas centrales de climatización. Revista Energía Racional del FIDE (México). No. 50: 48 – 52, enero – marzo.

(Comisión de Energía de la Comunidad Económica Europea, 1991). Uso Racional de la Energía en el Sector Hotelero. Editorial URE.

(Colectivo de autores del Centro de Estudios de Energía y medioambiente de la Universidad de Cienfuegos, Cuba, 2002), bajo la redacción de Aníbal E. Borroto Nordelo. Gestión energética empresarial. Pág.98. Editado por la Universidad de Cienfuegos con ISBN 959-257-040-X.

(González Rodríguez, Rigoberto. 1996). Influencia de la temperatura ambiente en el comportamiento energético de un ciclo de refrigeración con recuperación de calor. La Habana. Editorial Pueblo y Educación.

(Grupo de energética del MICONS. 1998). Medidas y sugerencias para el ahorro y uso racional de la energía. Ministerio de la Construcción. Abril.

(Landa García, Juan y Manuel Dariel Fernández González, 2004). Correlación lineal entre el consumo de energía eléctrica y parámetros climatológicos y ocupacionales con datos diarios en una instalación hotelera con climatización individual. Informe técnico de investigación terminada. Centro de Estudios de Combustión y Energía. Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Cuba.

(Manuel Dariel Fernández González, 2004). Análisis de los consumos de portadores y sistemas energéticos fundamentales de Villa Lamar. Tesis de Maestría en Termoenergética Industrial.. Centro de Estudios de Combustión y Energía. Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Cuba.

(Landa García, Juan y Jorge Luis Pelladito Williams, 2004). Correlación lineal entre el consumo de energía eléctrica y parámetros climatológicos y ocupacionales. Revista Retos Turísticos. Universidad de Matanzas. Cuba.

(Montelíer Hernández, Sergio, Aníbal Borroto Nordelo, Margarita Lapidó Rodríguez, José Monteagudo Yáñez, Mario Álvarez Guerra Plasencia y Juan C. Armas, 2005). Influencia de las principales variables climatológicas en la operación de los sistemas de climatización de agua helada. Memorias del 4to Taller Internacional de Energía y Medioambiente. Universidad de Cienfuegos. Cuba. ISBN 959-257-110-4

(Pelladito Williams, Jorge Luis, Juan Landa García y Carlos Roque Beltrán, 2005). Análisis del consumo de energía eléctrica en Villa Lamar. Revista Electrónica "Avanzada Científica". Volumen 8. No 3. 2005, ISSN 1029-3450. En línea, disponible en Internet en: <http://www.atenas.inf.cu/>. Matanzas. Cuba.

(Montelíer Hernández, Sergio, Aníbal Borroto Nordelo, Margarita Lapidó Rodríguez, José Monteagudo Yáñez, Mario Álvarez Guerra Plasencia y Juan C. Armas, 2005). Influencia de las principales variables climatológicas en la operación de los sistemas de climatización de agua helada. 4to Taller Internacional de Energía y Medioambiente. Universidad de Cienfuegos. Cuba

(Landa García, Juan, 2006). Análisis de la influencia del clima y el nivel de ocupación sobre el consumo y el índice de consumo de energía eléctrica en una instalación turística. Monografía. Editorial UMCC. En línea, disponible en Internet en: <http://10.34.8.31/monografias/monos06.htm>. Matanzas. Cuba.