

Modelización de consumos de agua y energía en hoteles de sol y playa

Gregorio Escalera Izquierdo* Amelia Pérez Zabaleta
Luis Vicente Vizcaíno Pérez*****

UNED (España)

Resumen: El propósito de este artículo es el desarrollo de un método que permita a una cadena hotelera conocer el consumo actual y óptimo de sus hoteles, tanto de agua como de energía, uno a uno o por áreas, desarrollando una herramienta objetiva para obtener una disminución en sus suministros.

Partimos de datos históricos de consumo en hoteles con estudiadas características comunes, creando un modelo matemático del consumo actual para cada hotel y para el conjunto de hoteles.

Se obtienen modelos de consumo de agua y energía en función de la ocupación mediante regresiones lineales, validados por el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson y obteniendo un modelo hiperbólico final con un simple cambio de variable.

Los modelos óptimos se calculan sin más que tomar como datos los valores mínimos de una serie de intervalos de ocupación.

Palabras Clave: Cadena hotelera, Modelo económico, Consumo de agua, Gestión, Sistema ERP.

Modeling water consumption and energy in sun and beach hotels

Abstract: The purpose of this article is to develop a method to possibility a hotel chain to know optimal and current water and energy consumption of its hotels, one by one or in areas so that their managers have an objective tool to obtain a reduction in their consumption supplies.

In order to develop the method of development of the models, we begin with historical data of consumption of hotels with common studied characteristics, modeling current consumption for each hotel and the group of hotels.

Mathematical models of water and energy consumption based on occupation are obtained by linear regressions, validated by the square of the Pearson correlation coefficient, and obtaining a final hyperbolic model by a simple change of variable.

The optimal models are calculated simply by taking the minimum values of a series of intervals of occupation, as data.

Key Words: Hotel chain, Economic model, Water consumption, Management, ERP system.

Clasificación JEL: C02, C81, C91, C92.

1. Introducción

Los consumos de agua y energía constituyen la segunda partida más relevante de costes en los

establecimientos hoteleros, después de los gastos de personal.

Queda patente que el éxito en la gestión un establecimiento hotelero está estrechamente ligado

* Facultad CCEE, departamento de Organización de Empresas. UNED Profesor contratado, doctor; E-mail: gescalera@cee.uned.es

** Facultad de CCEE, departamento de Economía Aplicada. Profesor titular. UNED

*** Ingeniero de minas, es gerente de inversiones y mantenimiento, de varias cadenas desde hace 13 años y actualmente, en excedencia, de la cadena hotelera Bluebay. Funcionario de carrera, jefe de servicio de Vicepresidencia Económica de la CA de Islas Baleares; E-mail: lvizcaino@dindust.caib.es

a la implantación de un sistema de control de consumos fiable y objetivo sin disminuir el confort de los clientes.

Además de los beneficios financieros, la reducción del consumo de energía y agua da lugar a ventajas sociales y ambientales. La cada vez mayor concienciación pública sobre estos temas ha contribuido a una mayor exigencia por parte de los clientes sobre los aspectos ambientales de los hoteles. Por lo tanto, la adopción de técnicas de gestión de energía y agua eficientes realza la reputación de un hotel y ayuda a atraer más clientes, además de formar parte de la estrategia de mejora continua de cualquier Sistema de Gestión Medioambiental.

Este artículo define un método que permite modelizar el consumo de agua y energía en establecimientos turísticos. Se ha tomado como ejemplo datos de consumo mensuales de agua de hoteles de tres estrellas de sol y playa en Baleares y Canarias en edificación en altura.

Sin más que elegir correctamente los establecimientos de otro segmento hotelero cualquiera, el método es completamente reproducible.

Los datos se han obtenido mediante solicitudes directas a las centrales y a directores de distintas cadenas. Se ha seleccionado una muestra de once hoteles y apartamentos cuyas características son similares. Los establecimientos son: el hotel Roc Linda, el hotel Roc Leo, el hotel BelleVue Lagomonte, el hotel y apartamentos BelleVue Belsana, los apartamentos Bellevue Club y el hotel BelleVue Vistanova, en Mallorca, así como los apartamentos Aquarius, hotel Bahía Flamingo, apartamentos Puerto Tahiche, apartamentos Lanzarote Bay y los apartamentos Teguisse Golf, en Canarias.

Se analizan tanto los consumos totales de agua como los específicos por persona y día del año 2003 al 2013, ambos inclusive. Los más importantes desde un punto de vista práctico son los consumos específicos, pues permiten la comparación entre hoteles cuyo número de plazas de capacidad es distinto.

2. Antecedentes

Existen en la actualidad programas informáticos de gestión que racionalizan el tratamiento de la información que se utilizan en hostelería, llamados programas de planificación de recursos empresariales (ERP). Son aplicaciones informáticas que permiten gestionar todos los procesos de negocio de una compañía de forma integrada, tal y como los define Florencia Chiesa en su artículo *Metodología para selección de sistemas ERP* (2004). Con ellos, se puede gestionar la información de averías

procedente de los distintos departamentos, los resultados de gasto tanto en personal e incidencias, como en materiales, llegando hasta el detalle del control de los stocks de piezas de recambio que hay en el almacén.

En el caso del consumo de agua y energía, los ERP simplemente permiten introducir datos diarios de contadores y análisis de consumos mensuales y por persona, pero no calculan el modelo matemático de consumo del propio hotel y mucho menos el modelo de objetivo de consumo de agua de la cadena ni de cada hotel en particular, en función del consumo de agua por habitación ocupada, consumo de agua por cubierto, por metro cuadrado de jardín y por volumen de piscina, por ejemplo.

En hostelería se diseñan programas de ahorro por cadena en ocasiones como parte de medidas medioambientales dirigidos muchas veces por el departamento de calidad. Las bases de datos obtienen información de operaciones que se realizan sobre programas de planificación de recursos empresariales (ERP).

Por ejemplo, la cadena Sol Meliá en su Memoria de sostenibilidad 08, produce tres tipos de informes, adaptados para acceder a los distintos niveles y facilitar su análisis: Informe mensual para personal base de hotel, Informe de consumos de energía e Informe comparativo promedio de emisiones de dióxido de carbono.

También en su «Memoria anual 2009», en cuanto a energía y sostenibilidad, Sol Meliá indica la necesidad de un histórico de cinco años para que sus bases de datos sean útiles. Con estos datos la cadena realiza un ejercicio comparativo de los valores de consumo acumulado promedio de los años 2007 a 2009 frente a los valores de los años 2004 a 2006, para porcentajes similares de ocupación. Ninguno de estos estudios llega a obtener un modelo matemático de consumos.

Algunos autores han tratado de obtener modelos de consumo. Así, el artículo «Herramientas para la gestión energética empresarial», Monteagudo Y., et al. (2005) describe un sistema en el que, sin ningún filtrado de datos ni segmentación por tipo de hotel, se obtiene una recta de consumos respecto ocupación exclusivamente energéticos, como una parábola índice de consumo con respecto a ocupación sin llegar a obtener las curvas óptimas.

El artículo «Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano» (2003), de Cabrera, O., define regresiones lineales de consumo energético con respecto al número de cuartos ocupados, obteniendo los índices de regresión de las mismas, concluyendo que hay otros factores, además de la ocupación, que tienen influencia en el consumo de las instalaciones hoteleras, que son el clima, la categoría del hotel y el tipo de turismo.

En la tesis doctoral de Rivero Rodríguez, P., dirigida por el Dr. Trujillo Armas, J., titulada «Racionalización energética en instalaciones hoteleras: análisis para un nuevo proyecto técnico basado en la “cogeneración” (1998), mediante la optimización de las curvas de demandas térmicas y eléctricas integradoras de los servicios de agua caliente, frío, desalación de agua de mar y electricidad de un “hotel tipo”. Estudio realizado en Canarias se describen curvas de consumo horario de energía y, en base a las mismas, un modelo de hotel, definiendo diversas fórmulas energéticas de consumo según los segmentos de consumo básicos, por ejemplo, el lavavajillas.

Molina J. et al., en su «Estudi del consum d'aigua als edificis de la regió metropolitana de Barcelona» (2004) estudia los porcentajes de ahorro previsto en relación a las distintas medidas clásicas generalistas de ahorro de agua.

Es interesante el artículo de Cruz Vicente, M.A., «Obtención de la curva de demanda de agua turística para Acapulco, Guerrero» (2011) en el que sí se obtiene un modelo matemático basado en la teoría económica de la demanda para dos zonas de Acapulco. Se trata de un modelo logarítmico con unidades número de cuartos ocupados por litros consumidos, en función de otras variables también logarítmicas. Sin embargo, agrupa los hoteles exclusivamente por su localización, sin tener en cuenta otras variables para discernir diferentes tipos de hoteles, como la influencia de la altura del edificio hotelero.

En su estudio de usos y ahorros de agua en hoteles en Hong Kong de Shi-Ming, D. y Burnett, J. (2002), se utiliza un análisis de regresión múltiple para estudiar las variables que influyen en el consumo de agua de un hotel de ciudad.

Sin embargo, en el resto de la industria el modelado de consumos es algo habitual. Así, el modelado de sistemas energéticos, eléctricos, en procesos industriales es ampliamente recogido en la bibliografía. Por ejemplo, los modelos de suministro energético de bucle abierto de Samoulidis, J.E. 1980; el modelo de programación lineal de la industria eléctrica americana de Hillsman et al., 1988; modelos que permiten análisis de una sola planta a partir de modelos de una industria de Pilati y Sparrow, 1980, el modelo de análisis de recursos energéticos desarrollado para la industria del gas de EEUU TERA cuyo uso general es descrito por Limaye y Sharko, en 1974; revisiones actualizadas de modelos estratégicos como el descrito por Plackett et al. 1982, el modelo de programación lineal dinámico de recursos energéticos de Rapoport, 1975 o el documento de revisión de modelización energética de Jebaraj, S. et al. 2006.

Señalar también los llamados modelos ingenieriles (bottom-up), que consiguen representar con detalle un sistema energético, considerándolo como un conjunto de tecnologías de producción, distribución y demanda final de energía que compiten entre sí (Hidalgo González, I., 2005) y utilizan herramientas matemáticas muy diversas, entre las que cabe citar los gráficos de control, los gráficos de consumo y de producción en función del tiempo, los diagramas de consumo frente a producción, los gráficos de consumo específico frente a producción, los diagramas de Pareto y los sistemas de control mediante normas UNE. De todas estas herramientas, las extrapolables para el diseño de un modelo ingenieril de consumo de agua en hostelería, serían la obtención de gráficos de consumo frente a producción y los de consumo específico frente a producción, tal y como veremos más adelante.

Por último, señalar modelos de metafrontera, como los que ya usa para medir eficacias entre grupos diferentes de hoteles, aunque exclusivamente en cuanto a variables ambientales y tecnológicas Assaf, A. et al. 2010.

Así pues y en contraste con lo que ocurre en el resto de la industria, no hay modelos en hostelería que permitan valorar de forma precisa la eficiencia de un hotel en lo que respecta a su consumo óptimo; mucho menos hay modelos que permitan valorar dicha eficiencia para un grupo de hoteles. Todo se basa en la intuición que nace de la experiencia del gestor a lo largo de los años sobre todo en hoteles particulares aunque también en grandes cadenas, intuición que no puede sino plasmarse en unas valoraciones necesariamente imprecisas y no del todo objetivas.

3. Características de los establecimientos turísticos estudiados

El primer paso para la modelización del consumo de una cadena es la segmentación de sus hoteles en grupos similares según su consumo típico.

En este artículo se ha tratado de elegir unos hoteles lo suficientemente homogéneos para poder ser comparables entre sí. Los hoteles estudiados tienen unas características similares. Son establecimientos de sol y playa, de igual categoría, tipo de construcción, parecida antigüedad y bajo la disciplina de una cadena hotelera, con lo que se trata de definir así un segmento concreto de la hostelería.

El establecimiento hotelero tipo estudiado es un hotel o apartamento de tres estrellas o tres llaves en Baleares y también en Canarias, de construcción similar en estructura de hormigón

armado, bloque de hormigón y piedra de marés, con al menos veinte años de edad y perteneciente a una cadena hotelera española.

Se ha tratado de que la muestra elegida sea también diferente en algunas características que no influyen significativamente en la homogeneidad de resultados por no tener apenas influencia en los consumos de agua en relación a la ocupación. Tal y como puede verse en el Cuadro 1 y en el Cuadro 2, se han tomado establecimientos situados tanto en Canarias como en Baleares, lo que influye en

las necesidades de riego, o de aire acondicionado, y se han elegido no sólo hoteles sino también apartahoteles, entre otras diferencias.

Por lo tanto, y a pesar de ser solamente una muestra de once hoteles, se ha tratado de que sean lo suficientemente diferentes entre sí como para que se pueda hacer una valoración preliminar del modelo de establecimiento hotelero tipo, mediante la comprobación de la afectación del mismo por las características diferenciales de cada hotel concreto.

CUADRO 1: Datos generales de los centros de trabajo en Mallorca

Tipo centro trabajo	Hotel	Hotel	Hotel y aptos	Aptos	Hotel	Hotel
<i>Nombre</i>	Linda	Leo	Belsana	Bellevue Club	Vistanova	Lagomonte
<i>Ubicación (Mallorca)</i>	Can Pastilla	Can Pastilla	Porto Colom	Alcudia	Punta Ballena	Alcudia
<i>Cadena hotelera</i>	Roc	Roc	Bluebay	Bluebay	Bluebay	Bluebay
<i>Estrellas/llaves</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Año edificación</i>	1971	1968	1986	1982	1969	1970
<i>Tipo Edificación</i>	Altura	Altura	altura	Altura	Altura	Altura
<i>Número edificios</i>	1	1	2	18	1	1
<i>Número de plantas</i>	5	5	5	8	8	6
<i>Número habitaciones</i>	189	285	100	1474	198	272
<i>Habitaciones dobles</i>	189	275	63	1474	172	245
<i>Habitaciones personal</i>	4	0	4	25	0	0
<i>Capacidad total pax/mes</i>	11250	18000	7500	139050	12300	25500
<i>m² jardines</i>	600	200	0	250000	300	1600
<i>m² jardines/habitación</i>	3,17	0,70	0,00	169,61	1,52	5,88
<i>m² total piscinas</i>	180	350	250	2450	220	450
<i>m² piscina/habitación</i>	0,95	1,23	2,50	1,66	1,11	1,65
<i>Spa</i>	No	No	Sí	No	No	No
<i>Distancia playa (m)</i>	250	150	500	800	50	1200
<i>Variador frecuencia</i>	Sí	No	No	No	Sí	No
<i>Tipo tuberías</i>	PPR	PPR	PEX	Hierro y PEX	PEX	PEX
<i>Aire acondicionado</i>	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
<i>Combustible ACS</i>	Gasóleo	GN	GLP	GLP	GLP	Gasóleo
<i>Acumulación ACS m³</i>	12	12	10	64	12	18
<i>Lavandería funcionando</i>	No	No	No	No	Sí	Sí
<i>Periodo estudiado</i>	2003-2008	2003-2008	2003-2012	2003-2012	2003-2012	2003-2012

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 2: Datos generales de los centros de trabajo en Canarias

Tipo centro trabajo	Hotel	Hotel	Hotel y aptos	Aptos	Hotel
<i>Nombre</i>	Aquarius	Bahía Flamingo	Lanzarote Bay	Puerto Tahiche	Teguise Golf
<i>Ubicación (Canarias)</i>	Lanzarote	Tenerife	Lanzarote	Lanzarote	Lanzarote
<i>Cadena hotelera</i>	Bluebay	Hotetur	Bluebay	Luabay	Blue Sea
<i>Estrellas/llaves</i>	3	3	3	3	3
<i>Año edificación</i>	1989	1993	1988	1990	1987
<i>Tipo Edificación</i>	Altura	Altura	altura	Altura	Altura
<i>Número edificios</i>	1	1	2	2	1
<i>Número de plantas</i>	4	3	3	3	3
<i>Número habitaciones</i>	189	141	188	243	138
<i>Habitaciones dobles</i>		141			
<i>Habitaciones personal</i>	0	0	0	0	0
<i>Capacidad total pax/mes</i>	12787	8520	18600	20455	13572
<i>m² jardines</i>	240	160	560	50	1150
<i>m² jardines/habitación</i>	1,27	1,13	2,98	0,21	8,33
<i>m² total piscinas</i>	500	200	500	650	235
<i>m² piscina/habitación</i>	2,65	1,42	2,66	2,67	1,63
<i>Spa</i>	No	No	Sí	No	No
<i>Distancia playa (m)</i>	55	40	350	30	400
<i>Variador frecuencia</i>	Sí	No	No	Sí	Sí
<i>Tipo tuberías</i>	PVC	Cobre	PVC	PVC	PVC
<i>Aire acondicionado</i>	No	No	Sí	No	No
<i>Combustible ACS</i>	Termos	Termos	GLP	GLP	GLP
<i>Acumulación ACS m³</i>	0	0	18	12	12
<i>Lavandería funcionando</i>	No	No	No	No	No
<i>Periodo estudiado</i>	2003-2013	2004-2008	2003-2013	2004-2008	2004-2005

Fuente: Elaboración propia.

4. Planteamiento

El segundo paso del método, tras la elección correcta de los hoteles, es la obtención de datos de consumo.

La forma elegida de obtención de datos es la más sencilla en hostelería. En concreto son los datos proporcionados por el departamento de Mantenimiento en cuanto a consumos mensuales del hotel.

Los consumos totales y específicos, que se denotarán por las letras a mayúscula y minúscula respectivamente, están tabulados para cada mes tal y como muestra el Cuadro 1. Los consumos

específicos se miden en litros por persona y día, y los totales en litros. De la misma manera, todos los consumos energéticos, se miden en kWh. Se realizará el estudio con el caso del agua, y después se generalizará para el resto de energéticos, comprobando el resultado de la aplicación del método, aquí definido, para el caso de la electricidad.

El tercer paso es un filtrado sencillo de datos. Se descartan los correspondientes a los meses en los que los hoteles han estado cerrados y los que denotan errores de lectura evidentes.

El cuarto paso es obtener la relación de consumo de agua y energía en función del número de pernотaciones y del nivel de ocupación mediante regresión lineal, para después, y con un simple cambio de variable, obtener la curva hiperbólica correspondiente al consumo de agua y energía por persona y día.

El análisis de los datos se dividirá en dos grandes categorías: consumo de agua y energía para cada hotel y consumo correspondiente al grupo de hoteles. El primero caracteriza el consumo de agua de cada hotel; permitiendo, en principio, predecir o valorar sus consumos propios. Los análisis de la segunda categoría agrupan los datos correspondientes a todos los hoteles para, a continuación, obtener relaciones empíricas que proporcionan una visión general del consumo del grupo de hoteles estudiado.

Todas las relaciones empíricas se obtendrán para los consumos normales y óptimos, en las condiciones técnicas actuales de los hoteles estudiados

Los consumos normales incluirán todos los consumos que hayan pasado los filtros previos. Los consumos óptimos se obtendrán, efectuada una partición de la variable independientemente según intervalos correspondientes a incrementos de ocupación del 10%, y tomando el valor mínimo de consumo en cada intervalo.

Por lo demás, el tratamiento de estos datos de consumo óptimo será, en cada caso análogo a su homólogo para consumos normales.

El cuarto paso será la comprobación de la relación lineal entre el consumo mensual de agua y el número de pernотaciones. En tal caso, el consumo de agua podría expresarse mediante una recta como la indicada en la fórmula 1:

Fórmula 1: Recta de consumo mensual de agua y energía y número de pernотaciones.

$$A = m^A \cdot P + A^F$$

- m^A : pendiente de la recta empírica obtenida para cada hotel.
- A : consumo bruto mensual de agua (L/mes o kWh/mes).
- P : número de pernотaciones en un mes (pax/mes).
- A^F : consumo fijo de agua en un mes (L/mes o kWh/mes)

Esta recta se obtiene mediante un análisis de regresión lineal simple. Su validez se comprueba mediante el coeficiente de correlación de Pearson, R . Cuanto más se aproxime a uno dicho coeficiente, mayor será la validez de la recta como modelo.

Utilizamos la clasificación de la bondad de los resultados de R mediante el método desarrollado por Suárez Ibujes, M.O., en su artículo titulado

“Coeficiente de correlación de Karl Pearson”, expresado en el cuadro 3:

Cuadro 3: Escala interpretativa del coeficiente de correlación de Pearson para valores positivos

Valor	Significado
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Suárez Ibujes, M.O. Artículo: Coeficiente de correlación de Karl Pearson

Se realizan dos cambios de variable. El consumo específico “a” se calcula sin más que dividir el consumo mensual por el número de pernотaciones. Seguidamente se sustituye el número de pernотaciones mensual por el porcentaje de ocupación, con lo que se obtiene la fórmula 2, que es una hipérbola equilátera que define el consumo de agua por persona y día con respecto al porcentaje de ocupación.

Fórmula 2: Ecuación hiperbólica generalizada de consumo específico para energéticos y agua en la industria hotelera

$$a = A/P = m^A + (A^F / (p(\%)*Cap / 100))$$

- m^A : pendiente de la recta empírica obtenida para cada hotel.
- A : consumo bruto mensual de agua (L/mes o kWh/mes).
- P : número de pernотaciones en un mes (pax/mes).
- $p(\%)$: porcentaje medio de pernотaciones en el mes (% pax/mes).
- A^F : consumo fijo de agua en un mes (L/mes o kWh/mes)
- a : Consumo específico (L/pax.día o kWh/pax.día).

En resumen, en el primer análisis se calcularán primero los parámetros de la recta de consumo mensual frente a número de pernотaciones y después de consumo específico frente a número de pernотaciones.

Los análisis de la segunda categoría consisten en representar los consumos específicos en función del porcentaje de ocupación para todos los hoteles. Se estudiarán tanto los consumos normales como óptimos, que se obtendrán de igual modo que los de la primera categoría.

5. Estudio de consumos por hotel

5.1. Consumos normales por hotel

Calculamos por tanto los parámetros de la recta y de la curva correspondiente para los distintos periodos de cada uno de los distintos hoteles.

La primera recta obtenida es la descrita en el cuadro 4 de consumo normal anual en la actualidad sin optimizar.

El coeficiente de correlación es alto en todos los casos, a excepción del hotel Teguisse Golf, cuyo coeficiente de correlación es bajo, lo cual indicaría que esta recta empírica tiene un valor meramente orientativo y se descarta.

Es interesante comprobar cómo los coeficientes de Pearson demuestran la validez del método, utilizado hasta este momento del estudio para el consumo de agua, para también calcular modelos de consumo energético, como muestra el Cuadro 6 para el caso del consumo de electricidad en Mallorca.

Cuadro 4: Parámetros de consumo anual de agua en los hoteles de Mallorca. periodo 2003-2013

Parámetro	Linda	Leo	Belsana	Bellevue	Vistanova	Lagomonte
$a=A/P_{\text{medio anual}} (L/pax.mes)$	203	203	264	235	272	288
R	0,855	0,708	0,665	0,947	0,679	0,855
m^A	186	194	143	231	281	206
A^F	142.671	127.182	550.274	391.567	227.870	1.240.299

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5: Parámetros de consumo anual de agua en los hoteles de Canarias. periodo 2003-2013

Parámetro	Aquarius	Bahía Flamingo	Lanzarote Bay	Puerto Tahiche	Teguisse Golf	Lagomonte
$a=A/P_{\text{medio anual}} (L/pax.mes)$	211	390	403	244	368	288
R	0,760	0,817	0,689	0,849	0,365	0,855
m^A	199	171	179	156	44	206
A^F	106.240	1.284.444	2.378.406	1.430.181	1.776.062	1.240.299

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6: Parámetros de consumo anual de electricidad en los hoteles de Mallorca. periodo 2003-2013

Parámetro	Linda	Leo	Belsana	Bellevue	Vistanova	Lagomonte
$a=A/P_{\text{medio anual}} (kWh/pax.mes)$	5,73	4,53	9,67	3,23	7,74	7,09
R	0,660	0,625	0,722	0,679	0,601	0,973
m^A	4,648	5,549	7,55	1,816	6,366	1,482
A^F	9.349	-15.967	12.481	133.217	11.647	18.968

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7: Parámetros de consumo óptimo anual de agua en los hoteles de Mallorca. periodo 2003-2013

Parámetro	Linda	Leo	Belsana	Bellevue	Vistanova	Lagomonte
$\alpha=A/P$ medio anual (L/pax.mes)	191	187	220	205	245	272
R	0,983	0,799	0,778	0,969	0,818	0,869
m^A	176	131	146	233	167	195
A^F	60.981	733.586	247.145	-1.814.466	457.341	955.117

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8: Parámetros del modelo global de consumo normal anual de agua en los hoteles de Mallorca. periodo 2003-2013

Parámetro	Mallorca 3 estrellas
$\alpha=A/P$ medio anual (L/pax.mes)	226
R	0,990
m^A	234
A^F	84.420
Cap	205.726
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Consumos óptimos por hotel.

El siguiente paso del método es el cálculo de consumo óptimo de cada hotel por separado.

Definimos el consumo óptimo del hotel como el que se ha alcanzado en algún momento para un mes dado y para ese hotel en particular.

Empezaremos por el consumo óptimo hotel por hotel. Para ello se toman los datos de consumo de cada hotel eligiendo el menor valor que corresponda a un incremento de un 10% de ocupación, en este caso tomado para el año entero.

Así se obtiene el Cuadro 7 que muestra los parámetros de consumo óptimo anual de los hoteles de Mallorca.

6. Análisis global de consumos

El siguiente paso es realizar el análisis del conjunto de hoteles. Para ello, se toman los datos

conjuntos de los seis hoteles mallorquines de consumo mensual agrupándolos como si fuera un único establecimiento.

6.1. Análisis global de consumos normales

De la misma manera que para un hotel en particular, estudiamos primero los datos normales del conjunto de hoteles.

El Cuadro 8 muestra los parámetros del modelo lineal de consumo normal del grupo de hoteles de Mallorca.

La nube de puntos correspondiente al conjunto de hoteles de Mallorca es claramente lineal, tal y como se observa en el Gráfico 1, donde se ha superpuesto la recta correspondiente a la regresión lineal definida por los datos del Cuadro 8.

En el gráfico 2 se dibuja la curva hiperbólica equilátera resultante de realizar los dos cambios de variable previamente descritos al modelo obtenido por regresión lineal. Como se observa, se mide en unidades específicas de consumo por persona y día medio del mes, con respecto al porcentaje de ocupación medio del mes.

La ecuación correspondiente, y que es el resultado del modelo para el caso anual y normal de Mallorca es el descrito en la Fórmula 2.

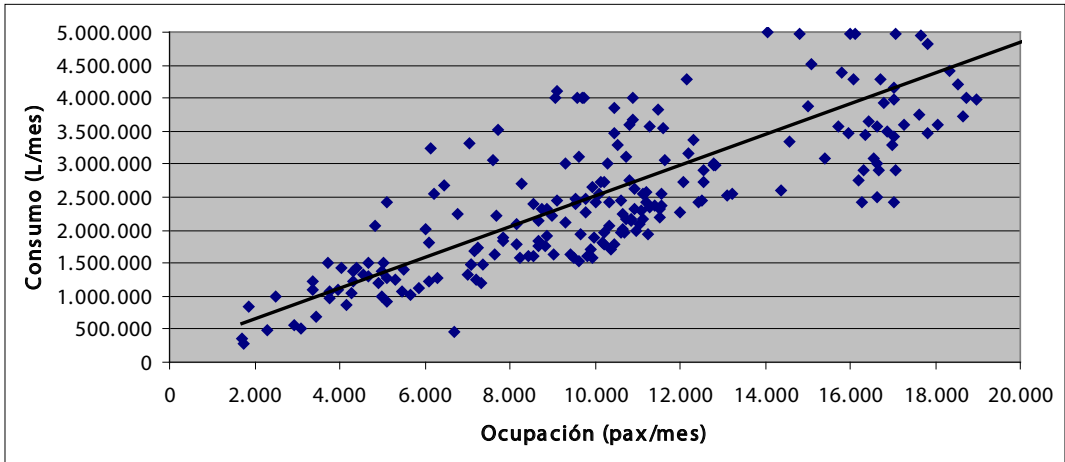
Fórmula 2: Curva hiperbólica equilátera que define el modelo específico del grupo de hoteles de sol y playa de Mallorca de tres estrellas

$$\alpha=84.420*100/(p*205.726)+234=41,035/p+234$$

6.2 Análisis global de consumos óptimos

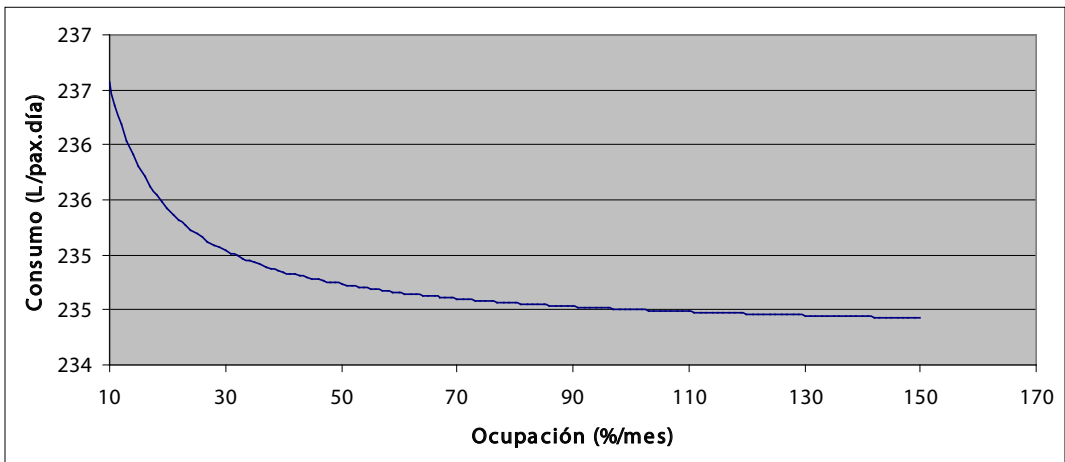
El último paso es la obtención de la fórmula de consumo óptimo del conjunto de hoteles estudiados. No hay más que tomar los valores de consumo más bajos del conjunto de los hoteles en tramos de 10 % de ocupación.

Gráfico 1. Regresión lineal de la nube de puntos del consumo de agua de los hoteles de Mallorca de tres estrellas hasta 20.000 pax/mes, en condiciones actuales



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2. Modelo específico del grupo de hoteles de sol y playa de Mallorca de tres estrellas en condiciones actuales



Fuente: Elaboración propia.

El modelo óptimo del conjunto de hoteles así obtenido es siempre más exigente que el óptimo de cada hotel por separado.

El cuadro 9 muestra los parámetros del modelo lineal de consumo óptimo del grupo de hoteles de Mallorca.

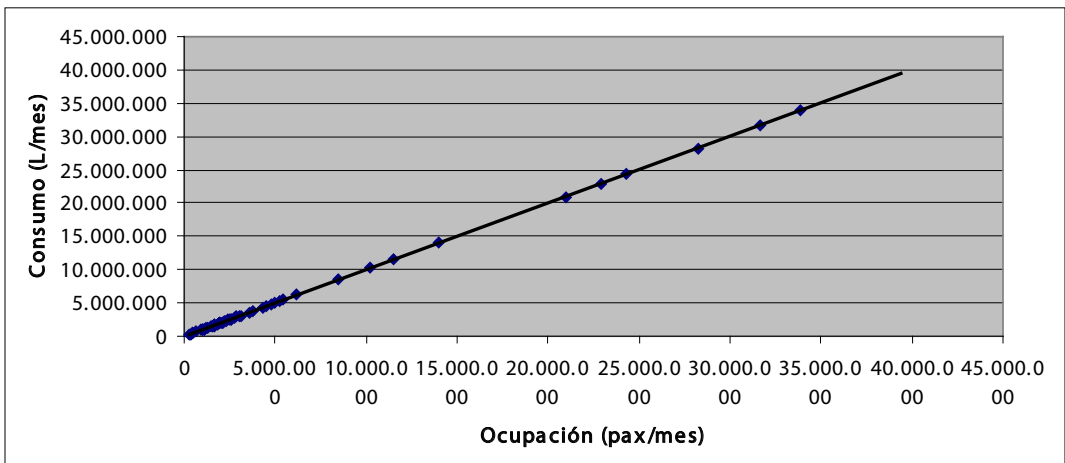
Cuadro 9: Parámetros del modelo global de consumo óptimo anual de agua en los hoteles de Mallorca. periodo 2003-2013

Parámetro	Mallorca 3 estrellas
$\alpha=A/P_{\text{medio}} \text{ anual (L/pax. mes)}$	225
R	0,995
m^A	211
A^F	60.430
Cap	205.726
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Elaboración propia.

La función lineal se muestra en el Gráfico 3..

Gráfico 3. Regresión lineal de la nube de puntos del consumo de agua de los hoteles de Mallorca de tres estrellas hasta 20.000 pax/mes, en condiciones óptimas



Fuente: Elaboración propia.

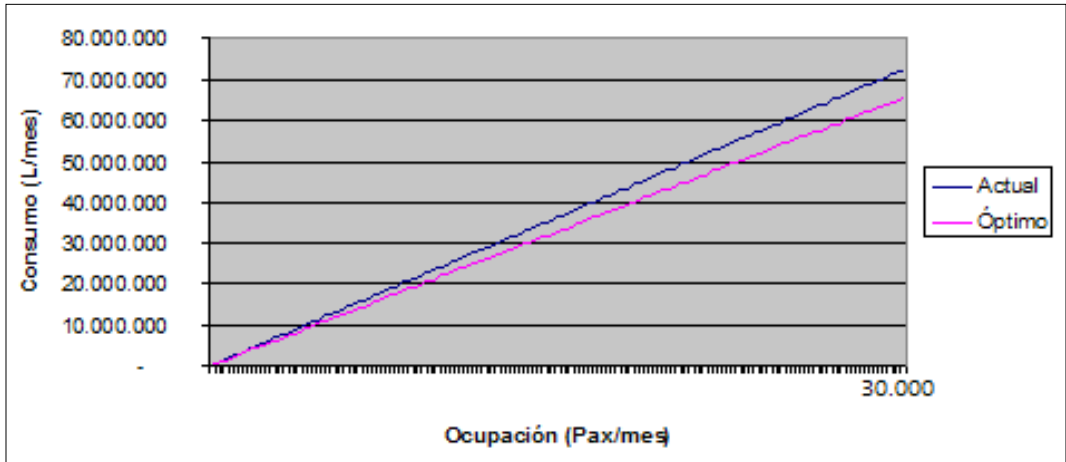
Se puede realizar una comparación entre la recta correspondiente al modelo en el caso condiciones actuales y la recta correspondiente al modelo en el caso de las condiciones óptimas, como se observa en el Gráfico 4.

También se puede realizar una comparativa, si cabe más interesante aun, para los modelos específicos en los casos actual y óptimo, como se ve en el Gráfico 5.

7. Conclusiones

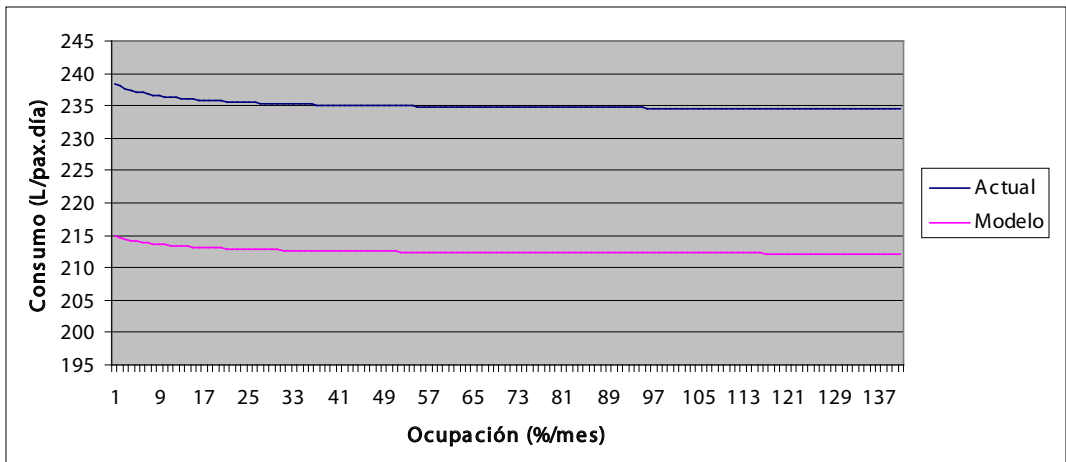
Se ha desarrollado un método reproducible y computerizable que permite modelizar matemáticamente tanto la recta de consumo de agua de un hotel en particular como las curvas de consumo anuales y por temporada de un grupo de hoteles elegido de tal manera que definen un determinado segmento hotelero, tanto en la situación normal de consumo, como en la situación de consumo optimizado.

Gráfico 4. Comparación recta modelo actual y óptimo anual de los hoteles de Mallorca de tres estrellas



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5. Comparación curva modelo actual y óptimo anual específico de los hoteles de Mallorca de tres estrellas



Fuente: Elaboración propia.

El método descrito en este artículo permitiría así mismo modelizar cualquier otro segmento hotelero, tanto de agua como de energía, en cualquier país y para cualquier cadena.

Utilizando datos reales de una cadena hotelera, se ha descrito primero cómo obtener la modelización del consumo actual de un hotel en particular. Para ello, se ha mostrado cómo se depuran adecuadamente los datos de partida, para finalmente obtener las rectas características válidas de consumo de cada hotel por separado en la situación actual y el óptimo alcanzable de ese hotel en particular, sin

inversiones, mediante una comparación adecuada con su histórico.

Se describe seguidamente cómo se deben agrupar los hoteles de una cadena hotelera para obtener un modelo normal y óptimo, mediante regresiones lineales, con coeficientes de correlación aceptables. En el caso estudiado, los modelos obtenidos son validados por coeficientes siempre por encima de 0,6 alcanzando valores superiores para las curvas óptimas.

Evidentemente, el análisis de optimización en consumo de un hotel en particular es posible sin más que comparar el consumo del mismo con el

modelo óptimo de su segmento hotelero, lo que convierte el método en una potente herramienta que permite a la dirección de la cadena hotelera saber cuál de sus hoteles tiene realmente excesos de consumo de una forma objetiva.

Así, el hotelero puede simular fácilmente las diferentes tácticas de ahorro y sus efectividades al aplicarlas a un hotel determinado, mediante modelizaciones matemáticas, de forma similar a cómo se hace comúnmente en el resto de la industria.

Como ocurre con todo estudio empírico, los modelos serán más fiables a medida que se vayan introduciendo más datos de consumo de hoteles con características similares.

Bibliografía

- Assaf, A., Barros, C.P. y Josiassen, A.
2010 "Hotel efficiency: A bootstrapped metafrontier approach". *International Journal of Hospitality Management*, 29,3, pp. 468-475.
- Cabrera, O.
2003 "Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano", *Scientia et Technica*, 29, pp. 169-174.
- Chiesa, F.
2004 Metodología para selección de sistemas ERP, Salvat, Barcelona.
- Cruz Vicente, M.A.
2011 "Obtención de la curva de demanda de agua turística para Acapulco, Guerrero". *Observatorio de la Economía Lationamericana*, 143, pp. 1-28
- Hidalgo González, I.
2005 "Introducción a los modelos de sistemas energéticos, Económicos y medioambientales: Descripción y aplicaciones del modelo POLES", *Revista de Economía Mundial*, 13, pp. 33-75.
- Hillsman, E.L., Alvic, D.R. y Church, R.L.
1988 "A disaggregate model of the U.S. electric utility industry", *European Journal of Operational Research*, Volume 35, Issue 1, pp.30-44.
- Hoteles Sol Melia
2008 "Memoria anual de sostenibilidad 2008", [Consulta: 10 octubre 2012]. Disponible en: http://prensa.solmelia.com/view_manager.html?root=87,98
- Hoteles Sol Melia
2009 "Memoria anual de sostenibilidad 2009". [Consulta: 10 octubre 2012]. Disponible en: <http://sostenibilidad.solmelia.com/energia-cambio-climatico-4.php>
- Jebaraj, S. y Iniyar, S.
2006 "A review of energy models", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10, 4, pp. 281-311.
- Limaye, D.R. y Sharko, J.R.
1974 "US energy policy evaluation: some analytical approaches", *Energy Policy*, 2, 1, pp. 3-17.
- Molina, J., Garrigan, N., Martí X., Boada, M., Huelin, S., Domene, E. y Saurí, D.
2004 "Estudi del consum d'aigua als edificis de la regió metropolitana de Barcelona", Proyecto financiado por Fundació ABERTIS, la Fundació AGBAR, el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. [Consulta: 7 septiembre 2012]. Disponible en: http://www.fundacioabertis.org/rcs_est/estudi_complet.pdf
- Monteagudo, Y., Jose, P., Gaitan, R., Geovani, O.
2005 "Herramientas para la gestión energética empresarial", *Scientia et Technica*
- Pilati, D. A. y Sparrow, F.T. 1980
"The Brookhaven process optimization models", *Energy*, 5, 5, pp. 417-428.
- Plackett, M.W., Ormerod, R.J. y Toft, F.J.
1982 "The National Coal Board strategic model", *European Journal of Operational Research*, 10, 4, pp. 351-360.
- Rapoport, L.A.
1975 "Long-range modeling of worldwide energy development and supplies-outline of formulation and applications", *Computers & Operations Research*, 2, 3-4, pp. 195-211.
- Rivero Rodríguez, P.
1998 "Racionalización energética en instalaciones hoteleras: análisis para un nuevo proyecto técnico basado en la «cogeneración», mediante la optimización de las curvas de demandas térmicas y eléctricas integradoras de los servicios de agua caliente, frío, desalación de agua de mar y electricidad de un «hotel tipo»." Tesis doctoral. Director: Trujillo Armas, J., Universidad de la Laguna. Departamento de Ingeniería Marítima. [Consulta: 18 octubre 2012]. Disponible en: <ftp://tesis.bbtk.ull.es/ccppytec/cp93.pdf>
- Samouilidis, J.
1980 "Energy modelling: A new challenge for management science", *Omega*, 8, 6, pp. 609-621
- Shi-Ming D. y Burnett J ,
2002 "Water use in hotels in Hong Kong", *International Journal of Hospitality Management*, 21, 1, pp. 57-66
- Suárez Ibujes, M.O.
2011 "Coeficiente de correlación de Karl Pearson", Repositorio digital de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Ecuador. [Consulta: 5 septiembre 2012]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos85/coeficiente-correlacion-karl-pearson/coeficiente-correlacion-karl-pearson.shtml>

Recibido: 20/05/2013
Reenviado: 01/12/2014
Aceptado: 07/04/2014
Sometime a evaluación por pares anónimos