

**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”**

FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA

**PRONÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN EL HOTEL PORTO SANTO**

Tesis presentada en opción al título de Master en Electromecánica

ROMEL TOIRAC DURÁN

Baracoa

2010



**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA**



UEB VILLA BARACOA



PRONÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOTEL PORTO SANTO

Tesis presentada en opción al título de Master en Electromecánica

Autor: Ing. Romel Toirac Durán

Tutor: M.Sc. Ever Góngora Leyva

Baracoa

2010

Declaración de autoridad

En decisión conjunta, el autor Romel Toirac Durán y el tutor Ever Góngora Leyva, certificamos nuestra propiedad intelectual en esta tesis con el título "*Pronóstico del consumo de energía eléctrica en el hotel Porto Santo*" a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Ing. Romel Toirac

M.Sc. Ever Góngora Leyva

Dedicatoria

*A mis hijos,
Marlín y Marcos*

“...no importan las dificultades de hoy, pero sí crear un país que viva de su inteligencia y de su sudor...”

Fidel Castro Ruz

Agradecimientos

Doy fe de gratitud:

A la Revolución generosa por la oportunidad de superación.

A mis Tutores, Reineris Montero Laurencio y Ever Góngora Leyva por su ayuda profesional oportuna.

A los trabajadores y directivos del hotel Porto Santo por su colaboración.

A todos los colaboradores anónimos.

Resumen

En la presente investigación se aplican las herramientas de la Tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía al análisis de la información energética del hotel Porto Santo estableciéndose las particularidades del sistema de gestión energética en forma de diagnóstico. Se profundiza en el sistema de suministro eléctrico y en el consumo de electricidad para definir sus regularidades. Se destaca la necesidad de preparar un modelo del consumo de electricidad para ayudar a la planificación y a la toma de decisiones en cuanto a este portador. Se consideraron inicialmente como variables de entrada las climatológicas de la región y las de explotación del hotel. Se realizan los análisis estadísticos de las variables y la identificación de modelos de regresión y paramétricos conducentes a elegir la modelación mediante redes neuronales artificiales.

Abstract

In this research the total efficient energy management technology tools to the energy information analysis in Porto Santo hotel is carry out. It is established the particularities of diagnosis of the system. It is also analyses the electrical supply and its regularities. It is taken into account the necessity to plan the decision making according to the electricity resource. The initial entrance data were considered among it the climatological and exploitation variables of the hotel. A statistical analyses of the variables, the regression models and parametric conducive to choose the modeling by artificial neural network are carried out.

Índice

	Pág.
Introducción	1
Capítulo I. Marco Teórico	
1.1 Situación energética de la explotación hotelera en Cuba	6
1.2 Informaciones de la cadena Gaviota S.A	11
1.3 Estado del arte	12
1.4 Métodos para pronosticar consumos de energía eléctrica	18
1.5 Herramientas de la Gestión Energética	21
1.6 Elementos básicos de las Redes Neuronales Artificiales	28
Capítulo II. Materiales y Métodos	
2.1 Método utilizado para el estudio de las generalidades energéticas de la instalación y las particularidades del uso de la energía eléctrica	37
2.2 Método para obtener los resultados de la modelación del consumo de energía eléctrica	39
2.2.1 Identificación del consumo de energía eléctrica con ayuda de las RNA	44
Capítulo III. Generalidades energéticas del hotel y particularidades del uso de la energía eléctrica.	
3.1 Descripción del Hotel Porto Santo	46
3.2 Generalidades del Sistema de Gestión Energética	47
3.2.1 Nivel de competencia en materia energética	49
3.2.2 Banco de problemas energéticos	51
3.2.3 Causas de una insuficiente Gestión Energética	52
3.3 Comportamiento de los consumos de portadores energéticos	54
3.3.1 Consumo de energía eléctrica	57
3.3.2 Consumo de GLP, diesel y gasolina	61
3.3.3 Distribución del consumo de portadores energéticos por áreas	61
3.4 Sistema de Suministro Eléctrico	63
3.4.1 Análisis de la facturación eléctrica	64

3.4.2	Levantamiento de cargas instaladas	65
3.4.3	Puestos claves en el consumo de electricidad	66
3.4.4	Análisis de mediciones eléctricas realizadas	67
3.4.5	Evaluación del sistema de iluminación	72
Capítulo IV. Propuesta de un modelo predictivo del consumo de electricidad		
4.1	Análisis de regresión lineal y múltiple	74
4.2	Identificación del modelo para pronosticar el consumo mensual de energía eléctrica basado en Red Neuronal Artificial	82
4.2.1	Identificación del modelo de consumo kWh mensuales con ayuda de las RNA y las variables independientes T_{amb} , HDO_h y el Mes	82
4.2.2	Identificación del modelo de consumo kWh mensuales con ayuda de las RNA y las variables independientes HDO_h , HDO_v y Mes	85
4.3	Identificación del modelo para pronosticar el consumo diario de energía eléctrica basado en Red Neuronal Artificial	88
4.3.1	Identificación del modelo de consumo kWh diarios con ayuda de las RNA y las variables independientes HDO_h , TD_v y Mes.	89
Conclusiones generales		94
Recomendaciones		95
Referencias bibliográficas		96
Anexos		

Introducción

Actualmente se impone la necesidad de cambiar el modelo de desarrollo del último siglo basado en el consumo inmoderado de energía, agua y recursos naturales, que asocia el lujo y el confort con el derroche. La contaminación y degradación global del medio ambiente es evidente, afecta amplias zonas del entorno inmediato y disminuye la calidad de vida. El ritmo de consumo de los combustibles fósiles es extremadamente mayor que su producción, lo que amenaza con el agotamiento de los mismos en los próximos 40 años [46]. Se debe estar preparado para este hecho y oportunamente tomar las medidas para alargar la existencia de estos combustibles fósiles e implantar nuevas tendencias.

Existen varios sectores de la actividad productiva y de los servicios en los cuales se puede trabajar en función de lograr una eficiencia energética acorde con los requerimientos propios de cada entidad y ajustado a la competitividad que impone el mercado. Dentro del sector de los servicios se puede mencionar el turismo, el cual concentra el 11,8 % de las inversiones y el 10,9 % de la fuerza de trabajo mundial. También es generalmente aceptado el hecho de que será el sector de mayor crecimiento en las dos primeras décadas del siglo XXI, a pesar de la crisis [50].

Los hoteles representan aproximadamente el 8% de las 1000 empresas más consumidoras de energía del país. En estas instalaciones se debe mejorar la racionalidad en el empleo de los energéticos, a pesar que el objetivo es brindar el servicio que desea el cliente. A partir de algunos diagnósticos energéticos realizados en el polo turístico de Holguín [15-20], el tercero de importancia del país, se determinó que los principales portadores energéticos empleados son: Electricidad (80-95%), Gas Licuado del Petróleo (5-9%), Diesel (3-7%) y Gasolina (2-5%), [20].

Se le suma a las características energéticas de los hoteles, la dinámica del trabajo que no permite a técnicos y directivos indagar a profundidad en las causas de las variaciones de los indicadores energéticos. La principal estrategia debe centrarse en lograr la racionalidad con la filosofía de adaptar todos los consumos a las demandas reales. Es válido señalar que los costos energéticos constituyen la partida más elevada tras los gastos de personal y de alimentación [10].

La evolución de la industria hotelera, por tanto, está íntimamente relacionada con la capacidad del sector para identificar las posibilidades de mejorar en la gestión, a lo cual no escapa la gestión energética. Si bien es la administración quien puede y debe liderar este cambio de tendencia para llevar a buen término la necesaria transformación, se precisa de la suma de todos los esfuerzos individuales a todos los niveles [8].

En nuestro país se trabaja para generalizar la aplicación de una metodología de Gestión Energética Empresarial (GEE) como parte del Programa de Ahorro Energético, que permita hacer un uso racional y eficiente de la energía en diferentes empresas. La actividad hotelera consume una enorme cantidad de recursos energéticos y en muchas instalaciones sobrepasa el 10% de los costos totales. El equipamiento que tiene una mayor incidencia son: la climatización, la refrigeración, el agua caliente y la cocción de alimentos. A pesar del control existente, se observan debilidades en la gestión que impiden la disminución de los gastos por este concepto.

Resulta de vital importancia el uso racional de todos los portadores sumados a la introducción de nuevos conceptos de satisfacción de las demandas energéticas a través de un uso más eficiente en su concepción. Debe aplicarse entonces una estrategia para lograr la racionalidad con la filosofía de adaptar todos los consumos energéticos a las demandas reales, sin afectar la complacencia de los clientes. Esto se traduce ante todo en conocer cuáles son los factores que intervienen en el consumo energético de una instalación hotelera, así como su

posible comportamiento según factores externos e internos. El análisis y evaluación de la gestión energética permite buscar medios y herramientas para poder planificar de forma más racional.

Estudios realizados demuestran que la electricidad es el portador energético de mayor consumo dentro de una instalación hotelera. A ello se añade que la actividad turística es cíclica con meses de mayores incrementos y otros en los cuales la ocupación decrece de forma considerable. En el caso del hotel Porto Santo no se ha realizado hasta la fecha un diagnóstico energético que permita una mejor gestión en este sentido, como tampoco se ha realizado un trabajo a través de herramientas específicas y adecuadas que permitan pronosticar el consumo de energía de la instalación para diferentes temporadas.

Uno de los problemas que más afectan a la instalación es el elevado índice de consumo del portador electricidad. Se une a ello que hoy día no se dispone de una herramienta para predecir bajo determinadas condiciones el consumo de energía eléctrica. La problemática planteada justifica la búsqueda de soluciones que contribuyan a mejorar este indicador. Esta herramienta aportaría a la mejora en la toma de decisiones, en cuanto al uso y destino final del portador electricidad, así como una forma más acertada de presupuestarlo.

Por todo lo anterior se declara como **problema** de la investigación:

No se cuenta con una herramienta que permita pronosticar el consumo de energía eléctrica en el hotel Porto Santo sobre la base de sus características energéticas y de operación.

Como **objeto de estudio** de la investigación se define:

El Hotel Porto Santo.

El **Campo de acción** es:

La Gestión Energética en el Hotel Porto Santo desde el 2007 al 2010.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**:

Con la selección adecuada de las variables que inciden en el consumo de energía eléctrica del hotel Porto Santo se puede proponer una estructura de Red Neuronal Artificial, que establezca un modelo de pronóstico teniendo en cuenta las características energéticas de la instalación en las condiciones actuales de explotación.

En correspondencia con la hipótesis planteada, se define como **objetivo general** del trabajo:

Identificar un modelo predictivo del consumo de energía eléctrica del hotel Porto Santo adaptado a las condiciones actuales de explotación mediante el empleo de Redes Neuronales Artificiales.

Para dar solución al objetivo general del trabajo, se definen como **objetivos específicos**:

- Evaluar la Gestión Energética del hotel aplicando herramientas de la Tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía.
- Analizar las particularidades del consumo de energía eléctrica seleccionando las principales variables que intervienen en su comportamiento.
- Proponer la estructura de la Red Neuronal Artificial que permita pronosticar el consumo de energía eléctrica.

Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas**:

- Análisis bibliográfico sobre la temática de pronóstico de energía en hoteles.
- Estudio de la situación energética del hotel.
- Trabajo de campo para las mediciones de las variables y recolección de datos.
- Análisis estadísticos de los datos.
- Definición de las variables fundamentales para el desarrollo de la investigación y su influencia sobre el consumo de electricidad.

- Aplicación de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) para la identificación del modelo que permita pronosticar el consumo de energía eléctrica del hotel.

Los principales **resultados esperados** consisten en:

- Una caracterización de la gestión y comportamiento energético del hotel.
- Obtención de una RNA que permita pronosticar el consumo de energía eléctrica en el hotel Porto Santo.

De acuerdo con la hipótesis y el objetivo propuesto, se establece como **aporte práctico**:

El modelo matemático para el pronóstico del consumo de energía eléctrica diario y mensual del hotel Porto Santo que permita una mejor planificación de este portador.

En el desarrollo de la investigación se aplican los siguientes **métodos**:

- Método de investigación documental y bibliográfica para la sistematización del conjunto de conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
- Método de investigación experimental para describir, caracterizar el objeto de estudio y sus principales regularidades.
- Método de investigación estadístico y de evaluación computacional para la selección de las variables que inciden en los consumos de energía eléctrica del hotel.
- Método de modelación matemática para pronosticar el consumo de energía eléctrica mediante RNA.

Capítulo I. Marco Teórico

En el presente capítulo se realiza una panorámica energética en hoteles de nuestro país con informaciones particulares de la cadena Gaviota S.A. Se exponen los resultados de las investigaciones energéticas realizadas en instalaciones hoteleras cubanas en las cuales se resalta el portador energético de electricidad como el de mayor incidencia. Se aprecia un análisis crítico de los trabajos precedentes en relación al pronóstico del consumo de electricidad en hoteles. Se describen un conjunto de herramientas en las cuales se sustenta la Tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) que permiten un tratamiento adecuado de la información energética. Aparecen además los elementos básicos para el trabajo con Redes Neuronales Artificiales como herramienta para establecer modelos predictivos.

1.1 Situación energética de la explotación hotelera en Cuba

Unos de los mayores retos del sector turístico nacional e internacional, es reducir el consumo de energía eléctrica por habitación día ocupada. Para esto es necesario que se cree en los hoteles una cultura energética de su personal y se creen infraestructuras que permitan hacer un uso racional de los portadores energéticos y en especial al consumo de corriente eléctrica que es el más significativo.

En el caso específico del sector empresarial del turismo la modalidad de Sol y playa representa el 80% del turismo vacacional mundial. Los hoteles para estos fines tienen características particulares, al construirse cercanos a los atractivos y se diferencian de los hoteles denominados de Ciudad. Estas instalaciones se clasifican también como vacacionales [13], presentan un mayor número de servicios, asociados fundamentalmente a la lejanía relativa de la ciudad y al hecho de que su comercialización se desarrolla mayoritariamente en la modalidad de todo incluido [1]. Estos elementos tienen una implicación considerable en el incremento del uso de la energía y la competitividad.

A pesar de la crisis energética y económica global se continúa apostando por el desarrollo del turismo en nuestro país como uno de los principales renglones de la economía. Se han establecido un conjunto de estrategias para incrementar la actividad tales como, la promoción de empresas mixtas para construcción o reconstrucción de toda una variedad de instalaciones turísticas, renovación de los productos hoteleros por valor de 170 millones de CUC en más de 200 instalaciones, creación de los hoteles encanto ubicados en edificios antiguos, inversión de 150 millones de CUC en instalaciones extrahoteleras, entre otras acciones [39]. Todos estos cambios obligan a un incremento del consumo de portadores energéticos por lo que se necesita una sinergia entre los diseños, el uso de las tecnologías, la satisfacción del cliente, y un incremento de las ventas al menor costo posible.

El comportamiento de la actividad turística desde el año 2002 hasta el 2007 recoge ingresos asociados al turismo (2398.9 MMCUC), tasa de ocupación media anual (63.6%), total de establecimientos (638), total de habitaciones (56196), total de plazas (107684). Los hoteles y moteles representan el 73% del total de establecimientos del país, y el 84% del total de habitaciones. Otro elemento a destacar es que aproximadamente el 47% de la ocupación total se debe a clientes pertenecientes a Canadá, Inglaterra, España, Italia y Alemania.

Entre las características que distinguen los hoteles de sol y playa que impactan en la gestión de los Servicios Técnicos (SS.TT) se destacan: las dimensiones perimetrales por ser generalmente de construcciones horizontales con alto número de habitaciones, el incremento de las distancias de las redes técnicas, grandes espacios ocupados en su mayoría por las áreas verdes, un ambiente influenciado por el aerosol marino agresivo para la explotación de la tecnología por su nivel corrosivo. Estos hoteles presentan además períodos bien definidos de baja turística, mayor estancia media de los clientes de 7 a 15 días y una mayor variedad y cantidad de los servicios que se prestan.

En los hoteles el departamento de los SS.TT es el encargado de definir las acciones fundamentales para el uso racional de los portadores energéticos [40]. Según [41], se define a los SS.TT como los responsables del mantenimiento y la gestión energética, entendida como parte del sistema general de gestión que considera la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, la reglamentación y los recursos para conseguir la máxima eficiencia en el uso de los portadores energéticos y el agua. Los SS.TT constituyen el subsistema de gestión que le confiere a la entidad la amplitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas [50]

En eventos realizados para el análisis de los SSTT en el MINTUR se reconoce la carencia de procedimientos actualizados para la planificación y control de las actividades de los SS.TT y la ausencia de sistemas informáticos que faciliten la toma de decisiones.

Otro elemento necesario en la actividad turística en Cuba es el proceso de renovación y recapitalización en la planta hotelera para lograr mejores resultados en la disponibilidad habitacional, la eficiencia energética y la disminución de los costos de operación a la vez que se logran niveles razonables de satisfacción al cliente. Se señala que después de varios años de explotación este proceso se descuidó repercutiendo negativamente en el valor real de dicha planta, provocando dificultades en la operación (averías frecuentes, tiempos de respuestas altos, etc) [14].

La temática energética no está ajena a la competitividad en el turismo, se plantea que la gestión tecnológica para aumentar la efectividad del uso de la energía reviste una gran importancia [29], [33], [35].

Dentro de las estrategias de la eficiencia energética a nivel de país que guardan estrecha relación con el desempeño energético del turismo se encuentran:

- Proyectos de automatización en la industria y el sector comercial.
- Cambio de motores ineficientes.

- Uso eficiente de la climatización, producción de calor y refrigeración.
- Mejora del aislamiento térmico en las edificaciones y en la industria.
- Aplicación de la NC 220 en las nuevas edificaciones de manera obligatoria.
- Certificación de la eficiencia energética de los nuevos proyectos durante el proceso inversionista.

En los hoteles y principalmente los que prestan servicio al turismo internacional existe una gestión energética responsable en la cual incide significativamente los SS.TT y en particular las acciones relacionadas con el control de los portadores energéticos, pero a pesar de su control no siempre se tienen en cuenta el empleo de tecnologías eficientes y en ocasiones se sobrediseñan los sistemas ocasionando regímenes irracionales de operación.

Otro elemento que aporta sustancialmente a la eficiencia energética es la automatización de los procesos. En el caso específico del turismo, generalmente se automatizan los hoteles de 4 y 5 estrellas que tienen mayor complejidad operacional. No obstante dentro de los tres niveles por los que pasa la automática, el estado medio de hoteles estudiados indica un primer nivel [15-20]. Es decir no se cumple en su totalidad las funciones correspondientes. Las funciones que se realizan parcialmente son: la emisión instantánea de informaciones estadísticas, las operaciones remotas y los registros automáticos de los consumos. De forma general sí se cumple: la emisión de información necesaria para que el operador proceda en consecuencia y la supervisión cíclica automática y sobre límites permisibles.

A pesar de que en el 2008 los principales indicadores económicos reflejaron un crecimiento del 13,5 % en relación al 2007, las utilidades (16,7%) y los aportes a la economía nacional (16,3%), aún existen posibilidades de incrementar estos indicadores. Algunos autores plantean que una instalación hotelera para que funcione eficientemente, desde el punto de vista energético debe garantizar menos de un 5% de sus costos totales para cubrir los gastos energéticos [53],

[21], [27]. En una investigación realizada en el 2008 [29] concluye que en el turismo:

- La gestión tecnológica es el área crítica de mayor incidencia en la gestión energética.
- No se chequea la gestión energética como un subsistema general del sistema de gestión de calidad total, si no como parte del subsistema de gestión de los servicios técnicos.
- Es insuficiente la infraestructura existente para lograr una gestión de los servicios técnicos acorde con las exigencias energéticas actuales que impone la tecnología. No se utilizan procedimientos que normalicen la gestión tecnológica en función de la gestión energética.

La no existencia de un indicador representativo del consumo de energía eléctrica [9], [35], [7], [39], [33] que permita verificar los cambios de la eficiencia energética en el turismo, obliga a seguir trabajando en este sentido. Se ha mencionado y demostrado en varios trabajos que el indicador energía eléctrica/ habitaciones día ocupadas (kWh/HDO) no tiene relación lineal entre sus componentes.

Como se muestra en la tabla 1.2 los indicadores energéticos utilizados por las diferentes cadenas hoteleras cubanas, no existe uniformidad en las marcas establecidas, y sólo en el caso del agua como recurso vital existe similitud, lo cual se debe a que existe una norma general de proyecto que rige el suministro de agua a las instalaciones turísticas.

Tabla 1.2 Indicadores Energéticos en diferentes cadenas hoteleras cubanas [7].

Cadena Hotelera	Electricidad 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
Gaviota	35 - 40	0,8 -1	2 - 3,5	1,9 - 2
Cubanacán	30 - 60	0,8 -1	-	1,5 - 2
Islazul	27 - 60	0,8 -1	2 - 2,5	1,5 - 2

1.2 Informaciones de la cadena Gaviota S.A

Desde 1988 el Grupo Gaviota S.A promociona y comercializa las bondades del producto turístico cubano en el mercado internacional con servicios de hotelería, agencia de viajes, transportación terrestre, marinas, recreación, restaurantes, tiendas y abastecimiento material al grupo y a entidades turísticas del país.

Al finalizar el año 2006, el Grupo de Turismo Gaviota, S.A. contaba con una planta de 10255 habitaciones en todo el país, de ellas 2252 a hoteles que son administradas por cadenas internacionales asociadas. El continuado crecimiento durante el año 2007 permitió que a partir de enero del 2008, Gaviota S.A. ofreciera a quienes decidan conocer Cuba un total de 12185 habitaciones, este crecimiento ha significado un despegue considerable que posiciona a Gaviota S.A. con mayor efectividad en el mercado hotelero de la isla, y mantiene previsto continuar ese ritmo de crecimiento e incorporar cada año nuevas capacidades hoteleras.

Como parte del programa de desarrollo del grupo de turismo Gaviota S.A. a finales del año 1996 los hoteles de Baracoa Porto Santo y El Castillo los cuales pertenecían hasta entonces a la Cadena Horizontes Hoteles pasan a comercializarse por Gaviota S.A. con un programa diseñado para buscar mayor acercamiento del visitante a esta naturaleza virgen.

En el año 2008 se decide por el Ministerio de Turismo que las instalaciones del territorio que pertenecían a Islazul y Palmares pasaran a formar parte del grupo de turismo Gaviota SA, por lo que en la actualidad la infraestructura hotelera está formada como sigue: Hotel “El Castillo”, “Hotel Porto Santo”, “Villa Maguana”, “La Habanera” y “La Rusa” y la extrahotelera comprende a “Finca Duaba “con su Ruta del Cacao, “Rancho Toa” con sus paseos en botes por el río Toa, Cafetería Yumurí, con sus paseos en botes por el río del mismo nombre, Cafetería El Parque, Cafetería Los Pinos, y el “Restaurante La Punta” formando en su conjunto el producto Villa Gaviota Baracoa.

1.3 Estado del arte

En el pronóstico de la demanda de energía eléctrica se han empleado diferentes métodos, los cuales pueden ser clasificados en tres grandes grupos: los primeros se basan en modelos estadísticos (regresión, series de tiempo y/o econométricos); los segundos en la inteligencia artificial; y por último, aquellos que dependen del juicio y la intuición humana [47]. Para la predicción en los consumos de energía eléctrica de una instalación hotelera se han realizado numerosas investigaciones cuyos resultados revelan la validez de estos métodos. No obstante las condiciones particulares de la explotación hotelera y su interacción con el entorno obligan a que no existan soluciones únicas. A continuación se hace referencia a algunos trabajos relacionados con la temática que muestran la variedad de las soluciones.

Dryar en 1944 [47], puede ser considerado el pionero de los estudios de la influencia de la temperatura en el consumo de electricidad. Para este autor dicho consumo refleja principalmente, por una parte, el nivel de actividad económica y, por otra, las condiciones climáticas. Fue el primero que introdujo el concepto de la demanda base, como aquella parte de la demanda que no se debe, entre otras causas, a las variables atmosféricas sino también a otros factores tales como el nivel de nubosidad y la velocidad del viento.

Modelos spline jerárquicos fueron empleados en mucho tiempo por Hendricks & Koenker en 1992 [45] para modelar la demanda de electricidad horaria de cuatrocientas residencias ubicadas en el área metropolitana de Chicago, medidas durante cuatro meses.

Luego Harvey y Koopman en 1993 [47] emplean también Modelo Básico de Espacio de Estado y la técnica Time-Varying splines para obtener un modelo de pronóstico horario de la demanda de electricidad de la compañía americana Puget Sound Power and Light.

Poirier en 1979 [45] realizó un estudio para el Electric Power Research Institute, el cual involucró modelos de tipo econométrico y splines con el fin de estimar la demanda residencial para un pequeño conjunto de consumidores en Estados Unidos de América, de los cuales se contaba con información cada 15 minutos.

Más adelante Smith y otros en 1998 [47] modelaron 264 datos mensuales de demanda residencial tomados del trabajo realizado por Harris & Liu, usando cuatro variables independientes e implementando una metodología basada en una aproximación bayesiana para regresión spline no paramétrica aditiva con errores autocorrelacionados.

Por otra parte Blaconá y Abril en el año 2000 [47] realizan un estudio para el Mercado Eléctrico Mayorista en Argentina. De acuerdo con los autores, las series relacionadas con la demanda de energía eléctrica contienen procesos estacionales muy complejos, que resultan difíciles de modelar con la teoría básica de series de tiempo. Por esta razón prefieren apoyarse en los Modelos Básicos de Espacio de Estado. La serie de tiempo de la demanda diaria promedio de energía eléctrica de Argentina contiene dos tipos de estacionalidad, una semanal y otra anual. La estacionalidad semanal resulta fácil de modelar, mientras la estacional anual se modela mediante un modelo spline de regresión no paramétrica descrito por Poirier en 1973 [44].

En Cuba, también se han realizado esfuerzos por encontrar modelos predictivos que normalicen los indicadores energéticos y de esta forma generalizarlo en toda la actividad turística. A continuación se hace referencia a algunos de ellos.

Murillo y otros autores en el 2003 [36] realizan un estudio usando modelos de tipo ARIMA. En este caso el pronóstico de demanda de energía eléctrica se basa en datos históricos suministrados por la Empresa de Energía de Pereira. No siempre los modelos paramétricos se adaptan a la estimación del consumo.

Monteagudo en conjunto con otros autores en el 2005 [28], realizan un estudio sobre la incidencia del clima en los consumos de energía eléctrica en dos hoteles de la Ciudad de Cienfuegos. Se demuestra que el consumo de potencia en los Sistemas Centralizados de Agua Helada dependen más del clima que del estado ocupacional de la instalación. Ello se pone de manifiesto en la subordinación del consumo de potencia de las enfriadoras al valor de las Horas Grados de la ciudad y no a la Habitación Día Ocupada. Se establece un indicador de Habitaciones Días Equivalentes para hacerlo correlacionar de forma lineal con el consumo de electricidad del hotel. No obstante esta propuesta no se basa en mediciones directas de todas las variables que se analizan. Se parten de consideraciones muy generales.

El artículo Correlación lineal entre el consumo de energía eléctrica y parámetros climatológicos y ocupacionales [24], refiere la influencia de la temperatura, la humedad relativa, el número de días lluviosos, la velocidad del viento y el número de habitaciones ocupadas por día, sobre el consumo de energía eléctrica de una instalación hotelera. Al aplicar el método de regresión lineal múltiple se obtiene como resultado, que de las variables independientes estudiadas la que más influye sobre el consumo es la temperatura, según el análisis de los datos promedio mensuales archivados en tres años de explotación. Se obtuvo el modelo matemático de regresión lineal que representa la correlación existente entre los datos, así como modelos no lineales que relacionan el consumo con la temperatura. El análisis se realiza utilizando como herramienta el programa de computación Statgraphics y los datos climatológicos de la estación meteorológica del municipio de Varadero. Este modelo a pesar de contar con un fuerte instrumental investigativo no ha sido demostrado en otras localidades del país.

Landa nuevamente en el 2006 [23] realiza un análisis para establecer la influencia del número de habitaciones ocupadas por día y del clima expresado a través de la temperatura, la humedad relativa, el número de días lluviosos y la velocidad del

viento sobre el consumo de energía eléctrica y el índice de una instalación hotelera, utilizando datos promedios mensuales de los parámetros climatológicos y del índice kWh/HDO y el total de consumo mensual de energía eléctrica. 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 (kWh/HDO) y que la influencia del clima es expresada fundamentalmente por la temperatura. A diferencia del artículo [24] el modelo planteado integra más variables, lo que hace aumentar el coeficiente de correlación.

Fernández [11] desarrolla una aplicación de modelos de regresión donde la ecuación de demanda establece una relación no lineal entre el consumo doméstico de electricidad y el precio de ese consumo. Esta aplicación indica una tendencia a utilizar modelos de regresión en la modelación de los consumos de energía eléctrica pero esta aplicación en el sector doméstico se aleja del objeto de estudio de la presente investigación.

Felipe Barrientosa, Olayab y Manuel González en el 2007 [47] sostienen el modelo spline para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica, que consiste en modelar con fines de pronóstico, la demanda diaria de energía eléctrica en una región del suroccidente colombiano, mediante la implementación de modelos de regresión no paramétrica teniendo en cuenta factores de influencia tales como hora del día, día de la semana, mes y año, entre otros.

Montero y Góngora en el 2007 [34] sintetizan la situación energética de los hoteles de la provincia de Holguín en cuanto a la estructura de consumo de los portadores energéticos y cuales características operacionales deciden el comportamiento de los mismos. Se escoge un hotel representativo, como caso de estudio en el que se aplican las herramientas de la gestión energética. Mediante la modelación paramétrica se demuestra las posibilidades del empleo del Toolbox de Identificación de Matlab para determinar expresiones que permitan pronosticar

consumos e indicadores energéticos. Más adelante estos autores elaboran una herramienta con técnicas de inteligencia artificial que mejora el pronóstico del consumo de electricidad y GLP integrando al análisis las condiciones climatológicas y empleando técnicas de inteligencia artificial.

Montero y otros en el 2009 [32] realizan un estudio a través de Redes Neuronales Artificiales para predecir el consumo de energía eléctrica en un hotel del Polo Turístico de Holguín. Las variables utilizadas fueron las climatológicas, temperatura ambiente, presión atmosférica, velocidad del viento, precipitaciones, humedad relativa. La otra variable utilizada fue el mes del año. Se realizaron varios entrenamientos para obtener el mejor resultado de la modelación. Uno de los realizados fue introducir la variable HDO, al no mejorar los resultados de la modelación, se demostró en la estructura propuesta que el consumo de energía eléctrica dependía más de las variables climatológicas que las de explotación. En este, el error medio cuadrático fue de 0.00026.

Molina y otros en el 2010 [30] también exponen un trabajo para la predicción del consumo energético de los hoteles cubanos mediante herramientas de inteligencia artificial en el Caso Tryp Cayo Coco. En este la predicción más acertada se logra con una estructura de red de 8 variables de entrada o neuronas (mes, día del mes, día de la semana, ocupación HDO, ocupación cliente, temperatura mínima, temperatura máxima y humedad relativa). La variable de salida, consumo energético diario. Para este entrenamiento el error promedio fue del 3 % para un 96 % de validez, de esta forma se recibe inmediatamente el valor estimado del consumo energético para el día siguiente.

En resumen, se han realizado varios trabajos implementando distintas aproximaciones con el fin de realizar proyecciones de demanda de energía eléctrica. No obstante no existe un modelo único adaptable a diferentes condiciones de explotación como es el caso del hotel Porto Santo donde la

energía eléctrica que se consume no es sólo de actividades propias de la instalación.

En el análisis bibliográfico efectuado se refieren trabajos que emplean la técnica de inteligencia artificial para pronosticar consumo de energía a través de parámetros climatológicos, y de ocupación entre otras variables. Como puede apreciarse no se ha establecido un método estándar para solucionar el pronóstico de energía debido a la complejidad que conlleva el mismo. Se han empleado con frecuencia algunas técnicas de suavización para dar solución a este problema, en ocasiones utilizadas como herramienta de apoyo a otras metodologías estadísticas de predicción.

En Cuba, como parte de la estrategia nacional de ahorro energético se ha hecho necesario dirigir las investigaciones hacia la predicción del consumo e incursionar en los modelos pronósticos en cualquiera de sus variantes. En respuesta el MINTUR realizó las proyecciones del consumo eléctrico hasta el 2015. El pronóstico se hizo en función de turistas días y del clima, dentro de éste la temperatura como variable fundamental. Se consideró la serie histórica del consumo eléctrico del MINTUR y a partir de los TD hasta el 2015 (preliminar), aplicando el concepto de TD equivalente que incorpora el factor temperatura, que considera una tendencia de crecimiento de la temperatura de 0,3 grados anuales, utilizando el método de regresión lineal.

Tales proyecciones pese a su validez y utilidad no deben ser absolutizadas ya que las condiciones de cada polo turístico y el tipo específico de turismo de cada región podrían hacer que algunas instalaciones escapen a estos pronósticos.

Las variables que más incidencia han tenido en la mayoría de los pronósticos presentados son las climatológicas. Sin embargo existen otras variables como el HDO que si bien no ha sido muy significativo en resultados obtenidos en algunos

estudios, no se debe descartar que sí pueda ser de utilidad en instalaciones donde las características no sean similares a las estudiadas.

1.4 Métodos para pronosticar consumos de energía eléctrica

La predicción del consumo de energía eléctrica se convierte en una herramienta fundamental en la ejecución planificada del control que deben ejercer los sistemas de gestión de energía. Hasta la crisis energética de 1973 el método más generalizado era el de la tendencia anual. Al surgir las crisis con la disponibilidad del combustible y la brusca subida de los precios, se comenzaron a utilizar métodos más complejos, tendencia que aumentó con la aparición masiva de las computadoras y software especializados [43]. Los métodos utilizados para la predicción del consumo de energía eléctrica son:

- Método de la tendencia histórica simple.
- Método de Usuarios Finales.
- Método de Series Temporales.
- Métodos paramétricos.
- Métodos con aplicación de la inteligencia artificial.
- Métodos híbridos.

El método de tendencia histórica simple, se basa en conocer el comportamiento histórico del consumo de energía eléctrica, organizado en datos mensuales, anuales o cursos. Previamente se realiza un análisis de los datos para corregir factores eventuales que no son característicos y posteriormente se determina la tendencia lineal o logarítmica. La desventaja principal del método de la tendencia histórica simple radica en su carácter de promedio, por lo que no informa sobre los cambios mensuales y estacionales de los datos, pero al integrarse (sumarse) los datos pronosticados para cada mes de un año, se obtiene el valor del consumo futuro.

El método de usuarios finales es un método determinista, que se apoya en las ecuaciones clásicas de la energía eléctrica. Al conocer el tipo de equipamiento, su potencia eléctrica activa, así como el carácter de su uso (tiempo de uso promedio diario, mensual, anual), es factible calcular el consumo de energía eléctrica futuro.

$$MWh = \sum Ne_1 * Pe_1 * Te_2 + Ne_2 * Pe_2 * Te_2 + \dots Ne_n * Pe_n * Te_n \quad (1.1)$$

Donde:

Pen: Potencia activa de un tipo de equipo o determinada familia de equipo.

Ejemplo: Aires acondicionados de la misma potencia, computadoras de oficinas, computadoras de laboratorios, bombas de agua, etc.

Ne_n: Número de equipos del tipo n.

Te_n: Tiempo de uso anual del tipo de equipo n.

Debido a que el consumo también depende del momento de puesta en funcionamiento del equipamiento, la ecuación toma la forma siguiente:

$$MWh = \sum Ne_1 * Pe_1 * Te_2 * Kt_1 + Ne_2 * Pe_2 * Te_2 * Kt_2 + \dots Ne_n * Pe_n * Te_n * Kt_n \quad (1.2)$$

Donde:

Kt=Nm / 12: coeficiente de puesta en funcionamiento del equipo.

Nm: Total de meses que funcionará el nuevo equipamiento el próximo año y que depende de la fecha de montaje o puesta en funcionamiento de 12 meses del año. En los centros industriales existen familias de equipamiento que varían poco en número con el tiempo y otros que son los que más inciden en la variación del consumo, lo que se conoce analizando los datos históricos y realizando correlaciones simples, lo que permite obtener la ecuación:

$$MWh = K + \sum Ne_1 * Pe_1 * Te_2 * Kt_1 + Ne_2 * Pe_2 * Te_2 * Kt_2 + \dots Ne_n * Pe_n * Te_n * Kt_n \quad (1.3)$$

Donde:

K: Consumo del equipamiento que varía poco o no varía con el tiempo.

El método de Usuarios Finales es fácilmente aplicable, sobre todo con el uso de hojas de cálculo. Sin embargo, su principal desventaja consiste en que, por disímiles causas, no siempre se conoce la cantidad, el número y la fecha de adquisición, por lo que su aplicación se dificulta.

Los métodos paramétricos se apoyan en las relaciones estadísticas entre variables que permiten determinar una ecuación (o ecuaciones) entre un parámetro (variable dependiente) y un grupo de parámetros (variables independientes) que explican su variación y que previamente han sido sometidas a análisis estadísticos (varianza, dispersión, correlación) que justifican su elección. La herramienta fundamental para la aplicación del método paramétrico es la regresión múltiple, disponible en todos los softwares estadísticos y que ya aparece en las últimas versiones de Excel.

Método de pronóstico de series temporales: En los últimos años se han utilizado ampliamente las herramientas de pronóstico de series temporales, utilizando los métodos de Box-Jenkins (ARIMA), debido a la facilidad relativa que ofrecen para encontrar modelos, aún en los casos cuando la serie temporal no sea estacionaria y presente estacionalidad y ciclos.

Las Ventajas del método de Series Temporales (Modelación ARIMA) son: Las series temporales llevan implícito en sus datos las regularidades y las irregularidades de la variable a lo largo del tiempo. Es un método moderno que se apoya en numerosos softwares de fácil adquisición. Se desarrolla continuamente ya que tiene aplicación universal. A pesar de que requiere conocimientos estadísticos, está al alcance de la mayoría de los profesionales. Los softwares especializados entregan los resultados con análisis estadísticos incluidos y con resultados gráficos de gran información. Dentro de las desventajas se encuentra que el hecho de predecir el futuro en función del pasado implica el riesgo de error si se producen cambios estructurales significativos, además de esto el proceso de modelación es extenso.

Pronóstico con el uso de la inteligencia artificial: Desde mediados de los años 80, apoyado en el surgimiento masivo de los modernos medios de cómputo, se extendió el uso de la inteligencia artificial para encontrar solución a problemas que hasta ese momento solo se enfocaban con métodos deterministas o estadísticos. La inteligencia artificial, y concretamente las redes neuronales, tienen la capacidad de determinar patrones de comportamiento cuando son sometidas a un entrenamiento adecuado, aún cuando la relación entre las variables de entrenamiento no sea lineal. La figura 1.1 muestra la representación simplificada de una neurona elemental con un vector p de R elementos de entrada [52].

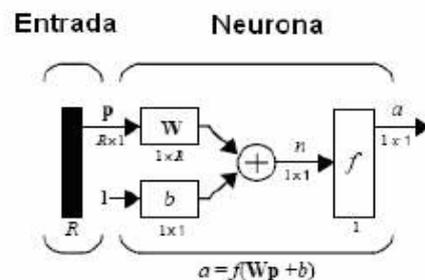


Fig. 1.1 Representación simplificada de una neurona.

Cuando a una red neuronal, a la que se le ha determinado su estructura en cuanto al número de neuronas en la capa de entrada, en la capa intermedia y en la de salida, y se ha escogido el algoritmo de entrenamiento, se le introducen datos de entrada y de salida conocidos, se le está realizando el denominado entrenamiento supervisado.

El método híbrido consiste en combinar los resultados de análisis con ARIMA y redes neuronales con el método de usuarios finales. De esta forma se conjugan las ventajas de ambos métodos cuando se producen cambios de las variables superiores a la dinámica interna de la serie temporal.

1.5 Herramientas de la Gestión Energética

Para la implementación de los diagnósticos energéticos se deben seguir los siguientes pasos dictados por la experiencia acumulada. El trabajo

multidisciplinario ha indicado que en el caso particular de los hoteles se consideran indispensables [33]:

- Concretar con el personal de explotación el alcance de los trabajos.
- Verificar en el campo los aspectos fundamentales de las tecnologías empleadas.
- Determinar los subsistemas que se estudiarán a fondo en correspondencia con su influencia en los consumos o en las pérdidas de energía especificando la temporada o el momento adecuado en el que la investigación sea lo más significativa posible.
- Planificar las tareas que se realizarán durante el diagnóstico
- Recolección de las informaciones técnicas y de explotación del equipamiento a diagnosticar así como las datas históricas de los consumos de los portadores que se estudiarán, los aspectos económicos relacionados y la asistencia de turistas a la instalación.
- Aplicación de los conocimientos técnicos e investigativos sobre los datos que brindan las tecnologías y los subsistemas.
- Análisis de los resultados determinando la influencia sobre la demanda eléctrica de cada aspecto evaluado así como los parámetros de eficiencia a los que debe ajustarse la explotación, teniendo en cuenta el efecto económico de cada medida planteada, tanto las organizativas como de inversiones.
- Elaboración, entrega y control del plan de medidas planteadas, verificando en el tiempo cómo se comportan las marcas de calidad de los distintos portadores evaluados.

Existen un conjunto de herramientas que se emplean en la Gestión Energética sobre todo en el análisis de la información. Estas herramientas se basan en lo fundamental en criterios estadísticos matemáticos que brindan un panorama preciso de tendencias e inclusive permiten un acercamiento a la modelación energética. Dentro de estas herramientas se destacan:

Diagrama de Pareto: Es una gráfica en forma de barras que clasifica en forma descendente factores que se analizan en función de su frecuencia, importancia absoluta o relativa. Adicionalmente permite observar en forma acumulada la incidencia total del factor en estudio.

Está inspirado en el principio conocido como pocos vitales y muchos útiles o Ley 80-20, que reconoce que en los procesos hay unos pocos elementos o causas realmente importantes (20%) que generan la mayor parte del efecto (80 %). En otras palabras, del total de problemas que causan la baja eficiencia energética de una empresa, sólo unos cuantos de ellos afectan de manera vital su competitividad; y del total de causas de un problema, sólo pocas de ellas son determinantes de gran parte del mismo.

Aplicando el principio de Pareto para resolver el problema del ahorro de energía, el primer paso que se debe dar es localizar prioridades, es decir, en qué energético (electricidad, gas, combustibles) se genera un mayor gasto. Esta localización se hace estratificando el consumo de energía por tipo de energético y representándolo a través del diagrama de Pareto.

El Histograma que se presenta más a menudo es aquel que tiene un valor central donde se agrupan el mayor número de observaciones y con frecuencias decrecientes a ambos lados del mismo. Este diagrama es definido como “distribución normal”. La distribución normal es aquella que descubre la variabilidad de un hecho cuando interviene solamente la aleatoriedad.

El Histograma es una instantánea de la capacidad del proceso y revela tres características del mismo:

- Centrado: media de los valores obtenidos.
- Distribución: dispersión de las medidas.
- Forma: tipo de distribución.

El Histograma se usa para:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- Mostrar el resultado de un cambio del sistema.
- Identificar anomalías examinando la forma.
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación

El diagrama causa y efecto: Se conoce también con el nombre de Ishikawa por ser quien lo diseñó en 1953, o diagrama de espina de pescado. Su valor principal es que representa de forma ordenada todos los factores causales que pueden originar un efecto específico.

El principio del diagrama consiste en establecer que el origen o causa del efecto puede encontrarse en: los materiales, el método, el equipo o la mano de obra. Si algún elemento fundamental no puede clasificarse dentro de estas cuatro categorías, deberá añadirse por separado. A su vez cada uno de estos factores es afectado por otros. Por ejemplo el factor mano de obra es afectado por: número de trabajadores, capacitación, supervisión, condiciones ambientales. También cada uno de ellos está influido por otros y algunos de estos por otros más. El diagrama puede llegar a ser muy complejo, lo que significa una mayor comprensión del problema por las personas que participen en su elaboración.

Aunque puede efectuarse alguna variación, el orden más eficaz para hacer el análisis de las causas con el Diagrama de Ishikawa requiere de 5 pasos:

1. Definir el efecto. Significa que sea claro, preciso y medible. Es importante no confundir causas (origen), problemas (enfermedad) y efectos (síntomas).
2. Identificar las causas. Cada miembro del grupo en una tormenta de ideas propone posibles causas del efecto descrito. Se toma la lista y se señala la palabra clave de cada causa. Se determinan las subcausas en torno a la palabra clave.

3. Definir las principales familias de causas. Se agrupan las causas y subcausas en familias de: métodos, mano de obra, equipos, materiales u otra causa fundamental del problema.
4. Trazar el diagrama. Se traza la línea central y las que representan las causas principales. Se aportan ideas en torno a cada causa principal por separado y se colocan con su palabra clave.
5. Seleccionar la causa. Una vez construido el diagrama, este cubre todas las posibles causas. Se realiza un proceso de selección ponderada para determinar las de mayor importancia.

Diagrama de dispersión: Este diagrama permite observar la relación que existe entre una supuesta causa y un efecto. Su uso permite comprobar o verificar hipótesis que pudieran haberse desprendido del análisis del diagrama Ishikawa.

La observación del diagrama de dispersión nos indica, no obstante, que existe una tendencia a que los valores altos de nivel ocupacional están asociados a los valores altos de consumo. Se observa además que la nube de puntos de este ejemplo describe una línea recta por lo que puede existir una relación de tipo lineal entre ambas variables con una pendiente pronunciada.

Para determinar el coeficiente de correlación entre ambas variables y probar matemáticamente su validez se establece la ecuación del modelo $Y=f(x)$ y se aplica la prueba de hipótesis correspondiente.

Estratificación: El propósito de la Estratificación es similar al Histograma, pero ahora clasificando los datos en función de una característica común que permite profundizar en la búsqueda y verificación de las causas a encontrar, resolver o eliminar.

Gráficos de Control: Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites

establecidos. Generalmente se usan como instrumento de autocontrol por los círculos y grupos de calidad y resultan muy útiles como apoyo a los diagramas causa y efecto, cuando se aplica a cada fase del proceso y detectar en cuales fases se producen las alteraciones.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir, existe un valor medio del parámetro de salida muy probable de obtener, mientras que a medida que se aleja de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar ($3S$) del valor medio. Este comportamiento (que puede probarse en caso que no se este seguros que ocurra) permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influya en desviaciones del parámetro de salida controlado. El gráfico de control se obtiene de graficar los valores reales del parámetro de control obtenidos en el tiempo sobre el valor medio y sus fronteras de desviación.

Gráficos de cargas: Son aquellos gráficos que permiten la representación del consumo de las cargas en el tiempo. Pueden ser: individuales o en grupo, continuos o escalonados, diarios, mensuales o anuales.

Estudio de cargas: Un estudio de cargas es la determinación de la tensión, intensidad, potencia y factor de potencia o potencia reactiva en varios puntos de una red eléctrica, en condiciones normales de funcionamiento. Los estudios de carga son fundamentales en la programación del futuro desarrollo del sistema, puesto que su funcionamiento satisfactorio depende del conocimiento de los efectos de la interconexión con otras redes, de las nuevas centrales generadoras y de las nuevas líneas de transporte, antes de que se instalen.

Método de regresión: Está relacionado con el estudio de la dependencia de una variable, la variable dependiente, de una o más variables adicionales, las variables explicativas con la perspectiva de estimar y/o predecir el valor (poblacional) medio o promedio de la primera en términos de valores conocidos o fijos (en muestreo repetidos) de las segundas. En el análisis de regresión existe una asimetría en la manera como se manejan las variables dependientes y explicativas.

Si se estudia la dependencia de una variable en una sola variable explicativa se conoce como análisis de **regresión simple** o *en dos variables*. Sin embargo, si se está estudiando la dependencia de una variable en más de una variable explicativa se hace referencia al análisis de la **regresión múltiple**.

Método de correlación: El objetivo es la medición de la fuerza o grado de asociación lineal entre dos variables. El coeficiente de correlación mide esta fuerza de asociación (Lineal). El coeficiente de determinación lineal es la forma de medir el grado de relación lineal entre dos variables. La relación entre ambas pudiera estar descrita por una línea recta (recta de regresión lineal). Este coeficiente se simboliza como R^2 . Es usual encontrarlo multiplicado por cien o en su raíz cuadrada [22]. El coeficiente de correlación lineal simbolizado por R , es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación lineal. El mismo será:

- Positivo, si al aumentar los valores de X aumentan los de Y y viceversa.
- Negativo, si al aumentar los valores de X disminuyen los de Y y viceversa.

Además de las herramientas mencionadas para la realización de la investigación se tuvieron en cuenta otras que sirvieron de apoyo y de esencial uso para la predicción del consumo de energía eléctrica del hotel. El software Statgraphics, el Toolbox de Identificación del Matlab y las Redes Neuronales Artificiales del MATLAB, permitieron identificar las variables con las cuales quedaría conformado el modelo matemático para la predicción.

1.6 Elementos básicos de las Redes Neuronales Artificiales

En materia de predicción de consumos eléctricos hoy en día se implementado investigaciones que utilizan la herramienta de las Redes Neuronales Artificiales. Estas a diferencias de otras poseen la capacidad de realizar múltiples funciones como resultado de un entrenamiento (aprendizaje). Otras de sus ventajas es la elevada velocidad de procesamiento así como su fácil aplicación a tecnologías disímiles.

La ciencia de las Redes Neuronales Artificiales, hace sus primeras apariciones significativas en la década de los cuarenta, cuando los investigadores (Mc Culloch, Pitts, Hebb, Rosenblatt, Widrow) desarrollaron modelos de hardware y software de las neuronas biológicas y de su sistema de conexiones intentando reproducir el comportamiento del cerebro. La investigación en este campo comenzó con dos grandes limitantes: computadoras lentas y con poca memoria y lenguajes de programación de muy bajo nivel.

Unas décadas después el desarrollo electrónico ya era otro y es a partir del año 1982 en que Hopfield utilizando propiedades matemáticas interesantes y un modelo no lineal salvó los problemas presentados anteriormente. A partir de entonces las Redes Neuronales Artificiales han despertado gran interés a nivel mundial y se han desarrollado más de 40 modelos (variantes de los pioneros) que exhiben características cada vez más atractivas [48].

Se puede considerar una Red Neuronal Artificial como un modelo matemático de las "teóricas" actividades mentales y cerebrales. Estos sistemas explotan el procesamiento local en paralelo y las propiedades de la representación distribuida, aspectos que al parecer existen en el cerebro. En la comunicación diaria se utilizan habitualmente información imprecisa, que generalmente el cerebro procesa muy bien, generando incluso nuevo conocimiento. Esto lleva a considerar la lógica difusa y los conjuntos difusos, de gran interés hoy día en Inteligencia

Artificial y en los Sistemas Expertos, y sus relaciones con las Redes Neuronales Artificiales.

Fundamentos de Redes Neuronales Artificiales

A las Redes Neuronales Artificiales también se las nombra como Sistemas Neuronales, Sistemas Adaptables o Adaptativos, Redes o Sistemas Conexionistas, Neurocomputadores o Procesadores Paralelos Distribuidos. Hay varias definiciones formales de una Red Neuronal Artificial [48].

Una definición no tan formal se debe a Simpson: Una Red Neuronal Artificial es "Un grafo dirigido y no lineal con arcos ponderados, capaz de almacenar patrones cambiando los pesos de los arcos, y capaz de recordar patrones a partir de entradas incompletas y desconocidas"

El planteamiento y análisis de los modelos matemáticos, propuesto por diferentes autores, permiten en toda investigación, realizar la identificación más apropiada de las variables de un proceso. Basado en el planteamiento anterior, se ha propuesto el tema de las redes neuronales, sus características básicas y sus diferentes aplicaciones con sus algoritmos de aprendizaje.

El caso general de procesos dinámicos no lineales pueden distinguirse básicamente dos tipos de modelos de funcionamiento normal: los modelos físicos y los modelos de caja negra. Los primeros aplican leyes físicas para ligar las variables que intervienen en el proceso. Los parámetros que intervienen en dichas ecuaciones tienen un significado físico, de tal forma que el conocimiento queda explícitamente reflejado en ellas. Sin embargo la obtención y utilización de estos modelos no siempre es posible. En primer lugar la complejidad de los procesos que hay que modelar hace que su modelado físico sea muy costoso e incluso una vez obtenido el modelo, el tiempo de cálculo necesario para su evaluación puede hacerlos inutilizables para una aplicación en tiempo real como es el diagnóstico.

Por otro lado los modelos físicos requieren datos de diseño que conllevan dos problemas. En primer lugar resulta difícil y en ocasiones imposible, extraer todos los datos necesarios de la documentación de diseño. En segundo lugar, la experiencia demuestra que el comportamiento real de los componentes dista mucho de lo predicho por los datos de diseño [48].

Los modelos de caja negra están basados en criterios estadísticos capaces de modelar las relaciones existentes entre un conjunto de entradas y otro de salidas. Estas variables externas son variables físicas, pero el resto de variables y parámetros envueltos en el modelo pueden no tener significado físico. Los parámetros del modelo se ajustan a partir de un conjunto de medidas reales que caracterizan el comportamiento del proceso en condiciones de normalidad.

La construcción de modelos de caja negra está basado en el principio que plantea que “el control óptimo es posible aún cuando no se tiene una información total”. En la primera etapa de la investigación ante el experimentador surge el problema de la formalización del objeto real de investigación, de la presentación de esta a través del esquema “CAJA NEGRA”. Una red neuronal puede interpretar, aunque no sea totalmente así y el investigador aporte experiencia y conocimientos, el universo como una caja negra a la que concurren un número de variables de entrada X_i y tiene como Y_i salidas las variables y como muestra la figura 1.2.

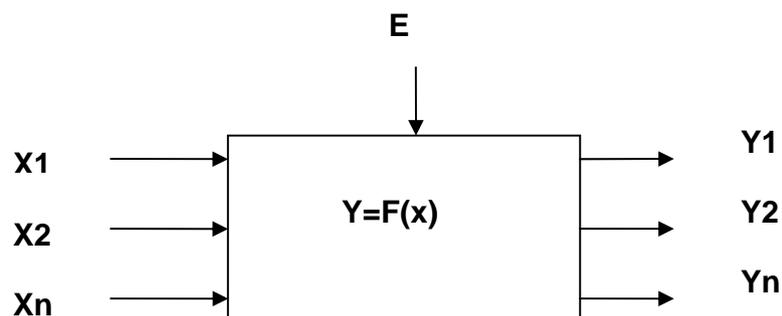


Fig. 1.2 Interpretación del universo por los sistemas inteligentes.

En aplicaciones energéticas es útil, además, que sea interpretado como un agujero negro; un sumidero de factores y energía donde concurren diversos vectores linealmente independientes a cada uno de los cuales se asocia, la captura con determinado peso, de una porción de esa energía. Queda entonces la energía relacionada a un campo vectorial abstracto n dimensional con sus herramientas matemáticas de análisis [52]

La dependencia matemática entre los parámetros de salida (respuestas) y los parámetros de entradas (factores) se denomina función de respuesta y tiene la siguiente forma:

$$Y = f(X_1, \dots, X_n) \quad (1,4)$$

Las aplicaciones de las RNA han crecido sustancialmente incluso donde se conocen las relaciones entre las variables pero es difícil trabajar con ellas de una forma eficiente o donde se exija velocidad y precisión. Las RNA han sido entrenadas para efectuar funciones complejas en varios campos de aplicación entre los que se incluyen el análisis de comportamiento, el reconocimiento de tendencias, la identificación de imágenes, la clasificación de grupos, la optimización de procesos industriales y los sistemas de control entre muchos más.

En energética las RNA pueden utilizarse para controlar la operación y la eficiencia de un sistema de cogeneración, para evaluar las prestaciones de las unidades de generación distribuida, para evaluar y caracterizar una central termoeléctrica, para predecir demandas y gastos futuros de portadores en empresas, industrias y centros de servicios y para sugerir estrategias de ahorro, mantenimiento e impacto ambiental. También para tomar decisiones de control o explotación y establecer la operación más económica de un sistema, entre otras que se incorporen y enriquezcan este escenario. [52].

En los últimos años ha crecido rápidamente el interés por las redes neuronales y debido al desarrollo teórico y las aplicaciones diversas que han tenido,

profesionales de diversos campos solicitan aplicaciones en sus disciplinas. El procedimiento convencional utilizado para construir Redes Neuronales Artificiales capaces de realizar una determinada tarea consiste en una elección adecuada de sus características, más una estructura conveniente.

Para describir los resultados finales de un modelo basado en Redes Neuronales Artificiales existen formas de expresarlos esquemáticamente y otra a modo de ecuación. En la figura 1.3 aparece la arquitectura de una RNA de tres capas según la ayuda del MATLAB.

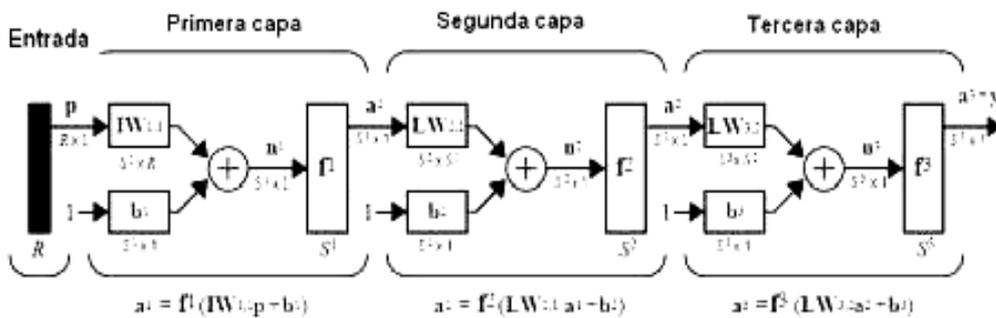


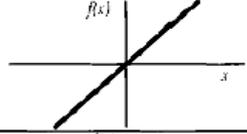
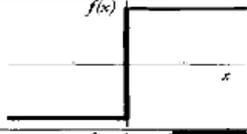
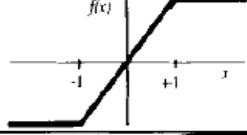
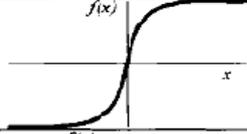
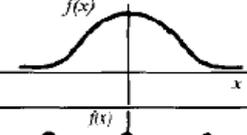
Fig. 1.3 Arquitectura de una red neuronal de tres capas.

El gráfico de la figura anterior se puede manifestar en forma de expresión según la ecuación 1,5.

$$a^3 = f^3(LW_{3,2}f^2(LW_{2,1}f^1(IW_{1,1}p + b^1) + b^2) + b^3) = Y \quad (1,5)$$

Según la tabla 1.1, las distintas funciones de transferencia tienen su forma de expresarse definida en un determinado rango y en una forma gráfica básica [38].

Tabla 1.1 Funciones de activación habituales.

	Función	Rango	Gráfica
Identidad	$y = x$	$[-\infty, +\infty]$	
Escalón	$y = \text{signo}(x)$ $y = H(x)$	$\{-1, +1\}$ $\{0, +1\}$	
Lineal a tramos	$y = \begin{cases} -1, & \text{si } x < -l \\ x, & \text{si } -l \leq x \leq l \\ +1, & \text{si } x > l \end{cases}$	$[-1, +1]$	
Sigmoidea	$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ $y = \text{tgh}(x)$	$[0, +1]$ $[-1, +1]$	
Gaussiana	$y = A \cdot e^{-\beta x^2}$	$[0, +1]$	
Sinusoidal	$y = A \cdot \text{sen}(\omega x + \varphi)$	$[-1, +1]$	

En el libro, Inteligencia Artificial Aplicada al Análisis de Sistemas Energéticos con Matlab [52], aparece una información detallada acerca de las redes neuronales y sus aplicaciones en el área energética. A continuación se hace referencia a algunas expresiones matemáticas que definen las diferentes funciones de transferencia de las RNA.

En una neurona artificial las entradas X_i representan vectores o señales que provienen del exterior o son capturadas de otras neuronas. Los pesos W_i representan la intensidad de la sinapsis; tanto X_i como W_i son valores escalares. A esa señal ponderada se le adiciona el “bias” y se obtiene una entrada total que actúa sobre el núcleo de la neurona para activarla. f es la función umbral o de transferencia que, evaluada para esa entrada total, produce la respuesta de la neurona al estímulo exterior recibido en forma similar a como ocurre en las células

nerviosas biológicas. En términos matemáticos este proceso se representa de forma sencilla como:

$$\text{Salida} = f(X_{\text{neta}} + b) \quad (1,6)$$

Tanto el vector de pesos **W** como el “bias” **b** son parámetros escalares **i** ajustables de la neurona. La idea central de una red neuronal es que estos parámetros puedan ser ajustados de forma tal que la red reproduzca el comportamiento observado. El entrenamiento es precisamente eso; un proceso de ajuste de los parámetros en la red para que pueda realizar un trabajo en particular. Debe conocerse además, que existe la posibilidad de que la propia red los ajuste para cumplir sus obligaciones.

Las redes con “bias” pueden representar el sistema con mayor facilidad que las que no lo poseen ya que si la entrada neta de una red es cero y no posee “bias”, la salida será sólo la evaluación de la función de transferencia para el valor cero, pero al tenerlo, se puede aproximar más la respuesta al valor real del sistema cuando la entrada neta es cero.

Las funciones de transferencia no son más que ecuaciones matemáticas lógicas o continuas con una fórmula definida. Por ejemplo, la función **hardlim** está dada por:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < 0 \\ 1 & \text{para } x \geq 0 \end{cases}$$

La función **logsig** es:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1,7)$$

La función **tansig** es:

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \approx \frac{2}{(1 + e^{-2x})} - 1 \quad (1,8)$$

La función radial base es:

$$f(x) = e^{-n^2} \quad (1,9)$$

La función **pureline** está dada por la ecuación que representa una recta que pasa por el origen con una pendiente de 45° donde son iguales los valores de entrada y de salida. Su desplazamiento se realiza por el “bias”.

Si la función de transferencia es **logsig** la respuesta en lenguaje neuronal está dada por:

$$Salida = \log sig \left(\left(\sum_{i=1}^p Wi * X_i \right) + b \right) \quad (1,10)$$

Si es **pureline** la respuesta está dada por:

$$Salida = pureline \left(\left(\sum_{i=1}^p Wi * X_i \right) + b \right) \quad (1,11)$$

Si es **tansig** por:

$$Salida = \tan sig \left(\left(\sum_{i=1}^p Wi * X_i \right) + b \right) \quad (1,12)$$

Una red de base radial tiene una salida algo diferente dada por:

$$a_1 = radbas \left((dist(IW, p) * b_1) \right)$$

$$Salida = pureline \left((LW * a_1) + b_2 \right)$$

En la mayoría de los casos las funciones más utilizadas son la Tansig y Purelanc. En ocasiones la función Tansig o Tangencial sigmoide se define sólo en los intervalos positivos para lo cual su expresión $y = \frac{1}{1+e^{-x}}$ donde e según el teorema sobre límites para sucesiones convergentes es:

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n} \right)^n = 2.7182818284..... [51]$$

Conclusiones del capítulo

- Para la predicción del consumo de electricidad en hoteles se hace necesario conocer las regularidades energéticas de la instalación.
- Según la literatura analizada para el pronóstico del consumo de energía eléctrica en hoteles, las variables que más incidencia tienen son las climatológicas y las de explotación.
- No se ha podido establecer un modelo para pronosticar el consumo de electricidad en hoteles que sea generalizable.

Capítulo II. Materiales y Métodos

En el presente capítulo se da a conocer el método y las técnicas utilizadas para conocer las generalidades energéticas del hotel. Se describe además el método para la determinación de las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica del hotel. Se relacionan todos los pasos realizados en el tratamiento de los datos así como las vías para dar solución al problema planteado por la investigación. Se exponen las tareas para la creación, entrenamiento y validación de la RNA hasta lograr el ajuste adecuado.

2.1 Método utilizado para el estudio de las generalidades energéticas de la instalación y las particularidades del uso de la energía eléctrica

Para conocer las generalidades del Sistema de la Gestión Energética del hotel se realizaron entrevistas al personal de Servicios Técnicos (SSTT), al de Recursos Humanos y al del área de economía; todo acompañado de la revisión de documentos e informes así como de la observación.

Seguido a ello se midió el nivel de competencia de los trabajadores en materia energética y la necesidad de implantar un proyecto de mejoras en la eficiencia energética. Se realizó una encuesta para determinar el criterio de necesidad de un diagnóstico energético y así poder ubicar al hotel en la etapa que le corresponde en materia de ahorro de energía. El contenido fue de 30 preguntas y fueron aplicadas a 16 trabajadores del hotel, de ellos 5 dirigentes. Los resultados se analizaron e interpretaron según las indicaciones que aparecen en libro “La Eficiencia Energética en la Gestión Empresarial” [10].

Para evaluar el banco de problemas energético también se realizaron entrevistas y se ofrecieron sugerencias para conformar el mismo. Para el análisis de los portadores energéticos así como la distribución de estos por las áreas de la instalación se partió de la documentación existente en el departamento de servicios técnicos y de otros datos brindados por el área de economía del hotel. Las informaciones corresponden a los años 2007, 2008 y 2009.

Los datos obtenidos permitieron analizar la estructura de consumo y los costos de los portadores energéticos, así como los gastos del hotel y la significación de estos dentro de los gastos generales de la instalación; todos representados mediante gráficos de Pareto.

De igual forma se realizó un análisis específico del consumo de energía eléctrica determinándose su comportamiento, índice de consumo y su relación con las Habitaciones Días Ocupadas (HDO), reflejados en gráficos de control y de dispersión.

Para realizar una distribución del consumo de los portadores de forma funcional y que permita realizar flujogramas energéticos, se dividió el hotel en 5 áreas funcionales: Administración, Habitaciones, Aseguramiento, Lavandería, Alimentos y Bebidas.

Con toda la información recopilada mediante las técnicas descritas y la propia observación se detectaron las causas de la insuficiente gestión energética, las cuales fueron agrupadas en 6 grandes áreas. Para su mejor comprensión este análisis fue representado mediante un gráfico de Espina de Pescado. El gráfico inicial fue colegiado de forma participativa con el personal de servicios técnicos y directivos de la entidad, de cuya retroalimentación se obtuvo la concepción final.

En este acápite también se realiza un análisis de la facturación eléctrica en los dos contadores de energía, uno perteneciente sólo a la lavandería y el otro a la instalación hotelera completa. Se realizó la revisión de las facturas eléctricas de los años 2007, 2008 y 2009, puntualizando en las tarifas aplicadas y la demanda contratada. Los resultados obtenidos se reflejan en tablas y gráficos de pastel.

Para determinar las cargas instaladas en la instalación se realizó un levantamiento por cada área. Se determinaron los totales de equipos con una respectiva distribución por familias.

La medición fundamental de los parámetros eléctricos se realizó en el nodo principal del sistema. Se utilizó un analizador de redes marca Circuitor AR5, por un espacio de 24 horas, con un intervalo de muestreo de 15 minutos. Los resultados se muestran en diferentes gráficas y los valores aparecen en tablas además de los análisis correspondientes. Otras mediciones realizadas fueron en los nodos principales de la panadería-dulcería y del edificio administrativo de la instalación. Las lecturas de cada parámetro se registraron cada 1 minuto, por un período de una hora.

Para evaluar el sistema de iluminación se utilizó un multímetro VOLTcraft DT-21 de la firma alemana CONRAD, con un error de $\pm 5\%$ para la intensidad luminosa. Las mediciones fueron tomadas a la altura de los puestos de trabajo en el caso de las oficinas y similar a esta también en las demás áreas. En cada área se tomaron 5 mediciones en diferentes puntos y se determinó el valor promedio. Los resultados fueron comparados con la norma cubana (**NC 45 - 7**).

2.2 Método para obtener los resultados de la modelación del consumo de energía eléctrica.

La difícil tarea de la modelación matemática implica un estudio detallado de las variables. En los últimos años en el sector del turismo se ha venido utilizando el índice de consumo kWh/HDO sin que este refleje una correlación lineal entre estos factores. Otras investigaciones presentan expresiones matemáticas que integran más variables a la predicción del consumo de electricidad [23], [24], [30], [47], [32]. No obstante los modelos obtenidos no son generalizables a todos los hoteles. Aún se trabaja por llegar a un acuerdo entre los investigadores. El caso particular que se aborda es resultado de realizar las siguientes tareas para sintetizar el conocimiento con respecto a los objetivos planteados. Los pasos consisten en:

- 1- Recolección de datos climatológicos de la zona (valores diarios y valores promedios mensuales).
- 2- Recolección de datos de explotación del hotel.

- 3- Limpieza de datos.
- 4- Estadísticas generales de las variables.
- 5- Análisis de regresión lineal.
- 6- Verificación de la existencia de regresión múltiple.
- 7- Modelación paramétrica.
- 8- Normalización de los datos.
- 9- Modelación mediante RNA del consumo de energía eléctrica mensual.
- 10- Modelación mediante RNA del consumo de energía eléctrica diaria.
- 11- Validación y establecimiento de los modelos matemáticos para la predicción del consumo de energía eléctrica basados en RNA.

Estudio de los datos para la selección de las variables

Para iniciar un análisis general de los factores que puedan incidir en el consumo de energía eléctrica del hotel, se hace necesario presentar un esquema de caja negra. En la figura 2.1 se recogen las variables que se tuvieron en cuenta inicialmente. De forma sintética se consideran variables de entrada aquellas que caracterizan la explotación de la instalación y de la Villa. Como perturbaciones se tomaron en cuenta las variables climatológicas de la región.

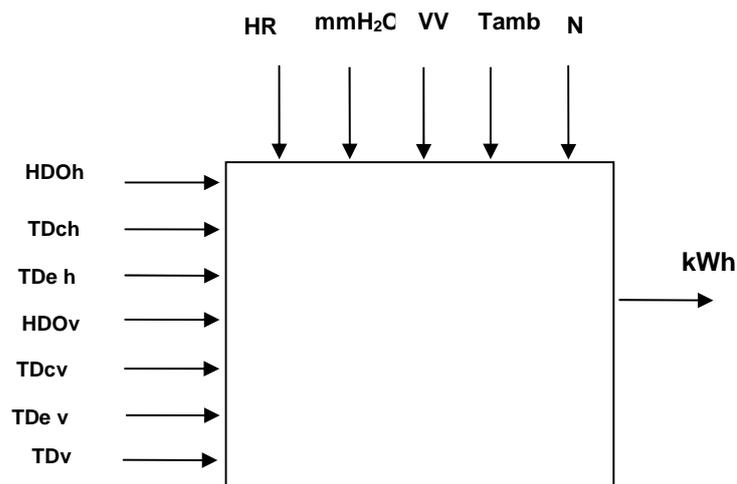


Fig. 2.1 Enfoque general de variables que inciden en el consumo de electricidad del hotel.

Las variables climatológicas que se procesaron fueron:

- HR - Humedad Relativa (%)
- mmH₂O - Precipitaciones.
- VV - Velocidad del viento (km/h)
- Tamb - Temperatura ambiente (°C)
- N - Nubosidad.

Los datos de las variables climatológicas fueron tomados de la estación meteorológica ubicada en la zona de San Luis, conocida como estación de Jamal y situada a 9 km del hotel. Los valores diarios y mensuales estaban registrados de tres formas, valores mínimos, medios y máximos. Para el análisis se escogieron los valores medios.

Las variables de explotación que se consideraron fueron:

- HDO_h - Habitaciones Días Ocupadas del hotel.
- HDO_v - Habitaciones Días Ocupadas de la Villa.
- TD_{ch} - Turistas Días Cubanos del hotel.
- TD_{eh} - Turistas Días Extranjeros del hotel.
- TD_{cv} - Turistas Días Cubanos de la Villa.
- TD_{ev} - Turistas Días Extranjeros de la Villa.
- TD_v - Turistas Días de la Villa.

Los datos de las variables de explotación fueron tomados del puesto de mando de Villa Gaviota Baracoa. Estos fueron seleccionados ya que en ocasiones se puede tener las mismas HDO y sin embargo los turistas días difieren. Otro elemento se relaciona con que las costumbres de los turistas extranjeros son distintas a la de los turistas nacionales. Esta particularidad establece cierto régimen de explotación. En la actualidad existe una tendencia al incremento de la presencia de nacionales sobre todo en los meses de verano.

Variable de salida:

- kWh - Consumo de energía eléctrica del hotel.

Los kWh que consume una instalación hotelera representan un elemento en el que se puede trabajar con mayor facilidad para disminuir los costos de operación. En ocasiones sólo con medidas organizativas se logran resultados, en otras se hace necesario realizar inversiones pequeñas que tributan a mejoras energéticas a corto y mediano plazo. Dentro del proceso de planificación los portadores energéticos y en específico la electricidad significa uno de lo más problemáticos a la hora de estimar su consumo. Además los precios ante la actual crisis energética presentan cambios de forma arbitraria. No obstante el consumo es dependiente del grado de utilización del equipamiento tecnológico.

Limpieza de datos

Para realizar la limpieza de datos se tomaron en su forma original. Luego con ayuda de la hoja de cálculo del Excel se fueron graficando las variables y se fueron eliminando los datos completos de la fila donde al menos un valor de una variable estuviera fuera de los límites de control. Se consideran parámetros fuera de control aquellos que están fuera de los límites de ± 3 veces la desviación estándar. Este elemento garantiza la aleatoriedad de las variables y un comportamiento normal de las mismas. La limpieza de datos se realizó tanto a los datos mensuales como a los diarios.

Análisis de regresión lineal y múltiple

Para los análisis de regresión se utilizaron dos herramientas fundamentales: el tabulador electrónico de Excel y el software Statgraphics plus 5.1. A través del tabulador electrónico de Excel se determinaron los coeficientes de determinación y de correlación lineal de las variables climatológicas y de las de explotación con respecto al consumo de energía eléctrica diario y mensual del hotel.

La selección de las variables que participaran en el análisis del consumo de energía eléctrica mensual del hotel se realiza mediante la estadística descriptiva. Estos datos permiten definir los límites de las variables, el valor que más se repite, el valor promedio, la desviación estándar entre otros valores útiles para aplicar las formulaciones matemáticas que define el modelo de regresión más adecuado.

Análisis de regresión múltiple para los kWh mensuales

Para la búsqueda de una ecuación que permita establecer la relación entre las variables de entrada y la variable dependiente kWh, se realizó un análisis de regresión paso a paso hacia atrás. El análisis de regresión es un método estadístico que permite buscar el modelo que mejor relaciona a la variable dependiente con las independientes.

En el análisis con el método paso a paso hacia atrás se consideran todas las variables independientes significativas, es decir todas inicialmente van al modelo. A través de la prueba de Student para los coeficientes de regresión se comienza a eliminar aquellas variables que no son significativas y se analiza el comportamiento del modelo cada vez que se realice una eliminación, de esta forma se obtuvieron las variables que mejor correlacionan con el consumo de energía eléctrica mensual y el modelo matemático que lo identifica.

Análisis de regresión múltiple para los kWh diarios

Para la selección de las variables diarias que permitan establecer la relación con la variable dependiente, se realizó un análisis de regresión múltiple paso a paso hacia atrás, al igual que para los datos mensuales. Se obtuvo el modelo matemático con las variables que mejor correlacionaron con el consumo de energía eléctrico diario.

Modelación paramétrica

Se utilizó el Toolbox de Identificación del software Matlab. Se obtuvieron diferentes estructuras de modelos paramétricos. Los resultados brindados por esta herramienta no son los más indicados para la predicción de los consumos de energía eléctrica. Los ajustes de las diferentes estructuras son inferiores a los resultados de la regresión múltiple. Por este motivo se procedió a utilizar otra herramienta. Se seleccionó la de Redes Neuronales Artificiales.

2.2.1 Identificación del consumo de energía eléctrica con ayuda de las RNA.

A partir del método de prueba y error se fue buscando la mejor estructura de la Red Neuronal Artificial que prediga el comportamiento del consumo de electricidad mensual en el hotel con el menor error posible. Las variables de entrada escogidas para este primer caso, fueron la T_{amb} , las HDO_h y los Meses. Los datos primeramente fueron filtrados y luego normalizados para mantenerlos en el intervalo de $[0;1]$. La función de aprendizaje escogida para esta red fue $trainlm$ y se empleó el método de los mínimos cuadrados.

No siempre se tiene la oportunidad de medir los valores de T_{amb} promedio para un mes y que sean precisos. Por esta razón se decidió buscar otras variantes para modelar el consumo de energía eléctrica mensual y se escogieron solo variables de operación que sí se conocen con una precisión de 1% de error debido a que existen contratos bien definidos con los turoperadores. Estas variables son: HDO_h , HDO_v y el Mes.

Para lograr un pronóstico del consumo de energía eléctrica del hotel a corto plazo se decidió buscar un modelo que permitiera una estimación diaria.

En el análisis se consideraron los coeficientes de determinación y de correlación de las variables climatológicas y de explotación. Se destaca que para los valores

promedios analizados de las variables climatológicas la correlación con el consumo de energía eléctrica son casi nulos para todas ellas por lo que se procedió al análisis de las variables de operación del hotel y de la Villa.

Para determinar la relación de las variables de explotación con respecto al consumo de energía eléctrica diario del hotel se tuvieron en cuenta un conjunto de variables que caracterizan el comportamiento de la ocupación en el hotel y en la Villa. Las variables seleccionadas fueron HDO_h , HDO_v , TD_{ch} , TD_{cv} , TD_{eh} , TD_{ev} . Los valores con los cuales se obtuvieron estos resultados se pueden observar en la tabla del anexo 13.

Para determinar la mejor estructura de la Red Neuronal Artificial capaz de predecir el comportamiento del consumo de electricidad diario del hotel se realizaron varios ensayos a través del método de prueba y error. Los datos fueron filtrados y luego normalizados. En este caso la función de aprendizaje escogida para la red fue trainlm y se empleó también el método de los mínimos cuadrados. Finalmente de todas las variables analizadas la que mejor predicen los kWh diarios que se consumen son las HDO_v , los TD_v y el Mes del año.

Capítulo III. Generalidades energéticas del hotel y particularidades del uso de la energía eléctrica.

El conocimiento de las generalidades energéticas de un hotel permite enfocar las acciones de su dirección hacia la toma de decisiones más acertadas. En el presente capítulo se aplican las herramientas de la TGTEE al análisis de la información energética. Se definen las particularidades del sistema de gestión energética en forma de diagnóstico. Se profundiza en el sistema de suministro eléctrico y en el consumo de electricidad. Los elementos que se exponen muestran la necesidad de elaborar un modelo predictivo del consumo de electricidad que ayude a la planificación de este portador.

3.1 Descripción del hotel Porto Santo

El Hotel Porto Santo está enclavado en un entorno bello y rico por su flora y fauna, en el mismo lugar donde Cristóbal Colón pusiera la famosa Cruz de la Parra a su llegada a Baracoa. El hotel se encuentra ubicado en una pequeña loma al extremo noreste de la entrada de la bahía de Baracoa, denominada por el gran almirante Bahía Porto Santo. La instalación está rodeada de atípicas playas. Abrió sus puertas al turismo internacional en el año 1992, en coincidencia histórica con la celebración de los 500 años del encuentro de las dos culturas; es de gran atractivo para el turismo por su diseño, originalidad, contraste con el entorno y ambiente tranquilo, está situado a tres kilómetros de la ciudad de Baracoa.

El hotel cuenta con 83 habitaciones de ellas 24 cabañas, todas con climatización, balcón, caja de seguridad; TV satélite; servicio telefónico internacional, restaurante, snack bar parrillada, piscina con área para niños, playa privada; renta de motos y autos; servicios médicos; tienda y parqueo.

Como parte de un enfoque empresarial el hotel se plantea como misión:

Ofrecer servicios hoteleros y de la más alta calidad, con una elevada eficiencia y trato personalizado en perfecta armonía con los valores de la naturaleza, historia y cultura del entorno para garantizar la completa satisfacción de las expectativas de los clientes.

La visión a la cual se aspira es a ser la mejor unidad en administración propia del grupo de turismo Gaviota S.A.

En la villa trabajan actualmente 197 trabajadores, de ellos 44 pertenecen a la dirección y sus puestos de trabajos radican en la instalación de estudio, en el hotel en específico trabajan 36 trabajadores con experiencia en la profesión.

La distribución por oficinas se conforma de la siguiente manera: Dirección, Aseguramiento, Transporte, Departamento de Servicios Técnicos, Economía, Recursos Humanos, Lavandería, Panadería y Dulcería, Área de Seguridad y Protección.

3.2 Generalidades del Sistema de Gestión Energética

En la instalación objeto de estudio, el sistema de información y registro energético se realiza diariamente para algunos portadores y en otros de forma semanal o mensual. En el caso de la electricidad se toman lecturas diarias en dos contadores de energía, uno para el consumo general del hotel y el otro dedicado a la Lavandería. La norma que establece la cadena hotelera Gaviota S.A para la Villa Baracoa es de 35 kWh/HDO al igual que para los hoteles incluidos. En el caso del GLP se brinda una información del consumo mensual y se realiza de forma aproximada debido a que no existen equipos de medición. El diesel y la gasolina se registran de forma diaria y al finalizar el mes se envía la información a la

Delegación Gaviota S.A Oriente. Estos registros son controlados por un técnico de transporte que responde a la Villa.

La asignación de diesel y gasolina para toda la Villa se realiza a través de tarjetas de combustibles y se asignan a los diferentes equipos del parque automotor. Para el hotel en específico se le asigna una tarjeta con 200 litros de gasolina. Una parte del diesel se utiliza en el grupo electrógeno y la otra para el transporte de los trabajadores. Cuando se contabiliza el diesel dedicado al transporte, se le carga un 60 % del gasto al hotel Porto Santo y el 40% restante al hotel Castillo.

A pesar de que el agua no es un portador energético, tiene una incidencia significativa en los costos de operación. Para medir el consumo se cuenta con dos contadores, uno para la lavandería y otro para el resto del hotel. A pesar de que la información se lleva diariamente, se informa a la delegación al final de la semana. La norma de consumo para este recurso es de $1,3 \text{ m}^3/\text{HDO}$.

Todos los registros energéticos son controlados por dos especialistas que responden a la villa, uno dedicado exclusivamente a los combustibles y el otro a los restantes portadores, incluyendo el agua. En el caso de la asignación de portadores, se realiza teniendo en cuenta el plan de ocupación previsto por cada instalación. En el hotel Porto Santo no existe comité energético y los temas relacionados con la energía no son tratados con frecuencia en el consejo de dirección.

El hotel cuenta con una lavandería que brinda servicio a las demás instalaciones de la Villa. El consumo de electricidad de esta actividad no se contempla al calcular el índice de consumo del hotel, pero en términos costos si se incluye de manera íntegra en el costo de operación de la instalación. Existe además una panadería - dulcería que atiende los pedidos de todos los hoteles y extrahoteleros. El circuito donde se encuentran estas cargas no presenta contador de energía. Este permitiría establecer una producción equivalente para cada servicio,

mejorando el control de la electricidad ya que su costo también forma parte de las operaciones del hotel.

Otro aspecto de importancia es que la dirección de la Villa radica en este hotel. De 81 trabajadores, 44 (55%) son de la villa y solo 37 pertenecen al hotel. Todo el personal de la Villa, según sus responsabilidades cuentan con oficinas en las cuales se destacan diferentes equipos que inciden en el consumo de electricidad tales como: aires acondicionados de ventana, luminarias, equipos de cómputo, etc. Al realizar un análisis de los turistas días en los primeros 8 meses del año 2010 el valor promedio fue de 66 lo que refleja que existen en la instalación un 18% más de trabajadores que de turistas.

3.2.1 Nivel de competencia en materia energética

La encuesta realizada arrojó que la mayoría de los encuestados respondieron de forma positiva a la autoevaluación sobre la competencia en materia energética (314 respuestas de un total probable de 480) y sólo un 34% consideraron una baja competencia (45 respuestas “No” y 120 de “No sé” (Figura 3.1; Anexo 1). Estos resultados sin embargo no pueden ser interpretados fríamente, considerando que la técnica es un cuestionario autoevaluativo y que los encuestados pueden responder en el nivel de “lo esperado” fue necesario contrastar estas respuestas con los resultados de la observación, con la evaluación preliminar de la gestión energética y con la opinión de los expertos. Al retroalimentar estas respuestas se concluye que aunque existen ciertos conocimientos de algunos indicadores energéticos, la entidad no ha logrado resultados eficientes derivados de una buena gestión energética.

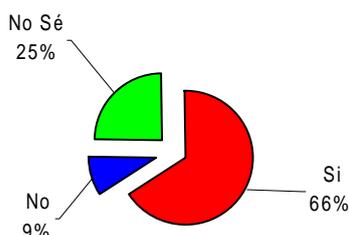


Fig.3.1 Resultados de la encuesta para el criterio de necesidad.

Después de realizar un análisis de la gestión hotelera en el tema energético según las categorías propuestas por el libro “La Eficiencia Energética en la Gestión Empresarial” [10] se considera que el hotel se encuentra en una etapa de **Incompetencia Consciente** ya que:

- Se conoce el consumo total por portadores energéticos, pero no se ha alcanzado la desagregación total hasta las áreas, sistemas y equipos mayores consumidores por problemas de instrumentación.
- Existen indicadores de consumo a nivel de empresa, pero no se ha podido normar los índices de consumo en áreas y equipos mayores consumidores.
- Se realizan algunas inspecciones de tipo preliminar, mediante las que se descubren desperdicios y fugas de energía, así como otros tipos de potenciales de ahorro.
- Se llevan a cabo algunas acciones para ahorrar electricidad, basadas en el récord histórico de la empresa, pero en forma aislada y con seguimiento parcial.
- Se logran ahorros básicamente por eliminación parcial o temporal de desperdicios o suspensión de servicios no imprescindibles, pero no se monitorean diariamente estos ahorros.
- Se asignan y/o delegan acciones relativas al ahorro de energía, sin embargo no están involucradas todas las áreas; cuesta trabajo implantarlas y mantenerlas.

- El banco de problemas no responde a los resultados de la realización de diagnósticos o auditorías energéticas en la empresa.
- Existe una incipiente divulgación gráfica sobre la necesidad del ahorro a nivel de empresa.
- No se ha capacitado de forma especializada la dirección y el personal involucrado en la transformación y uso de la energía.

Este resultado del nivel de competencia contradice el de las encuestas del nivel de conocimiento en materia energética. Por esta razón un estudio de las condiciones energéticas particulares del hotel puede solucionar las incertidumbres presentes.

3.2.2 Banco de problemas energéticos

La instalación no tiene definido el Banco de Problemas Energéticos. Los directivos conocen los problemas de manera general, pero no tienen un sustento técnicamente fundamentado que le permita la toma de decisiones. Dentro de las sugerencias para conformar el banco de problemas se encuentran:

- El índice de consumo del hotel no refleja la realidad concreta, adaptado a los regímenes de explotación específicos.
- Insuficiente equipamiento de medición que permita el análisis energético de los subsistemas y equipos principales.
- Las habitaciones no cuentan con la domótica necesaria que mejore el control energético de las mismas, sobre todo el funcionamiento de la climatización.
- El costo de los portadores energéticos representa el 12.7% de los costos totales superando el 5 % que se considera internacionalmente para que un hotel sea eficiente.
- Existe desbalance de tensiones y de corrientes que deterioran la eficiencia del sistema de suministro eléctrico.
- Deficiencias en la facturación eléctrica que han provocando pagos por encima del consumo real, en específico en las pérdidas por transformación cobradas en la lavandería.

- En la contabilidad energética el consumo de agua y de electricidad en la lavandería así como de este último en la panadería-dulcería se le carga al hotel, a pesar de que estas dependencias prestan servicio a toda la villa.
- El esquema monolineal del sistema de suministro eléctrico está desactualizado.
- Insuficiente iluminación. No han sido sustituidas las luminarias de 20 y 40 W por otras de mayor eficiencia según el programa de la Revolución Energética en el sector estatal.
- El calibre de los conductores en algunas áreas del hotel no se corresponde con la carga instalada, y provoca sobrecargas en las redes y las respectivas pérdidas de energía.

3.2.3 Causas de una insuficiente Gestión Energética

Los elementos que favorecen una insuficiente gestión energética se relacionan con:

1. Ocupación.
2. Instrumentación.
3. Contabilidad energética.
4. Recursos Humanos.
5. Equipos Tecnológicos.
6. Servicios de la Villa asociados al hotel.

La contabilidad energética existente no responde a los consumos energéticos propios del hotel, debido a que en esta infraestructura se realizan actividades y se prestan servicios tanto para clientes como para trabajadores. Además en la Villa se manejan algunos datos energéticos y se informan otros a la delegación de la cadena.

En el hotel existe escasa instrumentación, sobre todo para medir el comportamiento de la electricidad, a pesar de que se tienen identificados los

circuitos de mayor demanda. La escasa instrumentación limita los balances energéticos. Situación similar se presenta con la medición del GLP. De hecho no existen estudios que ofrezcan una idea del comportamiento diario. Otro caso similar sucede con el agua, la cual debería medirse en varias áreas ya que su consumo representa el 5% de los gastos totales.

Mejorar la ocupación, para que de esta forma mejoren los índices de consumo y como consecuencia la gestión energética, no es una tarea fácil. Este elemento depende de dos factores claves: en primer lugar el trabajo de ventas de paquetes de ofertas con todo su aparataje de Marketing. Un segundo elemento depende más directamente del hotel, lo cual se sintetiza en una buena atención al cliente en todos los sentidos.

Los recursos humanos constituyen el principal capital de cualquier empresa. A pesar de que todos los trabajos influyen en la gestión energética, es decisivo que el personal de servicios técnicos esté debidamente calificado y de esta forma garantice eficientemente las operaciones de los sistemas. La capacitación energética constituye otro factor relevante. Mientras las acciones para mejorar la eficiencia energética no se realicen de forma consciente, las posibilidades de disminuir los costos de operación serán inalcanzables.

Cada una de las categorías de los hoteles implica la incorporación de determinadas tecnologías en su explotación. Las mejoras tecnológicas se logran desde la propia concepción del diseño de la instalación, no obstante en este hotel los esfuerzos deben ir dirigido, hacia la climatización, la domótica y al mantenimiento de los sistemas.

En el hotel se realizan servicios que responden a este y a la Villa, dentro de estos se encuentran los servicios de lavandería, producción de pan y dulces en la panadería –dulcería y en las oficinas radican directivos y trabajadores que responden a la Villa.

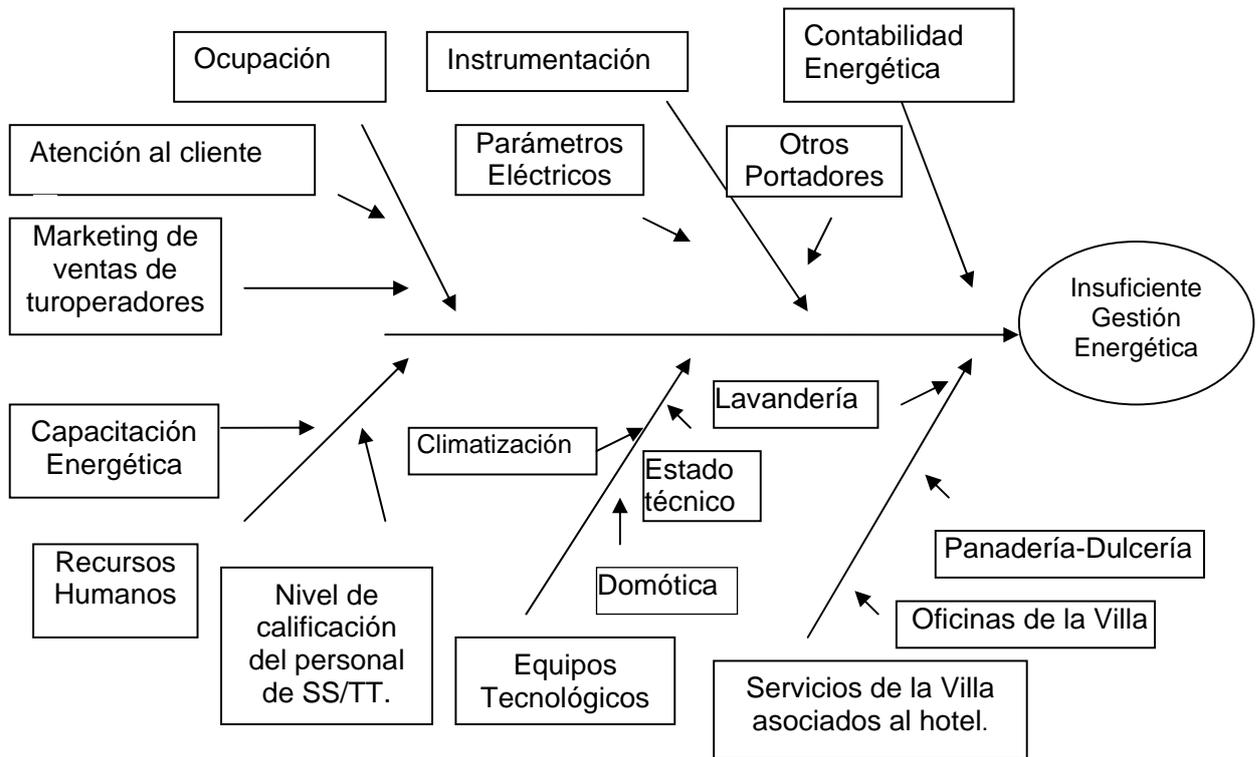


Fig. 3.11 Gráfico espina de pescado de la gestión energética.

Al analizar la figura 3.11 se deduce que la gestión energética de la instalación es insuficiente lo que posibilita que los indicadores para medir la eficiencia energética no sean los mejores y por tanto no conduzcan a la reducción de los costos energéticos.

3.3 Comportamiento de los consumos de portadores energéticos

En los datos se incluye la información del consumo de energía de la lavandería y de la panadería-dulcería ya que los gastos de operaciones de estas dependencias pasan a la contabilidad del hotel a pesar de que presta servicio a toda la Villa. El consumo de GLP que se genera en la instalación incluye el de la elaboración de alimentos al personal de la dirección de la Villa. En la figura 3,2 aparece el gráfico de Pareto de los portadores energéticos donde se aprecia el orden de importancia de los mismos.

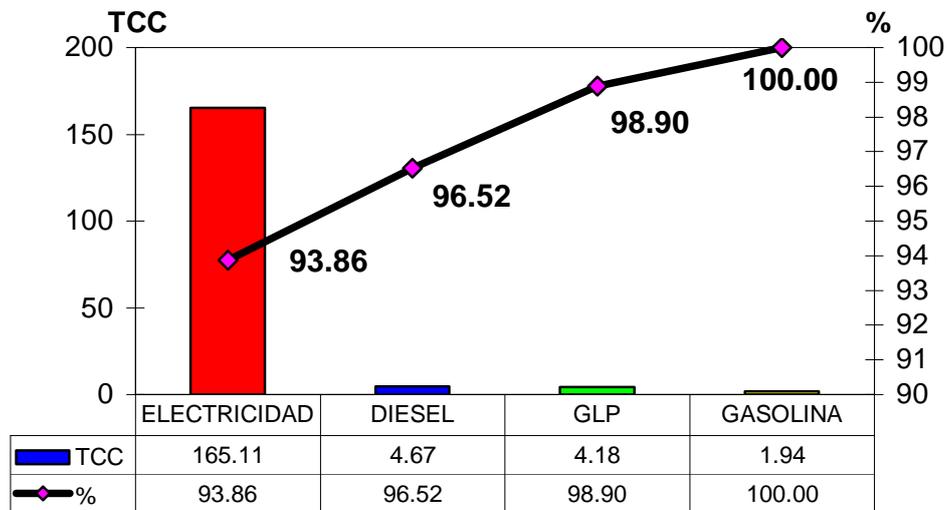


Fig. 3.2 Gráfico de Pareto de portadores energéticos 2009.

La electricidad es el principal portador energético, representa el 93,86% del total. Le continúa el diesel con el 2,65%, el GLP con un 2,38 % y en último lugar la gasolina con 1,11%. Estos resultados indican que los mayores esfuerzos en la gestión energética se deben dirigir hacia el portador electricidad.

Al analizar el costo total de los portadores energéticos (ver Fig. 3.3) se ratifica a la electricidad en el primer orden de importancia y representa un 88,05% para un importe de \$ 61777,46 CUC. El otro elemento de mayor importancia para la búsqueda de reservas es el GLP con 5,51%, asciende a \$ 3866,65 CUC. Seguido al GLP le corresponde al consumo de diesel con 4,42%, y por último la gasolina con 2,02%.

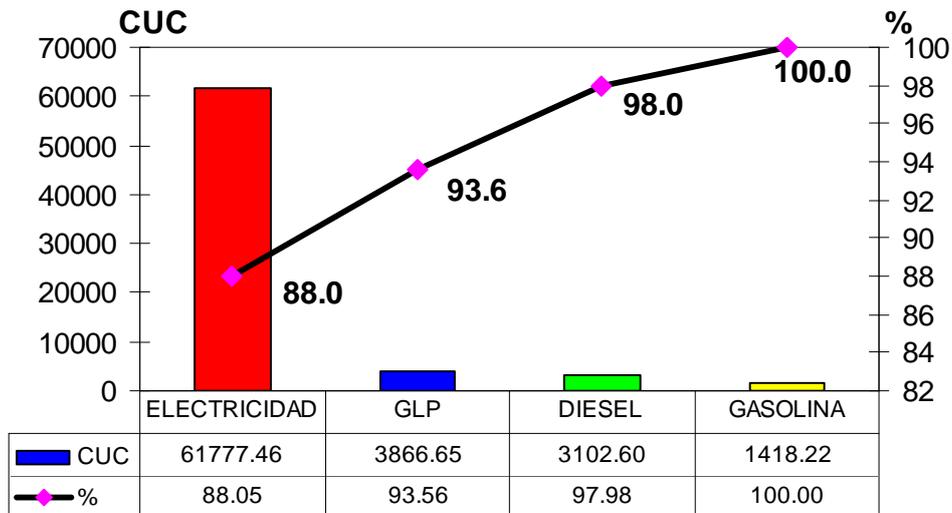


Fig. 3.3 Gráfico de Pareto del costo de portadores energéticos.

La escasez cada vez mayor de las reservas energéticas, así como los notables cambios climáticos son muestra del incremento de los precios de los combustibles y de la lucha por apropiarse de las pequeñas reservas de agua del planeta, por su importancia cada entidad será responsable de buscar alternativas para el uso eficiente de estos recursos.

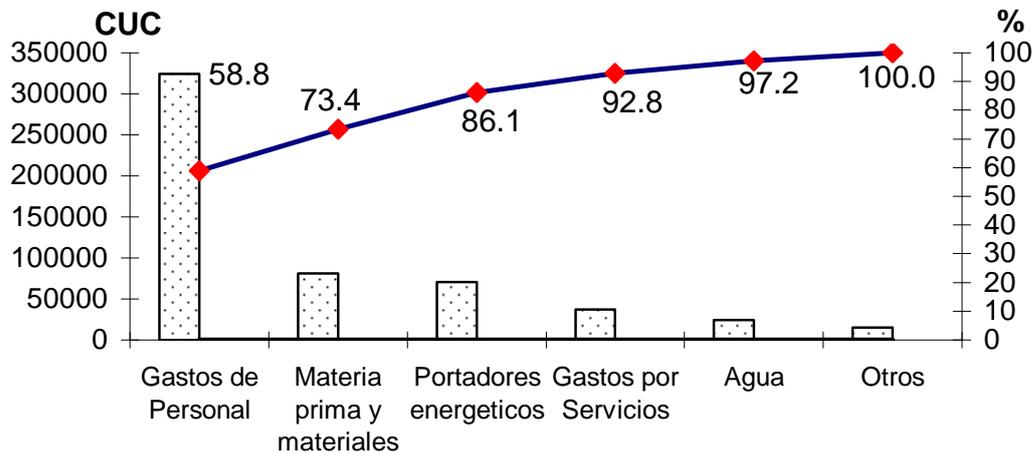


Fig. 3.4 Estructura de gastos del hotel.

Analizar la estructura de gastos del hotel es de vital importancia para conocer la ubicación real de los Portadores Energéticos. En la figura 3.4 aparece como

elemento de mayor relevancia el Gasto del personal con un 58,8% (324469,96 CUC/ año) del total. Luego aparecen las Materias primas y materiales con un 14,6% (80790,83 CUC/ año). En tercer lugar se ubican los Portadores Energéticos con un 12,7 % (70180.83 CUC/ año). Para producir un peso convertible, el hotel gasta 0.08 CUC en energéticos.

3.3.1 Consumo de energía eléctrica

En la figura 3.5 aparecen los comportamientos anuales del consumo de electricidad del hotel. En el gráfico se aprecia que en todos los años existe una tendencia similar en cuanto a los consumos, esto se debe a las diferentes temporadas donde se encuentran bien delimitadas en los diferentes meses del año. Se observa que los meses de mayores gastos en electricidad son julio y agosto, aunque no dejan de ser significativos los meses comprendidos entre enero y marzo del 2008 y 2009. Las causas se atribuyen principalmente al incremento de turistas.

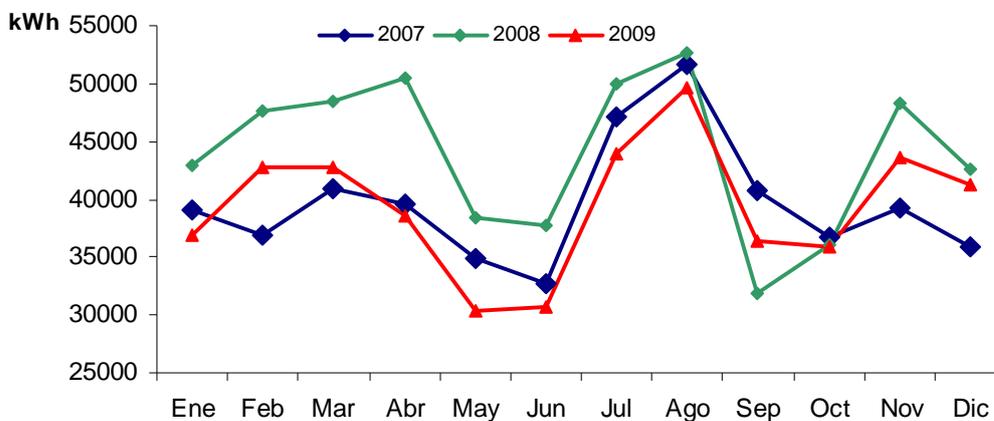


Fig. 3.5 Comportamiento del consumo de electricidad en el hotel.

La figura 3.6 corresponde al gráfico de control del consumo de electricidad mensual del hotel. Se aprecia que la desviación más significativa en los consumos se registra en los meses de julio y agosto de cada año en los cuales ha llegado a

valores de 52,9 MWh y 54,3 MWh. No se aprecia ningún parámetro fuera de control.

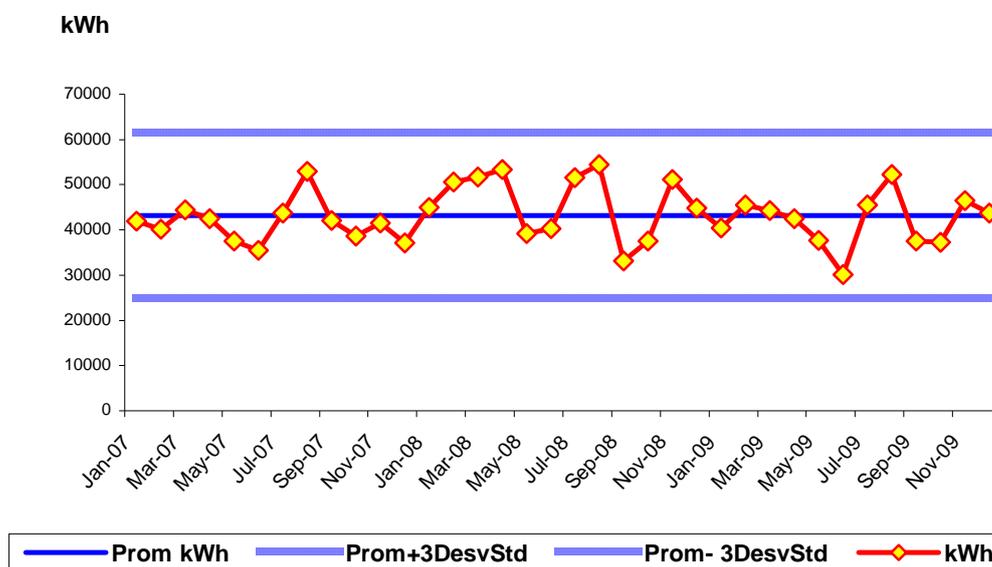


Fig. 3.6 Gráfico de control del consumo de electricidad mensual del hotel.

El valor promedio del consumo es de 43 MWh/mes para una desviación estándar de 6,08 MWh.

Índice de consumo de electricidad

Para que un índice de consumo sea válido debe existir una correlación significativa entre el consumo de energía y la variable con la cual se relaciona. Como se observa en el gráfico de la figura 3.7, existen índices de consumos elevados en algunos meses. La razón fundamental ha sido la baja ocupación en esos períodos a pesar de que no se debe atribuir las variaciones de este indicador solamente a las HDO. El valor promedio de este indicador es de 46 kWh/HDO.

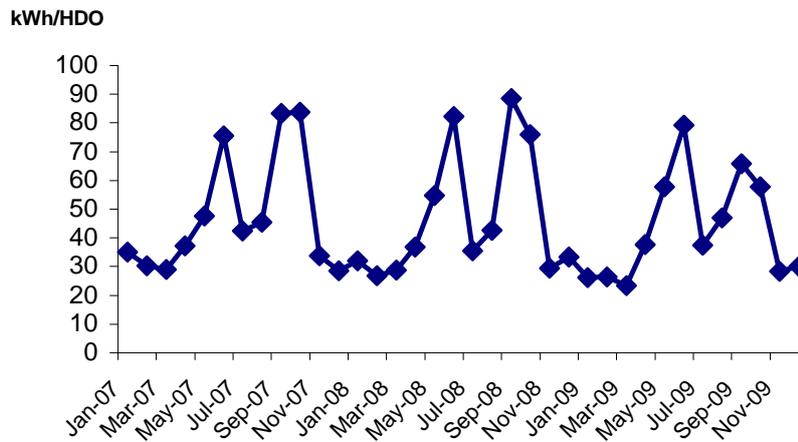


Fig. 3.7 Gráfico de control del índice de consumo de electricidad.

Al analizar el gráfico de producción vs. consumo de la figura 3.8 se observa que en los meses de verano entre julio y agosto existe una misma tendencia entre el consumo y el HDO. En los primeros meses de cada año el consumo de electricidad es menor, aunque la estancia de huéspedes es alta, esto indica que las estaciones del año también inciden en el consumo de electricidad, aspecto ya señalado por varios autores.

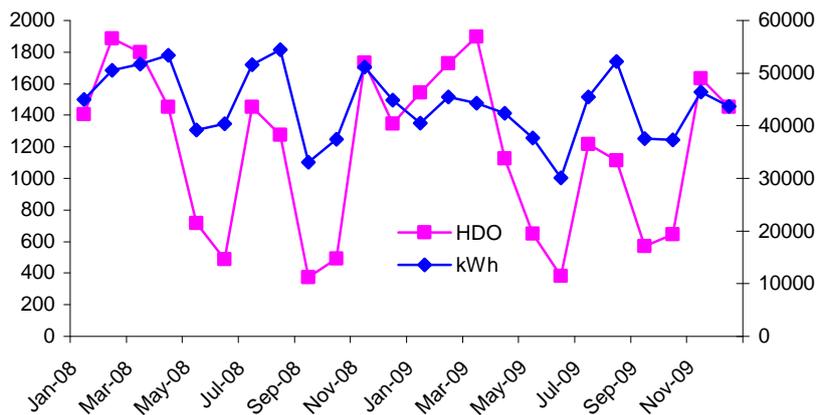


Fig. 3.8 Gráfico de HDO vs kWh.

Para demostrar el nivel de relación entre las HDO y el consumo de electricidad se establece el gráfico causa y efecto de la figura 3.9 de cuyo análisis se obtiene un coeficiente de determinación $R^2 = 0,4236$ y un coeficiente de correlación de 0,65 a través de la expresión $y = 8,4191x + 31475$. Una de las posibles causas que originan el bajo coeficiente de correlación son las referidas a las estaciones del año, porque el clima incide en el uso de los equipos de climatización. En los meses de enero hasta abril a pesar de que el número de HDO es alta, los consumos son menores si lo comparamos con los meses de julio y agosto. En estos últimos las temperaturas son más elevadas y los consumos también.

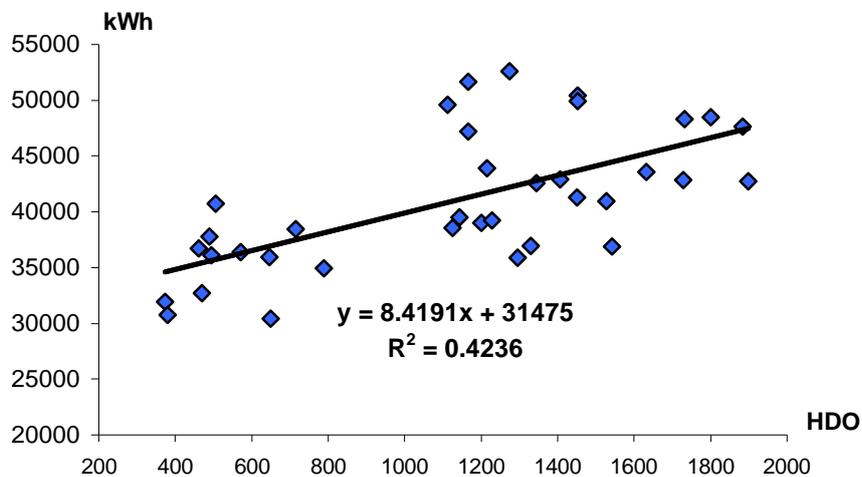


Fig. 3.9 Índice de consumo kWh/HDO del hotel.

A pesar de que el coeficiente de correlación es bajo (0,65), este indicador resulta ser menor en otros casos de estudio realizados por el Grupo de Eficiencia Energética de Moa (2001, 2002, 2003, 2005, 2007, 2008) en los Diagnósticos Energéticos a hoteles. En estos estudios el coeficiente de correlación no supera el valor de 0,30. Este resultado muestra la necesidad de buscar alternativas que permitan un mejor ajuste entre las variables que definan el consumo de electricidad, independientemente de que el resultado de los modelos sea lineal o no.

3.3.2 Consumo de GLP, diesel y gasolina

Para la elaboración de los alimentos, tanto de los turistas como del personal directivo de la Villa, el combustible utilizado es el gas licuado. Esta instalación tiene una particularidad con relación a la estancia y alimentación de los turistas, y es que estos, aprovechando las oportunidades que le da el entorno de visitar ríos, playas y otros lugares acogedores, deciden acudir a ellos. Por estas razones el consumo de GLP en el hotel no es significativo en cuanto a la elaboración de alimentos para el turista, fundamentalmente en el almuerzo. El mayor consumo de GLP se origina por la elaboración del almuerzo al personal que radica en la instalación. El índice de consumo promedio de este indicador es de 0,74 litros/HDO mes.

El consumo de combustible de la Villa se realiza fundamental en el área de aseguramiento, esta es la encargada de comprar los alimentos y bebidas de todas las instalaciones además de las materias primas. Existen otras gestiones que contribuyen al gasto de combustible, como es el caso del traslado de ropas sucias y limpias desde la lavandería del hotel Porto Santo hasta los demás hoteles y viceversa. El otro consumo corresponde a los vehículos de los directivos de la Villa. El índice de consumo del parque automotor se mantiene estable y con indicadores aceptables. En el año 2009 el promedio del consumo de diesel fue de 0,378 litros/HDO mes y para la gasolina 0,158 litros/HDO mes.

3.3.3 Distribución del consumo de portadores energéticos por áreas

La figura 3.10 muestra como se distribuye el uso de la electricidad en diferentes áreas de la instalación y en la tabla 3.1 aparece la distribución general.

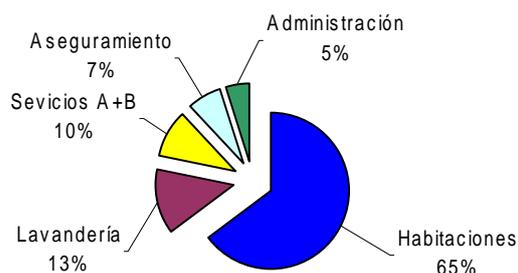


Fig. 3.10 Distribución del consumo de electricidad por áreas.

Dentro del área de administración se encuentran las oficinas de: Director General, Director Adjunto, Director Económico, Economía, Secretaria, Cobros y Pagos, RRHH, Calidad y jurídico, Carpeta, Informático, Jefe de seguridad, Cajero pagador. En todas estas áreas el portador de mayor incidencia es el de electricidad y dentro de este se encuentra la climatización, iluminación y equipos de computación, como los de mayor demanda.

Tabla 3.1 Distribución de portadores energéticos y el agua por áreas.

Área	Electricidad (%)	Diesel y Gasolina (%)	GLP (%)	Agua (%)
Administración	5	30	-	2
Habitaciones	65	-	-	35
Aseguramiento	7	70	-	15
Lavandería	13	-	-	38
Alimentos y Bebidas	10	-	100	10

El área de aseguramiento es la encargada de los servicios de transporte y de almacenamiento de alimentos, el portador de más incidencia es el diesel y la gasolina además de la electricidad para la refrigeración de los productos cárnicos y otros.

Dentro de los servicios de Alimentos y Bebidas se encuentran por orden de importancia la panadería-dulcería de la villa, cocina-comedor, restaurante y snack bar. Los portadores que más demanda tienen son la electricidad y el gas licuado, aunque el agua también es de importancia por el uso que se requiere en estas áreas.

En el servicio de habitaciones, la electricidad es también el portador de mayor demanda y el agua, como recurso vital para el aseo y otros usos.

Otra de las áreas de la instalación es la lavandería. El portador más utilizado en este caso es la electricidad y el agua, recurso básico para el lavado de ropas y lencerías.

3.4 Sistema de Suministro Eléctrico

El Sistema de Suministro Eléctrico del Hotel Porto Santo cuenta con un banco de transformadores monofásicos de 50 kVA cada uno, para un total de 150 kVA conectado en estrella con el neutro sólidamente aterrado. La alimentación por el lado de alta del transformador es de 4 kV y en el secundario la tensión es de 220/127 V. En el anexo 3 se puede apreciar el monolineal del sistema con todos sus detalles. Es significativa la existencia de un contador de energía sólo para la lavandería. Debería medirse el consumo de electricidad de otras actividades que incluyen el servicio a la villa, tales como: panadería- dulcería, cámaras frías y las oficinas de la administración de la Villa y la tienda.

Los circuitos principales del sistema de suministro eléctrico están distribuidos por diferentes áreas de la instalación. Dentro de ellos se encuentran:

- Alumbrado y fuerza del edificio administrativo.
- Alumbrado y fuerza de los bloques habitacionales.
- Circuito de alumbrado y fuerza del Snack Bar.
- Circuito de fuerza y alumbrado casa bomba y cámaras frías
- Circuito alumbrado y fuerza para el nuevo bloque habitacional.

Todos estos circuitos son controlados desde el local de la pizarra general de distribución con sus correspondientes disyuntores y todos ellos controlados por un disyuntor general magnetotérmico de 630 A. El monolineal se encontraba desactualizado. Durante la investigación se conformó un plano nuevo en el que se

incluyeron los diferentes cambios realizados en el hotel desde sus inicios. Los interruptores llevan varios años de explotación sin que se comprueben sus funciones. Estos elementos deberían ser calibrados en un laboratorio especializado, para garantizar una mayor fiabilidad del sistema.

3.4.1 Análisis de la facturación eléctrica

En el caso de la lavandería, la tarifa solicitada y aplicada por la Empresa Eléctrica entre los años 2007 y 2008 y parte del 2009 fue la M1C, la demanda contratada para ello era de 45 kW. Esta demanda equivalía a \$ 225 CUC mensuales y por concepto de consumo de energía en el día la tarifa era de 0,08 CUC, las pérdidas por transformación oscilaban entre 239 y 255 kWh. Al realizar un análisis del tema en conjunto con el personal de SSTT se detectó que la tarifa aplicada no era la más indicada para este servicio, en primer lugar, porque se estaba pagando por una demanda contratada que no correspondía al área y representaba el 32,53 % de la facturación total. Otra deficiencia que se detectó fue el cobro indebido de pérdidas por transformación de este circuito y no existe transformador dedicado a estas cargas.

Se solicitó a la empresa eléctrica pasar a la tarifa B1 en el caso de la lavandería. Este tema fue resuelto a partir de julio de 2009. Después de aplicado la nueva tarifa se ahorró aproximadamente por concepto de facturación unos 246,00 CUC mensuales lo que equivale a unos 3439,72 CUC al año. En el anexo 4 se pueden encontrar los datos correspondientes a las facturaciones mencionadas.

Para el caso del contador de energía que pertenece a la instalación, la tarifa aplicada es la M1B. En este caso la demanda contratada hasta el año 2008 era de 140 kW, y se pagaba por este concepto 700,00 CUC mensualmente. Al hacer una evaluación detallada de la demanda se recontrató la misma, debido a que las lecturas como promedio siempre estaban por debajo en un 18,64%. Al recontratar

la demanda a 120 kW, en el año 2009 el ahorro era de \$100 CUC por mes, lo que equivale en el año a 1200 CUC. En el anexo 5 se encuentran los datos referidos.

En la figura 3.12 se detalla la estructura de la facturación eléctrica. El mayor gasto corresponde al consumo en el día con un 53 %, seguido del consumo en el horario pico con un 32 % y luego la demanda contratada con un 14%. Los esfuerzos se deben dirigir a la búsqueda de soluciones que permitan disminuir los consumos en estos horarios, fundamentalmente en el horario pico donde la demanda es más costosa (0,17 CUC el kW).

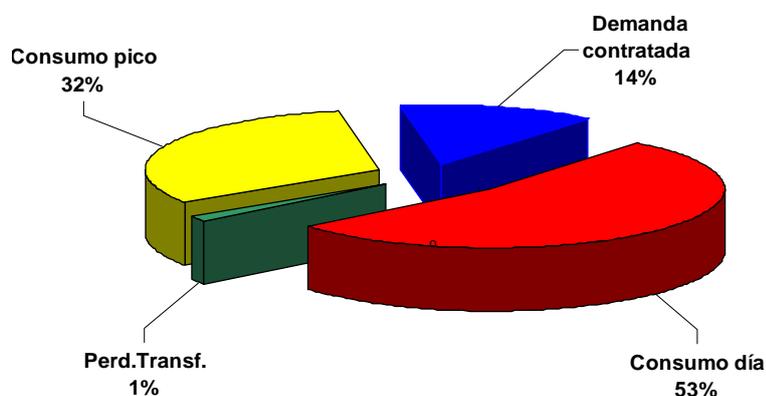


Fig. 3.12 Estructura del gasto de la facturación eléctrica 2008 – 2009

En el caso de las pérdidas por transformación, sólo representan el 1% de la facturación. Según las lecturas de la demanda contratada el valor promedio indica que el banco de transformadores nunca supera el 70% de su potencia. En la actualidad la entidad es bonificada mensualmente por mantener un factor de potencia superior a los 0,92.

3.4.2 Levantamiento de cargas instaladas

En la tabla del anexo 6 aparecen los datos del levantamiento de las cargas por áreas. La carga total instalada es de aproximadamente 370 kW. Las familias de

equipos aparecen en la figura 3.13. En el Anexo 7 aparecen los datos correspondientes a esta figura. El mayor peso de consumo de la carga instalada en el hotel lo lleva la climatización que representa el 33,1%. Le siguen los equipos de lavandería con un 24%, estos a diferencia de los demás equipos mantienen un ritmo de trabajo continuo durante gran parte del día. Los equipos de cocina representan un 17%, mientras que los equipos de agua caliente un 12%. La iluminación constituye el 4%. Los informáticos y de TV representan un 2% cada uno. Las cargas restantes como bombas de agua, equipo de música, etc, constituyen el porcentaje restante.

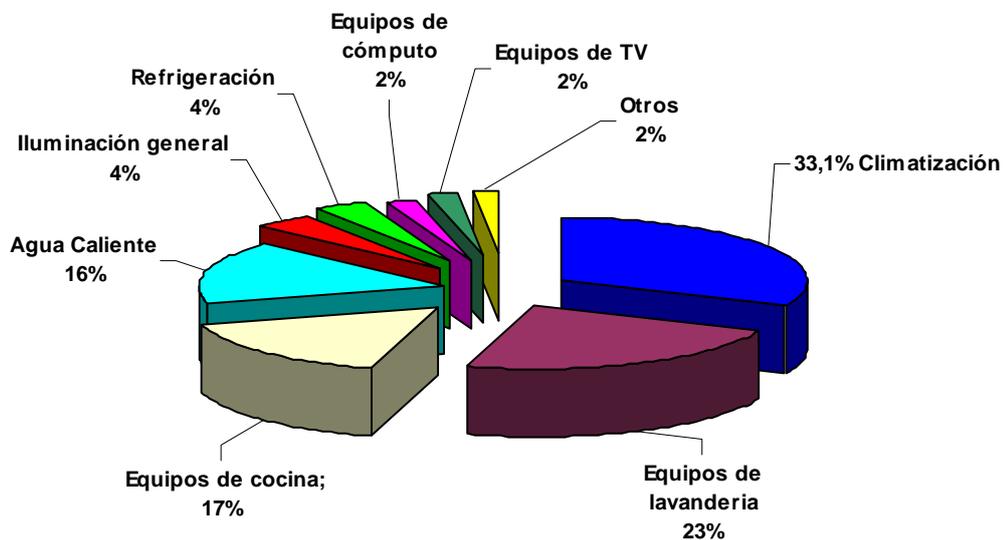


Fig. 3.13 Estructura de las cargas instaladas.

3.4.3 Puestos claves en el consumo de electricidad

Se pueden definir como puestos claves del consumo de electricidad los siguientes:

- Climatización.
- Equipos de lavandería.
- Equipos de cocina.
- Calentadores eléctricos.

En estos 4 puestos claves se concentra el 85,6 % de la carga instalada. En los anexos 6 y 7 se puede apreciar con más detalles los datos de estas cargas. En el caso particular de la climatización 83 presentan servicios a las habitaciones y el resto a las distintas oficinas.

Como segundo elemento de mayor impacto en el consumo de energía se declaran los equipos de lavandería. Las lavadoras y secadoras tienen una potencia de 5,4 kW y trabajan en muchas ocasiones en dos turnos para un total de 12 horas diarias continuas. También existe una plancha que posee una potencia de 19,6 kW la mayor carga de esta área.

En el caso de la cocina la Panadería-Dulcería, resalta, por contar con un horno eléctrico de una potencia nominal de 15 kW. Por último los calentadores eléctricos para el agua de habitaciones, los de respaldo a los calentadores solares y los de la lavandería representan el 11,5 % de la carga instalada. Los calentadores eléctricos de habitaciones son de 1,5 kW sumando unos 46,5 kW.

3.4.4 Análisis de mediciones eléctricas realizadas

La figura 3.14 representa la curva de demanda del sistema eléctrico para una ocupación aproximada de un 70%. Los picos de demanda se manifiestan en la mañana a las 8:30 horas, con un valor de 84 kW y en la noche se produce a las 21:00 horas con 92 kW. En la mañana el pico corresponde con el inicio de la jornada laboral y el servicio de desayuno y las tareas de la cocina. En el caso del pico en la noche, es coincidente con el horario que retornan los turistas a las habitaciones.

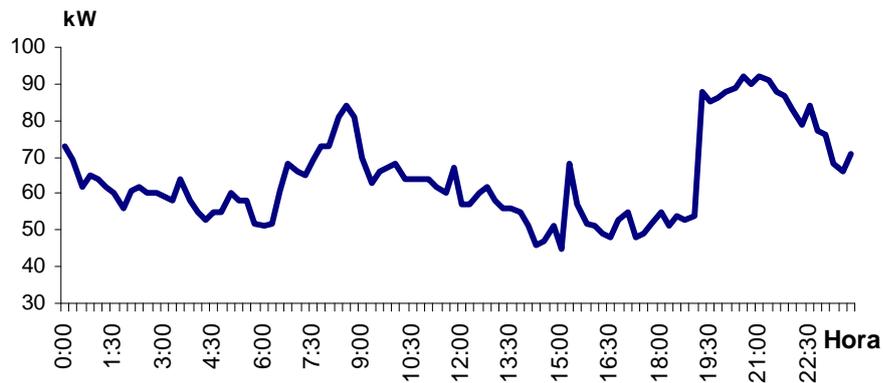


Fig.3.14 Comportamiento de la curva de demanda de electricidad.

Otro parámetro eléctrico que se midió en este nodo fue la tensión. Todos los equipos colocados en el sistema están sometidos a estos valores. En la figura 3.15 se puede apreciar que la tensión en la fase A, el 85 % del tiempo está por debajo de la tensión en la fase B y C con una diferencia de valores promedios de 21% y 15% respectivamente. Cuando se comparan los valores de tensión de fase con los valores nominales se presentan las diferencias de 3%, 23% y 14 % correspondientes a las fases A, B y C.

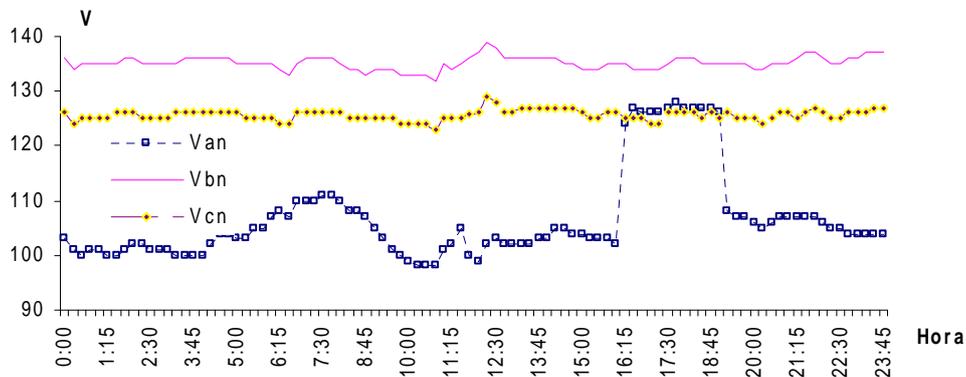


Fig. 3.15 Comportamiento de las tensiones de fase en el hotel.

En el caso de la corriente durante la noche y la madrugada existe cierto equilibrio entre las fases. Sin embargo en el horario del día la fase más cargada, la fase A, tiene una diferencia de un 13% con respecto a las demás. En la figura 3.16 se puede apreciar este resultado.

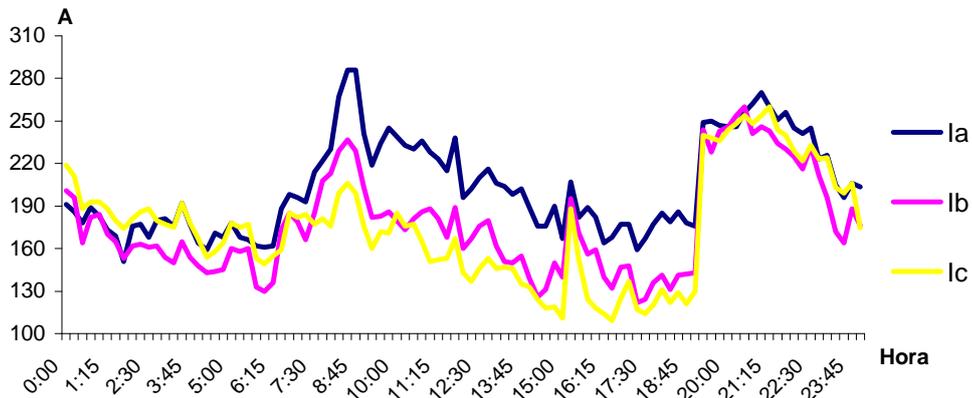


Fig. 3.16 Comportamiento de las corrientes de fase en el nodo principal.

Otro aspecto relevante en los sistemas significa la Distorsión Total Armónica (THD), este parámetro representa el grado de calidad de la forma de onda, ya sea de tensión o de corriente. En el caso de la tensión se puede apreciar en la figura 3.17 que los valores de THD no superan el 5% según la norma.

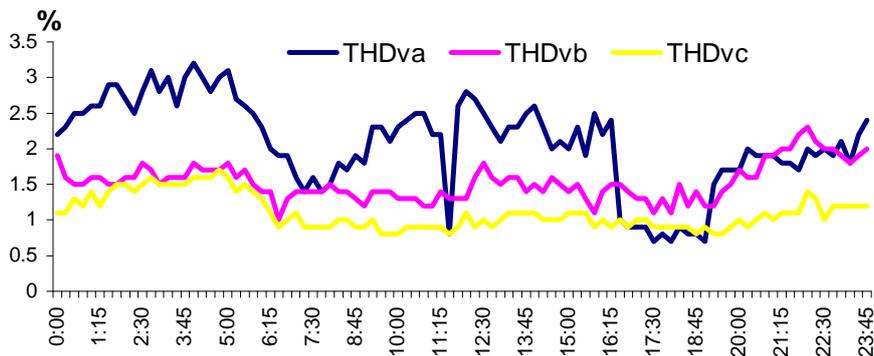


Fig. 3.17 Comportamiento del THD de tensión.

En el caso del THD de la corriente se evidencia que este no es relevante, esta variación sólo alcanza valores promedio para todas las fases de 4,8%. En el anexo 8 aparecen los datos de las mediciones realizadas.

Mediciones eléctricas en la panadería – dulcería

Las cargas eléctricas corresponden a cinco equipos eléctricos según la tabla 3.2. El horno se mantiene encendido durante casi todo el tiempo de trabajo de la

panadería, los demás equipos trabajan de forma discontinua y de manera más aislada.

Tabla 3.2 Equipos eléctricos ubicados en la panadería –dulcería.

No	Equipos	Cantidad	Potencia kW
1	Horno eléctrico trifásico	1	15
2	Mezcladoras	2	1.5
3	Sobadora	1	3
4	Boleadora	1	2.5

En el gráfico de la figura 3.18 se aprecian los consumos de corriente en correspondencia con la aleatoriedad de funcionamiento de los equipos. También se pueden ver en el Anexo 9 los valores cuantitativos de las mediciones.

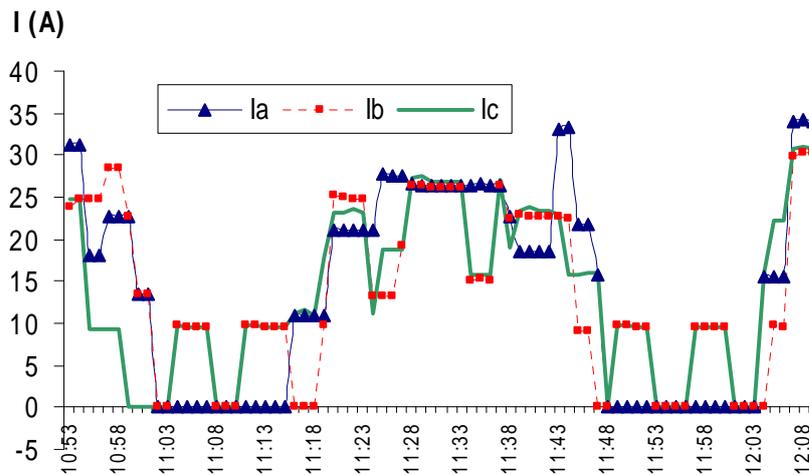


Fig. 3.18 Comportamiento de las corrientes de fase.

El horario de trabajo del área es de 8 horas en temporada baja y 14 horas aproximadamente en temporada alta. El consumo de energía eléctrica en una hora según las mediciones realizadas fue de 5,40 kWh. Al promediar este consumo por 8 horas diaria de trabajo y considerando 24 días del mes, el consumo alcanza un valor de 1,036 MWh mensual, lo que representa aproximadamente el 2,38% del

consumo total mensual en temporada baja. Si se analiza este consumo para un horario de trabajo de 14 horas, el consumo en un mes es de 1,814 MWh y representa el 4,18 % del consumo.

Mediciones puntuales en el nodo principal del edificio administrativo

La figura 3.19 corresponde al comportamiento de las corrientes y tensiones de fase. El circuito lo conforman dos fases solamente. Este alimenta el circuito de alumbrado y fuerza de las oficinas de la Villa y al cuarto de compresores de las cámaras frías de la instalación. En el anexo 10 aparecen las mediciones realizadas.

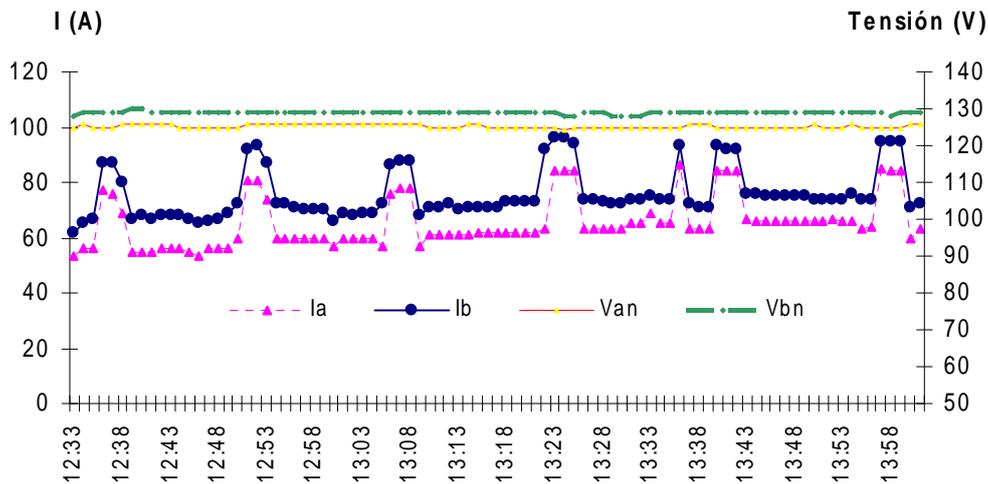


Fig. 3.19 Comportamiento de las corrientes y tensiones de fase.

En la gráfica se observa que existen variaciones pronunciadas de corrientes cada 15 minutos en las líneas, las causas son originadas por los compresores de las cámaras frías conectados en este circuito.

Mediante cálculos aproximados según el tiempo de trabajo de las cargas instaladas en las oficinas de la Villa se estima que estas consumen un 4 % (1,4 MWh/mes) de la energía que consume el hotel como promedio en un mes (44 MWh).

3.4.5 Evaluación del sistema de iluminación

Según datos obtenidos de las mediciones realizadas se detectó el insuficiente estado de los niveles de iluminación en la instalación. En las oficinas donde debe existir 300 Lux sólo dos de ellas sobrepasan esta norma. Otras de las áreas que presentan dificultades son los pasillos, en los que el nivel de iluminación oscila entre 1,5 y 4,5 Lux, la norma establece valores entre 50 y 100 lux. En la tabla del anexo 11 aparecen los valores de las mediciones realizadas y la comparación con las normas.

Con el estudio realizado en el sistema de iluminación y la comparación con los valores normados, se comprobó que las mayores dificultades se concentran en:

- El nivel de iluminación en oficinas y áreas de servicio es insuficiente.
- Insuficiente iluminación en pasillos, escaleras, y áreas exteriores.
- La posición de las luminarias en áreas exteriores, snack bar y piscina no es la más adecuada.
- Utilización de luminarias fluorescentes de 20 y 40 W. No han sido sustituida por las de balastos electrónicos que consumen 18 y 36 W respectivamente.

El sistema de alumbrado de los locales y áreas de la instalación, no reúnen las condiciones necesarias para brindar seguridad y espectro visual adecuado a huéspedes y trabajadores.

Conclusiones del capítulo

- De un total de 81 trabajadores de la cadena presentes como promedio en la instalación, el 55 % pertenecen a la dirección de la Villa y el restante 45 % son trabajadores exclusivos del hotel. Estos datos comparados con los turistas días en los primeros 8 meses del año 2010, refleja que existen en la instalación un 18 % más de trabajadores que de turistas.

- El consumo de energía eléctrica de la lavandería para brindar servicio a los restantes hoteles de la villa, representa el 5.2 % del total que consume el hotel equivalente a 2.29 MWh/mes).
- En Baracoa el turismo que predomina es el de ciudad a diferencia de otros polos turísticos. Esta característica propicia que el turista no permanezca en las habitaciones fundamentalmente en el día.

Capítulo IV. Propuesta de un modelo predictivo del consumo de electricidad

El establecimiento de modelos a partir de relaciones no conocidas de variables, implica la búsqueda de variantes y herramientas computacionales que resuelvan las no linealidades. En el presente capítulo se realizan los análisis estadísticos de las variables, la identificación de modelos de regresión y paramétricos conducentes a elegir la modelación mediante redes neuronales artificiales para mejorar la precisión. Se obtienen los modelos predictivos del consumo de energía eléctrica adaptado a las condiciones de explotación del hotel Porto Santo.

4.1 Análisis de regresión lineal y múltiple

En el análisis de regresión lineal se determinaron los coeficientes de determinación y de correlación de las variables climatológicas y de explotación con respecto al consumo de energía eléctrica diario y mensual del hotel. Los resultados se aprecian en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Coeficientes de correlación y de determinación lineal de las variables.

No	Variabes	R ² kWh/día	R kWh/día	R ² kWh/mes	R kWh/mes
1	Humedad Relativa	0,005	-0,074	0,174	-0,418
2	Velocidad del Viento	0,0001	-0,011	0,147	0,383
3	Temperatura ambiente	0,0002	-0,014	0,003	0,062
4	Precipitaciones	0,032	0,178	0,013	-0,116
5	Nubosidad	0,0003	0,018	-	-
6	HDO del hotel	0,392	0,626	0,482	0,695
7	HDO de la Villa	0,372	0,610	0,001	0,037
8	Clientes del hotel	0,378	0,612	-	-
9	TD Cubanos del hotel	0,136	0,369	-	-
10	TD Extranjeros del hotel	0,286	0,530	-	-
11	TD Cubanos de la Villa	0,090	0,301	-	-
12	TD Extranjero de la Villa	0,254	0,504	-	-
13	TD de la Villa	0,345	0,588	-	-
14	Mes	0,26	0,007	0,007	-0,089
15	Día de la semana	0,12	-0,225	-	-

Los datos obtenidos permiten definir las formulaciones matemáticas que definen el modelo de regresión más adecuado. En la tabla 4.2 aparecen los datos de estos factores.

Tabla 4.2 Estadística descriptiva de las variables para el análisis de los kWh mensuales

Factores	Tamb	mm/H2O	HR	VV	HDO _h	HDO _v	kWh _{mes}
Media	25.45	177.49	80.31	6.69	1129	13193	43330
Error típico	0.27	24.66	0.53	0.47	78	1033	1029
Mediana	24.95	131.15	80.00	7.20	1208	13088	42496
Moda	24.70	#N/A	82.00	8.10	1167	#N/A	#N/A
Desviación estándar	1.63	147.97	3.17	2.80	470	6199	6172
Varianza de la muestra	2.66	21896.01	10.05	7.83	221291	38429435	38089742
Curtosis	-0.82	1.98	0.70	-0.51	-1	-1	-1
Coefficiente de asimetría	0.33	1.56	0.26	0.00	0	0	0
Rango	5.90	616.80	16.00	11.00	1525	22940	24255
Mínimo	22.80	9.60	73.00	1.30	374	2166	30143
Máximo	28.70	626.40	89.00	12.30	1899	25106	54398
Suma	916.20	6389.70	2891.00	240.80	40653	474944	1559870
Cuenta	36.00	36.00	36.00	36.00	36	36	36

Análisis de regresión múltiple para los kWh mensuales

En la tabla 4.3 aparece el análisis de la regresión múltiple que permite establecer la relación entre las variables de entrada y la variable dependiente kWh.

Tabla 4.3 Reporte del análisis de regresión múltiple para datos mensuales.

No	Variables							R ²
1	Tamb	HDO _h	Mes	HDO _v	VV	HR	mmH ₂ O	0,756
2	Tamb	HDO _h	Mes	HDO _v	VV	HR	-	0,754
3	Tamb	HDO _h	Mes	HDO _v	VV	-	-	0,753
4	Tamb	HDO _h	Mes	HDO _v	-	-	-	0,75
5	Tamb	HDO _h	Mes	-	-	-	-	0,736
6	Tamb	HDO _h	-	-	-	-	-	0,733

La primera variable que el software propone eliminar del análisis son las precipitaciones, como segundo elemento la humedad relativa y en tercer lugar la velocidad del viento. Le continúa las habitaciones días ocupadas de la Villa y en último lugar el software Statgraphics, indica sacar del modelo la variable mes.

Según indica la tabla 4.4 para todas estas variables la probabilidad de rechazo está por encima de 0.10 por lo que estadísticamente su influencia no es significativa. Las variables que más incidencia tienen en el consumo de energía eléctrica son las HDO_h y para el caso de las climatológicas la $Tamb$.

Tabla 4.4 Reporte del análisis de regresión del Statgraphics para datos mensuales.

Parámetro	Error Estimación	Estadístico estándar	T	P-Valor
CONSTANTE	-3382.67	36598.1	-0.0924275	0.9270
HR	-207.469	357.982	-0.579551	0.5669
HDO_h	12.2412	1.916	6.38895	0.0000
HDO_v	0.690087	0.463848	1.48775	0.1480
Mes	-1276.14	827.888	-1.54144	0.1344
mm H_2O	3.36883	6.62157	0.508767	0.6149
$Tamb$	1966.05	539.158	3.64653	0.0011
VV	-283.073	328.102	-0.862759	0.3956

El resultado del ajuste del modelo de regresión lineal múltiple que mejor describe la relación de los kWh con las HDO_h y la $Tamb$ se expresa a continuación:

$$kWh_{mes} = -28241,3 + 13,1719 * HDO_h + 2227,77 * Tamb \quad (4.1)$$

El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 75% de la variabilidad de los kWh_{mes} . El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 32,785.

Análisis de regresión múltiple para los kWh diarios

En el análisis de regresión múltiple se obtienen los resultados de las variables que mejor correlacionan con los kWh diarios, los datos se muestran en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Reporte del análisis de regresión múltiple para datos diarios.

No	Variables											R ²
1	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	VV	Tamb	HDO _v	N	TD _{cv}	HR	TD _{ch}	0,574
2	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	VV	Tamb	HDO _v	N	TD _{cv}	HR	-	0,574
3	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	VV	Tamb	HDO _v	N	TD _{cv}	-	-	0,573
4	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	VV	Tamb	HDO _v	N	-	-	-	0,572
5	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	VV	Tamb	HDO _v	-	-	-	-	0,571
6	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	VV	Tamb	-	-	-	-	-	0,565
7	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	VV	-	-	-	-	-	-	0,552
8	HDO _h	TD _{ev}	Mes	TD _{eh}	-	-	-	-	-	-	-	0,543
9	HDO _h	TD _{ev}	Mes	-	-	-	-	-	-	-	-	0,523

Según se aprecia en la tabla son analizadas 11 variables. La primera variable que el software propone eliminar del análisis es TD_{ch}, en segundo lugar la HR, luego los TD_{cv} y en último lugar las HDO_v.

La tabla 4.6 indica que para todas estas variables la probabilidad de rechazo está por encima de 0.10 por lo que estadísticamente su influencia no es significativa. Este análisis se realiza hasta la corrida 6. Hasta este punto no se sugiere eliminar de los análisis más variables. No obstante se excluyeron la Tamb, la VV y los TD_{eh} manteniéndose los resultados de forma similar con un R² de 0,52. Es decir el modelo más simplificado sólo incluye las HDO_h, TD_{ev} y el Mes. Otras exclusiones hacen que el coeficiente de determinación disminuya drásticamente.

Tabla 4.6 Análisis de regresión del Statgraphics para datos diarios

Parámetro	Error Estimación	Estadístico estándar	T	P-Valor
CONSTANTE	-160.861	366.426	-0.438999	0.6611
HR	1.92694	2.80988	0.685774	0.4936
HDO _h	14.9899	4.76794	3.14389	0.0019
HDO _v	1.98516	1.13968	1.74186	0.0831
Mes	22.6179	10.3573	2.18376	0.0301
N	6.93976	9.36251	0.741229	0.4594
Tamb	30.6821	10.8888	2.81777	0.0053
TD _{ch}	0.561673	3.79571	0.147976	0.8825
TD _{cv}	-1.44531	2.19163	-0.659468	0.5103
TD _{eh}	-5.5212	2.85017	-1.93715	0.0541
TD _{ev}	1.04259	0.570299	1.82815	0.0690
VV	-6.27499	2.69413	-2.32914	0.0208

La ecuación 3.2 muestra los resultados del ajuste a un modelo de regresión múltiple para describir la relación entre kWh y 6 variables independientes.

$$\text{kWh}_{\text{día}} = 176,5 + 15,9 \cdot \text{HDO}_h + 26,9 \cdot \text{Mes} + 24,6 \cdot \text{Tamb} - 5,2 \cdot \text{TD}_{eh} + 1,6 \cdot \text{TD}_{ev} - 6 \cdot \text{VV} \quad (4.2)$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0,01, existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%. El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 56,52% de la variabilidad de los kWh_{día}. El estadístico R^2 ajustado, que es más conveniente para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, es 55,26 %. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 190,328.

Teniendo en cuenta la complejidad del modelo, dada la cantidad de variables que lo conforman se propone continuar en la simplificación del mismo buscando mejores combinaciones de variables. Se consideró integrar las variables de operación de la Villa en Turistas Días de la Villa (TD_v), mantener en el análisis las HDO_h y la variable Mes como manifestación de las diferentes estacionalidades que ocurren en este destino turístico. Un nuevo análisis de regresión múltiple aportó la siguiente expresión:

$$\text{kWh}_{\text{día}} = 721.901 + 47.8609 \cdot \text{Mes} + 1.4731 \cdot \text{TD}_v + 7.43795 \cdot \text{HDO}_h \quad (4,3)$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.01, existe relación estadísticamente significativa entre las variables para un nivel de confianza del 99%. El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 53.09% de la variabilidad de los $\text{kWh}_{\text{día}}$. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 197.42. Este valor puede usarse para construir los límites de predicción para las nuevas observaciones. El error absoluto medio (MAE) de 148.432 es el valor medio de los residuos. Dado que el p-valor es inferior a 0.05, hay indicio de una posible correlación serial.

La probabilidad del valor más alto en las variables independientes es 0.0006, perteneciendo a TD_v . Puesto que es inferior a 0.01, el término de orden superior es estadísticamente significativo para un nivel de confianza del 99%. Por tanto no se eliminará ninguna variable del modelo.

La estadística descriptiva de las variables que forman parte de modelo de regresión se muestran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Estadísticas descriptivas de las variables del modelo de regresión múltiple para los $\text{kWh}_{\text{día}}$.

	HDO_h	TD Villa	kWh
Media	38,77	131,33	1419,23
Error típico	1,40	3,67	18,72
Mediana	35,00	126,00	1418,00
Moda	18,00	154,00	1500,00
Desviación estándar	21,29	55,69	283,86
Varianza de la muestra	453,33	3101,05	80577,97
Curtosis	-1,02	-0,25	-0,18
Coefficiente de asimetría	0,34	0,47	-0,11
Rango	79,00	265,00	1395,00
Mínimo	2,00	25,00	664,00
Máximo	81,00	290,00	2059,00
Suma	8917,00	30207,00	326423,00
Cuenta	230,00	230,00	230,00

Partiendo de que la mayoría de los modelos de predicción del consumo de energía eléctrica en hoteles, independientemente del modo de solución, toman en cuenta las variables climatológicas, no siempre estas variables son determinantes. A pesar de que el MINTUR establece durante el proceso de planificación energética el indicador HDO equivalentes, este indicador está afectado por un factor de temperatura. Puede suceder que el consumo de energía sea más dependiente de otros factores y no precisamente de los climatológicos.

Hasta la fecha el indicador utilizado como referencia al nivel de actividad de una instalación hotelera lo constituye las HDO además de los TD. Como se analizó en el capítulo III estas variables tienen estacionalidades para el caso específico de Villa Baracoa y de igual forma para el hotel. Es evidente que la temporada alta para el hotel se presenta en los meses de enero hasta abril, julio, agosto, noviembre y diciembre, y la temporada baja en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre, según se observa en la figura 4.1.

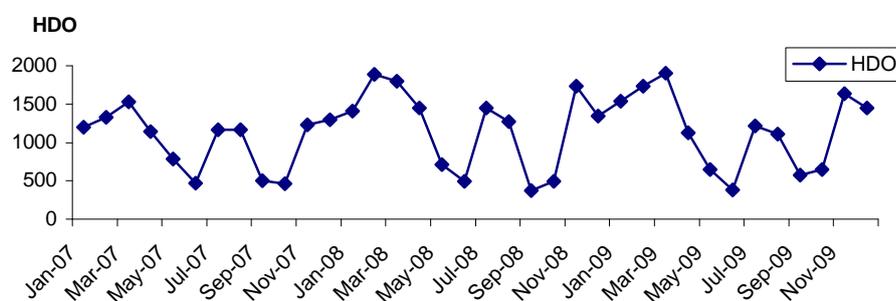


Fig. 4.1 Comportamiento de las HDO en los años 2007, 2008 y 2009.

A pesar de que los porcentajes ocupacionales son similares con otras instalaciones hoteleras, estos hoteles se comportan como hoteles de ciudad. La cercanía de las instalaciones extrahoteleras por lo general provoca que el turista esté la menor parte del tiempo dentro de las instalaciones de alojamiento. En el anexo 12 se puede apreciar los datos generales de las variables de explotación.

En la figura 4.2 aparece el comportamiento de los turistas días, tanto cubanos como extranjeros, en los meses de enero a agosto del 2010. En el anexo 13 se aprecian los detalles de estos datos. Estos hoteles de ciudad y en particular en este polo turístico evidencian una presencia marcada de turistas nacionales lo cual puede tener una incidencia en los regímenes de explotación energética. En próximas investigaciones se debería tener en cuenta este factor.

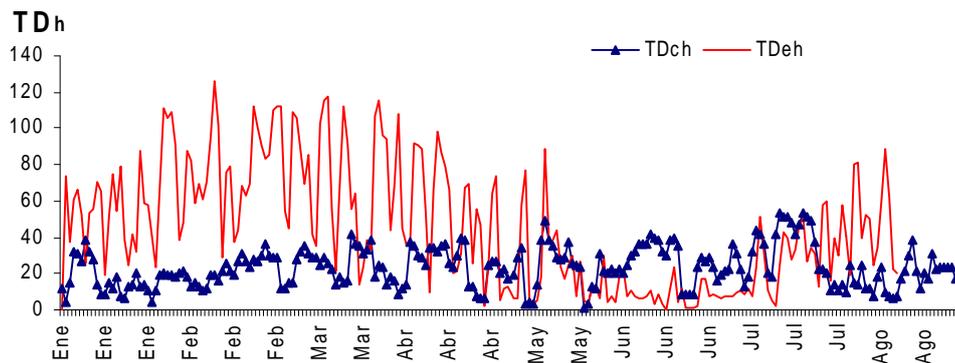


Fig. 4.2 Comportamiento de los turistas días cubanos y extranjeros en el hotel.

En la figura anterior se observa que la presencia de turistas cubanos en la instalación alcanza un valor promedio de 24. En el caso del arribo de turistas extranjeros la curva se comporta con fluctuaciones pronunciadas, con valores máximos entre 110 y 126 turistas día y valores mínimos entre 4 y 16. El promedio de turistas días extranjeros es de 43.

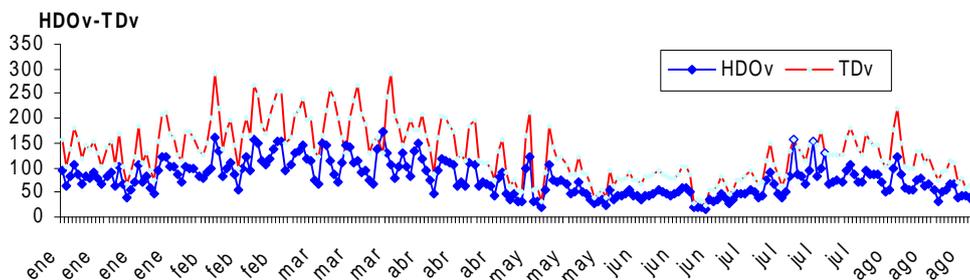


Fig. 4.3 Comportamiento de los turistas días y habitaciones días ocupadas de la Villa.

Para tener una idea del nivel de actividad de la Villa, se presenta en el gráfico de la figura 4.3 el comportamiento diario de los turistas días y las HDO.

4.2 Identificación del modelo para pronosticar el consumo mensual de energía eléctrica basado en Red Neuronal Artificial

Al verificar la relación lineal entre las variables como primer paso para iniciar una estructura de modelo matemático según los coeficientes de determinación y de correlación de la tabla 4.1 las variables que mejor se relacionan con el consumo de energía eléctrica mensual del hotel son las habitaciones días ocupadas del hotel, la velocidad del viento y la humedad relativa. Importante además es tener en cuenta los resultados de la regresión múltiple, en la cual, la temperatura ambiente promedio mensual y las HDOh son las más significativas.

Después de aplicar el Toolbox de Identificación del software Matlab se obtuvieron diferentes estructuras de modelos paramétricos pero los resultados brindados por esta herramienta no son los más indicados para la predicción de los consumos de energía eléctrica ya que los ajustes de las diferentes estructuras son inferiores a los resultados de la regresión múltiple. Se seleccionó la de Redes Neuronales Artificiales.

4.2.1 Identificación del modelo de consumo kWh mensuales con ayuda de las RNA y las variables independientes T_{amb} , HDO_h y el Mes

Para la identificación del modelo se fue buscando la mejor estructura de la Red Neuronal Artificial capaz de predecir el comportamiento del consumo de electricidad mensual del hotel con el menor error posible. Los datos fueron filtrados y luego normalizados para mantenerlos en el intervalo de [0;1]. Se escogió la función de aprendizaje trainlm y se empleó el método de los mínimos cuadrados. Después del análisis de las variables escogidas y de múltiples pruebas

se obtiene una RNA Feedforward Backpropagation como resultado del mejor ajuste. En la figura 4.4 se aprecia la estructura de la red.

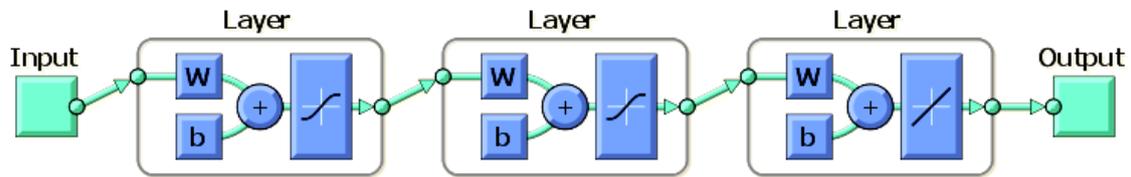


Fig. 4.4 Estructura de la red neuronal artificial para predecir los consumos de energía eléctrica en el hotel.

La estructura de la RNA cuenta con tres capas. La primera capa con tres neuronas, con la función de transferencia tansig (tangencial sigmoideal). La capa intermedia es de 10 neuronas con la misma función tansig y la última capa es de una neurona, con la función de transferencia pureline. Para este aprendizaje sólo se necesitó de 3 iteraciones, con un error de validación de 0,0029. En la figura 4.5 se puede apreciar el proceso de aprendizaje de la red.

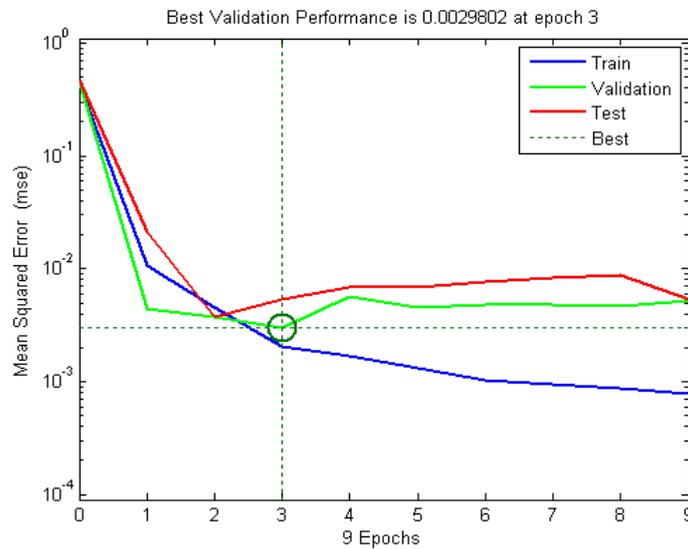


Fig. 4.5 Aprendizaje de la RNA para predecir el consumo de electricidad mensual

En la figura 4.6, el coeficiente de correlación entre los kWh_{mes} medidos y los valores predichos por la red es de 0,90 para los datos de entrenamiento, prueba y validación.

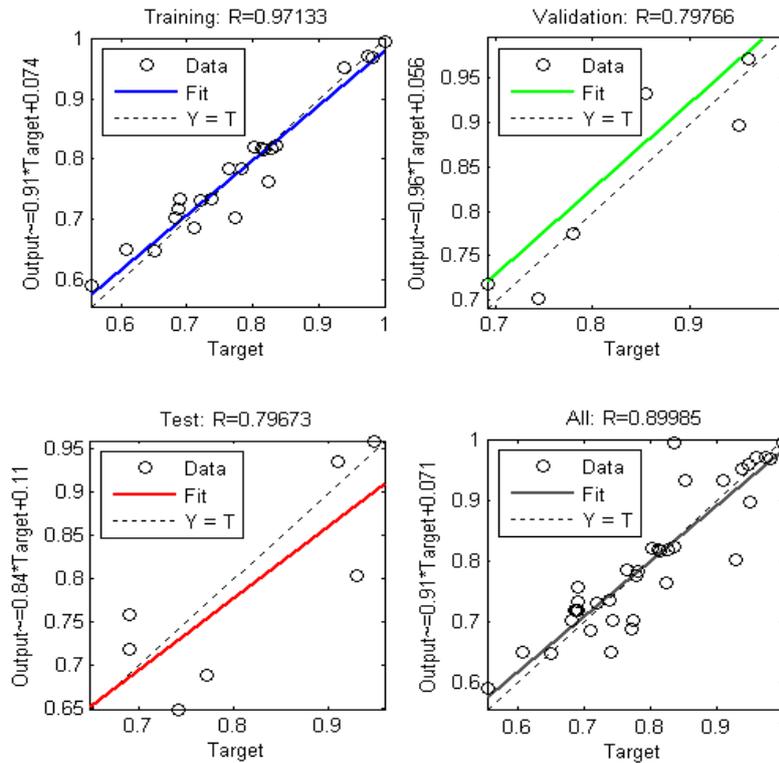


Fig. 4.6 Resultados del proceso entrenamiento, pruebas y validación de la RNA para predecir el consumo de electricidad mensual del hotel.

La forma de expresar el modelo matemático de la estructura de la RNA que sugiere la ayuda del Matlab indica que el modelo obtenido se puede definir como:

$$kWh_{mes} = \text{pureline}(LW_{3,2} * \text{tansig}(LW_{2,1} * \text{tansig}(IW_{1,1} * \text{entradas} + b_1) + b_2) + b_3) \quad (4.4)$$

Las funciones de transferencia se pueden sustituir por la función matemática equivalente:

$$kWh_{mes} = p(LW_{3,2} * \frac{2}{1 + 2.7182^{-p}} (LW_{2,1} * \frac{2}{1 + 2.7182^{-p}} (IW_{1,1} * p + b_1) + b_2) + b_3) \quad (4.5)$$

donde:

kWh_{mes} : consumo de energía eléctrica mensual.

$IW_{1,1}$, $LW_{2,1}$, $LW_{3,2}$: matrices de pesos de las capas de neuronas.

b_1 , b_2 , b_3 : polarizaciones de las capas de neuronas.

$$IW_{1,1} \begin{bmatrix} 0.16883 & 1.8303 & -0.68506 \\ 1.4601 & -0.7124 & -1.5729 \\ -1.7813 & 0.1948 & -1.0671 \end{bmatrix} \quad b_1 \begin{bmatrix} 1.8929 \\ -0.66699 \\ -1.2791 \end{bmatrix}$$

$$LW_{2,1} \begin{bmatrix} -2.136 & -0.5471 & -2.1471 \\ 0.99092 & 0.0029219 & -2.2507 \\ -0.84278 & 1.6968 & 2.2462 \\ 2.6081 & 0.84976 & 1.0835 \\ -1.663 & -1.7574 & 0.061738 \\ 2.1092 & -1.5335 & 1.8234 \\ 0.15798 & -1.0541 & -2.8042 \\ 0.22657 & -2.5147 & 2.366 \\ 2.7855 & 0.13033 & 1.2875 \\ -2.2395 & -1.6478 & 0.81279 \end{bmatrix} \quad b_2 \begin{bmatrix} 2.9709 \\ -2.8329 \\ 1.4886 \\ -0.74581 \\ 0.40233 \\ 0.0031584 \\ 0.87036 \\ 0.75362 \\ 2.3287 \\ -3.1677 \end{bmatrix}$$

$$LW_{3,2} [0.26008 \ 0.65059 \ -0.26284 \ -0.24325 \ -0.0096283 \ 0.51011 \ 0.18297 \ -0.18297 \ -0.638 \ -0.60032]$$

$$b_3 [-0.34535]$$

4.2.2 Identificación del modelo de consumo kWh mensuales con ayuda de las RNA y las variables independientes HDOh, HDOv y Mes

Considerando la posibilidad de contar con las variables de explotación con mejor precisión y no con las climatológicas, se procedió realizar la modelación con las variables: HDO_h , HDO_v y el mes.

Para ello se emplearon tres capas de neuronas. La primera capa cuenta con tres neuronas, con la función de transferencia tansig (tangencial sigmoideal). La capa

intermedia es de 12 neuronas con la misma función tansig y la última capa es de una neurona, con la función de transferencia pureline. Para este aprendizaje sólo se necesitó de 7 iteraciones, con un error de validación de 0,0027. En la figura 4.7 se puede apreciar el proceso de aprendizaje de la red.

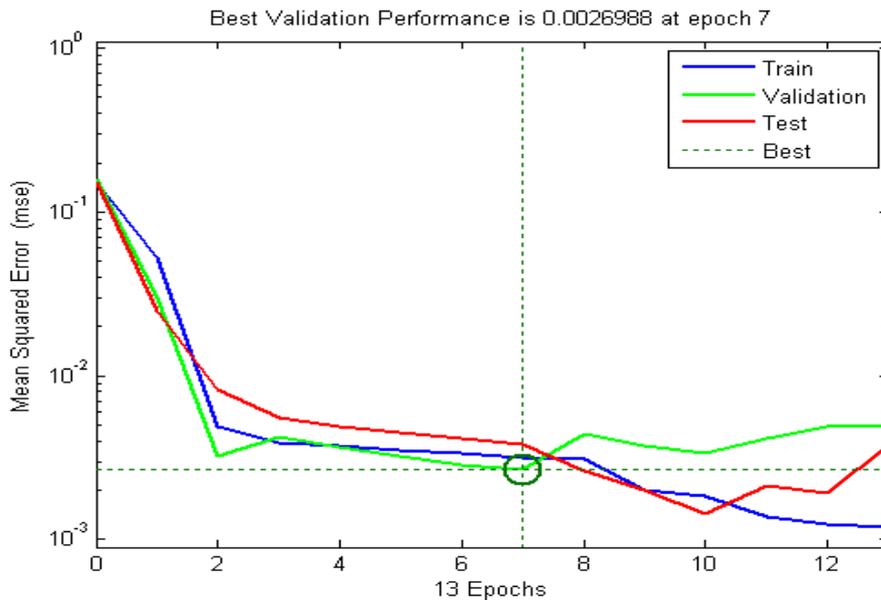


Fig. 4.7 Proceso de aprendizaje de la Red Neuronal Artificial para predecir el consumo de electricidad mensual

Como se puede apreciar en la figura 4.8, el coeficiente de correlación entre los datos, los kWh_{mes} y estos mismos valores predichos por la red es de 0,90 de forma general para los datos de entrenamiento, prueba y validación.

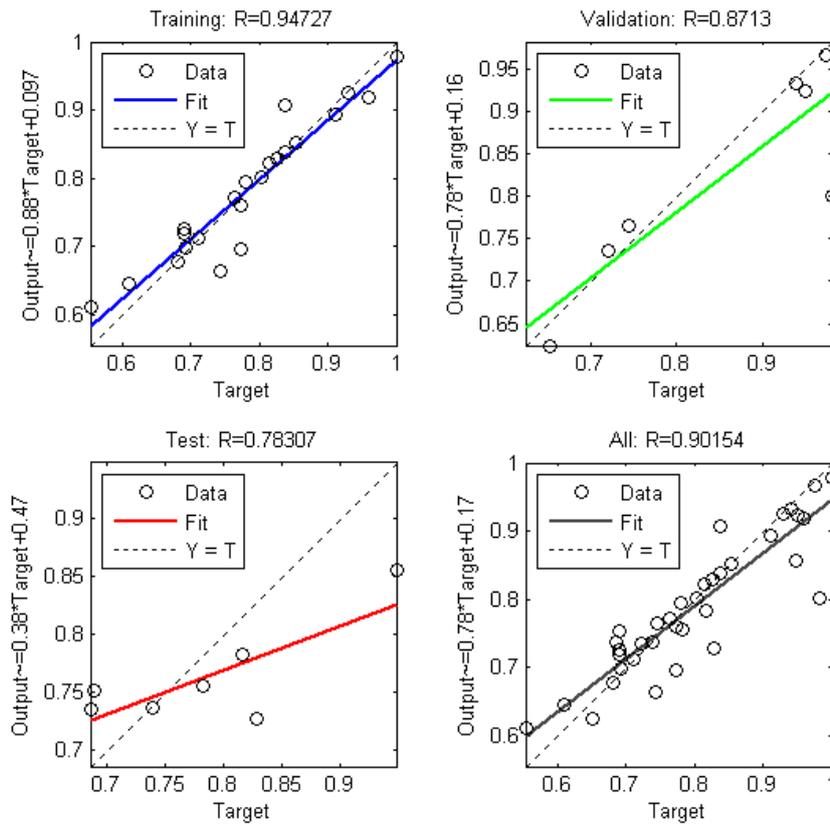


Fig. 4.8 Resultados del proceso entrenamiento, pruebas y validación de la RNA para predecir el comportamiento del consumo de electricidad del hotel.

La expresión correspondiente es:

$$kWh_{mes} = pureline(LW_{3,2} * tansig(LW_{2,1} * tansig(IW_{1,1} * entradas + b_1) + b_2) + b_3) \quad (4.6)$$

y los valores de los pesos y las polarizaciones corresponden a :

$$IW_{1,1} \begin{bmatrix} -1.63334 & -0.76427 & -0.96236 \\ -1.2289 & -0.43336 & -0.68741 \\ -2.0356 & -1.9455 & -0.22716 \end{bmatrix} \quad b_1 \begin{bmatrix} 2.8799 \\ 0.0030708 \\ -0.24817 \end{bmatrix}$$

$$LW_{2,1} \begin{bmatrix} -0.42934 & 1.3792 & 2.5131 \\ 1.4488 & -2.1809 & -1.928 \\ -0.26017 & -1.8509 & 1.7952 \\ -2.0415 & -2.1749 & -0.66565 \\ -2.3855 & -0.99281 & -1.791 \\ 1.2297 & 2.154 & -2.0354 \\ -2.5243 & -0.96872 & 1.7657 \\ -0.2329 & -0.39508 & 3.1754 \\ -1.5426 & -2.5665 & 1.5137 \\ -0.7394 & 1.7193 & 2.5592 \\ -0.8384 & 2.5321 & -1.748 \\ 2.1193 & 1.6088 & -1.7791 \end{bmatrix} b_2 \begin{bmatrix} 3.6197 \\ -2.768 \\ 2.0647 \\ 1.7564 \\ -0.92115 \\ -0.31596 \\ -0.29547 \\ -0.87283 \\ -1.3042 \\ -2.0517 \\ -2.6566 \\ 3.2151 \end{bmatrix}$$

$$LW_{3,2} [0.91827 \ 0.048044 \ -0.39199 \ 0.77563 \ -0.38534 \ -0.76376 \ -0.40335 \ 0.29999 \ -0.47848 \ -0.42368 \ -0.77119 \ -0.83761]$$

$$b_3 [-0.20912]$$

Los resultados de ambas estructuras de RNA tienen el mismo coeficiente de correlación, aprendizajes muy similares y errores de 0,002. Se puede elegir cualquiera de ellos como expresión para pronosticar el consumo de energía eléctrica mensual.

4.3 Identificación del modelo para pronosticar el consumo diario de energía eléctrica basado en Red Neuronal Artificial

Para lograr un pronóstico del consumo de energía eléctrica del hotel a corto plazo se decidió buscar un modelo que permitiera una estimación diaria. Se siguió un procedimiento similar al epígrafe 4.2.2.

Al analizar la tabla 4.1 donde aparecen los coeficientes de determinación y correlación de las variables climatológicas y de explotación se destaca que para los valores promedios analizados de las variables climatológicas la correlación con el consumo de energía eléctrica son casi nulos para todas ellas. Y es diferente

este coeficiente para las variables de explotación. Teniendo en cuenta que la correlación entre las variables entradas y el consumo de energía eléctrica es significativa, sería importante el análisis a través de redes neuronales para un posible pronóstico.

Considerando las variables que caracterizan el comportamiento de la ocupación en el hotel y en la Villa y su influencia en el consumo de energía eléctrica diario, se realizaron los análisis con las variables HDO_h , HDO_v , TD_{ch} , TD_{cv} , TD_{eh} , TD_{ev} .

Es importante además tener en cuenta los resultados obtenidos con el método de regresión múltiple. En este análisis las variables que mejores ajustes brindaban al modelo para la predicción eran las de explotación, por lo que realizar una modelación con otras herramientas permitiría descubrir la efectividad del método así como su influencia en el consumo de energía eléctrica diario del hotel. La variable Mes durante la simulación mejoró los resultados en más de un 10%.

4.3.1 Identificación del modelo de consumo kWh diarios con ayuda de las RNA y las variables independientes HDO_h , TD_v y Mes.

Se realizaron varios ensayos a través del método de prueba y error lo que permitió determinar la mejor estructura de la Red Neuronal Artificial capaz de predecir el comportamiento del consumo de electricidad diario del hotel. Los datos fueron filtrados y luego normalizados para mantenerlos en el intervalo de [0; 1]. En este caso la función de aprendizaje escogida para la red fue trainlm y se empleó también el método de los mínimos cuadrados. Después de algunas pruebas se demostró que se obtienen mejores resultados utilizando una RNA Feedforward Backpropagation.

Esquemáticamente el modelo propuesto de red neuronal artificial para estimar el consumo de energía eléctrica diaria tiene la forma que se muestra en la figura 4.9.

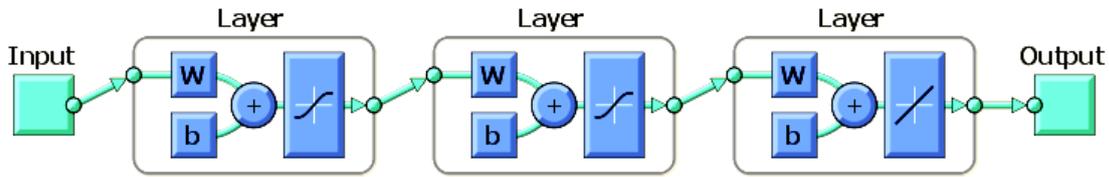


Fig. 4.9 Estructura de la red neuronal artificial para predecir los consumos de energía eléctrica diarios en el hotel.

Al igual que para los datos mensuales se utilizaron tres capas de neuronas. La primera capa cuenta con tres neuronas, con la función de transferencia tangencial sigmoide (tangencial sigmoide). La capa intermedia es de 12 neuronas con la misma función tangencial sigmoide y la última capa es de una neurona, con la función de transferencia lineal. Para este aprendizaje sólo se necesitó de 11 iteraciones, con un error de validación de 0,0076. En la figura 4.10 se muestra el comportamiento del entrenamiento de la red en el proceso de aprendizaje y se observan las curvas de entrenamiento, validación y de prueba.

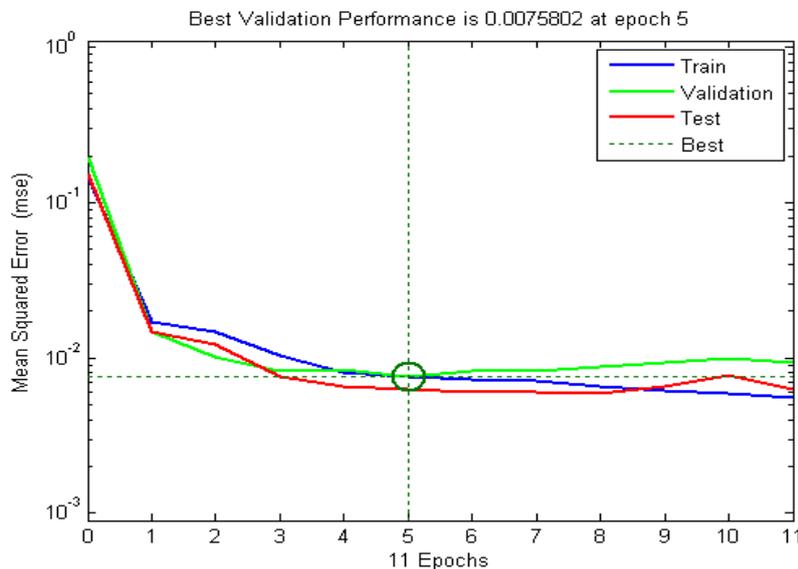


Fig. 4.10 Aprendizaje de la RNA para predecir el consumo de electricidad diario.

Como se aprecia en la figura 4.11, el coeficiente de correlación entre los datos, los kWh_{día} y estos mismos valores predichos por la red es de 0,81 de forma general

para los datos de entrenamiento, prueba y validación. Este resultado fue el mejor que se pudo obtener después de probar con varias neuronas en la capa intermedia y diferentes funciones de entrenamiento.

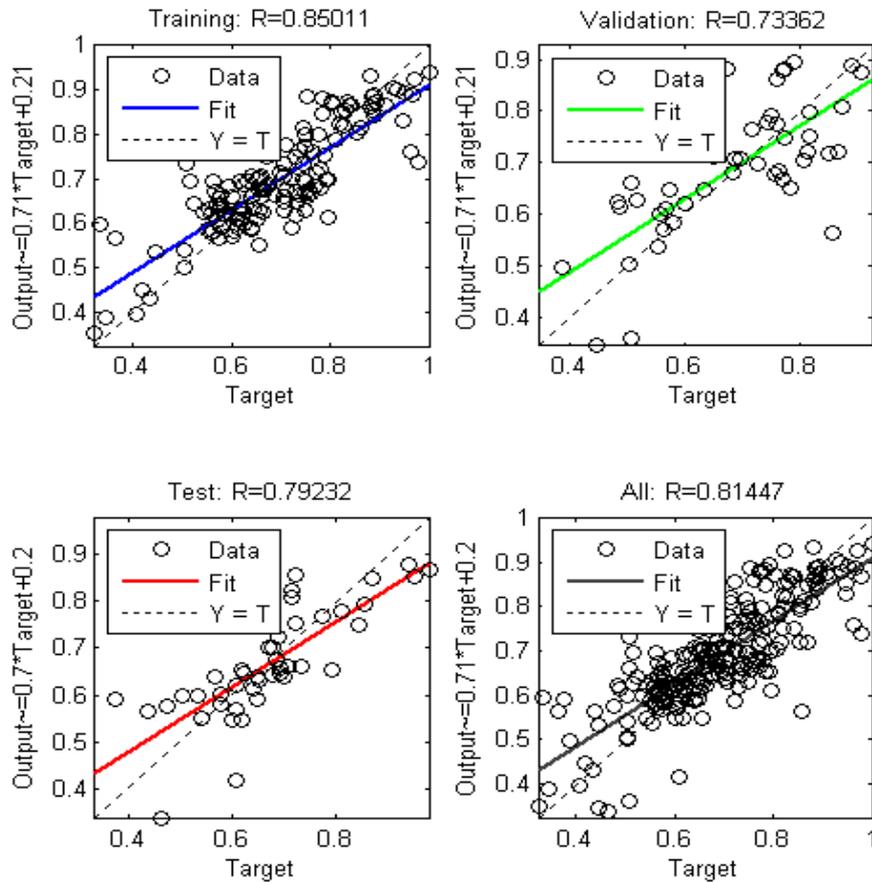


Fig. 4.11 Resultados del proceso entrenamiento, pruebas y validación de la RNA para predecir el comportamiento del consumo de electricidad diario del hotel.

El modelo matemático obtenido por la red es:

$$\text{kWh}_{\text{dia}} = \text{pureline}(\text{LW}_{3,2} * \text{tansig}(\text{LW}_{2,1} * \text{tansig}(\text{IW}_{1,1} * \text{entradas} + b_1) + b_2) + b_3) \quad (4.7)$$

donde:

$$\begin{array}{l}
 IW_{1,1} \begin{bmatrix} -0.79232 & 1.6201 & 0.81887 \\ -2.1666 & -0.81039 & -1.2865 \\ -2.2404 & 2.2326 & -0.89912 \end{bmatrix} \quad b_1 \begin{bmatrix} 2.0886 \\ -0.06877 \\ -2.8201 \end{bmatrix} \\
 \\
 LW_{2,1} \begin{bmatrix} 0.72948 & 2.3266 & 2.0882 \\ -0.32135 & 0.92166 & 3.6905 \\ -1.5436 & -2.3999 & -0.74406 \\ 0.024124 & 1.9149 & 2.9147 \\ 0.62927 & -2.5528 & -0.70927 \\ -0.92644 & -1.8109 & -1.6459 \\ -0.06602 & -2.5399 & -2.392 \\ -2.0907 & 1.7846 & 0.74428 \\ -1.1327 & 2.0462 & 2.1478 \\ 1.0066 & -0.81168 & 2.7506 \\ -3.1589 & 1.0082 & 0.44154 \\ -1.1308 & 1.8034 & 2.465 \end{bmatrix} \quad b_2 \begin{bmatrix} 3.3218 \\ 2.3018 \\ 2.4775 \\ -1.8989 \\ -0.4542 \\ 0.36991 \\ -0.39302 \\ -0.96373 \\ -1.4873 \\ 1.5739 \\ -2.4358 \\ -3.10161 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 LW_{3,2} \begin{bmatrix} -0.0081819 & -0.58733 & 0.38532 & -0.50851 & -0.091715 & -0.12459 \\ -0.39621 & -0.69195 & 0.73529 & 0.64824 & 0.44532 & 0.24651 \end{bmatrix} \\
 b_3 [0.11407]
 \end{array}$$

Por los resultados se puede afirmar que el modelo obtenido a través de las redes neuronales artificiales es superior al de regresión múltiple. El modelo matemático obtenido permite establecer una mejor predicción para el consumo de energía eléctrica diario del hotel con una precisión del 81%.

Conclusiones del capítulo

- Los modelos de regresión múltiple logran integrar las variables climatológicas y de operación para pronosticar los consumos de energía eléctrica mensuales y diarios del hotel, pero los resultados no superan el 85 y 73 % de ajuste respectivamente.

- Se identificaron las variables que permiten una adecuada predicción del consumo de energía eléctrica mensual y diaria en el hotel Porto Santo: HDO_h , TD_v , $Tamb$, HDO_v y el Mes.

Conclusiones generales

- En materia de gestión energética el hotel tiene el grado de incompetencia consciente donde se resalta el consumo del 12,7 % de los gastos en energéticos y que para producir 1,00 CUC se gasta \$0,08 CUC.
- Los elementos más incidentes en la insuficiente gestión energética lo constituyen la contabilidad energética actual, la escasez de instrumentación, la baja ocupación en diferentes períodos, la capacitación en materia energética del personal, el equipamiento tecnológico no compatible con el ahorro y los servicios que se prestan a la Villa que generan gastos energéticos en el hotel.
- La electricidad constituye el 93,8% del consumo de portadores energéticos del hotel. Durante el empleo de la electricidad se aprecian un 23% y 14 % de variación de la tensión en las fases B y C con respecto al valor nominal.
- El consumo de energía eléctrica del hotel es más dependiente de las variables de operación del hotel (HDO_h) y de la Villa (HDO_v , TD_v) que de los parámetros climatológicos.
- Las Redes Neuronales Artificiales permiten la predicción del consumo de energía eléctrica del hotel con una precisión del 90% para los valores mensuales y de 81% para los valores diarios.

Recomendaciones

- Elaborar un software amigable que tenga como base los modelos matemáticos basados en RNA para predecir el consumo de energía eléctrica mensual y diario del hotel facilitando la planificación de este portador energético.
- Realizar investigaciones similares en los demás hoteles de Villa Baracoa que permitan una evaluación general de la gestión energética.

Referencias bibliográficas

- [1] Arroyo Valera, Silvia, La flexibilidad numérica en el sector. Un estudio empírico. Revista Estudios Turísticos. España - No 147.p. 3-21, 2008.
- [2] Barron, A.R, "Complexity regularization with application to artificial neural networks" Nonparametric Functional Estimation and Related Topics (G. Roussas, ed.), pp.561-576, 1991.
- [3] Barron, A.R. "Neural net approximation" Proc. of the Seventh Yale Workshop on Adaptive and Learning Systems, pp.69-72. New Haven, CT: Yale University, 1992.
- [4] Borroto Nordelo, A., Borroto Bermúdez, J., El Verdadero Costo de la Energía. Revista Mundo Eléctrico Colombiano. 1999.
- [5] Borroto Nordelo, A., Percy Viego, F., Gestión Energética Empresarial. Diplomado en Gestión Eficiente de la Energía. Universidad Autónoma de Baja California, Tecate, México, 2001.
- [6] Borroto Nordelo, A., Pintó, J., Monteagudo, Yanes. Colectivo de autores CEEMA., Gestión y Economía Energética. EDITORIAL UNIVERSO SUR. Universidad de Cienfuegos, 2005.
- [7] Cabrera Gorrín, Osmel. Reflexiones sobre el consumo del sector turístico Cubano. Disponible en www.monografia.com, 10 de Abril de 2006.
- [8] Colectivo de Autores, Buenas Prácticas para Mejorar la Competitividad. Disponible en: <http://www.ithotelero.com>. Acceso 25 de Julio del 2010.
- [9] Colectivo de Autores. Gestión Energética Empresarial. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos, Cuba. ISBN 959-257-040-X. Editorial Universidad de Cienfuegos, 2002.
- [10] Campos Abella, JC., Herramientas para Establecer un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía. Diplomado en Gestión Energética, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, 2000.
- [11] Fernández Pérez, Ramón David,. Consumo de energía en el 2006. UCF. Informe al Consejo de Dirección del VRAS, Universidad de Cienfuegos. 02/ 2007.

- [12] Ferrán, A., Energy Management in Hotels and Implanting Environmental Labels. Spain: ICAEN, 2002.
- [13] Fuster Lareau, Joan, Los hoteles all inclusive. Hosteltur. Mayo 2002
- [14] Falcón Finalez, Eder, Introducción a la Economía de Empresas Turísticas. Universidad de la Habana. 185 p. 2003.
- [15] Grupo de Eficiencia Energética Moa, Diagnóstico Energético Hotel Super Club Breezes Costa Verde, ISMMM, 58p, 2001.
- [16] Grupo de Eficiencia Energética de Moa, Diagnóstico Energético Hotel LTI Costa Verde Beach Resort., ISMMM, 2002. 81p
- [17] Grupo de Eficiencia Energética de Moa, Diagnóstico Energético del Hotel Playa Pesquero. ISMMM, 85p, 2003.
- [18] Grupo de Eficiencia Energética de Moa, Diagnóstico Energético del Hotel Occidental Grand Playa Turquesa. ISMMM, 69p, 2005.
- [19] Grupo de Eficiencia Energética de Moa, Diagnóstico Energético del Hotel Miraflores, ISMMM, 88p, 2007.
- [20] Grupo de Eficiencia Energética de Moa, Diagnóstico Energético Hotel Blau Costa Verde, ISMMM, 79p, 2008.
- [21] González García, Juan Manuel, [Sistema](#) de [gestión](#) integrada de [servicio](#) energético. Gestión de hoteles. Pág. 7-14, Sep- Oct-1999.
- [22] Informática Médica II. Editorial de Ciencias Médicas. Centro de Cibernética aplicada a la medicina, Habana 2004.
- [23] Landa García, J. "Influencia del clima y el nivel de ocupación sobre el consumo y el índice de consumo de energía eléctrica en una instalación turística". Revista Cubana de Investigaciones Turísticas. Retos Turísticos. ISSN 1681-9713, No. 2-3 Vol.5 Año 2006.
- [24] Landa García, J., "Correlación Lineal entre el consumo de energía eléctrica y parámetros climatológicos y ocupacionales". Revista Retos Turísticos V3, Grupo de Investigación de Eficiencia Energética. Centro de Estudios de Combustión y Energía. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", 2005.

- [25] Ljung, L. "System identification: Theory for the user" Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987.
- [26] Ljung, L, Sjöberg, J., IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing. IEEE Service Center, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854-4150, 1992.
- [27] Loper, Joe. [Contratos](#) de desempeño. www.conae.gob.mx/ahorro/escos.html. 5 pag, 15 de junio de 2010.
- [28] Monteagudo, Yanes, José P. Considerar los factores climatológicos durante la explotación reduce el consumo de potencia en los Chiller en más de un 15%. Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad de Cienfuegos. CIER .Cuba.2005
- [29] Molina González, Arnaldo y otros, Metodología de gestión tecnológica para aumentar la efectividad en el uso de la energía en instalaciones turísticas. 5^{to} Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos, 9 h, 2008,
- [30] Molina, A., Hernández, A., Borroto, A., Monteagudo, J. "Predicción del consumo energético de los hoteles cubanos mediante herramientas de inteligencia artificial". Centro de estudios de energía y medio ambiente Universidad de Cienfuegos. Cuba. 2010.
- [31] Marrero Ramírez, S, R., y otros. Diagnóstico Energético Hotel Sol Club Río de Mares. Grupo de Eficiencia Energética de Moa, ISMMM,. 69p, 2000.
- [32] Montero Laurencio, R., Pérez Tello, C., Góngora, E., Marrero, S., Predicción del consumo de electricidad y gas LP en un hotel mediante redes neuronales artificiales. Revista Energética, publicada por el Instituto de Energía de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ISSN 0120 – 9833. No 42, Diciembre de 2009.
- [33] Montero Laurencio, R., y otros, Diagnósticos Energéticos y su influencia en la Gestión Empresarial en Hoteles. III Convención "Entorno Agrario 2005"
- [34] Montero Laurencio, R., Góngora Leyva E., Aplicación del Toolbox- Matlab en la estimación de Gestión Total Eficiente de Energía en Moa. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, (ISMM), Cuba 2007

- [35] Montero Laurencio, R., La asimilación de tecnologías en el sector del turismo y su impacto en el consumo energético. 23p. examen de mínimo de PSCT, 2009.
- [36] Murillo, J., Tréjos, A., Carvajal, P., Estudio del pronóstico de la demanda de energía eléctrica utilizando modelos de series de tiempo. Tomado de: www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/14423837-42.pdf - 2003.
- [37] Mallo González, C., Predicción de la demanda eléctrica horaria mediante redes neuronales artificiales. Departamento de Economía Cuantitativa. Universidad de Oviedo, España, 2008.
- [38] Martín del Río, B., Sanz Molina, A., Redes Neuronales y Sistemas difusos, Editorial Alfaomega, RaMa. pag 18, Marzo 2001.
- [39] Marrero Cruz, Manuel, Discurso del ministro del turismo. 8 de mayo de 2007
- [40] MINTUR, Resolución 117/04. Cuba.13p.2004
- [41] MINTUR, Resolución 64/05. Cuba.18p. 2005
- [42] Olaya, J., Suavización y regresión no paramétrica. Santiago de Cali, Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. *<http://pino.univalle.edu.co/jolaya/Seminario/Suynopar2.pdf>, 2002.
- [43] Pinto, J., Como será el mundo en el 2050. Soberanía.org [En línea]. <http://www.Soberanía.org/1Profesores/Loeneisen/Ecuador20050/mundo2050.15/09/05>
- [44] Poirier, D. L., 'Piecewise Regression using Cubic Splines', Journal of the American Statistical Association 68(343), 514–524, 1973.
- [45] Poirier, D. L., Hendricks, W. & Koenker, R., 'Residential Demand for Electricity: An Econometric Approach', Journal of Econometrics 9, 33–57. R Development Core, 1979.

- [46] Parlá, R., Fernández S., Estudio de Eficiencia Energética “Hotel Sol Cayo Santa María”. Disponible en: <http://www.uclv.edu.cu/> Acceso 25 de Julio del 2010.
- [47] Reyes M., Pronóstico del consumo de energía en el Hotel Miraflores. Tesis en opción al título de Master en Eficiencia Energética. ISMM, Moa, 2010.
- [48] Spencer, Y., Identificación del proceso de enfriamiento del mineral en el proceso CARON, con ayuda de Redes Neuronales Artificiales. Tesis de Maestría. ISMM, Moa, 2010.
- [49] Team R. A., Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. ISBN 3-900051-070. *<http://www.R-project.org>, 2006
- [50] Torres Rodríguez, Roberto Manuel. Tecnología para la gestión de los servicios técnicos en hoteles de sol y playa: Aplicación de hoteles del polo turístico de Holguín. Tesis de Doctorado. Universidad de Holguín. 196 p. 2008.
- [51] Tablas y fórmulas de matemática, Editorial de libros para la educación. Segunda reimpresión, 45-53, 1981.
- [52] Teyra, Marcos A., Gómez, J., Pérez, C., Inteligencia Artificial Aplicada al Análisis de Sistemas Energéticos con Matlab. Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico, Sede Barrio España. Fundación Universitaria Tecnológico, Comfenalco, Cartagena, 2007.
- [53] Trave and Turrism Analyst, El peligro de estancamiento del [producto](#) turístico del sol y playa, No. 2, 1997.
- [54] Villa Real, Daniel. Modelos para la predicción de la demanda de energía eléctrica. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Andalucía [En Línea], http://www.fondosdigitales.us.es/public_thesis/388/9081.pdf.2005.
- [55] Valencia, A. L., Diagnóstico del modelo de pronóstico de demanda de potencia y energía eléctrica de EPSA, Tesis de pregrado, Ingeniería Eléctrica, Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías. Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2005.

Anexo 1. Encuesta para evaluar el criterio de necesidad y la gestión energética en la instalación.

Por favor, conteste este cuestionario marcando con una cruz (X) en la respuesta que UD. Considere correcta.

1. Si ___ No ___ No se _____. ¿Conoce y sigue la empresa el peso de los costos energéticos en los costos totales de producción y en el precio de los productos que vende?
2. Si ___ No ___ No se _____. ¿Conoce la empresa el 20% de los equipos que provocan el 80% de los consumos totales de todos los portadores energéticos que gasta?
3. Si ___ No ___ No se _____. ¿Tiene identificados la empresa el 20% de los equipos que provocan el 80% de las pérdidas energéticas actuales?
4. Si ___ No ___ No se _____. ¿Existe algún procedimiento en la empresa para detectar si los consumos y costos energéticos están bajo control o no?
5. Si ___ No ___ No se _____. ¿Conoce la empresa cuanta energía gasta no asociada a las producciones que efectúa?
6. Si ___ No ___ No se _____. ¿Conoce la empresa cuanto debe gastar en energía eléctrica y combustibles para cada nivel de producción?
7. Si ___ No ___ No se _____. ¿Están establecidos en la empresa los índices de consumo y de eficiencia energética hasta el nivel de áreas o equipos mayores consumidores?
8. Si ___ No ___ No se _____. ¿Existe en la empresa algún mecanismo o procedimiento de análisis y control periódico de estos índices?
9. Si ___ No ___ No se _____. ¿Evalúa la empresa la tendencia en el tiempo de los consumos y los costos energéticos?
10. Si ___ No ___ No se _____. ¿A realizado la empresa diagnósticos o auditorías energéticas en los últimos 5 años?
11. Si ___ No ___ No se _____. ¿Cuenta la empresa en la actualidad con un Plan de Inversiones o Medidas para reducir los costos energéticos?
12. Si ___ No ___ No se _____. ¿Están identificados en la empresa los operarios y actividades que deciden los altos niveles de consumos y costos energéticos?
13. Si ___ No ___ No se _____. ¿Es controlado, registrado y analizado en la empresa por autolecturas el consumo diario de electricidad y combustibles?

14. Si ___ No ___ No se _____. ¿Están establecidas en la empresa las medidas de ahorro de energía de los equipos mayores consumidores?
15. Si ___ No ___ No se _____. ¿Conoce y sigue la empresa los valores de los índices de consumo energético con respecto al de otras empresas similares?
16. Si ___ No ___ No se _____. ¿Están claramente definidos en la empresa los factores externos e internos que afectan la eficiencia energética?
17. Si ___ No ___ No se _____. ¿Cuenta la empresa con tecnología y equipamiento eficiente energéticamente para producir?
18. Si ___ No ___ No se _____. ¿Evalúa la gerencia de la empresa a algún nivel, el comportamiento de los consumos y costos energéticos y las causas de las desviaciones de lo esperado?
19. Si ___ No ___ No se _____. ¿Conoce la empresa lo que le cuesta producir los energéticos secundarios (vapor, aire comprimido, tonelada de frío etc..) que usa?
20. Si ___ No ___ No se _____. ¿Realiza la empresa autodiagnósticos energéticos con periodicidad (al menos 2 veces al año)?
21. Si ___ No ___ No se _____. ¿Existe un sistema de registro y contabilidad energética en la empresa?
22. Si ___ No ___ No se _____. ¿Existe un Plan de Mantenimiento Energético en la empresa?
23. Si ___ No ___ No se _____. ¿Existe un Programa de Entrenamiento y Motivación a los empleados de la empresa en ahorro de energía?
24. Si ___ No ___ No se _____. ¿Considera que existen potenciales de ahorro en la empresa perfeccionando los sistemas de control del consumo y los costos?
25. Si ___ No ___ No se _____. ¿Son los costos energéticos un elemento de análisis en la empresa para mejorar la competitividad de los productos en el mercado?
26. Si ___ No ___ No se _____. ¿Ha realizado la empresa inversiones en los últimos tres años para reducir los costos energéticos?
27. Si ___ No ___ No se _____. Utiliza la empresa alguna fuente de energía no renovable para reducir los consumos?
28. Si ___ No ___ No se _____. ¿Cuenta la empresa con el apoyo total de la gerencia para aplicar medidas de ahorro rentables?

29. Si ___ No ___ No se ____. ¿Planifica la empresa los consumos y costos energéticos esperados cuando planifica la producción a partir del mercado?

30. Si ___ No ___ No se ____. ¿Ha recibido la gerencia o el personal técnico de la empresa capacitación en eficiencia o gestión energética en los últimos tres años?

Total: Si __315_ No __45_ No se __120__.

Resultados obtenidos

Preguntas	Si	No	No Se	No o No sé
1	11	-	5	5
2	12	-	4	4
3	12	-	4	4
4	12	-	4	4
5	9	-	7	7
6	16	-	-	-
7	15	-	1	1
8	14	-	2	2
9	7	-	9	9
10	6	1	9	10
11	12	2	2	4
12	16	-	-	-
13	14	-	2	2
14	14	-	2	2
15	5	-	11	11
16	12	-	4	4
17	6	8	2	10
18	14	-	2	2
19	6	2	8	10
20	8	4	4	8
21	14	1	1	2
22	14	-	2	2
23	8	3	5	8
24	12	2	2	4
25	7	5	4	9
26	5	6	5	11
27	6	4	6	10
28	11	3	2	5
29	11	2	3	5
30	6	2	8	10
Total	315	45	120	165

Anexo 2. Comportamiento del Consumo de Energía Eléctrica, HDO e Índice de consumo en los años 2007, 2008 y 2009.

Meses	Consumo de Energía Eléctrica	Habitaciones Días Ocupadas	Índice de Consumo
ene-07	41971	1200	34,98
feb-07	40156	1329	30,22
mar-07	44384	1527	29,07
abr-07	42548	1143	37,22
may-07	37570	788	47,68
jun-07	35438	469	75,56
jul-07	49483	1167	42,40
ago-07	52984	1167	45,40
sep-07	42076	505	83,32
oct-07	38634	461	83,80
nov-07	41576	1228	33,86
dic-07	37075	1296	28,61
ene-08	45011	1406	32,01
feb-08	50552	1884	26,83
mar-08	51696	1800	28,72
abr-08	53403	1453	36,75
may-08	39211	715	54,84
jun-08	40339	490	82,32
jul-08	51569	1452	35,52
ago-08	54398	1274	42,70
sep-08	33121	374	88,56
oct-08	37495	494	75,90
nov-08	51093	1732	29,50
dic-08	44865	1345	33,36
ene-09	40491	1542	26,26
feb-09	45519	1729	26,33
mar-09	44277	1899	23,32
abr-09	42444	1126	37,69
may-09	37629	650	57,89
jun-09	30143	380	79,32
jul-09	45505	1215	37,45
ago-09	52199	1113	46,90
sep-09	37555	571	65,77
oct-09	37328	646	57,78
nov-09	46445	1632	28,46
dic-09	43687	1451	30,11

Anexo 3. Monolineal de la Instalación

Anexo 6. Levantamiento de la carga instalada por áreas del hotel.

Local	Cargas	Cant.	Tensión (V)	Potencia (W)	Potencia Total
Lavandería	Lavadora 12kg	2	220	11400	22800
Lavandería	Lavadora 7kg	2	220	850	1700
Lavandería	secadora 8,2kg	3	220	5400	16200
Lavandería	Plancha	1	220	18000	18000
Lavandería	calentador eléctrico	1	220	4500	4500
Lavandería	Secadora	1	380	20000	20000
Lavandería	Ventilador de techo	1	110	60	60
Lavandería	Lámpara de 40W	16	110	40	640
Lavandería	Lámpara de 20W	8	110	20	160
Lavandería	Minibar	2	110	80	160
Lavandería	Plancha Doméstica	1	110	900	900
Cuarto de Bombas	Bomba de agua 3Φ	1	220	3000	3000
Cocina	Freezer	2	220	1650	3300
Cocina	Ablandador de Carne	1	110	900	900
Cocina	Molino de Carne	1	110	900	900
Cocina	Exprimidor de cítricos	1	220	1200	1200
Cocina	Lavavajillas	1	110	10300	10300
Cocina	Batidora	1	230	675	675
Cocina	Rebanadora	1	110	250	250
Cocina	Tostadora	1	220	2400	2400
Cocina	Cafetera expreso	2	220	2600	5200
Cocina	Lámpara 40W	23	220	40	920
Cocina	Aire acondicionado	2	220	1330	2660
Restaurante	Olla sopera	1	220	475	475
Restaurante	Tostadora	1	220	2900	2900
Restaurante	Luminaria 150 W	5	220	150	750
Restaurante	Mesa caliente	1	220	5250	5250
Restaurante	Termo Café	3	220	100	300
Restaurante	Dispensador de jugo	1	220	180	180
Restaurante	Ventilador c/lámpara	12		75	900
Snack-bar	Plancha	1	220	1800	1800
Snack	Freezer vertical	2	220	370	740
Snack	Fabricador de Hielo	1	220	600	600
Snack	Cafetera	1	220	3520	3520
Snack	Batidora	1	220	320	320
Snack	Lámpara 40W	1	110	40	40
Snack	Lámpara 20W	2	110	20	40
Snack	Lámpara 13W	8	110	13	104

Snack	Equipo de música	1	110	75	75
Piscina	Bomba	1	230	3200	3200
Local cámaras frías	Compresores 3Φ	5	220	1267	6336
Cabañas	Radio reloj despertador	24	110	6	144
Cabañas	Lámpara 13W	192	110	13	2496
Cabañas	Aire Acond. MIDEA	27	220	1250	33750
Cabañas	TV LG TOTAL	24	110/220	85	2040
Cabañas	Calentadores	16	220	1540	24640
Cabañas	Calentadores	2	220	3000	6000
Cabañas	Minibar	5	220	80	400
Cabañas	TV DAEWOO	3	110/220	65	195
Dulcería-Panadería	Sobadora	1	220	3000	3000
Dulcería-Panadería	Mezcladora-Amasadora	1	220	3000	3000
Dulcería-Panadería	Boleadora	1	220	800	800
Dulcería-Panadería	Mezcladora	1	220	1600	1600
Dulcería-Panadería	Horno Eléctrico 3Φ	1	220	15000	15000
Dulcería-Panadería	Lámpara 40 W	4	110	40	160
Bloque habitacional	Lámpara 13 W	531	110	13	6903
Bloque habitacional	Aire LG	54	220	1210	65340
Bloque habitacional	TV PANDA TOTAL	59	110/220	75	4425
Bloque habitacional	Calentadores total	19	220	2000	38000
Almacén	Lámpara de 40 W	4	110	40	160
Almacén	Lámpara de 20 W	4	110	20	80
Almacén	Lámpara de 13 W	5	110	13	65
Almacén			110		0
Comedor obrero	Ventilador de techo	2	110	60	120
Comedor obrero	Caja agua	1	110	900	900
Comedor obrero	Lámpara de 40 W	4	110	40	160
Legumier	Rebanadora	1	110	180	180
Legumier	Lámpara 40W	2	110	40	80
Bar- Restaurant	Aire Acond. GS	1	110	1210	1210
Bar- Restaurant	Frezzer Vertical	2	208	850	1700
Bar Restaurant	PC	1	110	350	350
Área pública	Lámpara de 13 W	5	110	13	65
Baño público	Lámpara de 13 W	9	110	13	117
Lovi y Tienda	Lámpara de 40 W	4	110	40	160
Lovi y Tienda	Lámpara de 13 W	14	110	13	182
Lovi y Tienda	Ventilador	2	110	60	120
Lovi y Tienda	Lámpara de 32 W	4	110	32	128
Lovi y Tienda	Lámpara de 20 W	7	110	20	140
Lovi y Tienda	Aire Acond. GS	1	220	1210	1210

Lovi y Tienda	Computadora	1	110	350	350
Oficina RRHH	Lámpara de 40 W	4	110	40	160
Oficina RRHH	Computadora	1	110	350	350
Oficina RRHH	Impresora	1	110	13	13
Oficina RRHH	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina Comercial	Lámpara de 40 W	1	110	40	40
Oficina Comercial	Lámpara de 20 W	3	110	20	60
Oficina Comercial	Computadora	1	110	350	350
Oficina Comercial	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina Comercial	Ventilador	1	110	60	60
Oficina Comercial	Impresora	1	110	13	13
Oficina calidad	Lámpara de 20 W	2	110	20	40
Oficina calidad	Computadora	2	110	350	700
Oficina calidad	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Ofic. J aseguramiento	Lámpara de 40 W	3	110	40	120
Ofic. J aseguramiento	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Ofic. J aseguramiento	Computadora	1	110	350	350
Ofic. J aseguramiento	Impresora	1	110	13	13
Oficina Director	Lámpara de 40 W	2	110	40	80
Oficina Director	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina Director	Computadora	1	110	350	350
Oficina Director	Impresora	1	110	32	32
Oficina Director	Ventilador	1	110	60	60
Oficina Director	Televisor GS	1	110	85	85
Oficina Director	Video GS	1	110	75	75
Secretaria	Lámpara de 40 W	3	110	40	120
Secretaria	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Secretaria	Foto copiadora	1	110	45	45
Secretaria	Computadora	1	110	350	350
Secretaria	Impresora	1	110	13	13
Economía 1	Lámpara de 40 W	2	110	40	80
Economía 1	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Economía 1	Computadora	1	110	350	350
Economía 1	Impresora	1	110	13	13
Economía 2	Lámpara de 40 W	8	110	40	320
Economía 2	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Economía 2	Computadora	3	110	350	1050
Economía 2	Impresora	2	110	13	26
Oficina Economía	Lámpara de 40 W	3	110	40	120
Oficina Economía	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina Economía	Computadora	1	110	350	350

Oficina Economía	Impresora	1	110	13	13
Oficina D. adjunto	Lámpara de 40 W	4	110	40	160
Oficina D. adjunto	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina D. adjunto	Computadora	1	110	350	350
Oficina D. adjunto	Impresora	1	110	13	13
Oficina D. adjunto	Televisor	1	110	85	85
Caja Central	Lámpara de 40 W	1	110	40	40
Caja Central	Ventilador	1	110	60	60
Caja Central	Computadora	1	110	350	350
Caja Central	Impresora	1	110	13	13
Salón de Reuniones	Lámpara de 40 W	4	110	40	160
Salón de Reuniones	Aire Acondicionado	2	220	1210	2420
Oficina Alojamiento	Lámpara de 40 W	2	110	40	80
Oficina Alojamiento	Computadora	1	110	350	350
Oficina Alojamiento	Impresora	1	110	13	13
Oficina Alojamiento	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina J. Seguridad	Lámpara 20 W	2	110	20	40
Oficina J. Seguridad	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina J. Seguridad	Computadora	1	110	350	350
Alumbrado Público	Bombillo 15 W	40	110	15	600
Parqueo y Entrada	100 W	11	110	100	1100
Oficina J Mtto	Lámpara 20 W	2	110	20	40
Oficina J Mtto	Aire Acondicionado	1	220	1210	1210
Oficina J Mtto	Computadora	1	110	350	350
Oficina J Mtto	Televisor	1	110	85	85
Oficina J Mtto	Impresora	1	110	13	13

Anexo 7. Estructura general de la carga instalada.

Familia de Equipos	W	%	Acumulado (%)
Climatización	117840	33,1	33,1
Equipos de lavandería	84100	23,9	57,0
Equipos de cocina	60330	17,1	74,1
Agua Caliente	59400	11,5	85,6
Iluminación general	14402	4,6	90,2
Refrigeración	14136	4,0	94,2
Equipos de TV	6529	2,1	96,3
Equipos de cómputo	7395	1,9	98,2
Otros	6419	1,8	100,0
TOTAL	370551	100	-

Anexo 8 Mediciones de parámetros eléctricos en el nodo principal.

Hora	Cons. de Energía kW y kVAR			% V THD y % I THD					
	S Trif.	kW	kVAR	%VL1THD	%VL2THD	%VL3THD	%I L1THD	%I L2THD	%I L3THD
0:00	73	1142,36	248,29	2,2	1,9	1,1	5,1	5	4,4
0:15	70	1160,01	251,69	2,3	1,6	1,1	4,6	5,2	4
0:30	63	1175,75	254,63	2,5	1,5	1,3	4,7	6	4
0:45	67	1192,49	258,13	2,5	1,5	1,2	4,8	6,5	5
1:00	66	1209,10	261,92	2,6	1,6	1,4	4,4	4,9	4
1:15	63	1224,88	265,24	2,6	1,6	1,2	5,4	4,7	4,3
1:30	61	1240,14	268,58	2,9	1,5	1,4	4	5,9	5
1:45	58	1254,58	270,98	2,9	1,5	1,5	3,9	5,1	5,8
2:00	62	1270,11	274,02	2,7	1,6	1,5	3,8	5,1	4,7
2:15	63	1285,80	277,19	2,5	1,6	1,4	4,3	5,5	5,3
2:30	62	1301,22	280,11	2,8	1,8	1,5	4,5	5,5	4,7
2:45	61	1316,67	283,50	3,1	1,7	1,6	3,9	5,4	4,4
3:00	60	1331,74	286,89	2,8	1,5	1,5	4,4	4,1	4,8
3:15	59	1346,61	289,48	3	1,6	1,5	3,3	5,2	4,6
3:30	65	1362,91	292,57	2,6	1,6	1,5	4,4	5,6	4,7
3:45	60	1377,98	295,78	3	1,6	1,5	3,3	4,3	4,5
4:00	57	1392,21	298,78	3,2	1,8	1,6	3,5	5,4	4,8
4:15	54	1405,88	301,55	3	1,7	1,6	4,4	5,1	4,4
4:30	55	1419,89	305,16	2,8	1,7	1,6	4,5	5	4,9
4:45	56	1434,05	308,66	3	1,7	1,7	3,7	5,5	6,7
5:00	61	1449,29	312,69	3,1	1,8	1,6	5	5	4,5
5:15	60	1464,20	316,27	2,7	1,6	1,4	4,4	4,3	4,3
5:30	60	1479,21	319,91	2,6	1,7	1,5	4,1	5,7	5,3
5:45	54	1492,51	323,13	2,5	1,5	1,4	3,7	5	4,1
6:00	52	1505,57	326,45	2,3	1,4	1,3	3,4	4,8	6,3
6:15	54	1519,00	330,07	2	1,4	1,1	3,4	4	4,5
6:30	62	1534,53	333,41	1,9	1	0,9	3,1	3,3	3,7
6:45	69	1551,75	337,56	1,9	1,3	1	3,7	2,6	3,8
7:00	68	1568,73	341,24	1,6	1,4	1,1	3,3	2,1	3,2
7:15	66	1585,33	344,09	1,4	1,4	0,9	3,8	3,7	4,5
7:30	70	1602,92	347,72	1,6	1,4	0,9	4,3	3	3,3
7:45	74	1621,53	352,26	1,4	1,4	0,9	4,7	2,7	3,8
8:00	75	1640,28	356,51	1,5	1,5	0,9	4,7	2,4	4,2
8:15	83	1661,01	361,23	1,8	1,4	1	6,6	3,1	6,4
8:30	87	1682,50	366,75	1,7	1,4	1	5,3	2	4,8
8:45	84	1703,23	372,44	1,9	1,3	0,9	4,7	1,9	4,9
9:00	74	1721,18	377,83	1,8	1,2	0,9	5	2,4	4,6
9:15	66	1737,24	382,76	2,3	1,4	1	6,6	1,8	6,8
9:30	68	1753,90	387,90	2,3	1,4	0,8	5,7	3,1	6,6
9:45	69	1770,86	392,90	2,1	1,4	0,8	5,6	2,4	5,8
10:00	70	1787,99	397,49	2,3	1,3	0,8	6,2	3,8	6,8
10:15	67	1804,36	402,02	2,4	1,3	0,9	7	4,1	6,7
10:30	67	1820,91	406,73	2,5	1,3	0,9	6,8	2,7	7,4
10:45	67	1837,29	411,59	2,5	1,2	0,9	7,1	2,5	7

11:00	67	1853,48	416,32	2,2	1,2	0,9	6,4	2,6	6,5
11:15	65	1869,26	421,31	2,2	1,4	0,9	6,8	3	6,7
11:30	63	1884,60	426,13	0,8	1,3	0,8	6,3	2,4	4,8
11:45	70	1901,50	431,30	2,6	1,3	0,9	5,6	2,6	5,9
12:00	58	1915,89	435,17	2,8	1,3	1,1	7,1	3,4	7,6
12:15	60	1930,56	439,82	2,7	1,6	0,9	6	2,8	6,8
12:30	63	1945,99	444,67	2,5	1,8	1	6	2,7	5,5
12:45	65	1961,72	449,66	2,3	1,6	0,9	6,5	3,8	6,8
13:00	61	1976,53	454,10	2,1	1,5	1	6,5	3,6	6,6
13:15	59	1991,06	458,15	2,3	1,6	1,1	6,4	3,8	6,7
13:30	58	2005,43	461,92	2,3	1,6	1,1	5,8	3,3	6,2
13:45	58	2019,47	466,60	2,5	1,4	1,1	7,3	4,6	6,3
14:00	55	2032,74	470,80	2,6	1,5	1,1	6,9	3,7	7,1
14:15	50	2044,87	474,89	2,3	1,4	1	5,4	4,5	6,2
14:30	50	2056,93	479,08	2	1,6	1	5,1	3,6	5,7
14:45	54	2069,92	483,61	2,1	1,5	1	4,9	4	8
15:00	49	2081,83	487,61	2	1,4	1,1	5,4	2,5	6,4
15:15	70	2099,17	492,17	2,3	1,5	1,1	5,1	2,6	4,1
15:30	60	2113,88	496,49	1,9	1,3	1,1	6,7	2	5,3
15:45	55	2127,16	501,10	2,5	1,1	0,9	6,9	2,3	3,9
16:00	53	2140,20	505,56	2,2	1,4	1	7,6	2,7	6
16:15	53	2153,04	509,71	2,4	1,5	0,9	8,1	3,6	6,2
16:30	51	2165,51	514,23	1	1,5	1	7,5	2,9	5,6
16:45	56	2179,12	519,32	0,9	1,4	0,9	8,1	3,1	6,2
17:00	58	2193,26	524,13	0,9	1,3	1	6,6	2,8	5,4
17:15	50	2205,56	528,02	0,9	1,3	1	6,4	3	4,6
17:30	51	2218,05	532,18	0,7	1,1	0,9	6,9	3,6	6,9
17:45	55	2231,54	536,49	0,8	1,3	0,9	5,8	3,4	5,9
18:00	58	2245,80	540,82	0,7	1,1	0,9	6,3	3,4	6,1
18:15	54	2259,06	545,35	0,9	1,5	0,9	5,6	3,5	6,5
18:30	58	2273,04	550,02	0,8	1,2	0,9	5,5	2,8	6
18:45	56	2286,60	554,56	0,8	1,4	0,8	6,6	3	6,3
19:00	57	2300,46	558,86	0,7	1,2	0,9	5,3	2,2	5,6
19:15	90	744,94	169,93	1,5	1,2	0,8	4,5	2,9	3,6
19:30	86	766,61	173,86	1,7	1,4	0,8	5	3,9	3,7
19:45	87	788,55	178,33	1,7	1,5	0,9	5,9	5,9	4,2
20:00	89	810,78	182,45	1,7	1,7	1	5,5	5,2	3,9
20:15	90	833,35	186,38	2	1,6	0,9	5	4,5	5
20:30	93	856,64	190,67	1,9	1,6	1	5,4	4,8	4,3
20:45	91	879,22	195,47	1,9	1,9	1,1	5,3	6,3	4,3
21:00	94	902,44	200,45	1,9	1,9	1	5,8	4,8	5,3
21:15	93	925,52	204,87	1,8	2	1,1	4,5	5	4,4
21:30	89	947,76	208,91	1,8	2	1,1	4,8	5,1	4,6
21:45	88	969,77	213,71	1,7	2,2	1,1	5,4	5,4	5,3
22:00	84	990,82	218,11	2	2,3	1,4	5,7	5,4	5,5
22:15	81	1011,08	222,50	1,9	2,1	1,3	5,2	5,7	4,9
22:30	85	1032,33	227,07	2	2	1	5,1	6,1	4,6
22:45	80	1052,11	231,17	1,9	2	1,2	6,3	6,4	4,3
23:00	77	1071,45	234,95	2,1	1,9	1,2	4,9	5,6	3,6

23:15	69	1088,95	238,07	1,8	1,8	1,2	5,3	6,4	4,7
23:30	67	1105,82	241,15	2,2	1,9	1,2	5,1	5,6	5,1
23:45	72	1123,91	245,05	2,4	2	1,2	5,1	5,4	4,1

Anexo 9. Mediciones de parámetros eléctricos en el circuito de la panadería-dulcería.

Tiempo	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	kW T	kWh T
10:53	31,19	23,91	24,69	6,441	1,61
10:54	31,24	24,8	24,76	6,441	1,61
10:55	18,13	24,8	9,39	6,441	1,61
10:56	18,11	24,8	9,39	6,441	1,61
10:57	22,76	28,44	9,4	6,441	1,61
10:58	22,74	28,43	9,34	6,441	1,61
10:59	22,7	22,59	0	6,441	1,61
11:00	13,49	13,48	0	1,207	0,3
11:01	13,5	13,43	0	1,207	0,3
11:02	0	0	0	1,207	0,3
11:03	0	0	0	1,207	0,3
11:04	0	9,7	9,69	1,207	0,3
11:05	0	9,63	9,61	1,207	0,3
11:06	0	9,56	9,6	1,207	0,3
11:07	0	9,55	9,58	1,207	0,3
11:08	0	0	0	1,207	0,3
11:09	0	0	0	1,207	0,3
11:10	0	0	0	1,207	0,3
11:11	0	9,66	9,69	1,207	0,3
11:12	0	9,69	9,69	1,207	0,3
11:13	0	9,64	9,65	1,207	0,3
11:14	0	9,56	9,61	1,207	0,3
11:15	0	9,58	9,54	5,47	1,36
11:16	10,96	0	11,11	5,47	1,36
11:17	10,91	0	11,6	5,47	1,36
11:18	10,85	0	10,99	5,47	1,36
11:19	10,83	9,73	17,93	5,47	1,36
11:20	21,19	25,13	23,24	5,47	1,36
11:21	21,1	24,98	23,15	5,47	1,36
11:22	20,99	24,79	23,6	5,47	1,36
11:23	21	24,78	23,1	5,47	1,36
11:24	21	13,26	11,1	5,47	1,36
11:25	27,68	13,19	18,82	5,47	1,36
11:26	27,53	13,15	18,7	5,47	1,36
11:27	27,54	19,26	18,69	5,47	1,36
11:28	26,61	26,45	27,24	5,47	1,36
11:29	26,48	26,3	27,5	5,47	1,36
11:30	26,44	26,23	26,96	7,89	1,97
11:31	26,39	26,2	26,94	7,89	1,97
11:32	26,3	26,13	26,84	7,89	1,97
11:33	26,46	26,23	26,94	7,89	1,97
11:34	26,48	15,1	15,75	7,89	1,97
11:35	26,51	15,3	15,73	7,89	1,97
11:36	26,49	14,98	15,74	7,89	1,97

11:37	26,45	26,48	27,14	7,89	1,97
11:38	22,6	22,53	18,91	7,89	1,97
11:39	18,54	22,83	23,5	7,89	1,97
11:40	18,54	22,8	23,9	7,89	1,97
11:41	18,51	22,69	23,4	7,89	1,97
11:42	18,51	22,73	23,3	7,89	1,97
11:43	33,16	22,68	22,98	7,89	1,97
11:44	33,2	22,5	15,81	7,89	1,97
11:45	21,7	9,19	15,78	1,48	0,37
11:46	21,68	9,18	15,89	1,48	0,37
11:47	15,66	0	15,89	1,48	0,37
11:48	0	0	0	1,48	0,37
11:49	0	9,8	9,81	1,48	0,37
11:50	0	9,78	9,78	1,48	0,37
11:51	0	9,64	9,64	1,48	0,37
11:52	0	9,58	9,63	1,48	0,37
11:53	0	0	0	1,48	0,37
11:54	0	0	0	1,48	0,37
11:55	0	0	0	1,48	0,37
11:56	0	0	0	1,48	0,37
11:57	0	9,5	9,51	1,48	0,37
11:58	0	9,5	9,5	1,48	0,37
11:59	0	9,47	9,51	1,48	0,37
12:00	0	9,49	9,5	3,803	0,95
12:01	0	0	0	3,803	0,95
12:02	0	0	0	3,803	0,95
12:03	0	0	0	3,803	0,95
12:04	15,65	0	15,93	3,803	0,95
12:05	15,63	9,73	22,18	3,803	0,95
12:06	15,45	9,65	22,13	3,803	0,95
12:07	33,95	29,86	30,71	3,803	0,95
12:08	34,2	30,25	30,89	3,803	0,95
12:09	34	30,2	30,75	3,803	0,95

Anexo 10. Mediciones de parámetros eléctricos en el circuito del edificio administrativo.

Tiempo	Ia (A)	Ib (A)	Van (V)	Vbn (V)
12:33	53	62	125	128
12:34	56	65	126	129
12:35	56	67	125	129
12:36	77	87	125	129
12:37	76	87	125	129
12:38	69	80	126	129
12:39	55	67	126	130
12:40	55	68	126	130
12:41	55	67	126	129
12:42	56	68	126	129
12:43	56	68	126	129
12:44	56	68	125	129
12:45	55	67	125	129
12:46	53	65	125	129
12:47	56	66	125	129
12:48	56	67	125	129
12:49	56	69	125	129
12:50	60	72	125	129
12:51	81	92	126	129
12:52	81	93	126	129
12:53	74	87	126	129
12:54	60	72	126	129
12:55	60	72	126	129
12:56	60	71	126	129
12:57	60	70	126	129
12:58	60	70	126	129
12:59	60	70	126	129
13:00	57	66	126	129
13:01	60	69	126	129
13:02	60	68	126	129
13:03	60	69	126	129
13:04	60	69	126	129
13:05	57	72	126	129
13:06	76	86	126	129
13:07	78	88	126	129
13:08	78	88	126	129
13:09	57	68	126	129
13:10	61	71	125	129
13:11	61	71	125	129
13:12	61	72	125	129
13:13	61	70	125	129
13:14	61	71	126	129
13:15	62	71	126	129
13:16	62	71	125	129

13:17	62	71	125	129
13:18	62	73	125	129
13:19	62	73	125	129
13:20	62	73	125	129
13:21	62	73	125	129
13:22	63	92	125	129
13:23	84	96	125	129
13:24	84	96	124	128
13:25	84	94	125	128
13:26	63	74	125	129
13:27	63	74	125	129
13:28	63	73	125	129
13:29	63	72	125	128
13:30	63	72	125	128
13:31	65	74	125	128
13:32	65	74	125	128
13:33	69	75	125	129
13:34	65	74	125	129
13:35	65	74	125	129
13:36	86	93	125	129
13:37	63	72	126	129
13:38	63	71	126	129
13:39	63	71	126	129
13:40	84	93	125	129
13:41	84	92	125	129
13:42	84	92	125	129
13:43	67	76	125	129
13:44	66	76	125	129
13:45	66	75	125	129
13:46	66	75	125	129
13:47	66	75	125	129
13:48	66	75	125	129
13:49	66	75	125	129
13:50	66	74	126	129
13:51	66	74	125	129
13:52	67	74	125	129
13:53	66	74	125	129
13:54	66	76	126	129
13:55	63	74	125	129
13:56	64	74	125	129
13:57	85	95	125	129
13:58	84	95	125	128
13:59	84	95	125	129
14:00	60	71	126	129
14:01	63	72	126	129

Anexo.11 Mediciones de los niveles de iluminación en distintas dependencias del hotel

Área	Valores normados (Lux)	Nivel de Iluminación (Lux)
Oficina RRHH	300	88,2
Oficina Aseguramiento	300	65,2
Oficina Informático	300	59,9
Oficina. Mantenimiento	300	83,2
Oficina Comercial	300	42,8
Caja central	300	69,8
Oficina Jurídico	300	81,6
Oficina D. Económico	300	361,6
Secretaría	300	137,2
Oficina T. Transporte	300	834,2
Carpeta	300	76,78
Oficina Economía	300	112,2
Cocina	100/300	43,54
Oficina capitán de salón	300	20,1
Panadería Dulcería	100/300	60,38
Oficina de Servicios Técnicos	300	169,8
Salón de reuniones	300	62,2
Oficina del director general	300	145,4
Oficina del director Adjunto	300	131,4
Pasillo del Almacén	50/100	1,3
Oficina del almacén	300	97
Baño de carpeta	100/300	43,18
Entrada Hotel	50/100	4,06
Lobby de carpeta	100	2,64
Baño carpeta	100/300	43,18
Baño obreros	100/300	14,62
Comedor de obreros	100/200	14,42
Pasillos de Oficina de servicio	50/100	4,14
Pasillos de Oficina Administrativo	50/100	1,38
Escaleras del edificio Administrativo	50/100	1,12
Escalera de la cocina	75/100	11,62
Cocina	100/300	43,54
Restaurant	100/200	6,82
Pasillo de habitaciones Bloque 1	50/100	2,22
Pasillo de habitaciones Bloque 2	50/100	2,98
Pasillo de habitaciones Bloque 3	50/100	2,08
Pasillo de habitaciones Bloque 4	50/100	3,2
Pasillo de Cabañas	50/100	1,22
Pasillos Area exterior	50/100	1,58
Piscina	100/300	0,94
Área de juego	30/200	3
Snack - Bar	200/300	1,9
Pasillo del restaurante	50/100	1,48
Estacionamientos	50	2,14

Cama Habitación	75	21.7
Baño Habitación	100	53
Espejo Habitación	200	95
Baño Cabaña	100	52
Lámpara de noche (cama) Cabaña	75	30.8

Anexo 12. Datos de las variables de explotación y climatológicas promedios mensuales

Años	Meses	Tamb	mm/H2O	HR (%)	VV km/s	HDOh	HDOv	kWh/mes
2007	Enero	24,1	202,2	81	7,8	1200	2166	41971
	Febrero	23	138,9	82	3,5	1329	4350	40156
	Marzo	24	442,4	81	9,9	1527	6797	44384
	Abril	24,9	123,4	80	7,4	1143	8862	42548
	Mayo	25	201	85	1,3	788	10130	37570
	Junio	26	46,9	78	3,2	469	10984	35438
	Julio	27	100,7	79	4,8	1167	13007	49483
	Agosto	27	113,3	80	5	1167	16054	52984
	Septiembre	26,3	100,3	82	1,7	505	16069	42076
	Octubre	25,1	535,1	84	3,6	461	17054	38634
	Noviembre	24,7	198,9	79	8,1	1228	19005	41576
	Diciembre	24	51,7	78	6,5	1296	21211	37075
2008	Enero	23,4	118,2	78	8,1	1406	2420	45011
	Febrero	24,2	33,9	79	8,1	1884	5355	50552
	Marzo	24,6	101,1	75	9,5	1800	8181	51696
	Abril	24,7	57,2	79	6,5	1453	10531	53403
	Mayo	25,9	153,6	79	4,7	715	11918	39211
	Junio	27	9,6	80	7,3	490	13168	40339
	Julio	27,9	112,8	77	9	1452	15699	51569
	Agosto	27,8	44,8	78	7,2	1274	18488	54398
	Septiembre	26,9	302,6	82	8,4	374	13261	33121
	Octubre	26,6	300,2	82	9,4	494	20373	37495
	Noviembre	24,7	391,5	81	9,3	1732	22965	51093
	Diciembre	24,5	116,5	79	12	1345	25106	44865
2009	Enero	23,2	172,7	84	5,6	1542	2462	40491
	Febrero	22,8	161,9	77	11,4	1729	6125	45519
	Marzo	23,2	122,3	73	12,3	1899	8172	44277
	Abril	24,5	142,8	81	8,2	1126	10201	42444
	Mayo	25,4	166,6	84	5,9	650	11384	37629
	Junio	26,8	43,5	82	2,3	380	12348	30143
	Julio	28,7	62,9	76	7,5	1215	14685	45505
	Agosto	28,7	49,9	77	7,2	1113	16998	52199
	Septiembre	27,6	149,1	82	3,5	571	17888	37555
	Octubre	26,6	233,1	85	4,4	646	19189	37328
	Noviembre	24,7	626,4	89	4,1	1632	22179	46445
	Diciembre	24,7	461,7	83	6,1	1451	20154	43687

Anexo 13. Datos de las variables climatológicas y de explotación diarios.

Día	Mes	Tamb	mm/H2O	HR	VV	N	HDOh	HDOv	TDch	TDeh	TDcv	TDev	TDv	kWh/día
4	1	23,2	0,0	84	0,5	2	50	95	12	74	14	145	159	1530
5	1	22,4	13,9	86	2,8	2	23	64	4	37	9	94	103	1267
6	1	21,7	4,9	92	1,9	8	45	82	15	61	15	124	139	1321
7	1	21,4	17,9	96	0,9	8	56	106	32	66	41	138	179	1544
1	1	21,2	0,0	83	7,3	7	44	88	31	52	41	115	156	1283
2	1	19,6	0,5	81	0,0	8	29	65	27	26	32	86	118	1176
3	1	20,5	3,0	75	3,3	8	52	81	39	53	50	94	144	1249
4	1	22,3	10,0	88	3,1	8	48	77	32	56	42	96	138	1560
5	1	23,8	0,0	84	0,9	5	59	91	28	71	41	112	153	1576
6	1	21,2	3,6	89	8,5	4	48	79	14	65	24	107	131	1182
7	1	19,2	0,0	72	8,0	7	18	65	9	19	23	81	104	1346
1	1	20,1	3,5	78	3,3	8	35	82	9	51	21	122	143	1192
2	1	19,7	7,0	94	1,8	8	53	90	15	75	16	138	154	1119
3	1	23,4	0,0	69	19,0	8	39	64	12	54	14	94	108	1498
4	1	24,3	0,5	73	19,3	6	58	103	18	79	23	147	170	1279
5	1	24,8	0,1	79	12,1	6	28	65	8	38	14	89	103	1162
6	1	24,7	0,0	87	9,9	5	19	39	6	25	10	55	65	1040
7	1	23,7	0,0	88	2,3	3	35	55	13	42	16	74	90	1235
1	1	22,9	1,1	87	1,9	2	29	72	14	32	23	97	120	1190
2	1	24,5	6,0	83	7,6	3	66	108	20	88	25	158	183	1378
3	1	24,7	0,0	86	3,5	5	50	71	13	59	20	89	109	1305
4	1	22,8	0,0	87	2,6	2	45	83	14	58	24	106	130	1351
5	1	22,4	0,3	86	1,8	1	36	60	11	41	18	77	95	1190
6	1	23,6	0,0	84	6,8	1	19	46	4	24	15	61	76	1155
7	1	23,7	0,0	87	2,8	2	50	94	11	68	19	135	154	1406
1	1	23,7	0,0	87	0,9	2	77	121	19	111	29	179	208	1738
2	1	25,3	0,1	80	10,3	3	74	121	20	106	30	181	211	1614
3	1	24,6	1,4	77	25,3	4	77	101	19	109	23	146	169	1548
4	1	25,0	0,6	79	15,1	7	67	104	19	91	31	132	163	1572
5	1	24,1	0,0	80	3,1	5	47	85	18	38	36	91	127	1412
6	1	22,4	0,0	79	1,4	3	43	72	20	48	36	79	115	1342
7	2	24,0	0,2	84	2,3	1	65	104	21	88	43	130	173	1673
1	2	23,9	0,0	85	1,0	3	56	99	18	82	31	142	173	1393
2	2	23,3	0,0	85	1,4	2	45	99	13	59	32	131	163	1342
3	2	23,9	0,0	78	4,1	3	54	84	15	70	28	106	134	1640
4	2	25,2	0,0	79	6,8	4	45	78	13	61	24	100	124	1457
5	2	24,3	0,0	70	9,5	1	51	92	11	71	22	127	149	1075
6	2	22,6	6,5	84	0,5	6	56	97	12	95	29	170	199	1980
7	2	21,7	0,1	87	1,0	8	77	162	19	126	39	251	290	1151
1	2	23,1	0,0	86	3,1	3	74	134	19	102	31	191	222	1814
2	2	23,4	3,7	84	1,8	2	29	83	16	29	27	110	137	1604
3	2	22,4	0,0	85	1,8	8	54	100	21	76	31	147	178	1630
4	2	23,1	0,0	83	2,8	4	58	110	26	79	38	158	196	1042
5	2	23,9	0,0	83	16,6	5	33	85	21	37	28	118	146	1286

6	2	20,3	0,6	90	5,3	8	36	56	19	44	20	79	99	1316
7	2	22,0	0,4	90	0,0	6	57	97	27	68	31	134	165	1434
1	2	22,8	0,0	89	3,6	6	58	121	31	63	42	160	202	1484
2	2	20,4	6,4	97	5,9	8	55	93	27	69	33	131	164	1461
3	2	20,8	13,1	70	12,6	6	77	159	23	112	44	223	267	1243
4	2	20,7	0,0	79	1,4	7	77	150	28	100	43	203	246	1471
5	2	23,0	0,1	85	4,0	7	70	114	27	91	34	151	185	1378
6	2	24,4	0,0	79	17,3	5	67	106	30	83	36	133	169	1507
7	2	23,7	2,1	87	7,8	5	67	119	36	85	45	158	203	1671
1	2	26,5	44,0	75	11,6	5	78	136	30	110	35	198	233	1914
2	2	26,2	0,3	78	8,1	4	81	155	29	112	47	208	255	1684
3	2	23,3	25,4	83	16,3	7	80	154	29	112	52	203	255	1456
4	2	20,7	0,0	74	2,8	7	38	93	12	54	23	125	148	1357
5	2	23,1	0,0	84	1,9	6	36	105	12	45	22	138	160	1353
6	2	22,3	0,0	75	5,9	5	78	131	15	109	21	188	209	1599
7	3	21,7	0,0	74	4,0	5	79	135	15	106	27	189	216	1500
1	3	25,2	7,3	77	8,1	6	73	145	28	88	46	193	239	1997
2	3	23,5	0,2	83	5,0	6	65	118	32	69	36	159	195	1657
3	3	20,9	0,0	80	7,3	7	72	116	35	85	44	157	201	1594
4	3	19,4	0,0	78	4,9	8	42	75	31	42	39	94	133	1426
5	3	18,6	0,0	70	6,4	5	36	66	29	35	41	80	121	1183
1	3	20,4	0,0	74	11,3	4	69	149	29	103	48	118	166	1519
2	3	23,5	0,0	77	10,9	4	78	145	25	115	40	177	217	1304
3	3	23,5	0,0	84	5,4	2	80	114	29	118	37	222	259	1693
4	3	24,7	0,0	81	4,5	3	44	88	26	56	33	208	241	1755
5	3	26,0	0,0	74	17,4	3	25	70	22	21	29	170	199	1163
6	3	22,6	21,3	96	0,0	8	49	112	14	68	35	128	163	1535
7	3	22,5	0,0	92	0,0	8	81	144	18	112	44	86	130	1061
1	3	22,8	0,0	80	3,1	5	62	143	15	92	46	155	201	1467
2	3	20,7	0,0	82	3,6	3	42	110	16	56	40	195	235	1361
3	3	22,6	0,0	82	0,0	4	60	115	42	64	71	198	269	1688
4	3	22,3	9,6	88	1,8	7	29	89	36	14	60	149	209	1450
5	3	22,5	1,0	94	5,9	8	33	95	35	23	54	133	187	1585
6	3	25,5	1,4	89	13,6	5	39	73	31	38	35	96	131	1033
7	3	25,2	0,0	87	2,3	2	38	68	33	33	39	115	154	1628
1	3	24,1	0,0	88	3,1	3	78	139	38	107	61	99	160	1875
2	3	24,9	5,7	87	12,0	7	80	175	18	115	52	79	131	2013
3	3	25,3	0,4	85	12,1	5	71	130	25	96	53	192	245	1935
4	3	24,5	0,0	88	2,3	4	66	108	23	94	46	244	290	1728
5	3	24,3	0,0	86	3,1	4	34	80	14	44	36	167	203	1588
6	3	25,7	0,0	83	8,1	4	54	104	18	68	40	144	184	1540
7	3	26,7	0,0	74	6,8	4	76	131	16	108	45	100	145	2059
1	3	24,7	3,5	85	4,0	4	30	104	9	45	34	135	169	1767
2	3	24,7	2,5	87	9,6	6	28	84	12	36	18	177	195	1558
3	4	24,2	0,0	80	9,5	7	33	133	14	37	25	151	176	1411
1	4	24,6	2,3	72	17,1	4	71	148	37	92	52	126	178	1825
2	4	24,5	0,1	74	14,8	3	71	118	35	91	45	165	210	1656
3	4	25,3	0,0	73	12,1	3	66	95	30	89	40	126	166	1704
4	4	24,6	0,0	85	2,8	3	44	74	29	53	36	101	137	1664

5	4	24,9	5,3	83	6,3	4	18	46	25	10	32	54	86	1500
6	4	25,7	0,0	75	22,3	6	57	93	34	66	49	114	163	1624
7	4	24,3	104,0	86	10,0	7	75	117	34	98	49	157	206	1927
1	4	23,8	16,4	92	9,1	6	67	115	32	87	46	155	201	1617
2	4	24,2	5,4	82	21,0	7	67	109	35	79	50	136	186	1484
3	4	23,5	20,3	81	25,4	6	65	108	36	66	57	116	173	1531
4	4	24,2	0,3	73	20,5	6	22	63	26	20	41	77	118	1041
5	4	23,9	2,4	86	11,8	7	23	69	23	21	32	94	126	1516
6	4	23,8	9,3	91	4,5	5	32	63	30	31	38	78	116	1240
7	4	25,7	0,0	79	5,4	4	61	109	40	67	47	139	186	1761
1	4	24,7	0,1	84	2,6	5	60	108	39	70	47	148	195	1805
2	4	24,9	0,0	85	2,3	4	22	64	13	26	28	87	115	1319
3	4	24,6	0,0	81	2,3	5	41	71	13	56	16	93	109	1272
4	4	24,6	0,6	84	3,3	5	32	65	8	47	12	98	110	1279
5	4	26,2	0,0	80	14,1	5	6	62	6	2	15	84	99	1034
6	4	26,5	0,0	82	5,3	5	18	45	6	24	11	63	74	1191
7	4	26,9	0,0	76	9,0	5	52	77	25	64	40	92	132	1675
1	4	27,2	0,0	73	8,1	5	57	90	27	74	45	113	158	1595
2	4	27,3	1,3	78	5,0	5	16	49	27	5	45	44	89	1607
3	4	26,8	1,0	87	3,5	5	19	36	20	12	35	27	62	1368
4	4	26,9	5,5	87	9,0	5	19	46	22	13	42	33	75	1360
5	5	27,3	7,5	84	0,8	5	12	30	17	6	29	27	56	1195
6	5	27,4	12,3	83	1,5	4	14	30	19	6	30	22	52	1183
7	5	26,5	7,1	83	0,2	5	49	99	29	58	47	119	166	1771
1	5	26,6	10,4	84	0,0	5	60	123	34	77	59	152	211	1835
4	5	26,0	7,8	82	0,0	4	5	33	3	6	23	34	57	1252
5	5	25,9	4,0	82	0,0	4	5	33	4	3	30	28	58	896
6	5	27,1	6,3	77	2,5	3	5	21	3	5	17	16	33	707
7	5	27,0	6,8	74	0,0	4	18	55	14	18	39	51	90	996
1	5	26,3	12,1	72	0,0	4	72	107	39	89	68	115	183	1388
2	5	26,5	15,0	72	1,2	4	45	75	49	36	68	72	140	1330
3	5	27,0	13,4	78	10,8	3	46	70	38	39	53	64	117	1791
4	5	26,1	17,5	88	10,1	6	47	73	35	44	52	68	120	1417
5	5	26,7	18,8	84	0,9	6	30	65	29	24	50	57	107	1340
6	5	26,6	17,6	82	0,0	5	24	49	28	17	51	35	86	1168
7	5	27,0	7,1	87	0,0	5	28	50	29	25	51	37	88	1423
1	5	26,8	1,0	90	0,2	6	37	70	37	30	52	69	121	1566
2	5	26,6	0,5	91	0,7	7	17	52	26	8	43	46	89	1343
3	5	25,7	1,8	92	30,9	6	27	47	25	27	34	54	88	1392
4	5	25,0	0,9	91	10,0	7	13	34	23	5	35	30	65	1188
5	5	25,0	0,5	90	27,2	7	2	26	1	3	15	25	40	840
6	5	25,5	4,0	87	1,6	5	10	31	3	12	14	33	47	794
7	5	25,4	2,3	87		5	16	36	13	13	21	36	57	1102
1	5	24,8	0,5	93	13,4	6	11	24	12	6	22	18	40	1033
2	5	26,3	4,1	86		5	33	56	31	30	50	45	95	1272
3	5	26,1	3,1	85	8,7	6	12	36	21	4	41	21	62	1193
4	5	25,5	1,0	92	5,3	7	12	45	20	8	42	35	77	772
5	5	26,1	1,0	88	0,2	5	11	43	22	4	40	34	74	981
6	5	26,7	3,3	88	0,3	5	18	47	20	18	41	39	80	1187

1	6	25,8	15,3	94	0,9	6	22	54	22	22	49	42	91	1289
2	6	25,8	11,0	94		6	13	44	20	8	45	30	75	1169
3	6	27,6	0,0	83	1,9	4	20	42	25	11	48	26	74	1255
4	6	26,0	12,4	88	1,9	5	17	35	30	7	50	17	67	1249
5	6	27,0	1,6	86	4,9	3	19	45	32	6	55	28	83	1152
6	6	26,9	0,0	87	1,9	4	20	45	36	6	57	27	84	1269
7	6	26,2	0,0	87	1,9	3	21	47	36	8	59	26	85	1147
2	6	27,2	1,5	85	2,8	3	26	55	36	11	60	33	93	1336
3	6	26,9	0,0	87	2,8	4	25	52	42	3	66	22	88	1483
4	6	27,7	0,1	86	2,8	4	23	46	40	9	63	21	84	1318
5	6	28,1	3,1	81	6,4	3	22	44	39	3	62	15	77	1320
6	6	27,7	1,2	81	6,9	4	16	47	32	0	54	26	80	1171
7	6	27,1	3,0	86	3,1	3	23	51	30	12	59	27	86	1264
1	6	26,9	2,7	90	3,6	4	33	60	38	23	58	43	101	1220
2	6	27,3	1,5	83	3,6	3	23	60	40	4	61	43	104	1443
3	6	27,2	3,8	84	6,8	3	22	51	35	12	54	34	88	687
4	6	28,2	0,0	80	9,5	4	6	18	9	1	10	18	28	664
5	6	28,7	4,8	77	12,4	4	6	21	9	1	12	23	35	956
6	6	27,7	0,1	84	8,5	5	6	18	9	1	13	17	30	920
7	6	28,1	0,0	79	12,0	5	6	14	9	2	12	13	25	1044
1	6	27,7	11,3	80	14,0	6	26	35	24	17	29	28	57	1240
2	6	27,4	6,2	87	13,6	6	29	33	29	17	32	22	54	750
3	6	26,7	7,1	87	5,4	6	20	37	27	7	41	22	63	1635
4	6	26,9	0,0	85	14,0	6	19	46	29	9	50	33	83	1204
5	6	28,2	0,8	83	9,9	5	16	40	23	7	44	23	67	902
6	6	27,8	0,0	82	6,3	3	12	29	16	6	36	12	48	858
7	6	27,2	0,0	83	6,3	4	14	34	19	7	40	14	54	1140
1	6	26,3	0,0	87		4	16	47	21	7	44	30	74	1323
2	6	27,4	2,0	86	6,6	6	18	48	22	7	48	25	73	1061
3	7	27,9	0,0	81	8,0	5	25	49	36	10	57	27	84	1392
4	7	27,6	0,7	85	1,4	5	26	57	31	11	66	27	93	1485
5	7	27,8	0,0	85	1,9	5	19	50	22	9	48	31	79	1450
6	7	28,3	0,0	85	0,9	7	13	39	13	12	46	22	68	1004
7	7	28,0	0,1	84	2,8	6	14	42	18	8	42	28	70	1237
1	7	28,2	0,0	79	4,5	4	33	73	32	23	52	63	115	1530
2	7	26,3	22,3	87	1,0	6	58	90	44	51	66	83	149	1838
3	7	27,1	0,0	83	1,4	4	44	66	42	31	54	51	105	1834
4	7	27,4	0,0	84	2,3	4	27	49	36	11	45	40	85	1542
5	7	28,1	0,1	81	5,4	3	15	39	20	5	30	34	64	1273
6	7	28,2	0,2	82	4,4	4	11	51	18	2	31	53	84	1118
7	7	27,7	32,6	84	2,3	5	42	84	42	25	57	77	134	1693
2	7	28,0	23,4	78	11,3	6	55	159	53	43	77	82	159	1993
3	7	26,8	1,7	85	15,5	7	55	86	51	40	70	72	142	1824
4	7	28,6	8,2	79	17,5	6	50	82	51	28	70	60	130	1873
5	7	26,6	16,9	89	5,8	6	45	68	48	33	66	50	116	1822
6	7	26,3	20,7	87	5,4	4	55	93	42	47	63	84	147	1550
7	7	26,6	0,5	84	7,1	5	59	154	47	50	66	88	154	1957
1	7	27,9	3,1	80	16,8	6	43	82	53	27	76	69	145	1812
2	7	25,7	33,2	89	13,1	6	47	100	51	34	74	98	172	1591

3	7	26,0	1,3	89	2,3	6	45	130	49	31	70	60	130	1567
4	7	26,7	3,2	85	4,5	5	24	66	37	13	54	71	125	1439
5	7	27,2	0,0	81	4,9	6	48	71	22	58	23	101	124	1736
6	7	28,7	0,0	79	15,4	5	55	76	22	60	23	103	126	1616
7	7	28,2	0,0	79	6,8	4	23	71	20	16	30	96	126	1419
1	7	27,8	15,5	74	10,6	4	31	93	11	40	15	145	160	1538
2	7	27,4	1,6	81	5,0	4	27	107	14	30	22	159	181	1464
3	7	27,3	0,0	83	5,0	5	40	85	11	58	20	140	160	1710
4	7	27,0	0,0	86	4,4	5	30	71	14	41	18	120	138	1758
5	7	27,2	1,4	86	1,4	5	16	72	10	19	16	109	125	1545
6	8	27,0	0,0	86	3,5	2	62	96	25	80	30	140	170	1631
7	8	27,4	0,2	84	7,1	3	53	87	15	81	22	132	154	1829
1	8	28,5	0,1	78	8,6	4	34	88	14	40	27	117	144	1686
3	8	28,1	0,2	82	6,4	4	50	86	25	52	31	114	145	1952
4	8	27,3	0,0	89	1,9	5	40	70	12	50	26	90	116	1951
5	8	27,8	6,7	87	1,9	6	19	53	12	25	21	80	101	1550
6	8	27,6	0,3	86	4,5	5	21	54	8	34	17	92	109	1373
7	8	27,5	1,2	86	1,8	5	45	99	18	60	36	140	176	1721
2	8	26,2	0,0	89	1,9	5	65	123	24	89	39	181	220	2012
3	8	26,7	17,7	84	5,9	4	46	88	10	62	20	131	151	1789
4	8	27,8	0,0	81	2,3	4	20	58	8	22	17	86	103	1586
5	8	27,2	0,9	84	0,5	5	18	56	6	20	18	79	97	1454
6	8	26,5	7,2	90	2,8	6	15	55	8	14	22	77	99	1228
7	8	26,8	0,2	83	5,0	4	18	75	17	15	32	102	134	1325
1	8	27,3	6,5	82	10,3	5	21	77	21	18	38	95	133	1379
2	8	27,9	0,0	84	7,3	5	31	63	30	27	48	61	109	1500
3	8	27,6	0,0	86	2,8	5	33	68	38	22	67	53	120	1567
4	8	27,1	0,3	85	4,0	4	18	54	21	9	52	40	92	1507
5	8	27,0	0,0	85	3,1	3	8	32	12	2	31	44	75	915
6	8	27,5	0,0	80	4,0	5	12	50	20	3	42	49	91	1137
7	8	27,1	1,7	85	3,1	5	25	57	17	26	40	55	95	1161
1	8	27,7	0,0	86	5,0	5	31	68	31	23	53	60	113	1588
2	8	28,1	0,0	82	4,5	4	19	66	22	11	51	59	110	1457
3	8	29,3	3,4	76	7,1	5	18	41	23	8	44	26	70	1333
4	8	27,6	1,7	83	5,4	4	17	45	23	5	50	28	78	1179
5	8	26,9	16,0	88	4,5	4	24	44	24	6	43	17	60	1367
6	8	28,1	0,0	83	9,0	4	18	39	23	8	44	20	64	1142
7	8	27,0	34,8	85	4,9	3	11	32	17	5	40	13	53	1347
1	8	27,1	3,8	83	7,3	4	34	58	24	30	49	41	90	1480

Anexo 4. Datos sobre la facturación eléctrica en la lavandería

2008 Lavandería M1C													
Nro	Denominación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1	Demanda Contratada (kW)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
2	Demanda Registrada (kW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Demanda Contratada (\$)	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
4	Penalización (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Consumo madrugada (kWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Consumo en el día (kWh)	5010	7020	-	7200	5040	6210	3900	-	2790	3240	6690	-
7	Consumo en el pico (kWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Pérdidas Transformadores (kWh)	248	246	-	255	248	248	242	-	230	239	251	-
9	Consumo Total (kWh)	5258	7266	-	7455	5288	6458	4142	-	3020	3479	6941	-
10	Factor de Potencia Real	-	0,9	-	0,9	0,9	-	-	-	0,9	0,9	-	-
11	Bonificación / Penalización (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Facturación Día (\$)	417,58	580,1	-	-	-	-	343,1	-	233,74	-	-	-
13	Facturación Pico (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Facturación Transformadores (\$)	20,67	20,3	21	21,88	21,25	20,15	21,31	20	19,21	20	22	20
15	Facturación Normal (\$)	683,23	825,4	-	864,9	678,2	759,61	589,41	-	-	601	832	-
16	Facturación Total (\$)	683,23	825,4	-	864,9	678,2	759,61	589,41	-	478	601	832	-

	2009 Lavandería B1	M1C						B1					
No	Denominación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1	Demanda Contratada (kW)	45	45	45	45	45	45	-	-	-	-	-	-
2	Demanda Registrada (kW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Demanda Contratada (\$)	225	225	225	225	225	225	-	-	-	-	-	-
4	Penalización (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Consumo madrugada (kWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Consumo en el día (kWh)	8790	6480	8370	7710	1050	2970	4020	6540	2970	3540	7140	
7	Consumo en el pico (kWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Pérdidas Transformadores (kWh)	277	234	273	259	234	231	-	-	-	-	-	-
9	Consumo Total (kWh)	9067	6714	8643	7969	1284	3201	-	-	-	-	-	-
10	Factor de Potencia Real	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	-
11	Bonificación / Penalización (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Facturación Día (\$)	1000,1	734,3	963,1	927,3	125,8	348,69	695,05	1191,8	555,69	622	1235	-
13	Facturación Pico (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Facturación Transformadores (\$)	31,5	26,51	31,4	31,16	28,05	27,13	-	-	-	-	-	-
15	Facturación Normal (\$)	1256,6	985,8	1220	1183	378,9	600,82	-	-	-	-	-	-
16	Facturación Total (\$)	1256,6	985,8	1220	1183	378,9	600,82	-	-	-	-	-	-

Anexo 5. Datos sobre la facturación eléctrica del hotel

2008 Porto Santo M1B													
No	Denominación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1	Demanda Contratada (kW)	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
2	Demanda Registrada (kW)	108	118	113	125	125	103	133	-	82	99	130	103
3	Demanda Contratada (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	700	700	700	700
4	Penalización (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
5	Consumo madrugada (kWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
6	Consumo en el día (kWh)	31275	33961	34063	36384	28514	27129	37478	-	24487	27398	34532	31710
7	Consumo en el pico (kWh)	7904	8744	9016	8942	6809	6244	9304	-	5133	6099	9018	6877
8	Pérdidas Transformadores (kWh)	574	581	810	622	537	508	645	-	481	521	602	568
9	Consumo Total (kWh)	39753	43286	43689	45948	35860	33881	47427	-	30101	34018	44152	39155
10	Factor de Potencia Real	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,98	-	0,95	0,96	0,97	0,96
11	Bonificación / Penalización (\$)	-171,9	-183,7	-189,7	-198	-160	-184	-208,5	-123	-102	-184,5	-196,4	-168,2
12	Facturación Día (\$)	2132,7	2286	2357	2555	2000	1837,6	2697,6	2706	1678	2425	2471,6	2192
13	Facturación Pico (\$)	1242,7	1363	1439	1448	1101	975	1544	1657	811,16	1245	1488,2	1096
14	Facturación Transformadores (\$)	49,62	49,78	53,9	54,84	47,13	42,75	58,53	57,35	40,33	57,25	54,65	48,33
15	Facturación Normal (\$)	4125	4409	4550	4758	3848	3555,4	5000,1	-	3230	4427	4714,4	4036,4
16	Facturación Total (\$)	3953,1	4225	4360	4559	3687	3407,3	4791,8	-	3128	4243	4518	3868,2

2009 Porto Santo M1B													
No	Denominación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1	Demanda Contratada (kW)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	-
2	Demanda Registrada (kW)	95	100	116	95	95	90	115	109	85	82	122	-
3	Demanda Contratada (\$)	600	600	600	600	600	600	-	600	-	600	600	-
4	Penalización (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-
5	Consumo madrugada (kWh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Consumo en el día (kWh)	31424	31518	2837	26892	23969	23421	33131	36237	28206	27507	30858	-
7	Consumo en el pico (kWh)	25734	6763	1494	6402	5206	4969	7779	8763	5865	5761	7894	-
8	Pérdidas Transformadores (kWh)	5190	524	64,52	507	485	469	575	659	514	520	553	-
9	Consumo Total (kWh)	31424	38805	37563	33801	29660	28859	41485	45659	34585	33788	39305	-
10	Factor de Potencia Real	0,96	0,97	0,96	0,96	0,97	0,96	1	0,92	0,96	0,96	0,97	-
11	Bonificación / Penalización (\$)	-173,6	-209,5	-208,1	-198,4	-174	-166	-225,9	0	-208,6	-190,1	-219,1	-187,3
12	Facturación Día (\$)	2395,5	2922	2837	2646	2350	2249,8	3100,4	3639	2933,3	2631	2888,6	2735,2
13	Facturación Pico (\$)	1113,8	4446	1494	1452	1177	1400,5	1678,3	2028,9	1406,3	1271	1703,7	1524
14	Facturación Transformadores (\$)	56,385	59,84	64,52	62,3	58,55	55,28	67,38	82,75	65,53	60,87	65,67	52,35
15	Facturación Normal (\$)	4166,1	5028	4995	4761	4185	4005,6	5446,1	6350,6	5005,1	4563	5258	-
16	Facturación Total (\$)	3992,6	4818	4787	4563	4011	3838,7	5219,1	6350,6	4796,6	4372	5069	4789