

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Facultad de Ingeniería Mecánica
Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías
Ambientales (CEETA)



Trabajo de Diploma

Título: Caracterización de la demanda de los principales portadores energéticos en un hotel de cuatro estrellas.

Autor: Harolfner Próspero Rodríguez

Tutor: Dr.C. Pablo Roque Díaz

Santa Clara

Curso Escolar: 2008-2009

"Año del 50 aniversario de la Revolución"

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Facultad de Ingeniería Mecánica
Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías
Ambientales (CEETA)



Trabajo de Diploma

Título: Caracterización de la demanda de los principales portadores energéticos en un hotel cubano.

Autor: Harolfner Próspero Rodríguez

Tutor: Dr.C. Pablo Roque Díaz

Santa Clara

Curso Escolar: 2008-2009

"Año del 50 aniversario de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

Ciencia y técnica significa preparar un país, crear un país, no importa de donde partamos hoy, no importan las dificultades de hoy; pero sí crear un país que viva de inteligencia y su sudor (...).Eso sólo la ciencia y la técnica lo pueden hacer (...)

Fidel Castro Rúz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma a mis padres y a mis hermanos Arisleida y Miguel por todo el apoyo que han brindado a mi proceso de formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Pedro Próspero por ser el eslabón fundamental de toda una cadena personas que tuvieron que ver con mi formación.

Le doy gracias a María Caridad Rodríguez por todo el apoyo de madre que siempre me dio.

Le doy muchas gracias a Miguel y Arisleida Gutiérrez por todo el interés que han mostrado en mi total desempeño como universitario dejándome siempre bien claro lo que es el significado de hermano.

Le doy gracias a todos mis amigos saber compartir conmigo sus buenos y malos momentos y pidiéndome siempre a cambio solo mi confianza.

Agradecimientos al Dr. Pablo Roque por su desempeño como tutor.

RESUMEN

Este trabajo se dedica a la presentación de los fundamentos y herramientas que son necesarios para el desarrollo e interpretación de un modelo de cogeneración en un hotel cubano, en el cual se comienza con una breve reseña sobre los aspectos generales de la cogeneración, se ven indicadores de eficiencia energética en hoteles cubanos, se hace una recopilación de aspectos esenciales a la hora de estudiar la posibilidad de cogeneración en dicho hotel, por lo que posterior a esto, se realiza la caracterización de los principales portadores energéticos dadas sus demandas y consumos en determinados periodos de tiempos, se determinan los principales equipos consumidores según su potencia, se ven los parámetros de consumo fundamentales de estos portadores en función de HDO (habitaciones días ocupadas), así como el cálculo del calor de algunos elementos esenciales dentro del hotel, y por ultimo se hace un análisis de los resultados de los principales portadores energéticos desde el punto de vista económico y ambiental, seguido por una caracterización general del agua como elemento de gran demanda en el hotel.

Abstract

This work is dedicated to presentation of the foundations and tools that are necessary for development and interpretation of a model of cogeneration in a Cuban hotel. This begins with a brief overview on the general aspects of cogeneration. There is indicators Energy efficiency in Cuban's hotels. It made compilation of the key aspects when considering the possibility of cogeneration in a hotel, so after this. It's carry out a characterization of the main carriers because of its energy demand and consumption in certain time periods are determined as the main power consuming equipment, seeing the fundamental parameters of consumption of such carriers according to HDO (rooms occupied daily) like this the heat calculate of some elements inside the hotel and there is an analysis of the results of the main energy carriers in terms of economic and environmental impacts, followed by a general characterization of water as an element of great demand in the hotel.

ÍNDICE

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. Aspectos generales de la cogeneración. Indicadores de eficiencia energética y parámetros a tener en cuenta para la cogeneración en hoteles.	5
1.1. Eficiencia energética de la cogeneración.	6
1.2. Cogeneración en el sector terciario	6
1.3. Indicadores de eficiencia energética en hoteles	8
1.4. Particularidades para un análisis técnico y económico con vista a la posibilidad de instalación de un sistema de cogeneración.....	10
1.5.1 Aspectos a tener en cuenta a la hora de hacer un diagnóstico energético para la aplicación de la cogeneración en el sector hotelero.	11
1.5.2 Estudio de viabilidad.....	12
1.5.3 Demanda energética.	12
1.5.4 Aspectos económicos.....	13
1.5.5 Criterios de dimensionamiento.	15

1.5.6	Parámetros energéticos.....	16
1.5.7	Obtención de la relación energía térmica/eléctrica (Q/E).....	17
	CAPÍTULO 2. Caracterización de los principales portadores energéticos en un hotel cuatro estrellas con 240 habitaciones. Determinación de los equipos más consumidores.....	20
2.1	Impacto energético en los costos totales del hotel.....	20
2.2	Estructura de consumo de portadores energéticos vs. costo (\$).....	21
2.3	Comportamiento de los principales portadores energéticos en el año 2008	22
2.4	Descripción de los principales portadores energéticos en la empresa.....	23
	Electricidad.....	23
2.5	Grupo electrógeno.	24
2.6	Análisis de demanda y consumo en los diferentes horarios establecidos.	25
2.7	Análisis de frecuencia de las demandas eléctricas máximas en el año.	27
2.8	Horarios de frecuencias de demandas máximas en cada mes para ambos bancos transformadores.	29
2.9	Observación para la posibilidad de cogeneración según el comportamiento de la electricidad.	30
2.10	Consumo de electricidad en función del indicador de ocupación en HDO en el año 2008.....	30
2.11	Gas licuado del petróleo (GLP).....	31
2.12	Variables que influyen en el consumo de energía eléctrica en el hotel.	34
2.13	Influencia del clima de Cuba para sistemas de cogeneración en edificaciones hoteleras.....	35
2.14	Determinación de los principales equipos consumidores según su carga y potencia	38
2.15	Determinación de las fuentes calor.....	43

2.16 Cálculo del calor del calentador del Jacuzzi.....	49
2.17 Cálculo de valor aproximado del calor empleado para calentar agua.	49
CAPÍTULO 3. Análisis de los resultados obtenidos en el estudio energético realizado en el hotel. Aspectos económicos y ambientales.	51
3.1 Indicadores de consumo de la electricidad, valoración económica e impacto ambiental (emisiones de CO2)	51
3.1.1 Valoración económica de la electricidad	52
3.1.2 Impacto medioambiental del consumo de electricidad (emisiones de CO2) ..	53
3.2 Indicadores de consumo del GLP, valoración económica e impacto ambiental.	53
3.2.2 Impacto medioambiental del consumo del GLP (emisiones del CO2)	54
3.3 Comportamiento del agua en el hotel.....	55
3.3.1 Valoración económica del agua	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
Conclusiones Generales.....	57
Recomendaciones	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	60
Anexo I Tablas elaboradas en excel	60
Anexo II	63

INTRODUCCIÓN

En Cuba como en todas las partes del mundo, también se realizan estudios de nuevas alternativas de obtención de energía sobre la base de ahorro de combustibles fósiles como son los hidrocarburos y su alto precio en mercado internacional con este y más argumentos el país ha tomado una serie de medidas para el ahorro de la energía como es el PAEC (Programa de ahorro de electricidad en Cuba). El crecimiento constante de la industria turística en el país, a raíz de los beneficios reportados por la misma, se hace proporcional al crecimiento lineal de los gastos en portadores energéticos, lo que no se podría alcanzar un desarrollo sostenible y el crecimiento de la economía sería perjudicado, por lo cual el país ha trazado líneas de trabajo para el control de estos portadores energéticos. Trinidad es considerada una de las potencias turísticas del país porque presenta los tres tipos de turismo que existen en la isla que son el de playa, el de montaña, y el de centro histórico. El hotel en que se hará el estudio es vecino de la ciudad de Trinidad y presta servicio en 241 habitaciones, de ellas, 2 con fácil acceso para discapacitados. Todas están climatizadas, con vista al mar, a la piscina o a la península de Ancón, se distribuyen en 8 módulos que incluyen habitaciones sencillas, dobles o triples. Posee un área total aproximada a los 10000 m², su construcción es en forma de villa con altura promedio de dos plantas y por excepción tres. Fue inaugurado oficialmente, el 1 de octubre del 2001. El hotel cuenta con un total de 256 trabajadores. En la UCLV (Universidad Central de las Villas), en la facultad de Mecánica, Centro de Estudios Energéticos y de Tecnologías Ambientales (CEETA) existen una serie de profesionales enfrascados

en importantes investigaciones sobre la eficiencia energética siendo la cogeneración una temática a discutir por las características que esta presenta.

El estudio en el hotel consiste primeramente en agrupar y obtener información sobre los principales portadores energéticos utilizados, además una recopilación de datos de equipos consumidores de portadores energéticos para con esta información saber cuales son los más consumidores. Se verán parámetros turísticos en dependencia de los portadores energéticos en forma de gráficos y ecuaciones donde se verán las demandas en términos temporales.

Idea Inicial:

Necesidad de organizar un análisis energético en un hotel cubano desde el punto de vista de la eficiencia energética sobre la base de criterios científicos.

Planteamiento del Problema:

Caracterizar la estructura de consumo de portadores energéticos de un hotel, así como el movimiento de los mismos durante años, meses, semanas y días, para pronosticar sus tendencias futuras con vistas a decidir sobre las medidas de perfeccionamiento a tomar y optimizar el abastecimiento de electricidad, calor y frío mediante la instalación de los más adecuados sistemas de cogeneración.

Objetivo general:

Caracterización de las formas de consumo de portadores energéticos en un hotel, así como el comportamiento de estos portadores en diferentes términos de tiempo con el fin de proceder de manera acertada para lograr más eficiencia en el abastecimiento de electricidad, calor y frío mediante la instalación de los más adecuados sistemas de cogeneración.

Justificación:

Es necesario desarrollar evaluaciones sobre el consumo de portadores energéticos para así conocer una serie de parámetros necesarios para la posibilidad de instalación de un sistema de cogeneración, que tiene que cumplir y

responder con las exigencias técnicas y económicas actuales, para alcanzar una alternativa más racional desde todos los puntos de vistas posibles para la utilización de los recursos, ya sean humanos, materiales, energéticos o financieros y que estén atados a las condiciones y problemas mundiales de estos portadores energéticos que sin dudas guardan una estrecha relación con la atención al huésped, así como su impacto sobre el medio ambiente.

Viabilidad:

Se considera la solución del problema planteado, siempre y cuando exista un balance positivo entre el beneficio que se obtiene y los costos en que se incurre para obtenerlo y que haya tecnología comercial disponible para hacer más sólida la investigación en el hotel.

Consecuencias y Repercusiones:

El desarrollo de esta investigación estructurada de manera ordenada y lógica, desde el punto de vista técnico y económico, lógicamente repercutirá positivamente en la organización y los resultados tanto económicos como productivos en el programa de eficiencia energética en este caso en uno de los principales renglones económicos del país y que sin dudas servirá para la toma de conciencia y abrirá nuevas alternativas en el uso racional de la energía en instalaciones turísticas cubanas.

Marco Teórico:

Teniendo en cuenta las características desde el punto de vista de la eficiencia de la energía que presentan los sistemas de cogeneración, con la información y el análisis requerido en el hotel sin lugar a dudas permitirá resolver el problema planteado, ganando en claridad sobre este aspecto en la revisión bibliográfica que mantiene relación con el asunto de este trabajo realizado en una empresa turística cubana.

Hipótesis:

Por ser la cogeneración un elemento a tener en cuenta para la eficiencia energética dado porque en esta al generar electricidad, se aprovecha una parte importante de la energía térmica que normalmente se disiparía en la atmósfera, hacen realizar la hipótesis de esta índole para así obtener mayores resultados técnicos –económicos y organizativos centrandolo los estudios sobre estos sistemas como posibles fuentes de uso racional de energía en un hotel cubano.

Tareas:

1. Determinar cuales son los principales portadores energéticos en un hotel de cuatro estrellas con más de 200 habitaciones.
2. Caracterizar los principales portadores energéticos de acuerdo con su comportamiento anual, mensual, diario.
3. Determinar los equipos principales consumidores de energía según su potencia.
4. Analizar el consumo de los principales portadores energéticos en función de su utilización en el hotel teniendo en cuenta las HDO en un año.

CAPÍTULO 1. Aspectos generales de la cogeneración. Indicadores de eficiencia energética y parámetros a tener en cuenta para la cogeneración en hoteles.

La cogeneración no es un proceso nuevo, su aplicación data de los principios del siglo XVIII donde su más representativa forma eran los pequeños molinos instalados dentro de una chimenea [1]. A mediados del siglo XIX los postulados de Sadi Carnot (Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego) [1], estimularon acciones para aprovechar al máximo el vapor de desecho de los motores a vapor, donde el concepto de recuperación era básicamente para la calefacción en las instalaciones industriales. En la última década del mismo siglo se manifestó el nacimiento de la industria eléctrica y la invención de los motores de combustión interna, los cuales propiciaron la expansión del mercado de la generación combinada de potencia y calor[2]. La cogeneración dentro de su evolución en el pasado no obedecía, como lo es ahora, a la necesidad de ahorrar energía, sino al propósito de asegurar el abasto de la electricidad y el calor, que en esos años, era insuficiente y no confiable. Paralelamente al uso de turbinas en la generación eléctrica, venían también desarrollándose las máquinas alternativas de combustión interna (MCI), propio de la creciente necesidad de sistemas de generación más pequeños, versátiles y de menor inversión inicial. Pero la cogeneración en estos motores estaba enfocada a la utilización del calor residual para calefacción de las edificaciones, ya sea calentando aire o agua.[2]. En la actualidad se diversifica el uso del calor residual creando ciclos combinados para el mejor aprovechamiento de la energía primaria, teniendo como ejemplo el acoplamiento de los MCI con los ciclos de refrigeración por absorción.

1.1. Eficiencia energética de la cogeneración.

La gran ventaja de la cogeneración en términos de eficiencia energética que presenta ya que al generar electricidad mediante un generador movido por un motor o una turbina, el aprovechamiento de la energía química del combustible es del 25% al 40% solamente, y el resto debe disiparse en forma de calor, este sistema aprovecha una parte importante de la energía térmica que normalmente se disiparía a la atmósfera por lo que la eficiencia global de aprovechamiento del combustible alcanzaría más del 70% [3].

1.2. Cogeneración en el sector terciario

La aplicación de sistemas de cogeneración en el sector terciario presenta notables diferencias frente a su aplicación en el sector industrial. Efectivamente en este sector terciario no existe una necesidad de producción y los consumos energéticos no son en función sistemas productivos, sino que son función del uso que se hace de los edificios y se sujetan a hábitos y condiciones meteorológicas en mayor medida que a la actividad propia de la instalación [3]. Desde un punto de vista global la cogeneración se hace más interesante cuanto mayor sea el costo de la energía eléctrica generada en centrales convencionales; además la cogeneración desde el punto de vista energético permite un mayor aprovechamiento de la energía primaria frente a los sistemas de producción independientes de calor y electricidad. Para los hoteles, la tecnología de producción eléctrica más adecuada son los motores alternativos, aunque en la actualidad ya existen otros tipos de igual aceptación. Los motores alternativos existentes en el mercado pueden clasificarse según el tipo de combustible y su encendido en dos grupos básicos: motor a gas y motor diesel [3]. La mayor parte del calor generado en los motores (gases de combustión, refrigeración de camisas, aceite del chárter, etc.), puede ser recuperado con la producción de agua caliente, o incluso vapor; todos los circuitos de recuperación térmica pueden estar unidos entre sí o ser utilizados independientemente en función de la temperatura. Para pequeñas aplicaciones, con potencia inferior a 100 kW, se construyen

equipos compactos incluidos recuperadores de gases e intercambiadores, todo ello alojado dentro de un contenedor, lo cual facilita su instalación.

En la tabla1 siguiente se dan las características generales de este tipo de equipos:

Tabla1 Características de rendimientos para los diferentes tipos de motor [3]

CARACTERISTICA	UNIDAD	MOTOR A GAS	MOTOR DIESEL
Gama de Potencias Eléctricas	kW	20 - 3.000	100 - 1.200
Rendimiento Eléctrico	%	25 - 35	35 - 45
Rendimiento Térmico	%	50 - 60	40 - 50
Rendimiento Total	%	80 - 90	75 - 80

Para la implantación de un sistema de cogeneración en hoteles, se presenta el problema de como utilizar el calor generado en el motor, ya que en la mayoría de las instalaciones los consumos térmicos no se corresponden con la demanda de electricidad, por ello se asocia el motor a un equipo de enfriamiento de agua con ciclo de absorción como vía más acertada [4]. En un frigorífico de absorción el compresor mecánico es reemplazado por un proceso térmico; para que el absorbedor pueda funcionar hacen falta dos fluidos que se disuelvan, siendo uno de ellos el refrigerante.

Los ciclos de absorción funcionan con un refrigerante químico y un absorbente. Son sistemas de dos componentes, donde una de las dos sustancias es disuelta en la otra y el enfriamiento se produce por la absorción de una de las dos sustancias de la solución por medio de aplicación de calor y reabsorbiéndola hacia la solución. Las mezclas refrigerantes más comunes son dos, la de agua-amoniaco y la bromuro de litio -agua; en el primer caso el agua es el absorbente mientras que en el segundo hace de refrigerante. Para las aplicaciones del sector hotelero la mezcla refrigerante más adecuada es el bromuro de litio -agua, donde se pueden alcanzar temperaturas del foco frío de hasta 5°C; los sistemas de amoniaco-agua tienen mayor utilización en el campo industrial [5].

1.3. Indicadores de eficiencia energética en hoteles

Experiencias internacionales demuestran que una instalación hotelera que funcione eficientemente, desde el punto de vista energético, debe consumir entre 5 y 7 % de sus ingresos para cubrir los gastos energéticos, indicador que varía en función del tipo de hotel y la categoría que ellos posean, así como del tipo de servicio que se presta [6].

En Cuba, en las diferentes cadenas hoteleras este indicador oscila entre 8 y 16 % y puede llegar hasta 20 % en hoteles que tienen una infraestructura muy atrasada y bajos niveles de comercialización.

Las áreas que consumen más energía eléctrica en un hotel son la climatización y el alumbrado. Para hoteles del Caribe en particular, el consumo de climatización puede representar alrededor de 65 % del total del consumo de electricidad, debido fundamentalmente a las altas temperaturas, mientras que el consumo en equipos de refrigeración para conservación de alimentos representan alrededor de 14 %, el alumbrado 11 %, ventiladores y bombas 12 % y la producción de agua caliente 7 % aproximadamente [6].

Las marcas de calidad en el consumo de energéticos y agua en los hoteles constituyen normas que se han establecido para los índices de consumo por las diferentes cadenas hoteleras [6].

Como se muestra en la tabla 2, no hay uniformidad en las marcas establecidas, y solo en el caso del agua existe similitud, lo cual se debe a que existe una norma general de proyecto que rige el suministro de agua a las instalaciones turísticas. El resto de los indicadores se han establecido sobre bases empíricas, y en la práctica estas marcas se hallan funcionando como parámetros fijos sin que previamente se hayan realizado estudios minuciosos en cada hotel ni se haya validado la efectividad de estos índices de consumo para caracterizar la eficiencia energética de los hoteles [6].

Tabla 2. Indicadores energéticos utilizados por las diferentes cadenas hoteleras cubanas [6]

Cadena hotelera	Electricidad kWh/HDO	Agua m^3 //HDO	Diesel L/HDO	GLP L/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

Para el análisis de la eficiencia energética al nivel empresarial se utilizan diferentes indicadores: índices de consumo, índices de eficiencia e indicadores económico-energéticos. En el sector hotelero se emplean con mucha frecuencia el índice de gastos energéticos vs. ingresos, los índices de consumo por habitación-día-ocupada (kWh/HDO, m^3 /HDO), así como índices de consumo por unidad de área construida (kWh/ m^2 -año). El indicador gastos energéticos vs. ingresos, si bien es un indicador global integrador y útil, no permite evaluar los resultados específicos en cuanto a eficiencia en la utilización de los energéticos, ni permite diagnosticar y corregir las causas que puedan provocar su deterioro. Es por ello que el monitoreo y control de la eficiencia energética debe basarse en índices de consumo físicos que relacionen el consumo de portadores energéticos con los servicios prestados. Estudios precedentes han señalado la influencia de otros factores, no relacionados con la ocupación del hotel, sobre el consumo de energía, lo cual limita la utilización del índice de consumo kWh/HDO para la implementación de un sistema efectivo de monitoreo y control energético, así como su aplicación en la evaluación de las mejoras energéticas en períodos diferentes [6].

1.4. Particularidades para un análisis técnico y económico con vista a la posibilidad de instalación de un sistema de cogeneración.

Para desarrollar un análisis de posibilidad técnica y económica de la conveniencia de utilizar un sistema de cogeneración en un lugar en específico, es necesario conocer cómo, cuánto y qué tipo de energía utiliza [7].

La información particular de las características energéticas del sitio en donde se planea instalar el sistema de cogeneración, incluye los consumos y demandas de vapor, agua caliente, energía eléctrica; los combustibles usados, los equipos existentes (calderas, turbinas, etc.). Es también necesario contar con la información de los precios y costos de los combustibles y de la electricidad. Para completar el estudio se requiere también la información de las horas de operación de la planta, conocer los planes de crecimiento, tener claros los criterios aplicados de rentabilidad y las oportunidades de financiamiento así como, de las oportunidades de ahorros significativos en lo que respecta a consumo de portadores energéticos [7].

Debido a que una planta de cogeneración es una oportunidad relativamente cara de conservación de energía, se debe de abordar después de asegurar la eficiencia energética de la planta o proceso a donde va a servir, desarrollando medidas de baja inversión, derivadas de un diagnóstico energético. Si se pierden cantidades importantes de la energía térmica en fugas de vapor, o en aislamientos deficientes de las líneas que la conducen, etc., estos problemas se deben de corregir antes de evaluar la carga térmica a considerar en el sistema de cogeneración [7].

El levantamiento de las principales cargas consumidoras de energía eléctrica se realiza inicialmente por medio de los datos de placa. Es también importante el estimar la energía nominal demandada por ellos, ya sea calculando la salida o haciendo una medición puntual de las corrientes.

La viabilidad económica de un proyecto de cogeneración será proporcional al número de horas totales de operación a plena carga. Estas solo se pueden determinar de los datos históricos, a los cuales se les hacen las adecuaciones de acuerdo a los cambios proyectados en expansiones o cambios en la programación de producción [7].

Finalmente, cuando el proyecto no es el resultado de un diagnóstico energético, en donde se hayan corregido los desperdicios y se tengan los verdaderos consumos de energía, es recomendable hacer una inspección general para determinar si existen oportunidades de implantar medidas de baja o nula inversión, que alteren los perfiles del uso de la energía, que se determinarán de los datos recogidos [7].

1.5.1 Aspectos a tener en cuenta a la hora de hacer un diagnóstico energético para la aplicación de la cogeneración en el sector hotelero.

En cualquier caso, las necesidades a cubrir con una instalación de cogeneración se refieren fundamentalmente a:

- Consumo eléctrico.
- Necesidades de calefacción.
- Necesidades de frío.
- Producción de agua caliente sanitaria (ACS).
- Suministro de calor a lavandería, cocina u otros.

Este sector está caracterizado por un menor número de horas de utilización anual que el industrial dado por la diversidad de necesidades en los diferentes períodos estacionales. Esta situación puede parecer adversa a la instalación de cogeneración, pero presenta ventajas importantes como son:

1. Los consumos eléctricos mayores se realizan principalmente en horas pico y días
2. El costo del kilowatt-hora eléctrico es muy superior al que se aplica al sector industrial.
3. Los costos de los combustibles son superiores, mientras que las tarifas aplicadas a cogeneración son más baratas.

Las principales ventajas de la cogeneración son las siguientes:

1. Ahorro económico, por el menor costo de la electricidad auto producida y posible beneficio adicional por la vendida a la red.
2. Aumento en la garantía de suministro de electricidad ante fallo de red.
3. Reducción de la contaminación debido a que un sistema de cogeneración disminuye emisión de CO₂ y NO_x a la atmósfera.

Los principales inconvenientes:

1. Una inversión inicial elevada.
2. Actividad fuera de línea de actuación de la empresa hotelera, enfrentándose a riesgos poco conocidos.
3. En hoteles ya construidos, la necesidad de espacio disponible para instalar la planta.

1.5.2 Estudio de viabilidad.

Para el estudio de viabilidad de una planta de cogeneración en hoteles es necesario conocer la demanda energética y los aspectos económicos, lo que se debe obtener la mayor cantidad de datos posibles del uso general de la energía los que normalmente debe tener el energético de dicho lugar. Saber donde buscar la información precisa, siendo esto muy importante ya que ahorra tiempo en la investigación. Hay que tener conocimiento como está estructurada la directiva del hotel [3].

1.5.3 Demanda energética.

Este aspecto sin lugar a dudas es el fundamental ya que mientras más detallada quede esta información, más claridad habrá a la hora de tomar decisiones. Es por eso que se tiene que saber qué es lo primero. La demanda energética debe quedar caracterizada como sigue:

a) Electricidad

- Usos:
 - Iluminación.
 - Equipos de fuerza
- Consumos:
 - Facturación de los últimos 12 meses.
 - Distribución horaria de los consumos.
- Características:
 - Tensión de suministro.
 - Potencia contratada.
 - Tarifa.
 - Discriminación horaria.

b) Calor

- Usos:
 - Calefacción (horario de trabajo).
 - Agua caliente sanitaria
 - Cocinas
 - Otros
- Consumos
 - Tipo de combustible.
 - Equipos donde se utiliza
 - Facturación anual
 - Consumo horario en días tipo

c) Frío

- Usos:
 - Aire acondicionado.
 - Frío industrial.
- Consumos:
 - Período y horario de funcionamiento.

1.5.4 Aspectos económicos.

Para el estudio de viabilidad económica hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

a) Inversión prevista

La inversión necesaria para una planta de cogeneración con máquina de absorción u otra variante, se haría mediante la toma de decisión de la cadena a la que pertenece el hotel en conjunto con su correspondiente ministerio basándose sobre los ingresos obtenidos por el hotel después del periodo de retorno simple del gasto utilizado en la construcción y puesta en marcha del hotel.

b) Gastos de Explotación

En este punto se deben contemplar los costos energéticos (consumos) y no energéticos (mantenimiento).

c) Energéticos

Combustible del grupo generador y calderas.

Electricidad (consumos auxiliares).

d) Mantenimiento

Mano de obra.

Accesorios y repuestos.

e) Ahorros

Los ahorros obtenidos son la diferencia entre los ingresos y los costos más los gastos de las facturas eléctrica y térmica que se tenían como situación de referencia [3].

Estos ahorros deben ser tales que permitan un período de retorno simple.

f) Estudio Económico

El estudio de viabilidad económica tiene que contemplar los siguientes aspectos:

- Inversión real.
- Vida útil de la instalación.
- Valor residual de la instalación.
- Tipo de actualización o descuento.

En términos generales, se puede decir que las características a tener en cuenta para la viabilidad de un proyecto de cogeneración en el sector hotelero son las siguientes:

- Dado que la relación de calor/electricidad en un hotel con una planta de cogeneración con máquina de absorción es de 1 a 1,5 aproximadamente; el motor alternativo de combustión interna es el habitualmente utilizado.

- La demanda térmica es generalmente en forma de agua caliente a 50°, que será proporcionada por los gases de escape o el agua de refrigeración de camisas y aceite.
- El número de horas de funcionamiento al año ha de ser superior a 4000.

1.5.5 Criterios de dimensionamiento.

Los criterios que se deben considerar para dimensionar un sistema de cogeneración son básicamente:

- Asegurar las condiciones de la inclusión en régimen especial, cumpliendo el correspondiente rendimiento eléctrico equivalente y una exportación máxima del 70% de la energía autogenerada.
- Obtener la máxima aportación posible a los consumos anuales totales con un criterio conservador, asegurando la demanda e importando la energía restante.
- Seleccionar motores o turbinas que permitan el funcionamiento a carga parcial con rendimientos aceptables.
- Fraccionar el total de la energía, en al menos dos equipos que permitan, en caso de avería de uno de ellos, seguir contando con el 50% de la producción disponible [3].
- En los casos en los que fuera posible, tener en cuenta posibles ampliaciones.

Los elementos de una planta de cogeneración con máquina de absorción serían:

- Motores / turbinas.
- Caldera de recuperación.
- Máquina de absorción.
- Torres de enfriamiento.
- Sistemas de bombeo de los circuitos.
- Sistemas de distribución de calor y frío.
- Instalación eléctrica.
- Central de control.

1.5.6 Parámetros energéticos.

Es muy difícil dar unos elementos válidos al 100% que definan la viabilidad o no de los sistemas de cogeneración, debido a la gran versatilidad de estos sistemas que se pueden adaptar a las condiciones particulares de cada hotel.

Como parámetros se pueden fijar los siguientes criterios de viabilidad:

- Los hoteles donde es viable, en general, son aquellos con más de 100 habitaciones con centros como salas de convenciones, cafeterías, restaurantes tales que eleven las demandas térmica y eléctrica durante los períodos de menor demanda.
- El hotel ha de funcionar todo el año, con demanda térmica y eléctrica.

Para la viabilidad del sistema es imprescindible que éste opere como mínimo 5 días a la semana, las 52 semanas del año en las horas de tarifa picos y madrugadas.

- El sistema de cogeneración debe dimensionarse para cubrir la mínima demanda térmica- eléctrica anual, que será en un período u otro según la zona geográfica estudiada.
- La potencia eléctrica media demandada mínima necesaria para la viabilidad económica.
- La potencia térmica media demandada mínima necesaria para la viabilidad económica.
- El kWh_e/kWh_t demandado debe cumplir dos condiciones:
 - El mismo coeficiente en los equipos de cogeneración, es decir, la relación técnica de capacidad de recuperación de calor y generación de energía eléctrica en el alternador, debe acercarse a 1.
 - Si el sistema se dimensionase por debajo de la mínima demanda térmica/eléctrica, el sistema puede seguir siendo rentable, pero si se sobredimensiona, aparte de exceder la limitación de exportación eléctrica, habría que instalar sistemas de disipación del calor sobrante.

- En caso de instalar máquina de absorción se ha de tener en cuenta que éstas tienen un COP de 0,6 – 0,7 mucho menor que las enfriadoras convencionales [3].

1.5.7 Obtención de la relación energía térmica/eléctrica (Q/E)

Los requerimientos de potencia eléctrica y de energía térmica son diferentes para cada planta. En algunos lugares, se requiere poca energía en forma de calor y en cambio la mayoría del consumo de energía es en forma eléctrica, existiendo otras en las que esto es a la inversa e inclusive existen lugares en el que el consumo de ambos tipos de energía es muy similar.

Se define la relación calor/electricidad (Q/E) por la relación de las demandas máximas térmica y eléctrica y con dicho parámetro se identifican los esquemas de cogeneración cuya relación adimensional de producción de calor y electricidad se ajuste a la existente en la planta. Esta relación se puede calcular como:

$$Q/E = \frac{\text{Consumo anual de energía térmica en (kJ)}}{\text{Consumo de energía eléctrica anual (kWh)} \times 3600 \text{kJ/kWh}}$$

O en función de las demandas como:

$$Q/E = \frac{\text{Demanda máxima térmica a cubrir con el sistema en kW}}{\text{Demanda máxima eléctrica a cubrir con el sistema en kW}}$$

Es conveniente analizar de qué manera será su comportamiento para satisfacer las necesidades térmicas y eléctricas de dicho hotel bajo diferentes condiciones de operación [7]. El objetivo de la evaluación de las demandas térmica y eléctrica que ocurren en una aplicación es el de aproximar las necesidades particulares de la instalación a las características inherentes de uno o varios esquemas de cogeneración.

Los valores máximos de las mencionadas demandas definirán la capacidad del sistema que pueda satisfacerlas, ambas o a una de ellas. Por supuesto, la decisión de la satisfacción térmica o la eléctrica al 100 %, se debe basar en los análisis del comportamiento tanto termodinámico como económico[7].

En el contexto más general, la operación de las instalaciones no se manifestará en variaciones proporcionales de las demandas térmica y eléctrica, lo que podrá provocar que el esquema de cogeneración, seleccionado de acuerdo con los valores máximos de dichas demandas, se vea complicado en su arreglo y número de componentes, así como en los materiales para su interconexión.

Adicionalmente, el arreglo también se verá afectado al incluir la confiabilidad y disponibilidad que debe poseer el contemplar en términos del número y arreglo de componentes, por ejemplo, contar con dos turbinas de gas y acoplarlas a un solo recuperador de calor con objeto de garantizar la confiabilidad de generación eléctrica[7].

Obviamente, los costos del sistema, tanto por inversión inicial como por mantenimiento, se verán incrementados con respecto a los del esquema más simple que pudiera concebirse para la aplicación específica.

El análisis de las estadísticas de demanda energética definirán por lo tanto diferentes relaciones Q/E que indicarán la aplicabilidad de los esquemas seleccionados preliminarmente. Es importante destacar que la elaboración detallada de estas estadísticas dará como resultado el mejor ajuste posible del esquema, y sus características, a los requerimientos de la instalación [7].

La elaboración de las gráficas de demanda de energía vs. tiempo deben considerar lo siguiente:

-
- Perfiles mensuales
 - Perfiles diarios
 - Perfiles horarios

La propia operación de la instalación definirá el nivel de detalle con el que se deban de elaborar los perfiles mencionados. Aquellas empresas en que su operación cause que las demandas se manifiesten de manera uniforme, con altos factores de carga (tanto eléctrico como térmico), o con períodos bien definidos de entradas y salidas de operación, ya sea de parte de la instalación o su totalidad (por ejemplo operación con uno o dos turnos o ejecución de tareas específicas en determinados horarios), permitirán simplificar la elaboración de los perfiles, seccionando algunos períodos de operación típica para proceder a la elaboración de los perfiles en términos de horas y días [8].

CAPÍTULO 2. Caracterización de los principales portadores energéticos en un hotel cuatro estrellas con 240 habitaciones. Determinación de los equipos más consumidores.

Con el objetivo de ver la posibilidad de instalación de un sistema de **cogeneración** en un hotel, hay que centrarse primeramente en los tipos de energía que se consumen por lo que se debe hacer un análisis energético en dicha instalación para del estudio, sacar los parámetros fundamentales que definan la aplicación o no de un sistema de **cogeneración**[3]. Es por eso que es necesaria la caracterización de los principales portadores energéticos, argumento fundamental de este trabajo.

En este capítulo se verá la caracterización de los diferentes portadores energéticos, así como su consumo en relación con determinado parámetro de tiempo.

Para comenzar el estudio se requiere de un análisis profundo de las implicaciones de los portadores energéticos en la empresa. Mediante técnicas como el Excel se interpretará cuales son los equipos que más consumen agrupándolos de acuerdo con el tipo de prestación de servicio que realizan en el hotel.

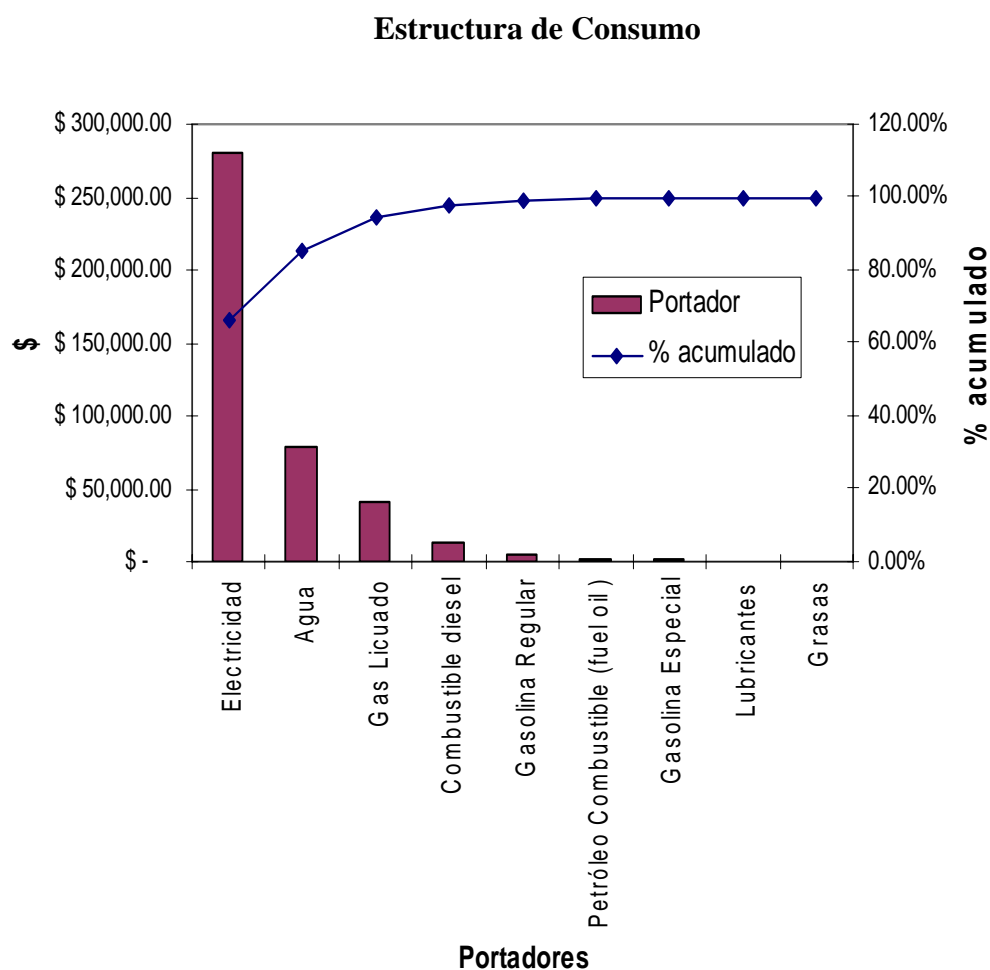
2.1 Impacto energético en los costos totales del hotel.

En los costos históricos por años del hotel, los portadores energéticos siempre han representado entre el 11 y el 15% de los gastos reales. En ejecución normalmente son los 2do de mayor importancia en la instalación, si a esto se le añade que en los portadores energéticos existe un potencial de ahorro significativo y que es el parámetro base del estudio de este trabajo; será de vital importancia un análisis por ser estos portadores energéticos recursos no renovables y de altos consumos en las actividades del hotel.

2.2 Estructura de consumo de portadores energéticos vs. costo (\$)

Según el consumo de los portadores energéticos y su implicación en los costos, mediante las técnicas de Pareto se podrá ver con claridad el comportamiento de estos en el transcurso del año 2008. Se hace necesario desglosar cuales son los portadores (incluyendo el agua) de mayor repercusión en el gasto.

Diagrama 1. Estructura de consumo de portadores energéticos vs. costo (\$)



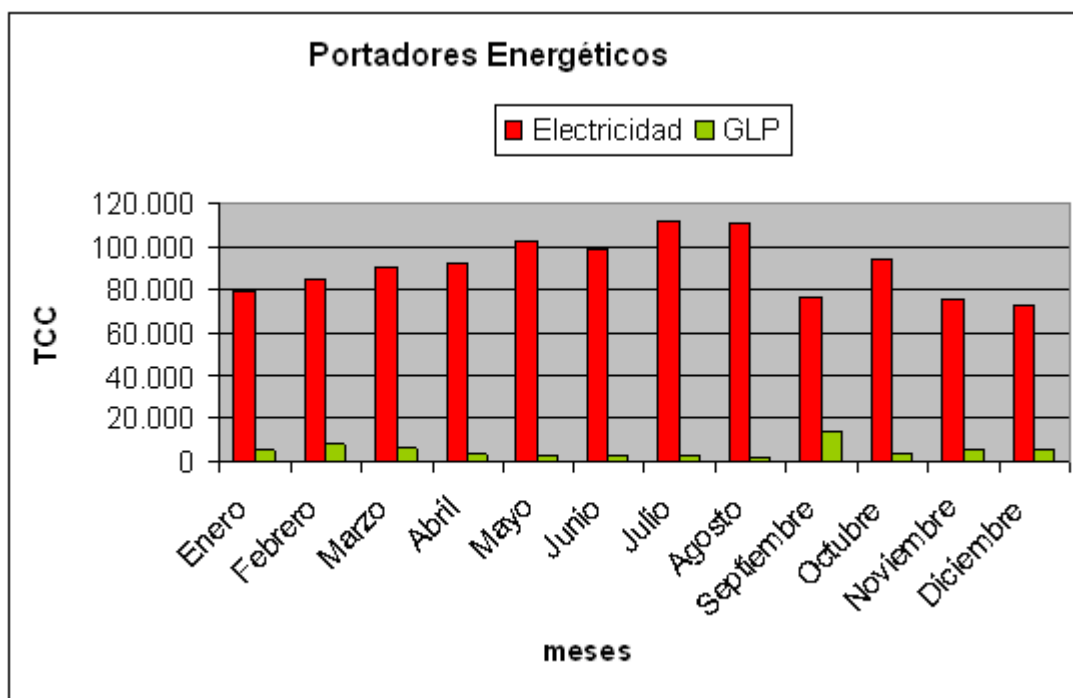
Como se puede apreciar en este diagrama, los portadores energéticos de mayor costo son la electricidad y el GLP con un % de acumulado de más del 80% del

total de portadores energéticos en el hotel, el agua es el segundo elemento de mayor costo pero no es un portador energético.

2.3 Comportamiento de los principales portadores energéticos en el año 2008

A continuación se muestra el diagrama correspondiente al consumo de electricidad y GLP, portadores energéticos expresados en toneladas de combustible convencional en el año 2008, en el que se observa la desproporcionalidad que existe entre un portador y otro dado por la cantidad de equipos que utilizan uno y otro portador.

Diagrama 2. Comportamiento de los principales portadores energéticos en el año 2008



2.4 Descripción de los principales portadores energéticos en la empresa.

El análisis del comportamiento y las tendencias para la caracterización energética se realizará por separado para cada uno de los portadores claves: electricidad y gas.

Por su uso dentro del hotel serán los portadores energéticos elementos fundamentales para analizar la posibilidad de **cogeneración** ya que estos, por su modo de uso responden a los parámetros de estos tipos de sistemas [3].

Electricidad

La energía eléctrica llega a esta instalación a través de un circuito de distribución primaria de 13.2 kV del SEN (Sistema Electro-energético nacional), el cual posee su entrada en el pedraplén situado frente a esta instalación, empleando unos interruptores. Esta entrada se extiende a través de un cable de alta tensión con una doble alimentación, la cual se realizó previendo el incremento de otro circuito de distribución. Se extiende a su vez hasta una pizarra de distribución de alimentación por alta a los transformadores [9]. Este sistema alimenta dos transformadores de 630 kVA conectados en Y-Y, que trabajan por separado, los cuales alimentan de una sección de la pizarra general de distribución (PGD) por un cable soterrado. El esquema de distribución de la misma se realiza a través de dos interruptores automáticos de 800A, los cuales a su vez poseen un enlace de barra a través de otro interruptor similar. El voltaje de suministro eléctrico en la instalación es 380/240V [9]. Los dos bancos transformadores se denominan A y B, los mismos extienden su servicio por el hotel teniendo lugares en común y que a su vez por separado como se muestra a continuación.

Tabla de distribución de las cargas para cada banco

Banco A	Banco B
Cuarto equipos de piscina	Edificios de habitaciones
Cuarto de hidromasaje	Hidroneumático
Equipos A A	Planta de tratamiento
Enfriadoras	Garita de control

Las partes del hotel que tienen el servicio de los dos en conjunto son:

- Edificio de recepción
- Cocina – Restaurante
- Snack – Bar
- Local de ama de llaves
- Taller de mantenimiento

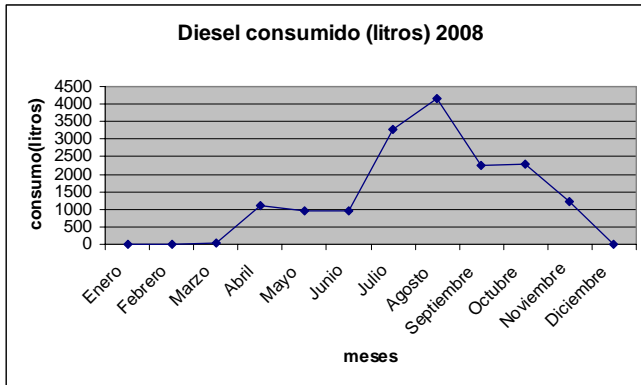
Los elementos de la PGD se encuentran en buen estado técnico, así como las protecciones electromagnéticas y térmicas de los mismos. Las características generales del sistema por proyecto son:

Tabla2 Potencias conectadas y demandas máximas por banco

	Banco A	Banco B	Total:
Potencia conect	709 kW	759 kW	1468 kW
Demanda Máx.	319kW	332kW	651kW

2.5 Grupo electrógeno.

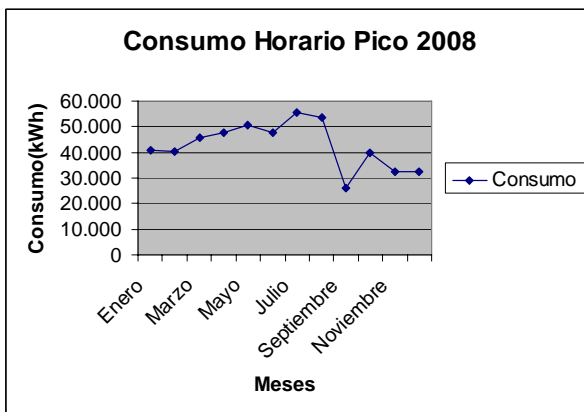
El sistema de emergencia de la instalación está conformado por dos GEE (grupo electrógeno de emergencia) de 455 kVA, con control automático que hace arrancar los grupos electrógenos al no existir fluido eléctrico por parte de la SEN (Sistema Electro-energético Nacional). El consumo específico de combustible de cada uno de los generadores es de 48 litros /hora. Utilizan diesel como combustible siendo este un portador energético pero no está entre los más demandados dentro de la empresa aunque es importante su control. En los anexos viene una tabla del consumo total de diesel en el año 2008.[9]

Diagrama del consumo de diesel de GEE en el 2008

Como se puede apreciar en el diagrama anterior, los meses en que más trabajaron las plantas electrógenas fueron los de verano.

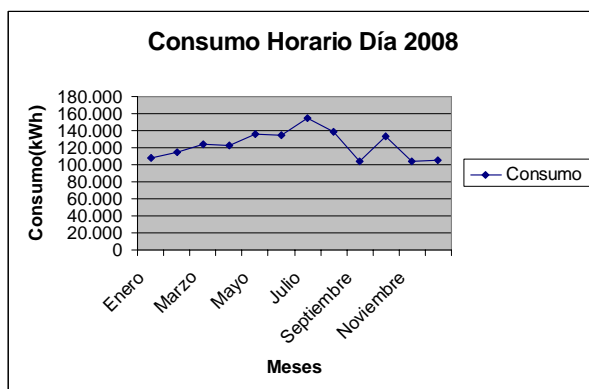
2.6 Análisis de demanda y consumo en los diferentes horarios establecidos.

Para tener un mayor control de los consumos y así tener delimitadas las diferentes partes del día, se divide en tres horarios fundamentales que son el horario pico que va de 6:00 PM a 10:00 PM, el horario día de 6:00AM a 6:00 PM y el horario madrugada de 10:00 PM a 6:00 AM. En los siguientes gráficos se muestra el comportamiento del consumo de electricidad en los diferentes horarios para cada mes en el año 2008.

Diagrama 3. Consumo de electricidad en horario Pico

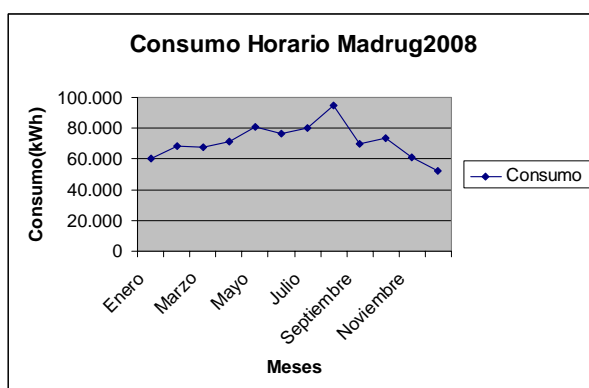
El consumo de electricidad de este año como se observa en la anterior gráfica tuvo sus mayores valores en los meses de verano teniendo como pico el mes de agosto.

Diagrama 4. Consumo de electricidad horario Día

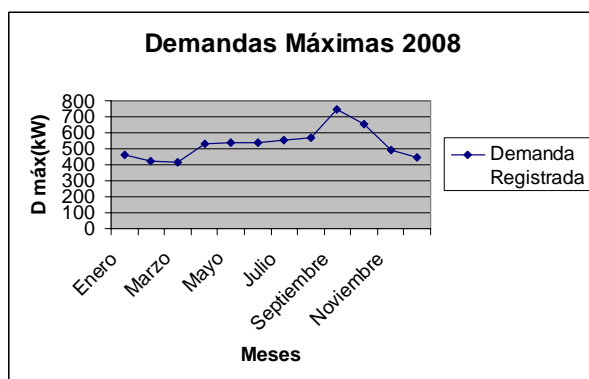


En el anterior gráfico sucede lo mismo que el primero con la incidencia del comportamiento del mes de agosto aunque con la diferencia de que este diagrama representa al horario en que más se consume en el día.

Diagrama 5. Consumo horario madrugada



En este horario es en el que produce menor consumo de los tres, ya que en este no realiza ninguna actividad que requiera de gran demanda, además en estas horas es cuando la temperatura ambiente alcanza menor valor.

Diagrama 6. Demandas máximas registradas en el año

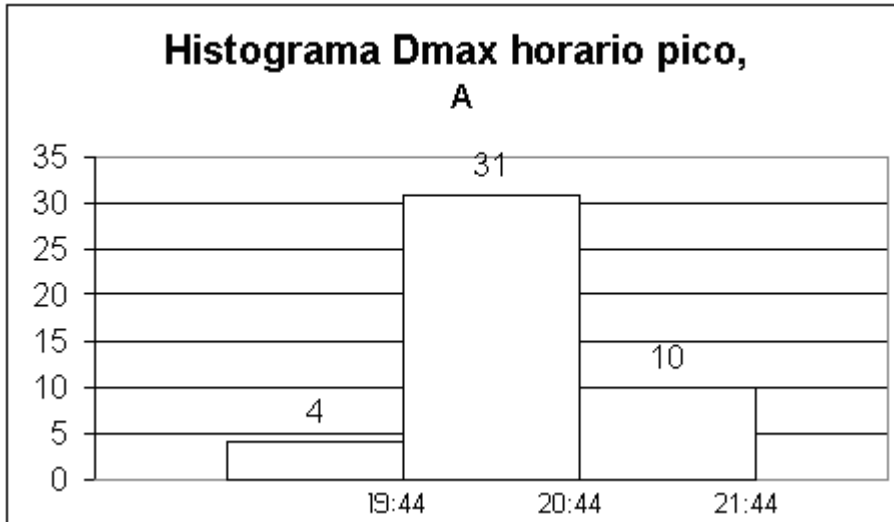
En valor de máxima demanda registrada en el 2008 fue sobre la primera quincena del mes de septiembre con un valor de más de 700 kW por lo que este valor de demanda servirá posteriormente para el estudio de la cogeneración en este hotel.

2.7 Análisis de frecuencia de las demandas eléctricas máximas en el año.

La demanda máxima es un componente de extrema importancia a tener en cuenta en el presente análisis, pues la misma presenta las situaciones a las que pudieran estar sometidas los sistemas de cogeneración siendo este aspecto fundamental para la selección de dicho sistema, lo más importante es la determinación de los horarios en los cuales se incurre con mayor frecuencia la máxima demanda, lo cual se puede apreciar en los gráficos que aparecen a continuación; el eje de las X representa la hora (hora militar) y el eje Y la frecuencia absoluta de aparición del hecho. En el mismo se consideraron todas las demandas generadas en el mes las cuales se tomaron por las lecturas.

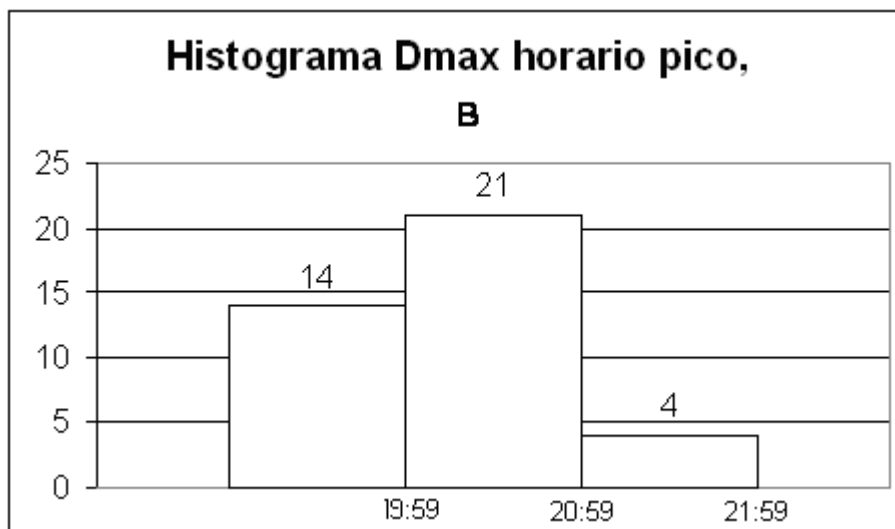
Histogramas de frecuencias de demandas máximas en horario pico y normal de ambos bancos.

Banco A



Como se puede apreciar las demandas máximas en el Banco A en el horario pico surgen desde las 19:44 hasta las 20:44 horas, siendo la moda a las 20:29 horas. Mientras en el horario normal es desde las 10:00 hasta las 14:00 horas, siendo la moda a las 14:59, 15:14, 22:14 y 22:29.

Banco B



Como se puede apreciar las demandas máximas en el Banco B en el horario pico surgen desde las 19:59 hasta las 20:59 horas, siendo la moda a las 20:14 horas, mientras en el horario normal es desde las 10:00 hasta las 14:00 horas, siendo la moda a las 12:29 y 13:29.

2.8 Horarios de frecuencias de demandas máximas en cada mes para ambos bancos transformadores.

Mes	Pico A	Normal A	Pico B	Normal B
Enero	19:59	22:14	19:59	13:59
Febrero	18:44	15:44	20:14	13:44
Marzo	19:44	10:14	20:14	15:29
Abril	19:59	11:44	20:14	14:44
Mayo	20:44	6:44	20:14	16:29
Junio	20:44	14:14	19:44	12:29
Julio	20:29	11:44	20:29	12:59
Agosto	19:59	8:59	20:19	16:29
Septiembre	20:29	13:59	20:14	22:14
Octubre	19:59	13:29	20:14	12:29
Noviembre	20:29	13:14	19:59	13:44

Nota: Los señalados en negritas representan las horas de demandas máximas más frecuentes en el mes.

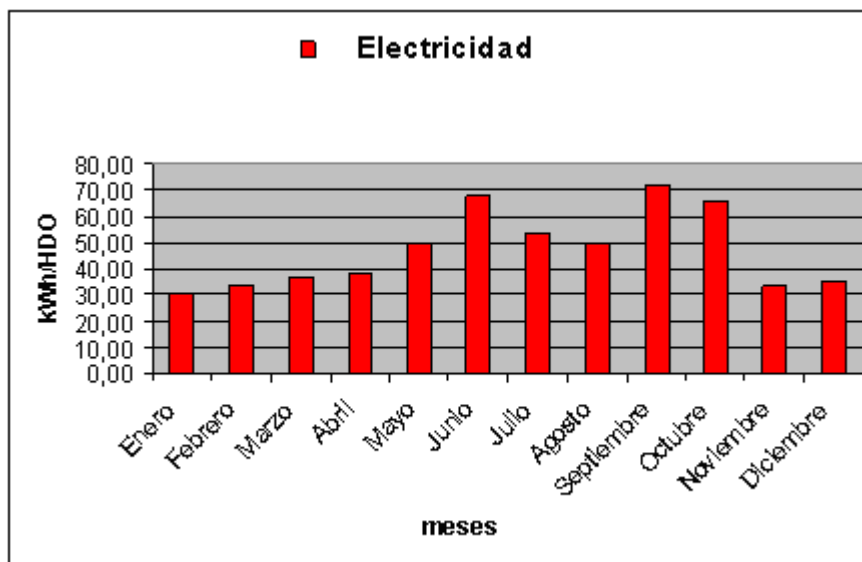
2.9 Observación para la posibilidad de cogeneración según el comportamiento de la electricidad.

El comportamiento de la electricidad en el hotel según su consumo por horario y la frecuencia en que ocurre la máxima demanda en determinado tiempo son elementos fundamentales a la hora de ver algunas de las características energéticas a las que estarían sometidas los posibles modelos de **cogeneración** [7] ya que para tener un modo de uso adecuado de la cogeneración hay que saber cuales son los principales parámetros que caracterizan la electricidad por lo que, lo analizado en los epígrafes anteriores responden a estas características.

2.10 Consumo de electricidad en función del indicador de ocupación en HDO en el año 2008

Ahora se analizará el consumo de electricidad a lo largo del 2008, utilizando como parámetro indicador, al consumo de electricidad en función de la ocupación, para de esta forma poder observar los valores máximos de consumo y demanda producto de la influencia de las HDO.

Diagrama7.



En el año 2008 los meses de mayor kWh/HDO fueron septiembre y junio como se indica en el anterior grafico.

Históricamente estos dos meses son los fundamentales en este aspecto y vienen dados estos valores por la desproporción entre el consumo y las HDO. En este grafico los meses que más bajo valor de proporción presentan son los de invierno ya que son los de mayor visita de turistas por lo que el consumo de electricidad para cada huésped con respecto a otra estación del año disminuye por lo que aumenta la demanda de la misma.

2.11 Gas licuado del petróleo (GLP)

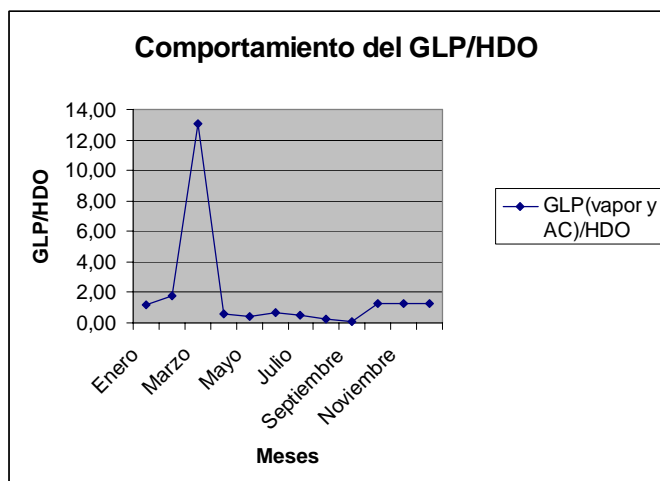
El GLP se distribuye hacia los lugares de consumo: caldera para calentar agua, cocina y snack bar, a través de una red de tuberías galvanizadas. La instalación cuenta para el almacenaje del GLP con tres balas, dos de ellas con capacidad para 5000 litros, mientras que la tercera tiene capacidad para 2500 litros.

A continuación se hará un análisis del gas en dependencia de su utilidad, donde se verá el consumo de este empleado en la producción de vapor y agua caliente y el empleado en la cocina. Estos dos tipos de utilización del gas se verán en función de la ocupación.

En el año 2008 se consumió un total de 90460 litros de GLP, de este total en producción de agua caliente y vapor el consumo fue 61183 litros siendo el 67,63% del total, mientras que el empleado en la cocina representa el 32,37%. Lo anteriormente planteado sucede de manera general en el año, aunque en las diferentes estaciones del año el empleado en producción de agua caliente y vapor varía por las condiciones climáticas en las diferentes estaciones del año, factor que puede reducir su consumo con respecto al de la cocina hasta 4% del consumo total de GLP en el 2008.

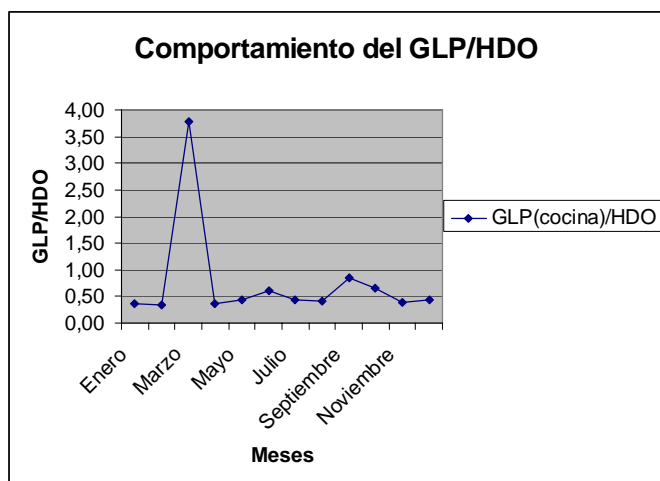
Las graficas que se muestra a continuación describen el comportamiento del GLP de las dos prestaciones de servicios con respecto a las HDO en el año de estudio.

Diagrama 8. Consumo de GLP (litros) empleado en agua caliente y vapor en función de las HDO

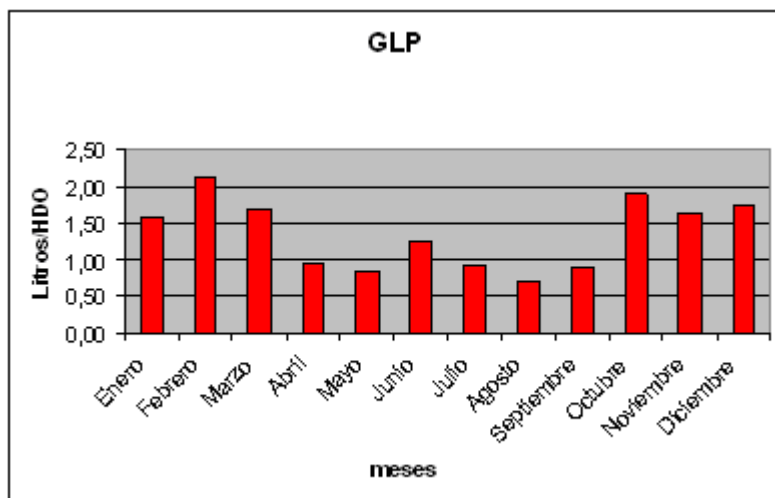


Como se puede apreciar en el diagrama, en el mes marzo ocurre un pico significativo dado a que en ese mes fue registrado el valor mas bajo de las HDO en el 2008 que fue de aproximadamente 13 litros de GLP por cada HDO.

Diagrama 9. Consumo de GLP (litros) empleado en la cocina en función de las HDO



En este diagrama también se puede apreciar la influencia de las HDO en el mes de marzo aunque en escala menor. El consumo de gas en la cocina está menos sujeto a la ocupación.

Diagrama 10. Consumo de GLP en función del indicador HDO en el año 2008

El anterior grafico muestra el comportamiento de este portador a lo largo del 2008 siendo mayor el valor de la proporción de consumo litros/HDO en los meses de febrero, marzo y octubre a causa del bajo número de HDO en correspondencia con el consumo de gas.

En la tabla que se muestra a continuación se agruparon los datos de consumo de la electricidad y el gas convertidos en TCC (toneladas de combustible convencional), para de este modo hacer y una mejor interpretación del consumo de estos principales portadores.

Tabla. Consumo de los portadores energéticos en TCC/año

Portador	U.M.	Consumo	F.Conver.	TCC/año	%	%ACUM.
Electricidad	MWh/año	2912	0.3660	1066	95.1	95.1
GLP	t/año	47.5	1.163	55	4.9	100
		2960		1121		

2.12 Variables que influyen en el consumo de energía eléctrica en el hotel.

Es importante conocer las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica en el hotel para de esa forma tratar de abatir el impacto de ellas sobre el consumo total. En países como Cuba, donde las temperaturas exteriores son elevadas y los niveles de confort son los mismos para todas las personas, algunas de las variables de mayor incidencia en el consumo de electricidad son:

El clima: Esta variable es la más importante en el consumo de energía eléctrica y en los países del trópico en ocasiones se puede consumir en una misma habitación hasta 5 veces mas energía en verano, comparándolo con el consumo de invierno. Ella esta muy relacionada en el caso cubano con la época del año donde los meses de julio, agosto son los de mayor calor del país, y meses como mayo-junio, septiembre-octubre las temperaturas promedios son inferiores debido al efecto del incremento de la lluvia y con ello ocurre un refrescamiento de las temperaturas exteriores[10].

Categoría: En función de la categoría de la instalación turística son diferentes los estándares de calidad y oferta que debe recibir el cliente. El nivel de equipamiento tecnológico no es el mismo, por ejemplo, en hoteles hasta 3 estrellas son utilizados equipos climatizadores de ventana a diferencia de los equipos centralizados utilizados en hoteles 4 y 5 estrellas y si se conoce que la carga fundamental en los hoteles es la climatización ello implicará una diferencia sustancial al analizar los indicadores de los diferentes hoteles.

Las normas de consumo para ellos son muy diferentes cuando en hoteles de hasta 3 estrellas se estima $7\text{CUC} / m^2$, en hoteles de lujo puede que llegue hasta $1600\text{CUC} / m^2$. Para construcciones pequeñas, los costos de energía de las habitaciones tienden a ser mayores, porque ellos generalmente no prestan servicios de salones de conferencias o áreas comunes. Los hoteles grandes tienden a prestar estos servicios además de salones de baile, restaurante, entre otros los cuales consumen energía como lo es en el hotel de estudio[10]

Tipo de turismo: El máximo consumo de energía de una habitación lo representa la climatización seguido por la iluminación y en ambos casos el consumo o no de la energía eléctrica depende del régimen de explotación a que es sometida, la cantidad de turistas y el tiempo de estancia en ella, costumbres y hábitos de consumo de cada turista [11].

Conociendo esto en muchos hoteles se ha implementado la estrategia de trasladar la animación al horario de mayor demanda y pico del sistema electro-energético nacional donde el precio de la energía casi se duplica al doble con el objetivo de tratar de alejar a los clientes de los lugares mayor de consumo (habitación) y desplazar el consumo de forma general [10].

Estudios preliminares[11], confirman la importancia de estos indicadores y la necesidad de obtener modelos que relacionen el consumo de energía eléctrica de las instalaciones hoteleras con indicadores de las variables anteriormente analizadas.

2.13 Influencia del clima de Cuba para sistemas de cogeneración en edificaciones hoteleras.

Para comprender este aspecto se hará una comparación entre el clima de Cuba y el de los países con experiencia en la cogeneración; que por su puesto son dos comportamientos climáticos muy distintos. Uno de ellos, es que la temperatura ambiente en Cuba [17], presenta con poca diferencia entre invierno y verano. Mientras que por otro lado, el comportamiento de la temperatura ambiental del grupo de países con más experiencia y capacidad instalada de cogeneración tiene temperaturas por debajo de cero grado en invierno y se aprecia una marcada diferencia entre invierno y verano. En la figura 3 se muestra claramente este comportamiento [17].

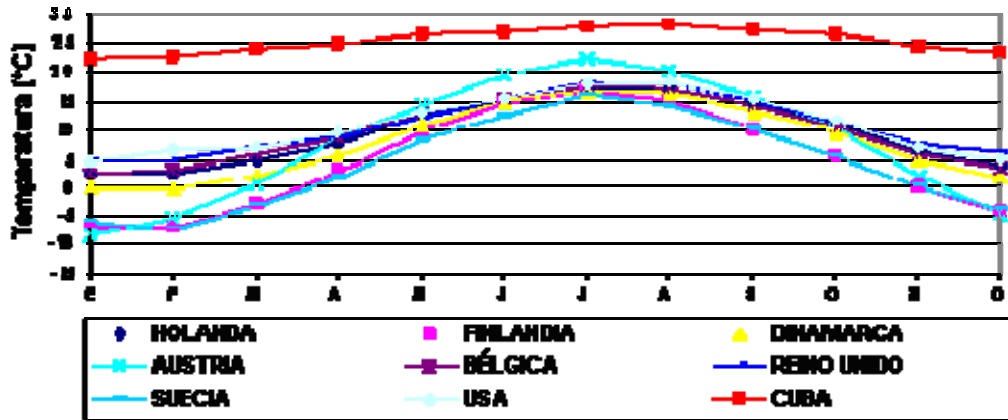


Fig.3 Comparación de temperatura ambiente entre Cuba y algunos países fríos con capacidad instalada de sistemas de cogeneración [17].

La influencia de las variables climáticas en el comportamiento de las demandas de portadores energéticos son analizados en la figura siguiente que muestra los perfiles de calor y potencia en edificaciones localizadas en cualquiera de los países con más experiencia y capacidad instalada en sistemas de cogeneración. El gráfico permite confirmar cómo durante el invierno la demanda de calor es dos y hasta tres veces superior que la demanda de potencia. También se puede verificar que la relación potencia-calor, la mayor parte del año es menor que la unidad debido a que generalmente el calor es mayor que la potencia.

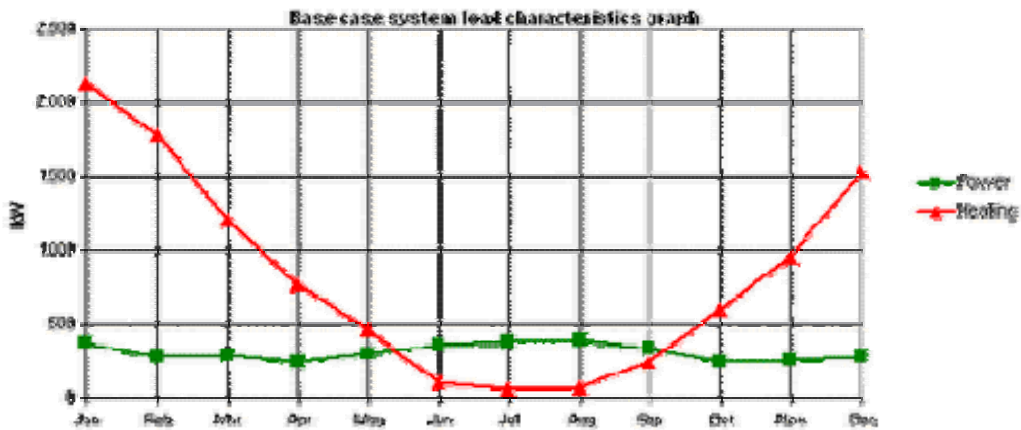


Fig. 4 Demandas típicas de potencia y calor en edificaciones localizadas en países fríos [17].

Por otro lado, el gráfico presentado en la figura 5 muestra un comportamiento típico de las demandas de calor y de potencia en un hotel cubano. Los perfiles aquí presentados son muy diferentes a los comportamientos de las demandas de potencia y calor presentados en la figura 4; para el caso de Cuba, el comportamiento típico de los perfiles de demandas de calor y potencia reflejan que existe muy poca diferencia entre los valores de las demandas en invierno y las de verano; o sea, que la influencia estacional no es tan significativa como sí ocurre en países con temperaturas invernales más bajas. Otra diferencia muy importante es que la demanda de calor es siempre menor que la demanda de potencia a lo largo de todo el año; por consiguiente, la relación potencia-calor siempre es mayor que la unidad.

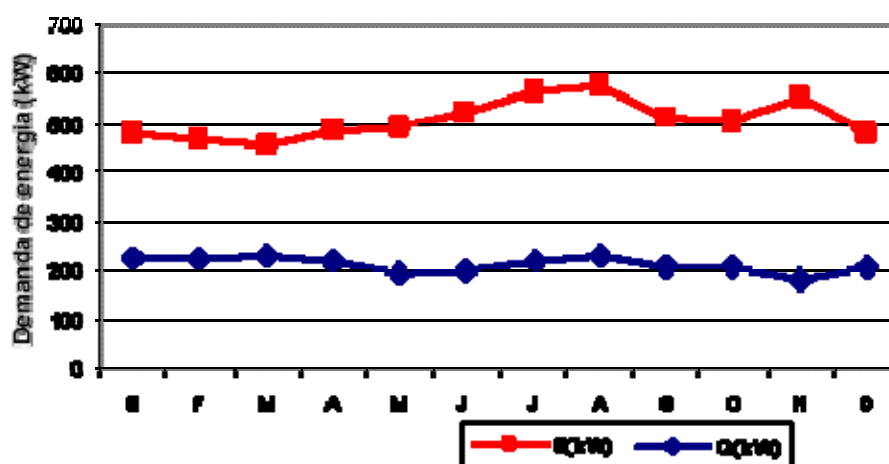


Fig. 5. Comportamiento típico de los perfiles de demandas de calor y potencia en instalaciones hoteleras del caribe [17].

La utilización de las tecnologías y el concepto de cogeneración pueden producir ahorros de energía significativos cuando ambos productos, la electricidad y el calor, se aprovechan. Cuando esto ocurre, la eficiencia global del sistema puede alcanzar un 80% o incluso más. En Cuba se han encontrado estudios que aplican fundamentalmente dos tipos de métodos de dimensionado de plantas de cogeneración. Uno de ellos usa como base para el dimensionado, **la máxima demanda de climatización** [17]. Teniendo en cuenta que las cargas de térmicas a vencer en las condiciones tropicales de Cuba son elevadas[10], aplicar el método

de dimensionado antes definido provoca que la capacidad a instalar de las plantas de cogeneración sea muy grande. Es conocido que valores altos de capacidad instalada se traducen en costos iniciales de la inversión, elevados. Otra dificultad relacionada con lo anterior es que la recuperación de la inversión se basa fundamentalmente en la venta a la red nacional de la electricidad sobrante, más que al funcionamiento óptimo del sistema [10]. Lo anterior provoca que debido a los precios actuales de venta de electricidad a la red nacional, el tiempo de recuperación de la inversión es elevado, generalmente por encima de los 12 años.

El otro método de dimensionado de plantas de cogeneración aplicado a sistemas trabajando en las condiciones cubanas de operación lo constituye el que es basado en **la demanda máxima de potencia** [17]. El problema que presenta esta aplicación es que debido a que la instalación está dimensionada de acuerdo con la demanda máxima de potencia, durante la operación los sistemas tienen que trabajar aproximadamente 44% de las horas del año con valores de carga parcial por debajo de 70% de la capacidad nominal de los equipos, lo que se traduce en un incremento del consumo específico de energía primaria, reduciendo la eficiencia global de la instalación. Dentro del hotel de estudio no es diferente por lo que para seguir buscando elementos que viabilicen la cogeneración.

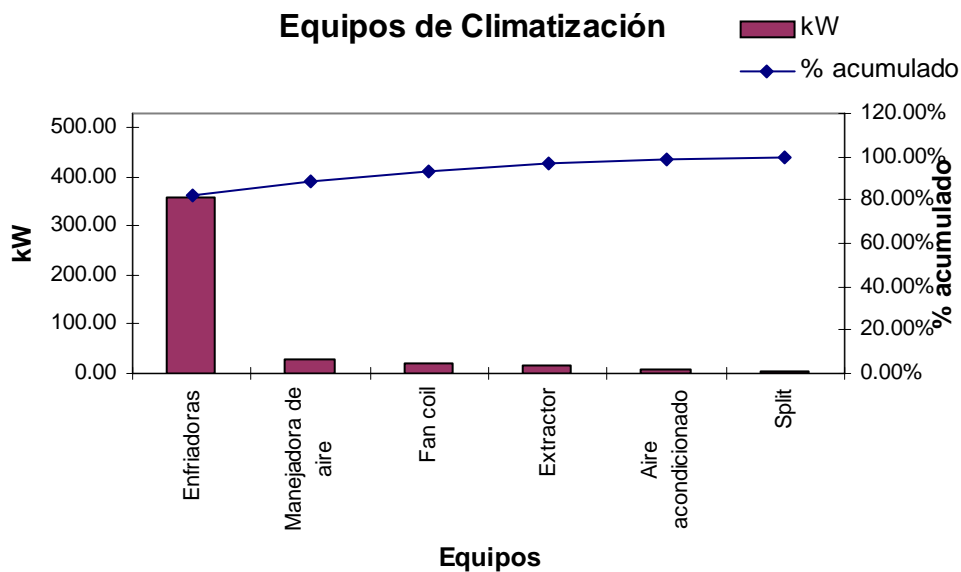
En el epígrafe que viene a continuación se hará una estratificación de los equipos consumidores de energía eléctrica dentro del hotel, siendo esta acción importante porque la determinación de las máximas potencias nos dice el camino a seguir para una mejor interpretación de parámetros de la cogeneración [3] dentro del hotel.

2.14 Determinación de los principales equipos consumidores según su carga y potencia

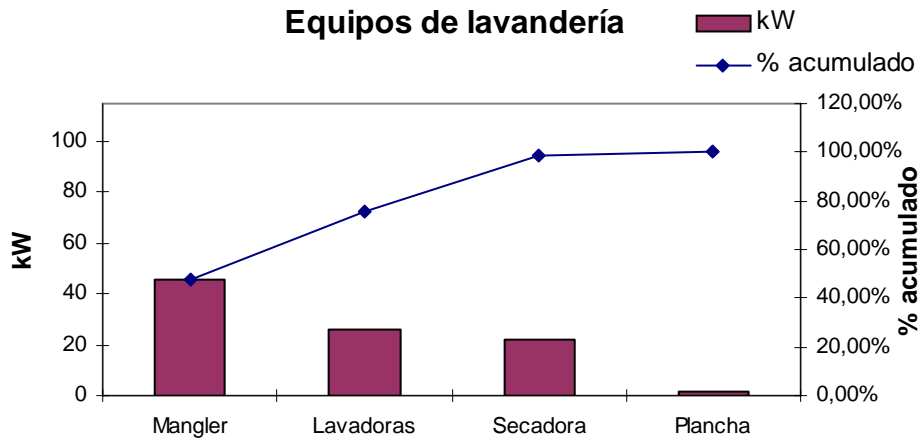
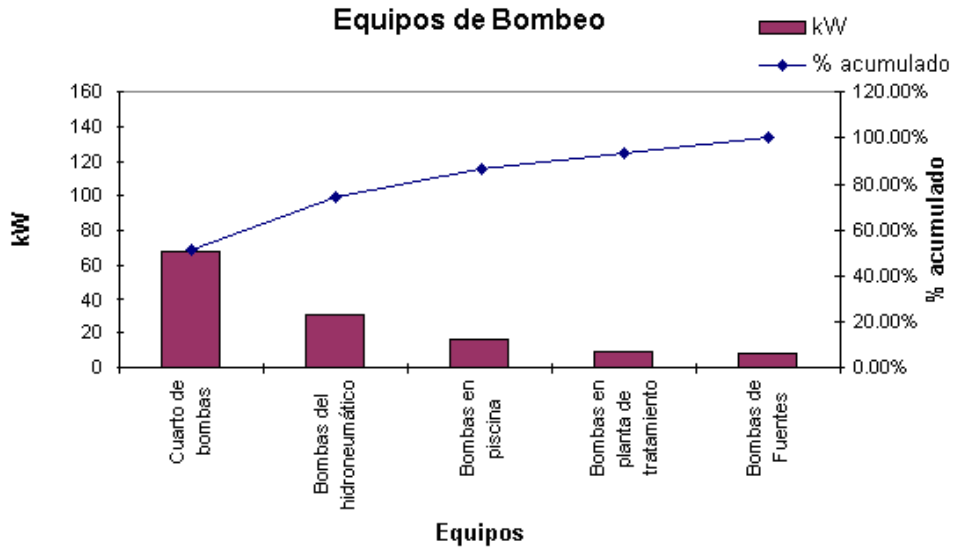
Aplicando una estratificación en el caso de la electricidad analizando las potencias nominales de los equipos y sus cantidades por ubicación se obtuvieron los siguientes resultados.

Los equipos de climatización, y los equipos de bombeo son los de mayor potencia en ese orden por lo que debe central la atención en estos, no obstante todos los demás consumidores serán analizados, pues muchos poseen potenciales de ahorro, como son: las cámaras frías y el calentador del jacuzzi. En el caso de los equipos de clima se debe señalar como principal fuente de carga las enfriadoras o chillers encargadas de la climatización en las habitaciones.

Continuando la estratificación en los grupos de cargas en los equipos de climatización se tiene que:



Como se puede apreciar dentro de los equipos de clima los más cargados son las enfriadoras con una de más de 350 kW como potencia nominal.



Como resultados los mayores consumidores por áreas son:

Clima:

- Unidades enfriadoras.

Bombeo:

- Bombas de clima y agua caliente
- Hidroneumático
- Bombeo de piscina

Lavandería:

- Mangler
- Lavadoras

Otros

- Secadoras de pelo.
- Calentador de jacuzzi
- TV a color
- Cocinas
- Fregadoras
- Hornos
- Cafetera
- Mesas caliente

De esta manera quedan definidas las principales potencias nominales dentro del hotel lo que permite central la posibilidad de cogeneración en estos equipos.

En primer lugar se tiene:

a) Unidades enfriadoras (sistemas de climatización centralizada)

Su principio de funcionamiento se basa en el bombeo de agua helada hacia los locales que se desea climatizar, en los que por medio de unidades terminales (por ejemplo, fan-coil) se logra intercambiar calor entre el aire de los locales y el agua helada. Una vez realizado el intercambio de energía, el agua retorna hacia las unidades enfriadoras siendo nuevamente enfriada y reenviada hacia los locales a climatizar. El agua helada fluye a través del evaporador del "chiller". El evaporador es un intercambiador de calor donde el agua helada desprende su calor sensible (la temperatura del agua disminuye) y se transfiere el calor al refrigerante como energía latente (el refrigerante se evapora). La unidad del sistema absorbe el calor generado por el edificio (Hotel) a través del evaporador donde circula agua fría por

un lado y refrigerante por el otro. El agua sale del evaporador aproximadamente a 7°C, y regresa a 1 2°C. Este último diferencial de temperatura, se debe a la absorción de la carga térmica del edificio [12].

Los dos chillers que se encuentran en el hotel de estudio son del tipo todo agua[12] que son los más característicos en grandes hoteles. Cada uno posee una capacidad frigorífica de 582,2 kW y cuatro compresores del tipo centrífugo. Como característica muy peculiar de estos equipos, es que poseen recuperadores de calor los que utilizan el calor de rechazo para la producción de agua caliente sanitaria; no se confunda esto con cogeneración pues esta aunque le de utilidad al calor[1], son cosas muy distintas.

*En el mundo existen diversos tipos de enfriadoras dentro de las que están las de absorción que a diferencia de las eléctricas, como las del hotel, trabajan con calor por lo que relacionar este tipo de enfriadoras con la **cogeneración [3]** sería una solución inteligente ya que para instalar un sistema de cogeneración en el hotel, analizaría la posibilidad de cambiar las enfriadoras puestas por unas de absorción.*

b) Equipos de Bombeo

La sala de bomba es la base fundamental de este grupo, junto a las demás bombas de distribución del hotel representan el segundo grupo mayor consumidor, estos equipos por su función de trabajo son los de más carga y lo hacen con un promedio de 20 horas al día en conjunto con las enfriadoras, respondiendo esto a porque son los más consumidores.

Algunos sistemas de climatización centralizada como en el caso del hotel, el abastecimiento de frío a las habitaciones no es controlado, pues las tuberías que llevan el agua helada a cada habitación no están limitadas, y esto desfavorece al hotel puesto que aunque el valor de ocupación sea muy bajo tanto las enfriadoras como las bombas estarían bajo casi los mismos regimenes de trabajo de si estuviera el hotel a la máxima capacidad de ocupación.

Como ya se mencionó uno de los aspectos fundamentales para posibilidad de cogeneración en determinado lugar es saber las fuentes de calor fundamentales, por lo que en los epígrafes que vienen a continuación nos brindan un pequeño aporte a este importante aspecto.

2.15 Determinación de las fuentes calor.

Para el cálculo del calor es necesario tener en cuenta los principales lugares que presentan la energía en forma de calor. En el cuarto de bombas es donde ocurre el proceso de calentamiento del agua de servicio.

De manera general el portador energético que se utiliza para este desempeño además de la electricidad es el gas por lo que la sustancia con la que se hará el cálculo será esta.

Primeramente se procederá a calcular el calor del agua caliente para su máxima capacidad de almacenamiento

2.15.1 Cálculo del calor del ACS.

Primeramente se procederá a calcular el calor del agua caliente para su máxima capacidad de almacenamiento en el hotel.

Se tiene que:

$$Q = m * C_p * (T_2 - T_1) [13]$$

Esta formula se aplica para calcular la energía en forma de calor que está contenida en el agua.

Q - es el calor

T_1 - temperatura ambiente del agua

m - es la masa del agua en kg

T_2 - temperatura del agua en los tanques

En el cuarto de bombas se encuentran los tanques de almacenamiento de agua caliente, estos tanques son 2 de aproximadamente $2,55 m^3$ de capacidad cada uno. Se tomará para el cálculo, la máxima capacidad de los tanques que son

$5.10 m^3$ aproximadamente, pues esta agua se encuentra en constante circulación por los conductos formando parte del circuito secundario o de consumo, mientras que en el llamado circuito primario se produce el proceso de calentamiento del agua.

Se tiene que:

$1 m^3$ es aproximadamente $1000 kg$ de agua

Datos:

$$m = 5 m^3 = 5000 kg$$

$$T_1 = 25^\circ C + 273 = 298 K$$

$$T_2 = 52^\circ C + 273 = 325 K$$

$$C_p \text{ del agua} = 4.2 kJ / kg * K$$

$$Q = 5000 kg \cdot 4.2 (kJ / kg * K) \times (325 K - 298 K).$$

$$Q = 567000 kJ = 567.0 MJ$$

Este valor del calor es el que posee el agua a $52^\circ C$ para la máxima capacidad de los tanques.

En el año 2008 el consumo promedio de agua en el hotel fue aproximadamente de $7100 m^3$ por mes, lo que por día sería $240 m^3$ y $10 m^3$ aproximados por cada hora. En el siguiente cálculo se tomará que del consumo de agua total el 25% es de agua caliente lo que sería $2.5 m^3 / h = 2500 kg / h$ como estimado.

$$Q = 2500 kg / h \times 4.2 (kJ / kg * K) \times 27 K$$

$$Q = 284000 kg / h = 78.8 kJ / s = 78.8 kW$$

Poniendo condiciones de consumo en un día 10 horas como promedio sería

$$Q = 2840000 kJ / día = 284 GJ / día$$

En 30 días

$$Q = 85\,100\,000 \text{ kJ} / \text{mes} = 85,1 \text{ GJ} / \text{mes}$$

En un año con 365 días

$$Q = 102\,0600\,000 \text{ kJ} / \text{año} = 1.02 \text{ TJ} / \text{año}$$

Este valor es un estimado, todo depende del % que representa el agua caliente del total de agua consumida y de otras condiciones.

2.15.2 Cálculo del calor proveniente del GLP

Según los gráficos anteriormente presentados se tiene que el segundo portador energético que más se consume en hotel es el GLP, su total empleo es mediante la combustión para obtener calor, su mayor aplicación es en la cocina y la caldera de calentar agua que se encuentra en el cuarto de bombas de distribución, por esto es necesario calcular este calor.

El GLP como hidrocarburo fósil posee propiedades similares a los demás hidrocarburos. Para este análisis la característica fundamental es el calor específico de combustión que se redefine como viene a continuación.

El calor específico de un combustible en la entalpía de reacción estándar referida a un kg o a un $kmol$ de combustible. La tabla 12.1 del libro de Termodinámica Técnica tomo3, contiene los calores específicos molares, con símbolo h_{RO} ($MJ / kmol$) de algunos combustibles [14].

En la determinación del calor específico de un combustible no solo es necesario tener en cuenta que los productos de la combustión tengan la misma temperatura que los reactivos sino también la fase en que éstos se encuentran [15]. En los casos en que los productos de la combustión contengan agua, ésta puede hallarse en forma de vapor. De ese modo se establece una distinción en el calor específico: la superior y la inferior [14].

El calor específico superior es el que se considera cuando los gases producto de la combustión contienen agua en fase líquida y si el agua se halla en forma de vapor el calor específico que se obtiene es el inferior[14].

h_{RO} – Calor específico molar ($MJ / kmol$)

Equipos consumidores de gas

En la cocina se tiene:

- Dos fogones de cuatro hornillas con un promedio de 10 horas diarias de trabajo.
- Tres fogones de hornilla simple con un promedio de 10 horas diarias de trabajo.
- Un sartén volteador con 8 horas diarias de trabajo.
- Un tacho con 20 horas diarias de trabajo.

En el ranchón de la playa se tiene:

Cuatro fogones con 10 horas diarias aproximadas de trabajo.

El fundamental consumidor del GLP es la caldera. Sobre este equipo es necesario decir que casi no se utilizaba ya que los recuperadores de calor de las enfriadoras hacían su función y no era necesaria su puesta en marcha. Para el presente estudio se analizará la caldera trabando como ocurre actualmente pues los recuperadores ya no tienen la eficiencia requerida para que esta funcione.

Para el siguiente cálculo se analizará la composición del GLP según el % de cada uno de los elementos que lo forman poniendo (propano 50% y un 50% butano) como referencia.

La composición del GLP es volumétrica, pero también molar se halla la masa molecular M_m del GLP que se puede expresar en **kg/kmol** [16].

$$m_{\text{propano}} = 44.097 \text{ kg / kmol [16]}$$

$$m_{\text{butano}} = 58.123 \text{ kg / kmol}$$

Como la composición escogida es 0.5 de cada elemento

$$M_m = (44.097 \text{ kg / kmol} + 58.123 \text{ kg / kmol}) \frac{1}{2} = 51.11 \text{ kg / kmol}$$

Del libro de termodinámica técnica la tabla 12.1 Pág. 20-21 aparecen valores de h_{RO} superior e inferiores de la que tomaremos el valor inferior ya que se corresponde con un el producto de la combustión en el que el agua sale en forma de vapor.

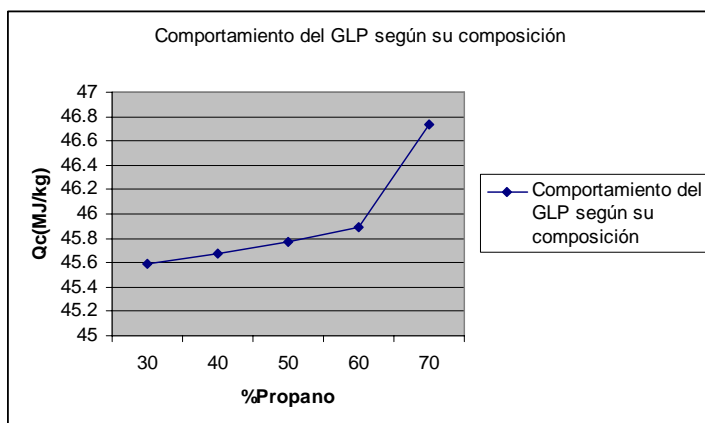
$$h_{RO(\text{propano})} = 2044.0 \text{ MJ / kmol}$$

$$h_{RO(\text{butano})} = 2637.0 \text{ MJ / kmol}$$

A continuación se muestra una tabla donde se refleja el comportamiento del potencial calorífico en dependencia de la variación del por ciento de propano y butano en la composición del GLP.

Tabla.13.2 GLP según la composición de propano y butano

GLP	%Butano	%Propano	Masa molecular (MJ / kmol)	Q_c (MJ / kg)
1	70	30	53.9	45.59
2	60	40	52.5	45.68
3	50	50	51.11	45.77
4	40	60	49.69	45.89
5	30	70	47.52	46.74

Gráfico del comportamiento del GLP según el % de propano

En esta grafica se muestra el comportamiento del calor de combustión del GLP en dependencia del % de los hidrocarburos que lo conforman, como se puede apreciar la variación es muy pequeña, aunque es importante saber que componente que mas influye en el aumento de Q_c del GLP es el propano ya que cuando aumenta su composición dentro del GLP aumenta la cantidad de MJ contenido en un kg de gas.

Según datos obtenidos en la empresa de donde proviene el gas la que pertenece a Cupet, el GLP que se consume tiene un $Q_c = 45,71 MJ / kg$ con densidad de $525 kg / m^3$ lo que sería aproximadamente $24000 MJ / m^3$

El consumo de GLP en el 2008 fue de $90500 L = 90,4 m^3$ lo que equivale a aproximadamente $2160000 MJ = 2.16 TJ$ pero el GLP se utiliza para dos cosas en el hotel, para la producción de vapor y agua caliente y para las cocinas representando el primero 67.63% del consumo total en el año por lo que teniendo en cuenta la cantidad de gas empleado en producción de agua caliente y vapor sería para ese desempeño solamente $90,4 * 0.67 = 60.65 m^3$ como valor aproximado lo que sería $1450000 MJ = 1.45 TJ$ entregado por el gas para calentar agua.

2.16 Cálculo del calor del calentador del Jacuzzi

Este calentador posee una potencia de $1.52 kW$ y trabaja por día aproximadamente 10 horas por lo que en el día consume $15.2 kWh$ aproximados

$15,2kWh = 15,2kJ / s(h) = 15,2kJ / s * (3600s/h)$, lo que sería $54000 kJ/h$ que al día sería un estimado de $540000 kJ$

Este calentador fundamentalmente trabaja en los meses de invierno por lo que en un año debe trabajar 6 meses aproximadamente.

$$\frac{540000kJ}{dia} * \frac{30dia}{mes} * \frac{6mes}{año} \text{ Lo que sería aproximadamente } 97,2 GJ \text{ al año.}$$

2.17 Cálculo de valor aproximado del calor empleado para calentar agua.

De acuerdo con los requerimientos pertinentes al estudio de viabilidad de un sistema de cogeneración como aspecto fundamental a medir en la instalación que se desee poner; la relación Q/E , es la componente definitoria, dado a que la cogeneración se basa en el aprovechamiento del calor desprendido al general la electricidad. En el hotel donde se esta haciendo el presente trabajo, para poder analizar la posibilidad de instalación de un sistema de cogeneración, hay realizar el cálculo del calor basándose fundamentalmente en la energía y equipos que se emplean en la producción de vapor y agua caliente.

Las fuentes de calor fundamental en el hotel son las enfriadoras por los recuperadores de calor que presentan, las calderas de calentar agua, el calentador del jacuzzi y las cocinas. Existen otras fuentes de calor pero por su utilización no presentan relación con un sistema de cogeneración.

Para el cálculo se tiene que:

$Q_{aguacaliente}$ - calor del agua caliente

$$Q_{aguacaliente} \approx 1,52TJ$$

A continuación se dará un valor aproximado al calor que se disipa en un año.

$Q_{general}$ - calor total del hotel

$Q_{jacuzzi}$ - calor jacuzzi

$$Q_{general} = Q_{aguacaliente} + Q_{jacuzzi}$$

$$Q_{general} = 1,52TJ + 0,0972TJ = 1,617 TJ$$

Para tener un valor más aproximado al verdadero se tendrían que tener en cuenta una serie de aspectos fundamentales como realizarle un estudio a la caldera para medir su rendimiento, se tendría que hacer un cálculo de pérdidas tanto en el proceso de calentamiento del agua (caldera y enfriadoras), como en las tuberías además tener muy bien definido las horas de trabajo de cada uno de los equipos que usan el calor para determinado proceso.

CAPÍTULO 3. Análisis de los resultados obtenidos en el estudio energético realizado en el hotel. Aspectos económicos y ambientales.

Tras el análisis energético realizado en anteriores partes de este trabajo, en este capítulo se busca la importancia que tienen los resultados obtenidos, así como su vinculación con elementos de importancia económica y medio ambiental, para de esta forma poder caracterizar también los principales portadores energéticos en lo que respecta a economía y el efecto que le causa su consumo al medio ambiente.

3.1 Indicadores de consumo de la electricidad, valoración económica e impacto ambiental (emisiones de CO₂)

Tablas de indicadores de consumo de la electricidad (anual, diario)

Tabla 3.1. Consumo y costo anual de electricidad, parámetros de tendencia [9].

Meses	Kwh	\$ eléctrica	HDO	kWh/HDO	Turistas
Enero	212392	\$21963.00	6862	30.95	12873
Febrero	227937	\$23139.55	6765	33.69	12682
Marzo	242274	\$24752.96	657	36.88	12477
Abril	246702	\$25484.88	6433	38.35	11818
Mayo	274152	\$27667.03	5603	48.93	10255
Junio	264304	\$26721.63	3912	67.56	7375
Julio	297379	\$30710.20	5544	53.64	1087
Agosto	294839	\$29681.96	5991	49.21	12014
Septiembre	204876	\$21619.31	2852	71.84	5599
Octubre	251664	\$26146.00	3823	65.83	6937
Noviembre	201839	\$20240.04	6117	33.00	10698
Diciembre	193704	\$19835.10	5554	34.88	1008
Totales	2912062	\$297961.66	66026	564.76	123678
Promedio	242672	\$24830.14	5502	44.1	10307

Tabla 3.1.1 Electricidad consumo promedio diario [9]

kWh	HDO	kWh./HDO	TCC
8089	183	44,1	3,1

3.1.1 Valoración económica de la electricidad

La tarifa eléctrica aplicada en el hotel es de más de 100 *kW* de demanda contratada. Se debe pagar 3.00 CUC mensuales por cada *kW* de demanda máxima contratada, si la demanda real supera el valor de la demanda contratada se pagará 3 veces el valor de cada *kW* pagado es decir 9.00 CUC.

Para los 3 horarios la UNE (Unión Eléctrica) establece que:

1. 0.06 CUC por cada *kWh*, consumido en el horario madrugada (22:00 hasta 6:00 horas).
2. 0.17 CUC por cada *kWh*, consumido en el horario pico (18:00 – 22:00 horas).
3. 0.095 CUC por cada *kWh*, consumido en el horario del día (06:00 – 18:00 horas) [9]

El precio promedio del *kWh* es de 0.096 CUC

Se bonificará o penalizará de acuerdo al factor de potencia siendo el criterio que:

- Entre 0.90 y 0.92 no se afecta la facturación.
- Fuera de este rango se multiplicará la facturación por 0.92/factor de potencia existente siendo bonificado para valores mayores de 0.92 y penalizado para inferiores a 0.90

El hotel presenta un factor de demanda de 0.443, un factor de potencia existente es 0.84. El consumo promedio anual de energía eléctrica es de 2900 *MWh* [9].

Como se puede observar en la tabla 3.1 el consumo anual de electricidad fue de 2, 91 *GWh* con un promedio de 44, 1 *kWh*/HDO y un total de 1065 tcc, si se tiene en cuenta los precios de la tcc de marzo del 2009 (1 tcc = 365 USD) esto equivale a 380 000 USD, mientras que en la tabla 3.2, el consumo promedio diario fue de 8,09 *MWh* con un costo aproximado de 1 100 USD.

3.1.2 Impacto medioambiental del consumo de electricidad (emisiones de CO₂)

Para saber la cantidad de toneladas de CO₂ generadas por el consumo de electricidad se debe multiplicar el consumo de tcc x 2.93, lo que quiere decir que en el año 2008 se obtuvieron un total de 3190 toneladas de CO₂, con un promedio diario de más de 8 toneladas de CO₂.

3.2 Indicadores de consumo del GLP, valoración económica e impacto ambiental.

Tabla 3.2. Consumo y costo anual del GLP (anual) [9]

Meses	toneladas	Gas(\$)	HDO	Litros/HDO	Turistas
Enero	5,63	3710,00	6862	1,56	12873
Febrero	7,52	4957,83	6765	2,12	12682
Marzo	5,98	3819,84	6570	1,68	12477
Abril	3,15	2078,60	6433	0,93	11818
Mayo	2,46	1621,70	5603	0,84	10255
Junio	2,57	1695,40	3912	1,25	7375
Julio	2,67	1764,60	5544	0,92	10870
Agosto	2,18	1444,90	5991	0,7	12014
Septiembre	1,32	872,27	2852	0,88	5599
Octubre	3,82	2519,23	3823	1,9	6937
Noviembre	5,25	3462,77	6117	1,64	10698
Diciembre	5,00	3352,39	5554	1,74	10080
Totales	47,55	31299,52	66026	16,16	123678
Promedio	7,54	2.608,29	5502	1,34	10307

Tabla 3.2. GLP consumo promedio diario en el 2008

Litros	HDO	Litros/HDO	tcc
236	183	1.34	0.14

3.2.1 Valoración económicas del GLP

El gas de esta entidad se compra en Cienfuegos. El GLP viene en dos formas diferentes: a granel y por balas de gas.

El GLP a granel tiene un precio de 0,40 CUC el litro, mientras que las balas poseen un precio de 1,03 CUC para un costo promedio aproximado de 0,70 CUC por litro. En la factura de consumo mensual es muy importante resaltar que existe un factor de calidad del gas el que puede ser variable dado por la temperatura en que se despache el gas.

El gas a 15°C el factor es 1

Menor de 15°C (1y 1.5)

Mayor de 15°C (0.95 y 1)

Esto fue en el 2008. Para el presente año según estudios realizados a la composición del GLP se determinó que el gas en estos momentos ha disminuido en su calidad por lo que su rendimiento disminuyó, mas adelante se muestra un análisis que le puede servir para ganar claridad en esto, actualmente ya se estableció un precio promedio que es de 0,30 CUC aunque puede bajar hasta 0,20 en dependencia del factor pues en la factura el factor era 1 cosa que es un error.

Como se puede observar en la tabla 3.2 el consumo anual del GLP fue de más de 90.000 litros, con un promedio de tendencia de 1,34 litros/HDO y un total de 55,30 tcc, tomando (1ton = 365 USD) sería un equivalente de 20 000 USD. Mientras que en la tabla 3.2 el consumo promedio diario fue de 236 litros o sea 0,14 tcc que equivale a 50 USD.

3.2.2 Impacto medioambiental del consumo del GLP (emisiones del CO₂)

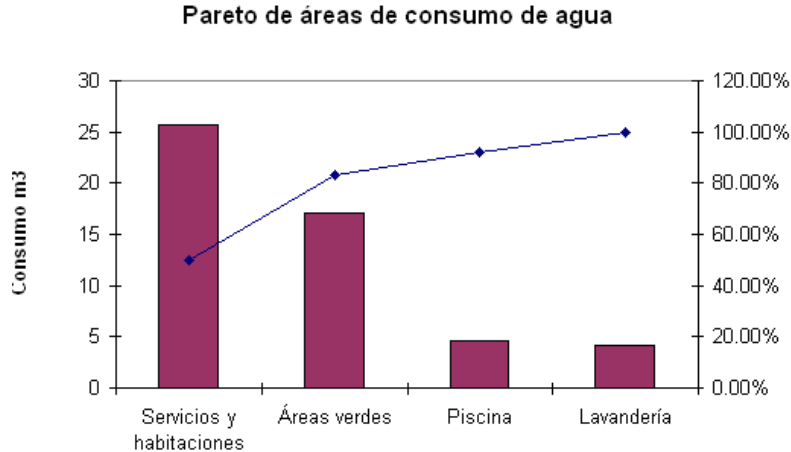
La cantidad de toneladas de CO₂ generadas por el consumo de GLP en el año fue de aproximadamente 170 unidades para un promedio diario de 1,16 ton.

3.3 Comportamiento del agua en el hotel.

El agua

El suministro de agua llega a la instalación a través de la acometida trazada por la empresa de acueducto a la península Ancón. Esta es bombeada desde la ciudad de Trinidad, a través de los pozos situados en los mangos hacia un tanque que por gravedad alimenta toda la zona costera. En la instalación existen dos acometidas, una alimenta el área de piscina y el jacuzzi, mientras que la otra abastece la cisterna de la instalación. La capacidad de almacenaje de la cisterna es de aproximadamente 1130 m³, dentro de este volumen está incluido el de reserva contra incendios para este, la cisterna tiene una subdivisión con una capacidad de 140 m³. Las piscinas del hotel poseen un volumen aproximado a los 500 m³.

El diagrama que se muestra a continuación refleja las principales áreas que consumen agua.



3.3.1 Valoración económica del agua

El ahorro de agua en la instalación es importante, ya que uso inadecuado no solo implica pérdidas financieras, sino que también le trae consecuencias al consumo de la electricidad, dado por el bombeo. El precio del agua oscila según el consumo, el valor más bajo de un m³ según las tarifas impuestas al hotel es 75 CUC, mientras que el más alto es 1.50 CUC por m³, el precio promedio del m³ es de un 1CUC.

A continuación se mostrará una tabla con determinados indicadores de consumo entre los que encuentra el gasto mensual de agua en CUC.

Tabla 3.3.1 Indicadores de consumo de agua en el año 2008

Meses	m ³	C U C	HDO	m ³ /HDO
Enero	9857	9.857,00	6.862	1,44
Febrero	6840	6.840,00	6.765	1,01
Marzo	7072	7.072,00	6.570	1,08
Abril	6591	6.591,00	6.433	1,02
Mayo	7801	7.801,00	5.603	1,39
Junio	7814	7.814,00	3.912	2
Julio	6987	6.987,00	5.544	1,26
Agosto	6205	6.205,00	5.991	1,04
Septiembre	6965	6.965,00	2.852	2,44
Octubre	6119	6.119,00	3.823	1,6
Noviembre	7377	7.377,00	6.117	1,21
Diciembre	5541	5.541,00	5.554	1
Totales	85169	85.169,00	66,026	1,29
Promedio	7.097	7.097.42	5,502	1,37

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones Generales

- En este trabajo quedaron caracterizados los principales portadores energéticos, siendo la electricidad el portador de mayor consumo en el hotel con más del 65% del total de consumo, siendo de esta manera la electricidad y el GLP los puntos de partida para un análisis de posibilidad de la cogeneración.
- Se determinó que el sistema de climatización centralizada posee los equipos que más consumen electricidad dentro del hotel, que puede estar dado tanto por su carga de trabajo y por sus potencias nominales.
- Se definieron que las máximas demandas de electricidad en el año se producen en los meses de verano, haciéndose más frecuentes en el horario pico con una frecuencia promedio diaria de 26 veces y se detectó que en el año la máxima demanda registrada fue más de 700 kW, con una demanda contratada en el hotel de 550 kW. Estas determinaciones fueron necesarias para las características energéticas a las que estaría sometida un posible sistema de cogeneración en lo respecta al comportamiento de la electricidad.
- Se determinaron principales fuentes de calor en el hotel, haciendo énfasis en el modo en que se emplea la electricidad y el GLP para la producción de ACS, haciendo un cálculo aproximado del calor en el hotel.

Recomendaciones

1. Por tener el sistema de climatización los equipos que mas consumen electricidad se recomienda profundizar en el principal aspecto que los hacen los mas consumidores, que son los grandes regimenes de carga a los que son sometidos durante todo el año.
2. Hacer un análisis del comportamiento de la energía eléctrica más profundo, pues el que se hace en el trabajo puede ser solo el principio de todo un estudio para la posibilidad de un sistema de cogeneración dando solo argumentos elementales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sánchez, J.E., *Proyecto sobre cogeneración con absorción* 2007.
2. Rodríguez, P.R., *Racionalización energética en instalaciones hoteleras: análisis para un nuevo proyecto técnico basado en la cogeneración*. 1998: p. 556.
3. Gaos, R., *Cogeneración en hoteles*. 2000: p. 5.
4. Cuellar, P., *Cogeneración en hoteles de Cuba* 2003: p. 2.
5. W.F.Stoeker, *Refrigeración y acondicionamiento de aire*. 1986.
6. Gorrín, M.S.O.C., et al. (2000) *Indicadores de eficiencia energética en hoteles turísticos en Cuba*. **Volume**, 6
7. Sánchez, O.A., *Manual para instalaciones de cogeneración* 1999. **2**: p. 26.
8. CONAE, *manual para instalaciones de cogeneración* 1999.
9. Marín, E. (2007) *Sistema de Gestión total eficiente de la energía*. PAPE **Volume**,
10. Gorrín (2005) *Incidencias de los consumos energéticos y los costos energéticos de cada uno de los portadores usados en la industria turística*. . **Volume**,
11. Magan, A.H. (2004) *Instalación de planta poligeneración en un hotel*. **Volume**,
12. Fernández, D.G., *Sistema centralizado de climatización por agua helada*. 2008.
13. Faires, V.M., *Termodinámica*. 1986.
14. Emilio Fernández Conde, D., *Termodinámica Técnica*. Vol. 3. 1994. 247.
15. Salalizarraga, *Termodinámica de fluidos y el métodos de análisis* 1987, Bilbao.
16. Perry, *Chemical Engineering Handbook*. Vol. 1. 1987.
17. Rebollar, J.V., *Consideraciones preliminares acerca de los sistemas de cogeneración para instalaciones hoteleras en condiciones cubanas de operación*

ANEXOS

Anexo I Tablas elaboradas en Excel

Tabla. 1 del control de diesel de GEE en el 2008

Meses	Consumido Generación Orientada	Recibido Generación Orientada	Consumido Interrupciones	Recibido Interrupciones
Inicio del año		1965		1678
Enero	832	0	0	0
Febrero	668	832	0	0
Marzo	254	668	42	5000
Abril	179	254	1107	0
Mayo	434	179	943	0
Junio	645	434	953	0
Julio	1338	645	3298	0
Agosto	565	3296	4157	0
Septiembre	1270	654	2264	22050
Octubre	3018	5871	2279	0
Noviembre	4812	3322	1223	0
Diciembre				
Totales:	14015	18120	16266	28728

Tabla2 Equipos según su potencia

	kW	% del total	% acumulado
Equipos de Climatización	437.76	0.32	0.32
Otras cargas	377.60	0.28	0.60
Equipos de Servicio	201.61	0.15	0.75
Equipos de bombeo	131.65	0.10	0.85
Equipos de lavandería	95.20	0.06	0.91
Iluminación	93.92	0.06	0.97
Cámaras frías	24.00	0.02	0.99
Equipos de oficinas	9.04	0.01	1
Total kW	1370.78		

Tabla3

Consumo total del 2008 en las diferentes horarios del día						
Meses	kWhpico	kWhdía	kWhmadrug	D máx contratada(kW)	fp	D máx registrada(kW)
Enero	40,997	107,395	60,447	550.00	0.955	458
Febrero	40,315	114,741	68,088	550.00	0.955	426
Marzo	45,623	124,028	67,343	550.00	0.955	418
Abril	47,939	122,128	71,316	550.00	0.955	533
Mayo	50,504	136,562	80,968	550.00	0.955	536
Junio	47,488	134,375	76,653	550.00	0.955	535
Julio	55,622	155,019	79,947	550.00	0.935	556
Agosto	53,608	139,142	95,180	550.00	0.945	569
Septiembre	26,305	104,615	69,553	550.00	0.955	748
Octubre	39,812	133,136	73,183	550.00	0.955	655
Noviembre	32,375	104,032	61,157	550.00	0.970	492
Diciembre	32,666	104,923	51,979	550.00	0.970	444
Total	513,254	1,480,096	855,814	550.00		
Promedio					0.958	530.83

Tabla.4

% que representa cada horario para el consumo total del 2008			
Horario	Consumo	%	% acumulado
Pico	513,254	25.09	25.09
Día	1,480,096	72.36	97.46
Madrugada	51,979	2.54	100.00
Total	2,045,329		

Tabla5

Consumo total del 2009 en las diferentes horarios del día hasta la fecha						
Meses	kWhpico	kWhdía	kWhmadrug	D máx contratada(kW)	fp	D máx registrada(kW)
Enero	27,807	95,910	58,422	550	0.97	509
Febrero	35,650	100,466	50,835	550	0.97	475
Marzo	39,760	104,407	60,845	550	0.96	566
Abril	38,603	101,186	63,146	550	0.96	715
Mayo	33,199	88,001	49,259	550	0.94	507
Junio				550		

Tabla7

Consumo del GLP en el 2008 según designación para la prestación de servicio(Litros)					
Meses	GLP (Vapor y AC)	GLP(Cocina)	GLP total	% GLP(Vapor y AC)	% GLP(Cocina)
Enero	8,244	2,480	10,724	76.87	23.13
Febrero	12,009	2,320	14,329	83.81	16.19
Marzo	8,560	2,480	11,040	77.54	22.46
Abril	3,608	2,400	6,008	60.05	39.95
Mayo	2,207	2,480	4,687	47.09	52.91
Junio	2,500	2,400	4,900	51.02	48.98
Julio	2,620	2,480	5,100	51.37	48.63
Agosto	1,696	2,480	4,176	40.61	59.39
Septiembre	121	2,400	2521	4.80	95.20
Octubre	4,801	2,480	7,281	65.94	34.06
Noviembre	7,608	2,400	10,008	76.02	23.98
Diciembre	7,209	2,480	9,689	74.40	25.60
Total	61,183	29,280	90,463	67.63	32.37
Promedio	5,098.58	2,440	7,538.58		

Tabla8

Consumo de GLP 2009(litros)					
Meses	GLP (Vapor y AC)	GLP(Cocina)	GLP total	GLP(Vapor y AC)/HDO	GLP(Cocina)/HDO
Enero	6,037	2,400	8,437	0.92	0.37
Febrero	7,720	2,240	9,960	1.27	0.37
Marzo	6,656	2,480	9,136	1.00	0.37
Abril	4,643	2,400	7,043	0.73	0.38
Mayo	3,121	2,480	5,601	0.71	0.56
Total	28,177	12,000	40,177		

Anexo II

Datos para obtención de la composición del GLP según la composición seleccionada.

GLP1 (70butano, 30propano)

$$M_m = 53.906 \text{ kg / kmol}$$

$$Q_{C(m)} = 2457.7 \text{ MJ / kmol}$$

$$Q_{C(GLP1)} = 45.49 \text{ MJ / kg}$$

GLP2 (60butano, 40propano)

$$M_m = 52.5 \text{ kg / kmol}$$

$$Q_{C(m)} = 2398.9 \text{ MJ / kmol}$$

$$Q_{C(GLP2)} = 45.68 \text{ MJ / kg}$$

GLP3 (50butano, 50propano)

$$M_m = 51.11 \text{ kg / kmol}$$

$$Q_{C(m)} = 2339.5 \text{ MJ / kmol}$$

$$Q_{C(GLP3)} = 45.77 \text{ MJ / kg}$$

GLP4 (40butano, 60propano)

$$M_m = 49.69 \text{ kg / kmol}$$

$$Q_{C(m)} = 2280.4 \text{ MJ / kmol}$$

$$Q_{C(GLP4)} = 45.89 \text{ MJ / kg}$$

GLP5 (30butano, 70propano)

$$M_m = 47.5229 \text{ kg / kmol}$$

$$Q_{C(m)} = 2221.9 \text{ MJ / kmol}$$

$$Q_{C(GLP1)} = 46.74 \text{ MJ / kg}$$