



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

**TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**Análisis técnico y financiero de las opciones de aprovechamiento de
ERNC en la provisión de ACS al hotel Howard Johnson en la ciudad de
Loja.**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTORES: Castillo Maldonado, Carlos Humberto.
Feijo Pineda, Bolívar Guillermo.

DIRECTOR: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis, Ing.

LOJA – ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: "Análisis técnico y financiero de las opciones de aprovechamiento de ERNC en la provisión de ACS al hotel Howard Johnson en la ciudad de Loja" realizado por Castillo Maldonado Carlos Humberto y Feijo Pineda Bolívar Guillermo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Septiembre de 2014

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros, Castillo Maldonado Carlos Humberto y Feijo Pineda Bolívar Guillermo, declaramos ser los autores del presente trabajo de fin de Titulación: “Análisis técnico y financiero de las opciones de aprovechamiento de ERNC en la provisión de ACS al hotel Howard Johnson en la ciudad de Loja.”, de la Titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo Jorge Luis Jaramillo Pacheco, Ing. Director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Castillo Maldonado Carlos Humberto

Cédula 1104677792

f.....

Autor: Feijo Pineda Bolívar Guillermo

Cédula 1104391915

DEDICATORIA

A Dios, por ser quien guía mi camino, a mis queridos Padres, Carlos e Inés, por su amor incondicional y por darme esta maravillosa oportunidad, a mis hermanas, Ángela y Cecilia, a mi querida Abuelita Angélica, cuya partida me partió el corazón, pero sé, que desde el cielo me bendice, a mi Tía Gloria, por el apoyo que me brindó durante la carrera.

A mis amigos, en especial a Jorge (Canito), Bolívar (Bolo), Eduardo (Shinshulin), Carlos (Fleitas), Leonardo (Dannyboy), Giovana y Eva, con los que compartí gratos momentos dentro y fuera de clases.

A mis Profesores de la escuela, de mí querido colegio y de la universidad, por educarme e incentivar me en mis estudios y por enseñarme que a través del estudio la persona se desarrolla integralmente y aporta significativamente a la sociedad.

Y por último a aquellas personas, que con su don de gente contribuyeron a que este gran momento llegara.

Carlos

A Flor María mi madre, el pilar fundamental en el transcurso de mis estudios, porque ha sido, es y será padre y madre para mis hermanos y yo, además por su incansable paciencia y apoyo incondicional, por su constante sacrificio con el único propósito de hacer de sus hijos personas de bien y muy buenos profesionales.

A mis hermanos, Rocío, Roberth, Karina y Ángel, por su constante apoyo para lograr uno de mis objetivos como el de haber conseguido mi profesión, porque junto a mi madre nunca descuidaron el transcurso de mis estudios.

A mis amigos y compañeros con quienes forme el grupo de estudio, de buenos y malos momentos, de sacrificios, de fiestas, y mucho más....

Bolívar

AGRADECIMIENTO

Queremos hacer uso de este espacio para reconocer con un profundo agradecimiento a todas aquellas personas que aportaron para hacer posible que la titulación en esta ingeniería haya llegado a su culminación exitosa, entre las cuales están familiares, autoridades de la carrera, docentes, compañeros y demás personas involucradas en el transcurso de la titulación.

Así mismo agradecemos a las autoridades y personal de mantenimiento del hotel Howard Johnson Loja, por su excelente colaboración durante el desarrollo del trabajo de fin de titulación.

Agradecemos principalmente, al Ing. Jorge Luis Jaramillo, por haber creído en nuestras aptitudes, y habernos dado la oportunidad de realizar el presente trabajo de fin de titulación bajo su dirección. Su sabiduría, su interés, su orientación, su paciencia y su actitud, que han sido las principales cualidades con las que nos colaboró en el desarrollo del presente trabajo que se ha podido culminar de manera alígera y exitosa.

A todos aquellos, realmente muchas gracias.

Carlos y Bolívar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS	xi
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS	4
CAPÍTULO 1.....	5
1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DEMANDANTES DE ENERGÍA EN EL HOTEL HOWARD JOHNSON LOJA, QUE PODRÁN SER CUBIERTOS POR FUENTES DE ERNC	5
1.1. Introducción	6
1.2. Metodología de trabajo propuesta.....	6
1.3. Identificación de los procesos demandantes de energía	7
1.3.1. Provisión de agua caliente sanitaria.	8
1.3.1.1. Provisión de ACS para la zona húmeda y piscina.....	8
1.3.1.2. Provisión de ACS a las habitaciones	8
1.3.1.3. Provisión de ACS en área de lavado y planchado, y, cocina.....	9
1.3.2. Provisión de Iluminación.....	10
CAPÍTULO 2.....	12
2. ESTADO ACTUAL DE LA PROVISION DE AGUA CALIENTE SANITARIA A LAS HABITACIONES DEL HOTEL HJ LOJA	12
2.1. Introducción	13
2.2. Estado actual de la provisión de ACS a las habitaciones	13
2.2.1. Generalidades.....	13
2.2.2. Funcionamiento del sistema de provisión de ACS.....	14
CAPÍTULO 3.....	19
3. ESTADO ACTUAL DE LA PROVISION DE AGUA CALIENTE SANITARIA AL ÁREA HUMEDA Y PISCINA DEL HOTEL.....	19

3.1. Introducción	20
3.2. Estado actual de la provisión de ACS a la zona húmeda y piscina.....	20
3.2.1. Etapas en la recopilación de información	20
3.2.2.....Requerimientos fundamentales de operación en sistemas de provisión de ACS	20
3.2.3. Esquema de provisión de ACS a la piscina.	21
3.2.4. Esquema de provisión de ACS al jacuzzi.	23
3.2.5. Esquema de provisión de ACS al Turco	24
3.2.6. Equipos utilizados para la provisión de ACS a la piscina.....	24
3.2.7. Equipos utilizados para la provisión de ACS al jacuzzi	26
3.3. Una aproximación al consumo de gas en la provisión de ACS.....	27
CAPÍTULO 4.....	29
4. ESTADO ACTUAL DE LA PROVISION DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALOR A LA LAVANDERIA Y COCINA DEL HOTEL HJ LOJA.....	29
4.1. Introducción	30
4.2. Estado actual del sistema	30
4.2.1. Etapas en la recopilación de información.	31
4.2.2. Provisión de ACS y calor.....	31
CAPÍTULO 5.....	33
5. ANÁLISIS DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA A LAS DISTINTAS ÁREAS DEL HOTEL HJ LOJA UTILIZANDO ERNC.....	33
5.1. Introducción	34
5.2. Generalidades de los colectores solares.....	34
5.2.1. Colectores Solares.	34
5.2.2. Transmisión de calor.	34
5.2.3. Colectores disponibles en el mercado.	35
5.3. Tipologías en las instalaciones de colectores solares	40
5.3.1. Tipologías de uso del fluido caloportador.	40
5.3.2. Tipologías de circulación del fluido.....	41
5.4. Análisis de las tecnologías disponibles desde el punto de vista de su aplicabilidad para la provisión de ACS al hotel HJ Loja.....	43
CAPÍTULO 6.....	45

6. EVALUACIÓN DE LA PERTINENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA UTILIZACIÓN DE SOLUCIONES OFERTADAS POR PROVEEDORES LOCALES PARA LA PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN DISTINTAS ÁREAS DEL HOTEL HJ LOJA.....	45
6.1. Introducción	46
6.2. Evaluación de ofertas presentadas para provisión de ACS en el área de habitaciones del hotel	46
6.2.1. Sobre los oferentes.	46
6.2.2. Características técnicas de la oferta presentada.	46
6.2.3. Pertinencia de la oferta presentada.	50
6.3. Evaluación de las ofertas presentadas para provisión de ACS en la zona húmeda y piscina	51
6.3.1. Características técnicas de la oferta presentada.	51
6.3.2. Pertinencia de la oferta presentada.	52
6.4. Evaluación de la oferta presentada para provisión de ACS en el área de lavandería	53
6.4.1. Características técnicas de la oferta presentada.	53
6.4.2. Pertinencia de la oferta presentada.....	54
6.5. Evaluación financiera preliminar de las propuestas presentadas	55
6.5.1. Provisión de ACS a las habitaciones del hotel.....	55
6.5.2. Provisión de ACS a la zona húmeda y piscina del hotel.	56
6.5.3. Provisión de ACS a la lavandería del hotel.....	58
CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS	63
ANEXO 1. ANÁLISIS TÉCNICO Y FINANCIERO DE LAS OPCIONES DE APROVECHAMIENTO DE ERNC PARA LA PROVISIÓN DE ACS AL HOTEL HOWARD JOHNSON DE LA CIUDAD DE LOJA.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Metodología de trabajo propuesta para abordar el requerimiento.	6
Figura 1.2. Procesos demandantes de energía que pueden ser provisionados por ERNC. ...	7
Figura 1.3. Requerimientos de operación para la provisión de energía para iluminación.	10
Figura 2.1. Esquema general de provisión de ACS a las habitaciones.	14
Figura 2.2. Registro de las características técnicas de tanques hidroneumáticos del sistema.	15
Figura 2.3. Registro de las características técnicas del termo-tanque.	15
Figura 2.4. Registro de las características técnicas de las bombas de recirculación de ACS.	16
Figura 2.5. Bombona central de GLP.	17
Figura 2.6. Medidor de consumo de GLP en la provisión de ACS a las habitaciones del hotel.	17
Figura 2.7. Consumo de GLP en la provisión de ACS a las habitaciones, en febrero 2014.	17
Figura 2.8. Tubería CPVC instalada para transporte de ACS a las habitaciones.	18
Figura 3.1. Esquema del sistema de provisión de ACS la piscina.	21
Figura 3.2. Vista de planta de la piscina.	22
Figura 3.3. Corte de sección del jacuzzi.	23
Figura 3.4. Esquema del sistema de provisión de ACS al turco.	24
Figura 3.5. Vista general del calentador STA-RITE SR400LP.	25
Figura 3.6. Vista general de la bomba Dynamo 1.5 HP SPL.	25
Figura 3.7. Vista general del clorador salino IntelliChlor IC40.	26
Figura 3.8. Vista general del calentador MiniMax 100.	27
Figura 3.9. Vista general de una bomba centrífuga modelo JWP5DL-2A.	27
Figura 4.1 Esquema del sistema de provisión de ACS del HJ LOJA.	30
Figura 4.2. Secuencia propuesta para la recopilación de información.	31
Figura 4.3 Procesos demandantes de energía en la lavandería y cocina del hotel.	31
Figura 5.1. Esquema de un colector de placa plana con cubierta.	35
Figura 5.2. Foto de un colector de placa plana con cubierta.	36
Figura 5.3. Foto de colectores de placa plana sin cubierta.	37
Figura 5.4. Esquema del sistema de calentamiento de la piscina con colector de placa plana sin cubierta. 1 – colector, 2 – filtro, 3 – bomba, 4 – piscina, 5 – llave de bypass.	37
Figura 5.5. Esquema de captación de radiación solar en un sistema de CPC.	38
Figura 5.6. Esquema colector de tubos de vacío de flujo directo.	38
Figura 5.7. Esquema de funcionamiento del tubo de calor.	39
Figura 5.8. Foto colector solar de tubo de vacío tipo heat pipe.	39
Figura 5.9. Esquema de funcionamiento del sistema de circulación natural o termosifón. ...	42
Figura 5.10. Esquema de funcionamiento del sistema de circulación forzada. 1 – colector, 2 – acumulador, 3 – bomba de circulación, 4 – control de temperatura.	43
Figura 6.1. Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área de habitaciones del hotel HJ Loja.	47
Figura 6.2. Esquema de ubicación de los colectores solares a instalar en la terraza, para proveer de ACS a todas las zonas del hotel.	48
Figura 6.3. Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área húmeda y piscina del hotel HJ Loja.	52

Figura 6.4. Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área de lavandería del hotel HJ Loja.....	54
Figura 6.5. Amortización de la inversión requerida para provisión de ACS al área de habitaciones.	56
Figura 6.6. Amortización de la inversión requerida para provisión de ACS al área húmeda y piscina.	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Parámetros preliminares de operación de la zona húmeda y piscina.	8
Tabla 1.2. Parámetros preliminares de operación de las habitaciones.	9
Tabla 1.3. Parámetros preliminares de operación en el área de lavado y planchado	9
Tabla 1.4. Parámetros preliminares de operación de la cocina.	9
Tabla 2.1. Parámetros de consumo ACS en las habitaciones del hotel.	13
Tabla 2.2. Características técnicas de los tanques hidroneumáticos.	15
Tabla 2.3. Características técnicas del termo-tanque.	16
Tabla 2.4. Características técnicas de las bombas centrifugas.	16
Tabla 3.1. Datos técnicos de los equipos utilizados en la piscina.	24
Tabla 3.2. Datos técnicos de los equipos utilizados en el jacuzzi.	26
Tabla 3.3. Aproximación del consumo de GLP, para el mes de febrero de 2014.	28
Tabla 4.1. Parámetros de operación en el área de lavado y planchado. Características técnicas de los componentes en el bloque de control.	32
Tabla 4.2. Parámetros de operación de la cocina.	32
Tabla 4.3. Características del termo-tanque.	32
Tabla 4.4. Equipos del área de lavandería.	32
Tabla 5.1. Ventajas y desventajas en los colectores de placa plana	36
Tabla 5.2. Ventajas y desventajas en colectores de tubos de vacío.	40
Tabla 5.3. Ventajas y desventajas de la tipología circuito abierto para instalaciones de colectores solares.	41
Tabla 5.4. Ventajas y desventajas de la tipología de circuito cerrado para instalaciones de colectores solares.	41
Tabla 5.5. Ventajas y desventajas de la tipología de circulación natural o termosifón.	42
Tabla 5.6. Ventajas y desventajas de la tipología de circulación forzada.	43
Tabla 5.7. Parámetros Característicos de los distintos tipos de colectores.	44
Tabla 6.1. Características técnicas de los colectores solares HUCU 18844.	48
Tabla 6.2. Características técnicas del tanque de acumulación HUCUSON 1000.	49
Tabla 6.3. Características técnicas de la central de bombeo.	49
Tabla 6.4. Características técnicas de la centralita de regulación TITAN PTC1000.	50
Tabla 6.5. Parámetros de consumo ACS en las habitaciones del hotel.	50
Tabla 6.6. Parámetros referenciales para la provisión de ACS en un hotel 5 estrellas, de acuerdo a la norma NEC 2011.	50
Tabla 6.7. Parámetros para la provisión de ACS en el área húmeda y piscina.	53
Tabla 6.8. Requerimientos de temperatura del agua en la zona de lavandería del hotel.	54
Tabla 6.9. Consumo diario de GLP para provisión de ACS a las habitaciones del hotel.	55
Tabla 6.10. Consumo diario de GLP para provisión de ACS al área húmeda y piscina.	57

RESUMEN EJECUTIVO

Se analiza técnica y financieramente las opciones de aprovechamiento de energía renovable no convencional (ERNC) para la provisión de agua caliente sanitaria (ACS) al hotel Howard Johnson de la ciudad de Loja. Se parte de la identificación de procesos demandantes de energía, se establece la línea base de la provisión actual de ACS a las habitaciones, zona húmeda y piscina, y, lavandería del hotel; se identifica las potenciales opciones de aprovechamiento de ERNC para suplir la demanda establecida; y, se describe la pertinencia técnica y financiera de las propuestas tecnológicas presentadas por proveedores locales.

PALABRAS CLAVES: energía, energía renovable no convencional, provisión de ACS.

ABSTRACT

Is analyzed the technical and financial options of unconventional renewable energy ERNC for providing hot water ACS to Howard Johnson hotel of Loja city. It start with the identification of energy applicants processes, the baseline of present ACS supply to rooms, pool and laundry is established; is identified the potential ERNC efficiency options to meet the established demand; and, is described the technical and financial relevance of technological proposals submitted by local suppliers.

KEYWORDS: energy, non-conventional renewable energy, provision of domestic hot water.

INTRODUCCIÓN

La utilización de fuentes de energía renovable no convencional ERNC es un campo emergente, de gran impacto en las más diversas actividades económicas, sin excluir la actividad turística.

La utilización de ERNC no sólo permite proveer de energía de bajo costo, sino que también reduce la emisión de gases de efecto invernadero, y, contribuye a conservar el entorno natural en general.

En este contexto, desde el grupo de apoyo a la gerencia del Hotel Howard Jhonson Loja, se solicitó a la Sección de Energía y Electrónica (SEE) del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica (DCCE) de la UTPL, el apoyo en la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel.

En este trabajo, se describe la metodología propuesta para abordar el requerimiento, y, los resultados obtenidos al analizar técnica y financieramente las opciones de aprovechamiento de ERNC para la provisión de agua caliente sanitaria ACS al hotel.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Realizar un análisis técnico y financiero de las opciones para el aprovechamiento de ERNC en la provisión de ACS al hotel Howard Johnson en la ciudad de Loja.

Objetivos específicos

- Identificar los principales procesos demandantes de energía en el hotel HJ Loja, que podrán ser cubiertos por fuentes de ERNC.
- Determinar el estado actual de la provisión de ACS en el área de habitaciones, zona húmeda y piscina, y, el área de lavandería y cocina del hotel HJ Loja.
- Analizar las opciones tecnológicas para provisión de ACS a las distintas áreas del hotel HJ Loja utilizando ERNC.
- Evaluar la pertinencia técnica y económica de la utilización de soluciones ofertadas por proveedores locales para la provisión de ACS en distintas áreas del hotel HJ Loja.

CAPÍTULO 1

1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS DEMANDANTES DE ENERGÍA EN EL HOTEL HOWARD JOHNSON LOJA, QUE PODRÁN SER CUBIERTOS POR FUENTES DE ERNC

1.1. Introducción

La utilización de fuentes de energía renovable no convencional ERNC es un campo emergente, de gran impacto en las más diversas actividades económicas, sin excluir la actividad turística. La utilización de ERNC no sólo permite proveer de energía de bajo costo, sino que también reduce la emisión de gases de efecto invernadero, y, contribuye a conservar el entorno natural en general.

En este contexto, desde el grupo de apoyo a la gerencia del Hotel Howard Johnson Loja, se solicitó a la Sección de Energía y Electrónica SEE del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE de la UTPL, el apoyo en la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel.

En este capítulo, se describe la metodología propuesta para abordar el requerimiento, y, los resultados obtenidos al identificar los principales procesos demandantes de energía que podrían ser cubiertos con ERNC.

1.2. Metodología de trabajo propuesta

Para abordar el requerimiento planteado, se propuso una metodología de 7 etapas (ver Figura 1.1).

En una primera etapa se identifica los procesos demandantes de energía, que puedan ser abastecidos con ERNC. En la segunda etapa, cada uno de los procesos identificados es caracterizado en términos de cantidad, calidad, y, cronograma.

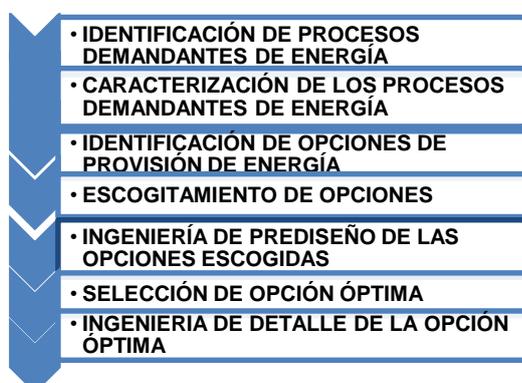


Figura 1.1. Metodología de trabajo propuesta para abordar el requerimiento.

Fuente: Diseño de autores.

En la tercera etapa se busca tecnologías disponibles en el mercado que, utilizando ERNC, puedan proveer a los procesos identificados, en los términos requeridos. Estas tecnologías se seleccionan en función a un costo accesible, posibilidades de mantenimiento local, pero sobre todo, de fiabilidad probada.

En la cuarta etapa, de entre las tecnologías existentes en el mercado, se selecciona las de mayor prospectiva. Las opciones escogidas se someten a una etapa (quinta) de prediseño, en la que se identifica los principales requerimientos técnicos y de obra civil para su instalación, y, se aproxima un presupuesto de inversión.

En la sexta etapa, la alta gerencia del hotel decide sobre las tecnologías que corresponden al modelo de negocio del hotel. Las tecnologías seleccionadas entonces, pasan a la etapa de ingeniería de detalle. Como resultado final, se espera obtener una matriz de opciones de utilización de ERNC, que orientará la inversión económica requerida para la implementación final en el hotel.

1.3. Identificación de los procesos demandantes de energía

De acuerdo a la metodología establecida, en una reunión de trabajo con el grupo de servicios técnicos del hotel, se identificó los principales procesos demandantes de energía, que podrían ser abastecidos por ERNC. La Figura 1.2 muestra los procesos identificados: provisión de agua caliente sanitaria ACS, provisión de calor, y, provisión de iluminación.

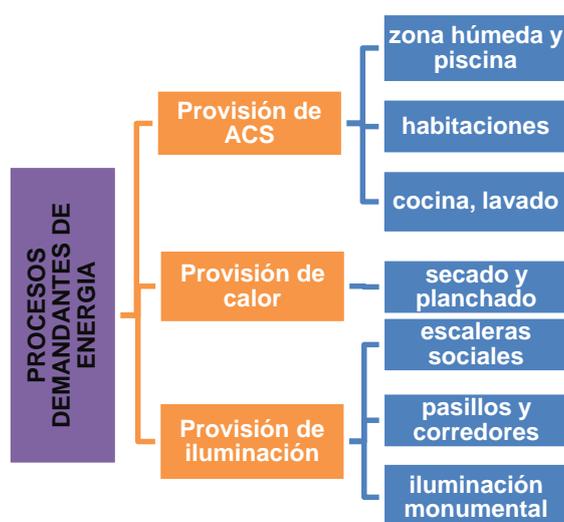


Figura 1.2. Procesos demandantes de energía que pueden ser provisionados por ERNC.
Fuente: Diseño de los autores.

1.3.1. Provisión de agua caliente sanitaria.

La operación del hotel requiere la provisión de ACS para la zona húmeda y piscina, para las habitaciones, y, para la cocina y planchado.

1.3.1.1. Provisión de ACS para la zona húmeda y piscina

La zona húmeda (turco e hidromasaje) y la piscina se encuentran localizadas en la quinta planta del edificio. La Tabla 1.1 resume las principales características de operación de este proceso.

Tabla 1.1. Parámetros preliminares de operación de la zona húmeda y piscina.

	Volumen (m ³)	Temperatura (°C)
Piscina	96	28
Turco	28	50
Hidromasaje	9	38

Fuente: Diseño de los autores.

El agua para la piscina y zona húmeda, se provee a través de bombas centrífugas, que llevan el agua desde una cisterna general de 130 m³ de capacidad, instalada en la planta baja del edificio.

La temperatura del agua en la piscina se mantiene a través de un circuito de recirculación y de un calentador de agua. La temperatura de operación es de aproximadamente 28 °C. Igual sistema se utiliza para mantener la temperatura del agua en el hidromasaje.

1.3.1.2. Provisión de ACS a las habitaciones

Las habitaciones se encuentran localizadas entre la sexta y la décima primera planta del edificio. Desde 4 termotanques, se abastece de ACS para lavamanos, duchas, y, jacuzzi, tal como lo muestra la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Parámetros preliminares de operación de las habitaciones.

Accesorio	Cantidad
Termo-tanque	4
Ducha	73
Lavamanos	73
Jacuzzi	3

Fuente: Diseño de los autores.

La provisión de ACS hacia las habitaciones se sostiene en un circuito de recirculación, que permite mantener la temperatura del agua entre 44 y 47°C.

1.3.1.3. Provisión de ACS en área de lavado y planchado, y, cocina.

Las áreas de lavado y planchado, y, cocina se ubican en la cuarta planta del edificio. El ACS se provee desde 2 termotanques, que cubren con la demanda y requerimientos mostrados en las Tablas 1.3 y 1.4. En la Tabla 1.3, se incluye los requerimientos de calor.

Tabla 1.3. Parámetros preliminares de operación en el área de lavado y planchado.

	Cantidad
Termo-tanque	2
Secadoras	3
Lavadoras	2
Rodillo (planchadora)	1

Fuente: Diseño de los autores.

Tabla 1.4. Parámetros preliminares de operación de la cocina.

	Cantidad	Temperatura (°C)
Lava-vajilla	1	60
Posetos (lava-manos)	14	48

Fuente: Diseño de los autores.

1.3.2. Provisión de Iluminación.

La Figura 1.3 detalla los subprocesos que demandan energía para iluminación en el hotel, y, sus requerimientos de operación.

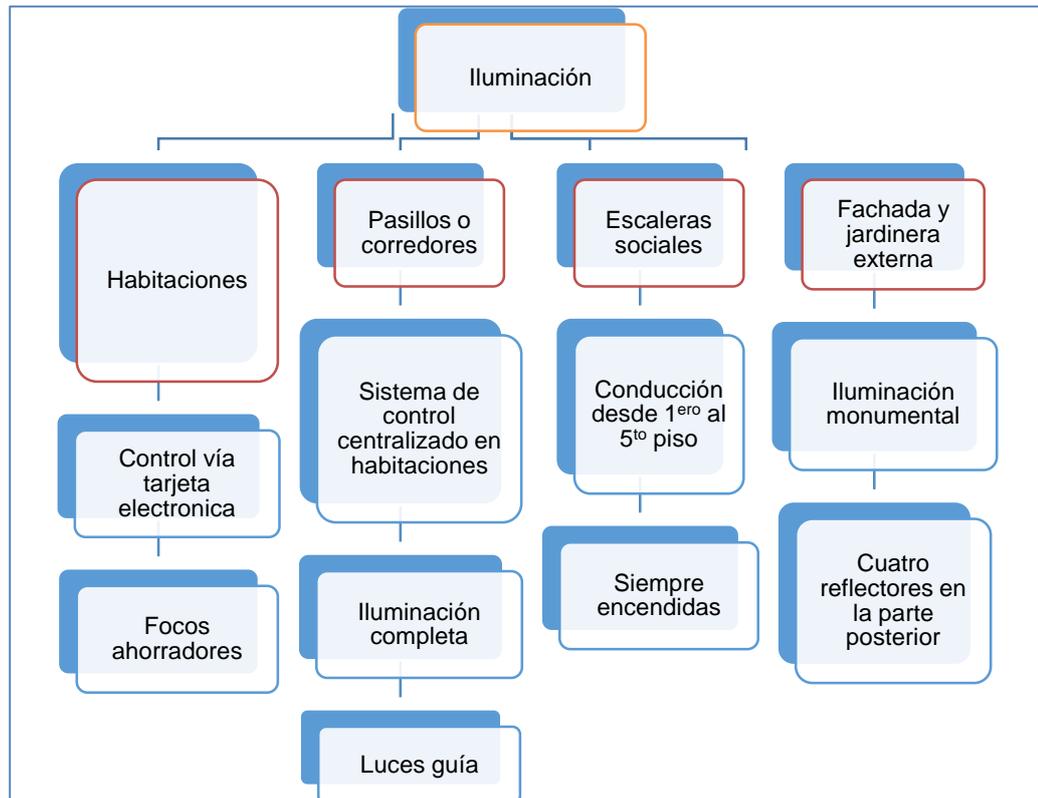


Figura 1.3. Requerimientos de operación para la provisión de energía para iluminación.
Fuente: Diseño de los autores.

Debido a la existencia de un sistema de control de uso de energía eléctrica en las habitaciones, basado en el uso de una tarjeta electrónica, se decidió no incluir este subproceso en el análisis.

En cuanto a pasillos y corredores, se acordó privilegiar aquellos que conducen a los ascensores, a áreas de trabajo del personal, a las habitaciones, y, a las salas de eventos. La iluminación de estos pasillos opera en 2 regímenes de trabajo (iluminación completa y luces guía), y, opera con ayuda de un PLC.

En cuanto a escaleras sociales, se acordó priorizar aquellas que conducen desde la planta baja hasta la cuarta, que por exigencias del propietario de la marca, deben permanecer encendidas.

Respecto a la iluminación monumental, se decidió atender la iluminación de la fachada frontal, la jardinera externa, y, la fachada posterior del edificio.

Un punto aparte en el análisis de requerimientos, se relacionó a baños públicos y estacionamientos, para los cuales se necesita identificar sensores de presencia de mayor sensibilidad, pero sobre todo que existan en el mercado local.

Se estableció también que el hotel cuenta con un grupo electrógeno de respaldo, de 150 kVA. Los equipos electrónicos se protegen a través de UPS.

CAPÍTULO 2

2. ESTADO ACTUAL DE LA PROVISION DE AGUA CALIENTE SANITARIA A LAS HABITACIONES DEL HOTEL HJ LOJA

2.1. Introducción

En función de la solicitud del grupo de apoyo a la gerencia del Hotel Howard Johnson HJ Loja, en la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel, desde la Sección de Energía y Electrónica SEE del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE de la UTPL, se propuso un plan de intervención de varias etapas, incluyendo el levantamiento de línea base.

En este capítulo, se describe el resultado de determinar el estado actual de la provisión de agua caliente sanitaria ACS a las habitaciones del hotel.

2.2. Estado actual de la provisión de ACS a las habitaciones

2.2.1. Generalidades.

El hotel cuenta con un total de 73 habitaciones (matrimoniales, simples, y, suites) distribuidas en 6 plantas. Esta área puede albergar un máximo de 170 huéspedes, con un promedio diario de 110 huéspedes (65%).

Todas las habitaciones poseen ducha y lavamanos con agua fría y caliente. Además, 3 habitaciones disponen de jacuzzi. La Tabla 2.1 presenta una aproximación del consumo de ACS en las habitaciones del hotel según la memoria técnica del estudio de prediseño del hotel.

Tabla 2.1. Parámetros de consumo ACS en las habitaciones del hotel.

Demanda de agua por huésped	350 l/día
Población máxima	170 personas
Población promedio	110 personas
Caudal esperado en duchas	0.25 l/s
Caudal esperado en lavamanos	0.13 l/s
Caudal esperado en jacuzzis	0.3 l/s

Fuente: Elaboración de los autores.

2.2.2. Funcionamiento del sistema de provisión de ACS.

La Figura 2.1 muestra el esquema general del sistema de provisión de ACS a las habitaciones del hotel. Desde una cisterna de 130m³ de capacidad, ubicada en el primer piso, el agua fría ingresa a la red de agua a través de tanques hidroneumáticos (ver Figura 2.2) y bombas centrífugas de succión, controladas por variación de la presión de trabajo (P_{máx}-P_{mín}) preseleccionada para los tanques hidroneumáticos.

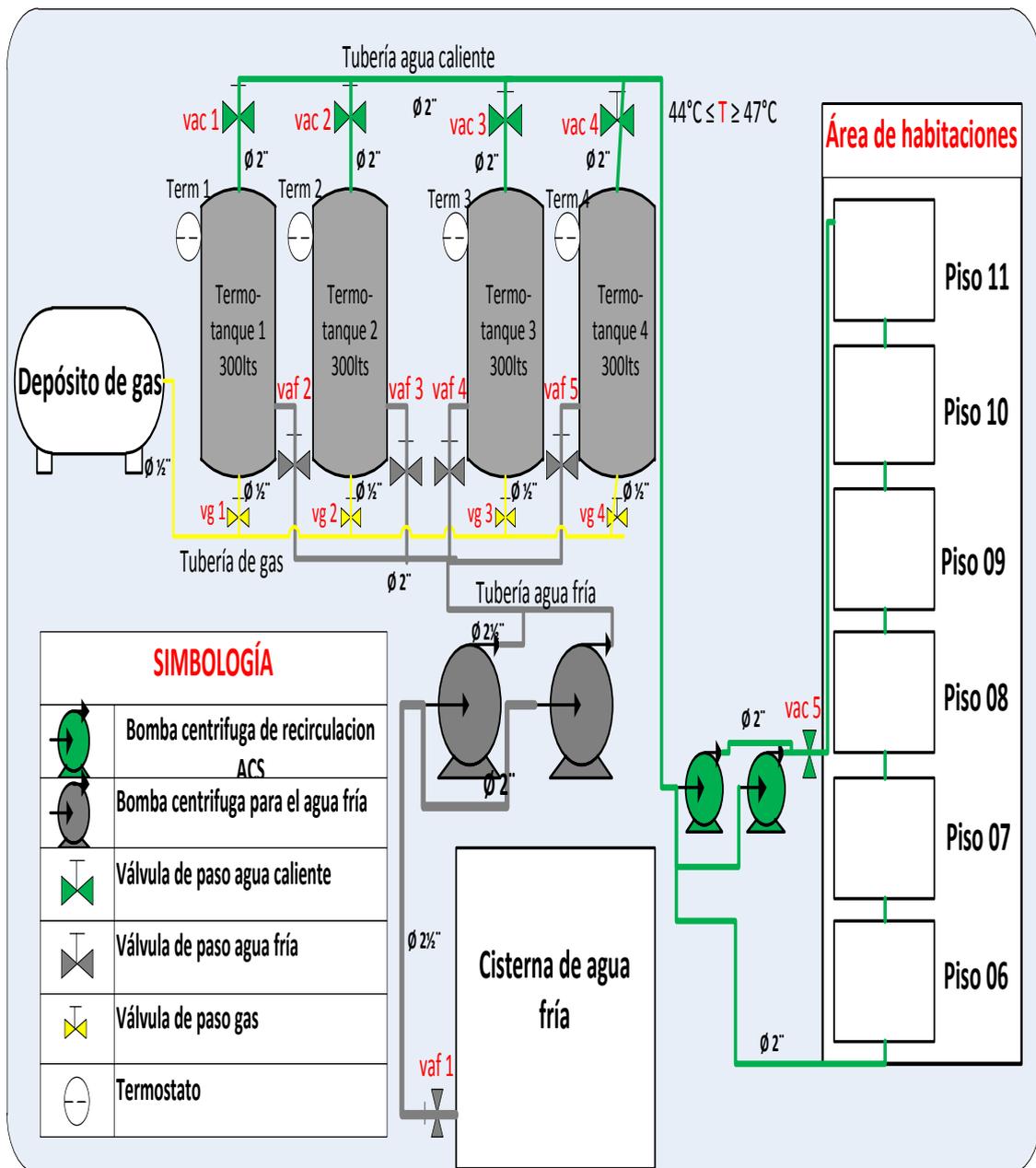


Figura 2.1. Esquema general de provisión de ACS a las habitaciones.
Fuente: Diseño de los autores.



Figura 2.2. Registro de las características técnicas de tanques hidroneumáticos del sistema.

Fuente: Fotografía de los autores.

Los tanques hidroneumáticos permiten el flujo de agua en un rango de presión preseleccionado, es decir mantienen la presión del sistema para que las bombas no enciendan cada vez que el sistema de distribución haga un pedido menor de agua. La Tabla 2.2 muestra las principales características de estos tanques.

Tabla 2.2. Características técnicas de los tanques hidroneumáticos.

Capacidad máxima	119 galones
Presión máxima	100 psi
Precarga establecida	40 psi

Fuente: Diseño de los autores.

Las bombas transportan el agua fría hacia el cuarto piso, en el cual se encuentran 4 termo-tanques, que utilizan gas licuado de petróleo GLP para calentar el agua entre 44 y 47 °C (ver Figura 2.3 y Tabla 2.3). La temperatura del agua en la red de distribución de agua caliente a las habitaciones, se mantiene con la ayuda de 2 bombas de recirculación (ver Figura 2.4 y Tabla 2.4).



Figura 2.3. Registro de las características técnicas del termo-tanque.

Fuente: Fotografía de los autores.

Tabla 2.3. Características técnicas del termo-tanque.

Parámetro	Valor
Capacidad	300 l
Presión de trabajo establecida	5 kg/cm ²
Consumo	50000 kcal/h
Tipo de gas	GLP
Recuperación	1800 l/h

Fuente: Diseño de los autores.



Figura 2.4. Registro de las características técnicas de las bombas de recirculación de ACS.

Fuente: Fotografía de los autores.

Tabla 2.4. Características técnicas de las bombas centrífugas.

Parámetro	Valor
Potencia	1HP
Voltaje y corriente de operación	110/220V 13/6.5A
Eficiencia	66.5%
Temperatura de operación	-15 a 40°C
Peso	12.5 Kg
Velocidad del motor	3520 rpm

Fuente: Diseño de los autores.

Para abastecer de GLP a las diferentes áreas del hotel, existe una bombona central (ver Figura 2.5). Con el apoyo de SolGAS, empresa lojana de provisión de sistemas de ERNC, en el hotel se instaló una serie de contadores de GLP, entre los que se menciona a aquel que posibilita medir el consumo de GLP en la provisión de ACS a las habitaciones (ver Figura 2.6). La información proporcionada por el contador instalado, permitió construir la gráfica de consumo de GLP mostrada en la Figura 2.7, aproximando el consumo promedio diario de GLP en 12.519 m³.



Figura 2.5. Bombona central de GLP.
Fuente: Fotografía de los autores.



Figura 2.6. Medidor de consumo de GLP en la provisión de ACS a las habitaciones del hotel.
Fuente: Fotografía de los autores.

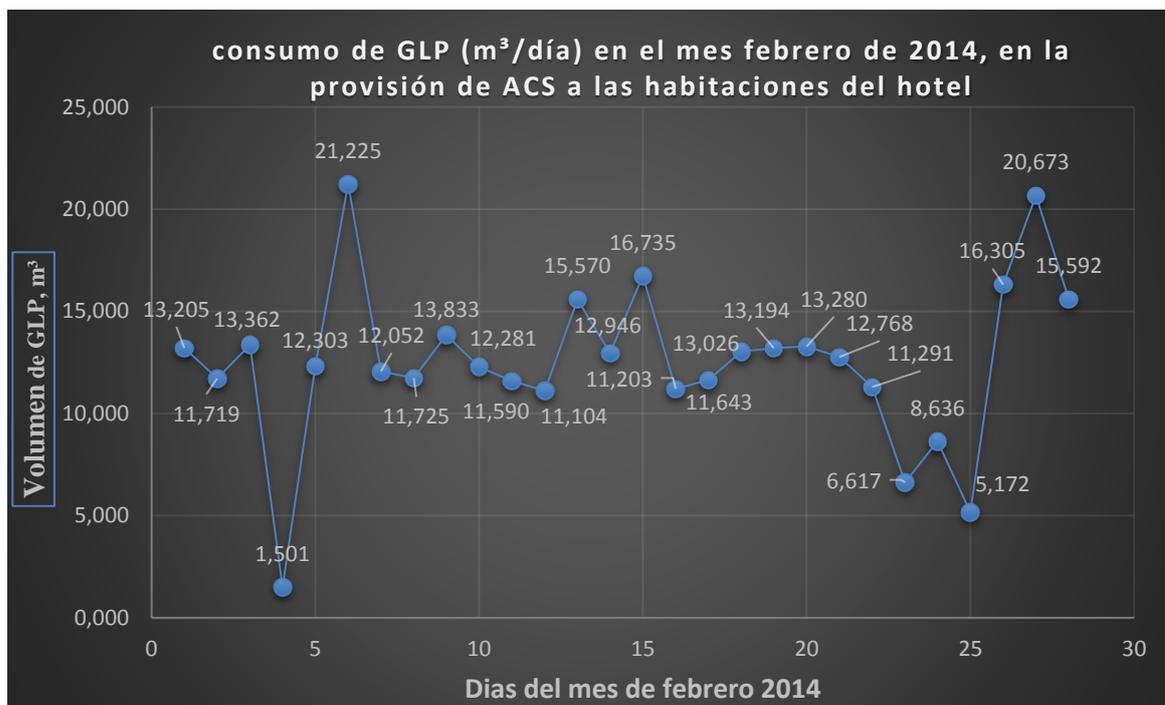


Figura 2.7. Consumo de GLP en la provisión de ACS a las habitaciones, en febrero 2014.
Fuente: Diseño de los autores.

El agua caliente se mueve hacia las habitaciones, a través de tubería de cloruro de polivinilo clorado CPVC (ver Figura 2.8), capaz de soportar temperaturas de hasta 82.2 °C.



Figura 2.8. Tubería CPVC instalada para transporte de ACS a las habitaciones.
Fuente: Fotografía de los autores.

CAPÍTULO 3

3. ESTADO ACTUAL DE LA PROVISION DE AGUA CALIENTE SANITARIA AL ÁREA HUMEDA Y PISCINA DEL HOTEL

3.1. Introducción

En función de la solicitud del grupo de apoyo a la gerencia del Hotel Howard Johnson HJ Loja, en la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel, desde la Sección de Energía y Electrónica SEE del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE de la UTPL, se propuso un plan de intervención de varias etapas, incluyendo el levantamiento de línea base.

En este capítulo, se describe el resultado de determinar el estado actual de la provisión de agua caliente sanitaria ACS a la zona húmeda y a la piscina del hotel.

3.2. Estado actual de la provisión de ACS a la zona húmeda y piscina

3.2.1. Etapas en la recopilación de información

La información base para establecer el estado actual de la provisión de ACS a la zona húmeda y piscina del hotel HJ Loja, se obtuvo en 3 visitas in situ.

En una primera reunión de trabajo, con el responsable técnico del hotel, se determinó temperaturas de operación, horario de funcionamiento, y, equipos utilizados. También se obtuvo los manuales de algunos equipos, y, planos del diseño de la piscina y el jacuzzi.

En una segunda visita, se estableció con precisión el modelo de los equipos empleados. Esto sirvió de base para completar la búsqueda de información en la web.

En una tercera visita, se aproximó el caudal de agua circulante desde la piscina, el jacuzzi, y, los calentadores. Para esto se midió el diámetro de tuberías, y, se estableció los tipos y el número de accesorios en los circuitos de succión e impulsión del circuito de recirculación.

3.2.2. Requerimientos fundamentales de operación en sistemas de provisión de ACS

La temperatura del agua en la piscina esta entre 28 y 30 °C, en el jacuzzi alcanza los 36 a 38 °C, y, en el turco llega a los 50 °C.

El horario de atención de la piscina y del jacuzzi, es de martes a domingo, las 24 h del día. El turco opera bajo solicitud de los huéspedes.

3.2.3. Esquema de provisión de ACS a la piscina.

El ACS se provee a la piscina, a través del circuito de recirculación de agua caliente que se muestra en la Figura 3.1. El agua fría de la piscina se capta en tres puntos, 2 skimmers ubicados en la cota más alta, y, 1 drenador en el fondo. El agua se succiona por una bomba de 1.5 HP, a través de una tubería de 2 pulgadas. El agua pasa por un filtro, camino al calentador. Una vez caliente, el agua vuelve a la piscina, y, se distribuye a través de 4 impulsores (jets) ubicados, 2 en una cota alta, y, 2 en una cota baja.

La Figura 3.2 muestra una vista de planta de la piscina. Se aprecia 2 áreas principales (A1 y A2) y otros elementos de construcción (gradas). La sección A1 tiene un nivel de agua h_1 de 0.642 m, mientras que la sección A2 tiene un nivel h_2 de 1.36 m. Bajo estas condiciones, la sección A1 tiene un área de 25.85 m^2 , y, la sección A2 tiene una de 50.08 m^2 . En la Figura 3.2, la información relevante de las gradas, se muestra con un par ordenado notado como G # de grada (área, altura). Con esta información, se puede calcular el volumen total de la piscina, que se aproximó en 81.54 m^3 .



Figura 3.1. Esquema del sistema de provisión de ACS la piscina.
Fuente: Diseño de los autores.

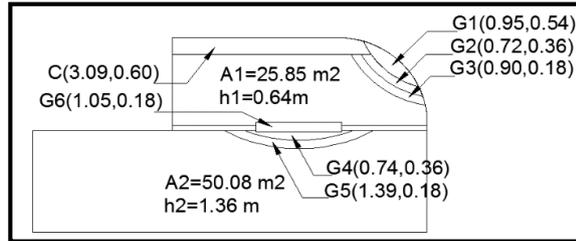


Figura 3.2. Vista de planta de la piscina.
Fuente: Diseño de los autores.

Para calcular el caudal en el circuito de recirculación, se utilizó el diámetro de la tubería, y, se consideró la cota de ubicación de los skimmers. Entonces, el caudal del circuito de realimentación, se aproxima a través de la ecuación (1).

$$Q = v * s \quad (1)$$

En dónde,

Q, es el caudal, m³/s

v, es la velocidad del fluido, m/s

s, es la sección transversal de la tubería, m²

La velocidad del fluido se determina a través de la expresión (2). Para una aceleración de la gravedad (g) de 9.8 m/s², y, para una altura (profundidad) de 0.15 m, la velocidad del fluido se aproxima a 1.71 m/s. Por lo tanto, el caudal en el circuito es de 1.95 l/s

$$v = \sqrt{2 * g * h} \quad (2)$$

Para calcular el tiempo de vaciado de la piscina, se parte de la expresión (3). Considerando que la velocidad del fluido es la derivada de la variación de la altura hidrostática, se puede demostrar que es posible obtener la expresión (4) para calcular el tiempo de vaciado.

$$\rho g y + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (3)$$

En dónde,

ρ , es la densidad del agua, kg/m³.

g, es la aceleración de la gravedad, m/s²

y, es la altura hidrostática, m

v, es la velocidad del fluido, m/s

$$t_f = \frac{s_1^2}{s_2^2} \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (4)$$

En dónde,

- t_f , es el tiempo de vaciado del volumen de agua, s
 H , es la altura entre la superficie de la lámina de agua y el punto de succión, m
 s_1 , es el área o sección de la lámina de agua, m^2
 s_2 , es el área o sección de la tubería de succión, m^2
 g , es la aceleración de la gravedad, m/s^2

En función de la geometría de la piscina, el tiempo de vaciado se calculó en 3.4 h.

3.2.4. Esquema de provisión de ACS al jacuzzi.

La provisión de ACS al jacuzzi sigue un esquema similar al descrito en el apartado anterior, pero utiliza otro tipo de equipos.

Para succionar el agua fría en el jacuzzi, se utiliza un skimmer y un drenador de fondo, y, se emplea una tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Para distribuir el agua caliente, se emplea 4 jets.

La Figura 3.3 muestra una vista frontal del jacuzzi, que permitió calcular el volumen de agua, el mismo que se aproximó en $3.56 m^3$.

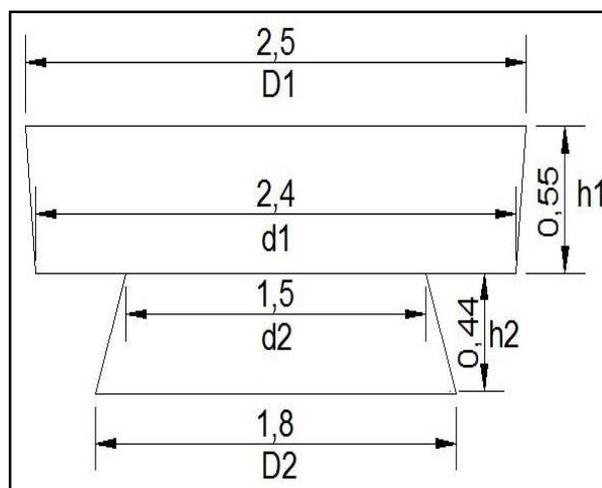


Figura 3.3. Corte de sección del jacuzzi.
Fuente: Diseño de los autores.

3.2.5. Esquema de provisión de ACS al Turco

En el turco, el agua fría llega a los generadores de vapor (2) a través de una tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas, desde el piso inferior (ver Figura 3.4). El vapor se distribuye directamente en la cámara del turco, a través de una tubería perforada tipo flauta, que circunda una mesa de concreto, de aproximadamente 1.80 m x 0.4 m.

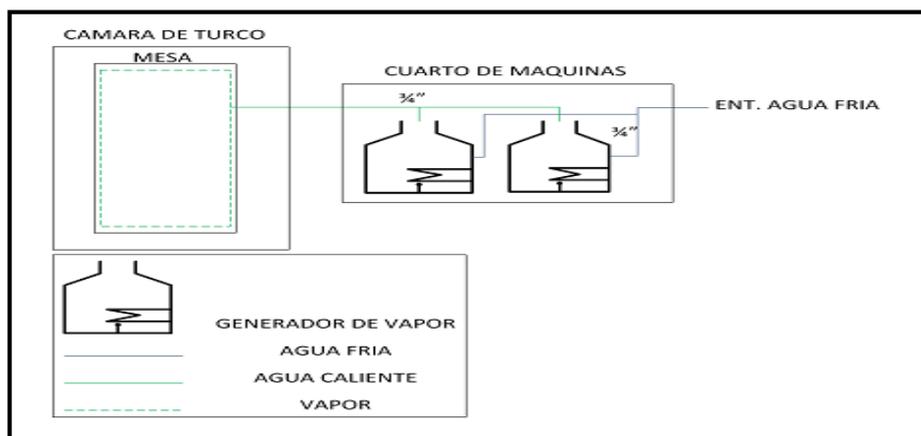


Figura 3.4. Esquema del sistema de provisión de ACS al turco.
Fuente: Diseño de los autores.

3.2.6. Equipos utilizados para la provisión de ACS a la piscina

La Tabla 3.1 resume las principales características técnicas de los equipos utilizados en la provisión de ACS a la piscina.

Tabla 3.1. Datos técnicos de los equipos utilizados en la piscina.

Equipo	Variable	Valor	Unidades
Calentador de agua STA-RITE400LP	Voltaje	120	VAC
	Potencia	400k	BTU/h
Bomba centrífuga DYNIN-1	Voltaje	115	VAC
	Potencia	1.5	HP
	Frecuencia	3450	RPM
	Intensidad de corriente Max.	12	A
Generador de cloro INTELLICHLOR	Voltaje	115	VAC
	Potencia	220	W
	Intensidad de corriente	2	A

Fuente: Elaborado por el autores

El STA-RITE modelo SR400LP (ver Figura 3.5) es un calentador de agua que opera con gas licuado de petróleo GLP. En el hotel, este equipo proporciona el ACS para la piscina.



Figura 3.5. Vista general del calentador STA-RITE SR400LP.
Fuente: <http://www.poolsupplyworld.com/Sta-Rite-SR400LP-Max-E-Therm-Low-NOx-400000-BTU-Propane-Gas-Pool-and-Spa-Heater/SR400LP.htm>

La bomba Dynamo 1.5 HP SPL (DYNIN-1), es una bomba centrífuga (ver Figura 3.6) que permite la recirculación del agua en la piscina. La bomba es impulsada por medio de un motor eléctrico.



Figura 3.6. Vista general de la bomba Dynamo 1.5 HP SPL.
Fuente: <http://www.pentairpool.com/pdfs/354554.F%20Dynamo.pdf>

El generador de cloro IntelliChlor (ver Figura 3.7) utiliza electrólisis para producir gas de cloro, que se disuelve en una solución, para crear hipoclorito a partir de una baja concentración de sal añadida al agua de la piscina. El hipoclorito mata bacterias, oxida materiales orgánicos, y, mata algas.



Figura 3.7. Vista general del clorador salino IntelliChlor IC40.
 Fuente: <http://www.pentairpool.com/pdfs/IntelliChlorElectronicChlorineGenerator520589J.pdf>

3.2.7. Equipos utilizados para la provisión de ACS al jacuzzi

La Tabla 3.2 resume las principales características técnicas de los equipos utilizados en la provisión de ACS al jacuzzi.

Tabla 3.2. Datos técnicos de los equipos utilizados en el jacuzzi.

Equipo	Variable	Valor	Unidades
JWPA5DL-2A	Voltaje	115	VAC
	Potencia	3/4	HP
	Intensidad	9	A
MiniMax100	Voltaje	115/230	VAC
CARTRIDGE CLEANING	Capacidad	300	l
	Potencia	50000	Kcal/h
	Caudal	1800	l/h

Fuente: Elaborado por los autores.

El MiniMax 100 (ver Figura 3.8) opera con GLP, es compacto, ligero, y, de alto rendimiento. En el hotel proporciona ACS al jacuzzi.



Figura 3.8. Vista general del calentador MiniMax 100.
Fuente: <http://www.pentairpool.com/pdfs/MiniMax100IG.pdf>

La bomba modelo JWPDL-2A, es una bomba centrífuga (ver Figura 3.9) que permite la recirculación del agua en el jacuzzi. La bomba es impulsada por medio de un motor eléctrico.

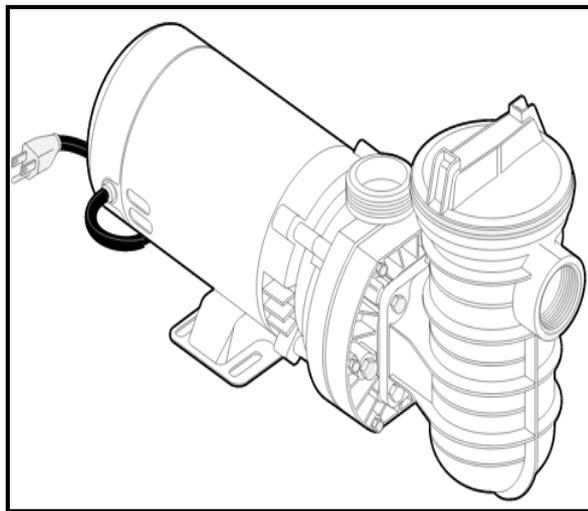


Figura 3.9. Vista general de una bomba centrífuga modelo JWP5DL-2A.
Fuente: <http://www.poolplaza.com/manuals/JWP-Series-manual.PDF>.

3.3. Una aproximación al consumo de gas en la provisión de ACS

En la Tabla 3.3 se muestra el consumo de GLP en el área húmeda y piscina. La información fue proporcionada por el jefe de mantenimiento, sobre la base del registro de consumo de GLP en el hotel.

Tabla 3.3. Aproximación del consumo de GLP, para el mes de febrero de 2014.

Día	Lectura/ medidor (m ³)	Consumo/día (m ³ /día)	gr	Kg	USD
1	325,462	27,750	55500	55,50	54,95
2	341,026	15,564	31128	31,13	30,82
3	350,771	9,745	19490	19,49	19,30
4	365,751	14,980	29960	29,96	29,66
5	380,235	14,484	28968	28,97	28,68
6	409,648	29,413	58826	58,83	58,24
7	440,795	31,147	62294	62,29	61,67
8	457,406	16,611	33222	33,22	32,89
9	479,204	21,798	43596	43,60	43,16
10	493,271	14,067	28134	28,13	27,85
11	503,133	9,862	19724	19,72	19,53
12	526,809	23,676	47352,8	47,35	46,88
13	550,010	23,201	46401,2	46,40	45,94
14	559,931	9,921	19842	19,84	19,64
15	583,881	23,950	47900	47,90	47,42
16	586,154	2,273	4546	4,55	4,50
17	596,160	10,006	20012	20,01	19,81
18	613,279	17,119	34238	34,24	33,90
19	630,696	17,417	34834	34,83	34,49
20	647,821	17,125	34250	34,25	33,91
21	677,482	29,661	59322	59,32	58,73
22	699,627	22,145	44290	44,29	43,85
23	704,901	5,274	10548	10,55	10,44
24	714,124	9,223	18446	18,45	18,26
25	728,615	14,491	28982	28,98	28,69
26	751,242	22,627	45254	45,25	44,80
27	773,142	21,900	43800	43,80	43,36
28	791,798	18,656	37312	37,31	36,94
Total consumo, gr			988172		
Total consumo, Kg				988	
Total a pagar, USD					978

Fuente: Elaborado por los autores.

CAPÍTULO 4

4. ESTADO ACTUAL DE LA PROVISION DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALOR A LA LAVANDERIA Y COCINA DEL HOTEL HJ LOJA

4.1. Introducción

En función de la solicitud del grupo de apoyo a la gerencia del Hotel Howard Johnson HJ Loja, en la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel, desde la Sección de Energía y Electrónica SEE del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE de la UTPL, se propuso un plan de intervención de varias etapas, incluyendo el levantamiento de línea base.

En este capítulo, se describe el resultado de determinar el estado actual de la provisión de agua caliente sanitaria ACS y calor a la lavandería y cocina del hotel.

4.2. Estado actual del sistema

Para determinar el sistema actual de la provisión de ACS y calor a la lavandería y cocina se ha determinado varias etapas en la recolección de información, donde se tiene tres circuitos, el primer circuito es de agua fría, el segundo circuito de agua caliente y el tercer circuito de gas (ver Figura 4.1).

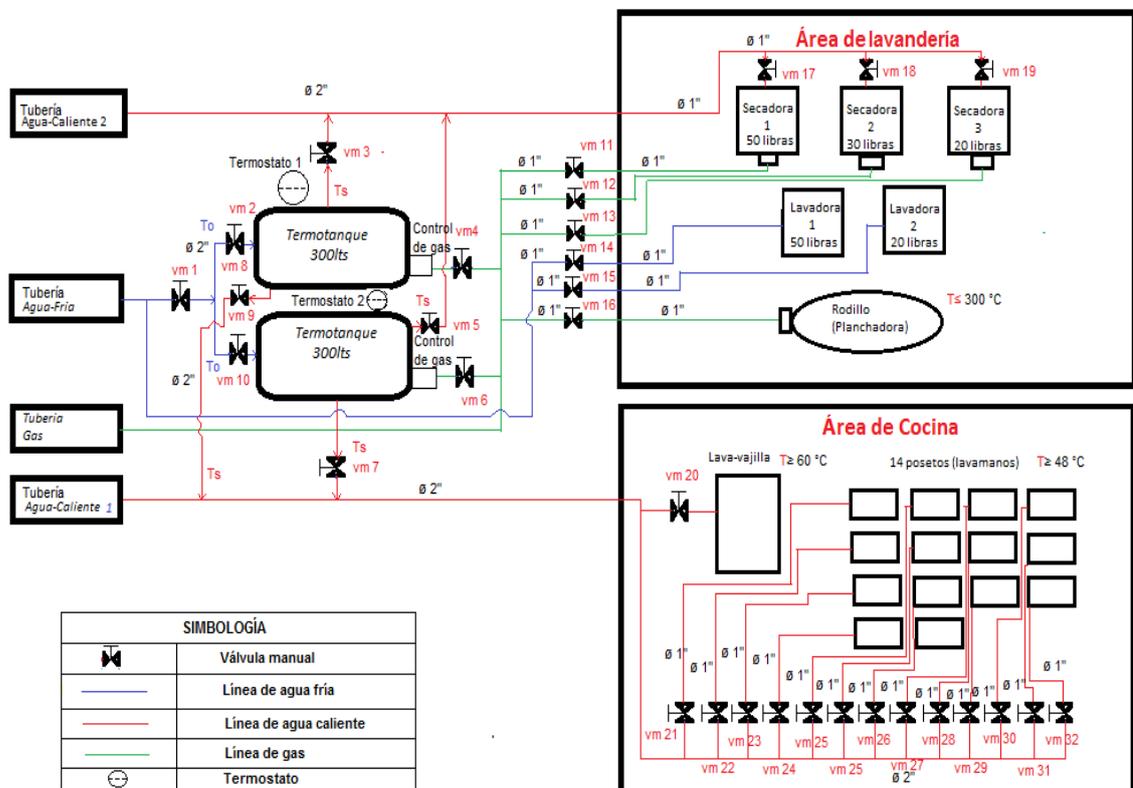


Figura 4.1 Esquema del sistema de provisión de ACS al área de cocina y lavandería del hotel.
Fuente: Diseño de autor.

4.2.1. Etapas en la recopilación de información.

Para recopilar la información requerida, se propuso una secuencia de 2 pasos (ver Figura 4.2).



Figura 4.2. Secuencia propuesta para la recopilación de información.
Fuente: Diseño de autor.

En coordinación con el jefe de mantenimiento del hotel, se realizó 5 visitas in situ, que incluyeron entrevistas al personal de lavandería y cocina. La información recopilada permitió identificar los 2 procesos demandantes de energía en esta área del hotel (ver Figura 4.3).

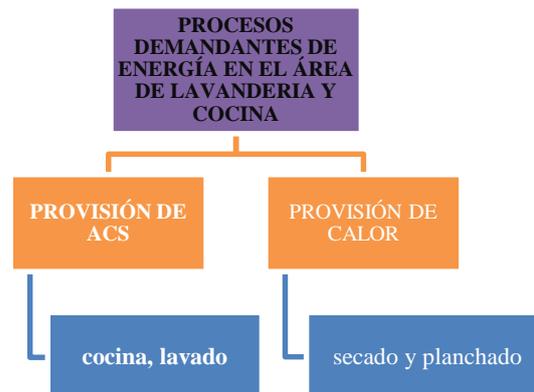


Figura 4.3 Procesos demandantes de energía en la lavandería y cocina del hotel.
Fuente: Diseño de autor.

4.2.2. Provisión de ACS y calor.

Las áreas de lavandería (planchado y secado) y cocina se ubican en la cuarta planta del edificio. Para provisión de ACS y de calor se utiliza una red de gas licuado de petróleo GLP (ver Figura 4.1). La provisión de energía corresponde a la demanda y requerimientos resumidos en las Tablas 4.1 y 4.2. El ACS proviene de 2 termotanques, cuyas características técnicas principales se resumen en la tabla 4.3. (Con fines de monitoreo del desempeño del sistema, también se han incluido dos fluxómetros para agua caliente (FA-1, FA-2), y, dos contadores de GLP (FG-1, FG-2) (ver Tabla 4.2).

Tabla 4.1. Parámetros de operación en el área de lavado y planchado. Características técnicas de los componentes en el bloque de control.

Equipos	Unidades
Termo-tanques	2
Secadoras	3
Lavadoras	2
Rodillo (planchadora)	1

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 4.2. Parámetros de operación de la cocina.

Equipos	Unidades	Temperatura °C
Lava-vajilla	1	60
Posetos (lava-manos)	14	48

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 4.3. Características del termo-tanque.

Capacidad del tanque, l	300
Recuperación, l/h	1800
Calorías/hora	50000
Peso vacío aproximado, kg	163
Peso embalado aproximado, kg	191

Fuente: Elaborado por los autores.

La Tabla 4.4 muestra los equipos que existen en la lavandería, que operan 24 horas al día. Las 3 secadoras trabajan a diferente temperatura, puesto que ésta depende del tiempo de secado y de la cantidad de ropa a secar.

Tabla 4.4. Equipos del área de lavandería.

Equipo	Unidades	Observaciones
Secadora	3	20, 30, y, 50 libras de capacidad. Requieren de ACS y GLP
Lavadoras	2	20, y, 30 libras de capacidad. No requieren de ACS., ni de GLP
Rodillo (planchadora)	1	Requiere de GLP. Puede trabajar hasta una temperatura máxima de 300°C

Fuente: Elaborado por los autores.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA A LAS DISTINTAS ÁREAS DEL HOTEL HJ LOJA UTILIZANDO ERNC

5.1. Introducción

Establecida la línea de base de requerimientos técnicos para la provisión de agua caliente sanitaria ACS al hotel HJ Loja, se decidió analizar las características de algunas opciones tecnológicas potencialmente utilizables para cumplir con el objetivo, a fin de definir un escenario óptimo.

Considerando la disponibilidad en el mercado local, se decidió centrar la atención en colectores de placa plana (con y sin cubierta) y de colectores de tubo de vacío (de flujo directo y de tubos de calor); y, analizar las ventajas y desventajas de las tipologías de uso del fluido caloportador y de circulación del fluido en los sistemas de provisión de ACS. Este capítulo recoge los resultados obtenidos.

5.2. Generalidades de los colectores solares

5.2.1. Colectores Solares.

Los colectores solares son dispositivos empleados para coleccionar, absorber y transferir energía solar a un fluido, que puede ser agua o aire. La energía solar capturada puede entonces ser utilizada para calentar agua, para alimentar sistemas de calefacción, o, para climatizar piscinas [6].

En la práctica, los colectores solares se disponen juntos sobre la cubierta del edificio, u otra superficie, de tal manera que se logre una captación colectiva [7].

5.2.2. Transmisión de calor.

El calor se transmite de un cuerpo a otro en 3 formas: por conducción, por convección, y, por radiación. Normalmente el calor se transmite de las 3 formas, aunque en diferente proporción.

La *transmisión de calor por conducción* se produce entre dos cuerpos a distinta temperatura, que están en contacto físico directo, o, entre dos áreas de un mismo cuerpo a distinta temperatura. El flujo de transmisión de calor depende del área de la superficie de contacto, y, del desequilibrio térmico entre los cuerpos [8].

La *transmisión de calor por convección* se presenta solo entre los fluidos, y, se produce porque al elevarse la temperatura de un fluido, este pierde densidad y asciende sobre un medio más frío y denso, transfiriendo al medio su calor [8].

En la *transmisión de calor por radiación* no se requiere que los cuerpos estén en contacto, pudiendo efectuarse incluso en el vacío. Todo cuerpo cuya temperatura sea superior al cero absoluto, emite radiación electromagnética. Cuanta mayor sea la temperatura mayor será la radiación emitida [8].

5.2.3. Colectores disponibles en el mercado.

En el mercado actual es posible encontrar colectores de placa plana (con cubierta o sin ella), y, colectores de tubos de vacío (de flujo directo o de tubos de calor).

Los **colectores de placa plana** son muy usados para calentar agua en hogares y para proveer a los sistemas de calefacción.

El colector de placa plana consta de una caja metálica con aislamiento, de una cubierta o ventana de vidrio o plástico, y, de una placa absorbidora de color oscuro. La radiación solar es absorbida por la placa y transferida rápidamente en forma de calor a un fluido que, circula a través de tubos embutidos en el colector (ver Figura 5.1) [6].

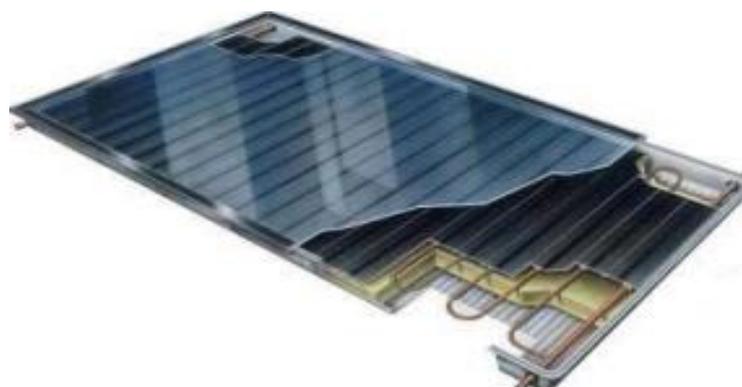


Figura 5.1. Esquema de un colector de placa plana con cubierta.
Fuente: http://www.aperca.org/temp/pdf/Manual_Solcamp_1.pdf

La cubierta transparente evita que el viento y las brisas roben el calor colectado. Junto con el marco, la cubierta protege el absorbedor de las condiciones meteorológicas adversas (ver Figura 5.2). Típicamente el marco está fabricado de materiales de aluminio y de acero galvanizado, pero también se suele utilizar plástico reforzado con fibra de vidrio.



Figura 5.2. Foto de un colector de placa plana con cubierta.
 Fuente: http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf

El aislamiento en la parte posterior del absorbedor y en las paredes laterales de la caja, reduce las pérdidas de calor por conducción. Por lo general, como aislación se utiliza espuma de poliuretano, lana mineral, fibra de lana de vidrio, etc. [6].

Una variación sencilla y barata de los colectores planos, es la conocida como **colector plano sin cubierta**. Este tipo de colector posee absorbedor, carece de cubierta transparente, y, no incluye ningún aislamiento adicional de manera que, la ganancia de temperatura queda limitada a 20 °C sobre la del ambiente. Debido a la ausencia de cubierta, una gran parte de la energía solar absorbida se pierde por convección. [6]. En la Tabla 5.1 se presentan las ventajas y desventajas de los colectores de placa plana.

Tabla 5.1. Ventajas y desventajas en los colectores de placa plana.

Ventajas	Se elimina o disminuye el uso del GLP.
	Contribuye a mejorar la calidad del aire.
	Elimina emisiones de gases de efecto invernadero.
	Elimina el CO ₂ .
	Al instalar 2m ² de paneles, se anularía anualmente 1,5 toneladas de CO ₂ .
Desventajas	El peso excesivo sobre cualquier estructura o techo
	No son aconsejables para aplicaciones que requieren altas temperaturas del fluido.

Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5031/6/8069.pdf>

En estos colectores, como absorbedores se utiliza, generalmente, plástico negro tratado para resistir la radiación ultravioleta, o, tubos de metal o plástico recubiertos de pigmentos ennegrecidos por los que circula agua (ver Figura 5.3) [6].



Figura 5.3. Foto de colectores de placa plana sin cubierta.
Fuente: <http://cer.gob.cl/tecnologias/solar/energia-solar%20termica-agua-caliente-sanitaria-ac/collectores-sin-cubierta/>

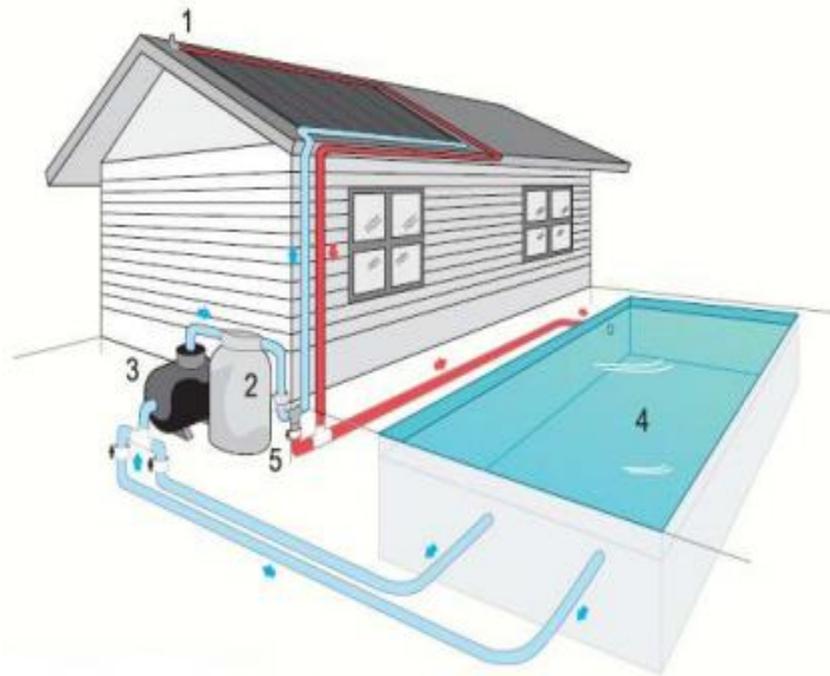


Figura 5.4. Esquema del sistema de calentamiento de la piscina con colector de placa plana sin cubierta. 1 – colector, 2 – filtro, 3 – bomba, 4 – piscina, 5 – llave de bypass.

Fuente: <http://www.aguacentro.cl/pdf/CALEFA.pdf>

Por su costo, los colectores planos sin cubierta son los más adecuados para aplicaciones de baja temperatura: calefacción de piscinas al aire libre (ver Figura 5.4), calefacción de temporada en piscinas cubiertas, calefacción de agua para lavar coches, y, calefacción del agua utilizada en piscicultura.

Los **colectores de tubos de vacío** se componen de un conjunto de tubos de vacío o evacuados, cada uno de los cuales contienen un absorbedor, generalmente representado por una plancha de metal con tratamiento selectivo o de color negro, que recoge la energía solar y la transfiere a un fluido portador (caloportador).

Gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas de calor son reducidas y pueden alcanzarse temperaturas entre 77 °C y 177 °C. De esta manera, este tipo de colectores resultan particularmente apropiados para aplicaciones de alta temperatura [6].

Según el método empleado para el intercambio de calor entre la placa y el fluido caloportador, existen dos tipos de colectores tubulares de vacío: de flujo directo y de tubo de calor (heat pipe) [6]. Adicionalmente, se conocen aquellos que utilizan el denominado sistema CPC (colector parabólico concéntrico), que permite aprovechar la radiación solar incidente entre dos tubos. El sistema CPC consiste en una serie de reflectores (ver Figura 5.5) que dirigen la radiación solar incidente entre tubo y tubo, hacia la parte trasera de los mismos, en donde es aprovechada [8].

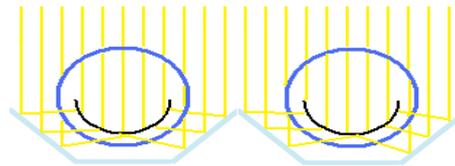


Figura 5.5. Esquema de captación de radiación solar en un sistema de CPC.
Fuente: <http://www.sitiosolar.com/los-colectores-solares-de-tubo-de-vacio/>

En un **colector de tubos de vacío de flujo directo**, una aleta de aluminio absorbedor se conecta a un tubo de metal (normalmente cobre) o a un tubo de vidrio. La aleta posee un recubrimiento selectivo que absorbe la radiación solar e inhibe la pérdida de calor radiactivo. El fluido de transferencia de calor es el agua, y, se distribuye a través de un sistema de tuberías (ver Figura 5.6) [6]. En un colector de tubos de vacío, el caloportador caliente asciende por el tubo por convección y es reemplazado por caloportador frío, que a su vez se calienta y reinicia el proceso [8].

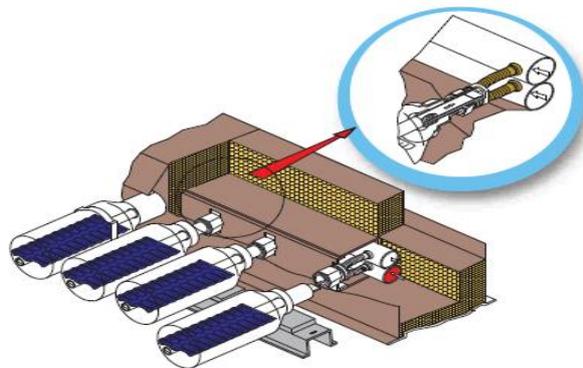


Figura 5.6. Esquema colector de tubos de vacío de flujo directo.
Fuente: http://www.saufer.com/tarifa_solar_2007.pdf

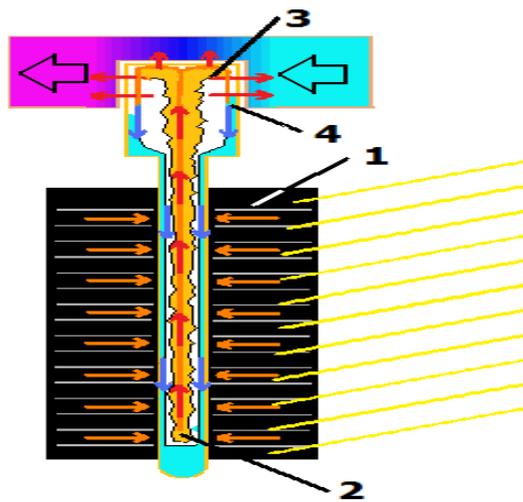


Figura 5.7. Esquema de funcionamiento del tubo de calor.

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/los-colectores-solares-de-tubo-de-vacio/>

En un **colector con tubos de calor**, los tubos de vacío llevan un fluido vaporizante que no puede salir del interior del tubo y que funciona como caloportador (ver Figura 5.7) [6]: la radiación solar incide en el absorbedor que se calienta, transmitiendo el calor al tubo (1); el calor recibido evapora el fluido en el interior del tubo, provocando que ascienda portando energía (2); el fluido evaporado cede su calor latente al fluido más frío que circula por el exterior de la cabeza del tubo, y, se licua o condensa (3); entonces, el fluido en estado líquido cae por gravedad al fondo del tubo para reiniciar el proceso (4) [8].

Los tubos de calor son considerados como los superconductores del calor, debido a su muy baja capacidad calorífica y a su excepcional conductividad. El uso de tubos de calor está muy extendido en la industria (ver Figura 5.8) [6].



Figura 5.8. Foto colector solar de tubo de vacío tipo heat pipe.

Fuente: http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf

Una ventaja del sistema de tubos de calor sobre el de flujo directo es la conexión "seca" entre el absorbedor y la cabecera, lo que hace más fácil la instalación y facilita el intercambio de tubos sin vaciar el fluido del sistema [6]. La Tabla 5.2 resume las ventajas y desventajas de los colectores de tubos de vacío.

Tabla 5.2. Ventajas y desventajas en colectores de tubos de vacío.

Ventajas	Evitan las pérdidas por conducción y convección.
	Proporcionan escasas pérdidas de calor.
	Pueden adoptar una posición tanto horizontal como vertical sin mermar su rendimiento.
	No sufren pérdidas por la noche ya que el proceso de transferencia de calor no es reversible.
	Son capaces de aprovechar la radiación difusa que suele darse en los días de nublados ligeros.
	Por su forma cilíndrica, aprovechan la radiación de manera más efectiva que los colectores planos, al permitir que los rayos de sol incidan de forma perpendicular sobre los tubos.
Desventajas	Es un sistema caro suelen costar aproximadamente el doble que un colector de placa plana.
	En caso de baja temperatura la dilatación del agua al congelarse puede malograr los tubos.
	Los colectores de tubo de calor deben ser montados con un ángulo mínimo de inclinación de alrededor de 25 ° con el fin de permitir que el fluido interno de la tubería de calor retorne a la zona de absorción de calor.

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/los-colectores-solares-de-tubo-de-vacio/>

5.3. Tipologías en las instalaciones de colectores solares

5.3.1. Tipologías de uso del fluido caloportador.

Para la provisión de agua caliente para uso sanitario, los colectores solares utilizan el fluido caloportador en 2 tipologías: de circuito abierto y de circuito cerrado.

En la **tipología de circuito abierto**, el fluido caloportador se utiliza directamente, sin intercambiador de calor. El propio fluido circula por los colectores y va al depósito para su posterior reutilización. [14] Las principales ventajas y desventajas de esta tipología se muestran en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Ventajas y desventajas de la tipología circuito abierto para instalaciones de colectores solares.

Ventajas	Es la solución más sencilla para obtener agua caliente solar, por ejemplo, para calentar el agua de una piscina.
	Proporciona un buen rendimiento térmico, pues no se producen pérdidas de temperatura en el intercambiador de calor.
Desventajas	Es necesario que no exista ningún material contaminante, ni en el colector ni en las tuberías.
	Al emplear agua de la red general, hay mayor riesgo de corrosión de las tuberías e incrustaciones calcáreas. Tampoco se puede prevenir la congelación del fluido mediante anticongelantes.

Fuente: <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/informe-estuncuyo.pdf>

En la **tipología de circuito cerrado**, existen dos circuitos separados: el primario (que contiene el fluido caloportador) y el secundario (por el que circula el agua caliente de consumo). El calor del fluido caloportador es cedido al circuito secundario, por medio de un intercambiador de calor. Esta es la tipología más utilizada para instalaciones de ACS. [14] Las principales ventajas y desventajas de esta tipología se muestran en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4 Ventajas y desventajas de la tipología de circuito cerrado para instalaciones de colectores solares.

Ventajas	Se puede elegir el fluido más adecuado para el circuito primario, añadir anticongelante, emplear algún fluido especial, etc.
Desventajas	Se trata de una instalación más cara y compleja que en el caso del circuito abierto.

Fuente: <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/informe-estuncuyo.pdf>

5.3.2. Tipologías de circulación del fluido.

En las instalaciones de circuito cerrado se distinguen dos tipologías para la circulación del fluido: natural o termosifón, y, forzada.

En los **sistemas de circulación natural o termosifón**, el fluido se mueve sin necesidad de una bomba. El agua fría entra por la parte inferior del colector y empieza a calentarse, disminuyendo su densidad, e, impulsándose hacia arriba del colector.

En el depósito acumulador, el agua caliente desplaza al agua fría, que se dirige a la parte más baja y entra en el colector (ver Figura 5.9) [14]. Las principales ventajas y desventajas de esta tipología se muestran en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5 Ventajas y desventajas de la tipología de circulación natural o termosifón.

Ventajas	Es un sistema simple, y de bajo coste.
Desventajas	El agua del acumulador se puede congelar en invierno, pues está a la intemperie. En general, se reducen las posibilidades de regulación de la instalación.
	Es necesario instalar un purgador o vaso de expansión.

Fuente: <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/informe-estuncuyo.pdf>

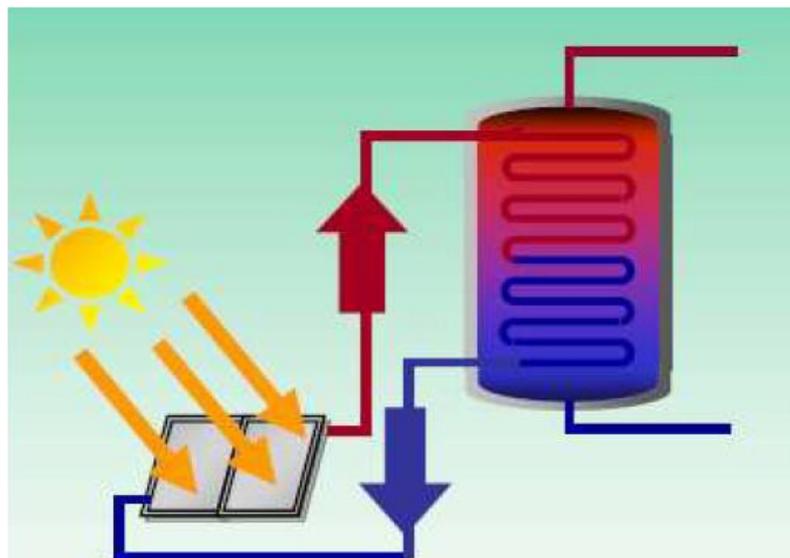


Figura 5.9. Esquema de funcionamiento del sistema de circulación natural o termosifón.

Fuente: http://cer.gob.cl/presentaciones/retscreen/2013/rancagua%20solar%20termica/Energia_Solar_Termica_Rancagua_25-Abril-2013.pdf

En los **sistemas de circulación forzada**, la circulación del fluido tiene lugar gracias a la activación de una bomba de circulación en el circuito primario. El sistema dispone de un módulo de control, normalmente de control diferencial que, según la diferencia de temperaturas entre la sonda situada a la salida de los captadores solares y la sonda instalada en la parte inferior del acumulador, activa o desactiva la bomba (ver Figura 5.10).

Las principales ventajas y desventajas de esta tipología se muestran en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Ventajas y desventajas de la tipología de circulación forzada.

Ventajas	Aumentan las posibilidades de regulación del sistema a voluntad del usuario
Desventajas	Es necesario disponer de energía eléctrica de la red para alimentar las bombas. (También se puede instalar un panel fotovoltaico con este fin).

Fuente: <http://www.olivacordobesa.es/ENERGIA%20SOLAR%20TERMICA.pdf>

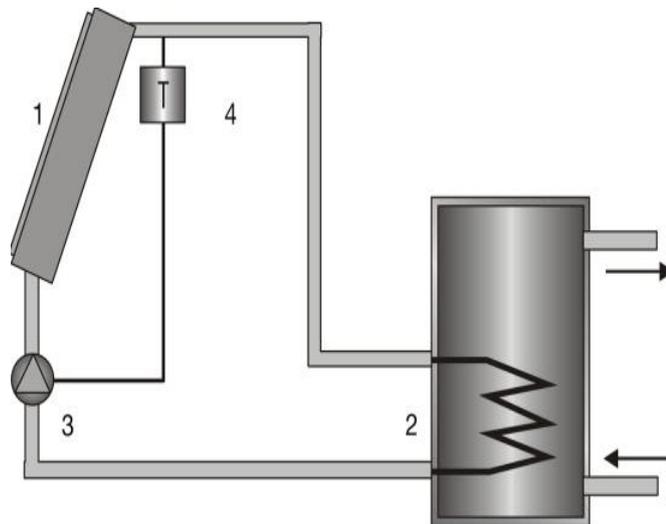


Figura 5.10. Esquema de funcionamiento del sistema de circulación forzada. 1 – colector, 2 – acumulador, 3 – bomba de circulación, 4 – control de temperatura.

Fuente: http://mienergiasolar.es/energy_technologies/solar_thermal.htm

5.4. Análisis de las tecnologías disponibles desde el punto de vista de su aplicabilidad para la provisión de ACS al hotel HJ Loja

En la bibliografía se describe diversos puntos de vista sobre el uso óptimo de colectores de placa plana y de colectores de tubo de vacío, incluyendo aspectos de costo, rendimiento, espacio físico a utilizar, entre otros.

Los colectores de tubo de vacío tienen un costo mayor a los colectores de placa plana, pero su rendimiento es mayor, razón por la cual pueden proveer de la misma energía en una menor área útil. A esto se suma, la facilidad de integración al paisaje del edificio.

Por otra parte, los colectores de placa plana muestran su mejor performance en regiones con temperatura media suave o cálida, puesto que con inversiones menores se puede cumplir con los objetivos requeridos.

A pesar de la diversidad de opiniones, todos coinciden en que la decisión final obedece al análisis de los requerimientos específicos de la instalación, la climatología del lugar en cada estación del año, a la experiencia previa, y, a la disponibilidad de presupuesto [8].

Por otra parte, la Tabla 5.7 muestra valores típicos de los parámetros característicos de los colectores solares, tales como eficiencia óptica (η_0), coeficiente global de pérdidas (U_L), y, rango normal de temperaturas de trabajo.

Tabla 5.7. Parámetros Característicos de los distintos tipos de colectores.

Tipo de colector solar	Factor de conversión (η_0)	Factor de pérdidas térmicas U_L (W/m ² °C)	Rango de temperatura (°C)
Sin cubierta	0.9	15-25	10-40
Cubierta simple	0.8	7	10-60
Cubierta doble	0.65	5	10-80
Superficie selectiva	0.8	5	10-80
Tubos de vacío	0.7	2	10-130

Fuente: http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf

Considerando los rangos de temperatura requerida en las habitaciones, zona húmeda y lavandería del hotel; las pérdidas térmicas, y, el costo de implementación, se determinó que la opción óptima para provisión de ACS pasa por el uso de *colectores de placa plana con cubierta*.

CAPÍTULO 6

6. EVALUACIÓN DE LA PERTINENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA UTILIZACIÓN DE SOLUCIONES OFERTADAS POR PROVEEDORES LOCALES PARA LA PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN DISTINTAS ÁREAS DEL HOTEL HJ LOJA

6.1. Introducción

En capítulos anteriores, una vez establecidos los requerimientos técnicos para la provisión de ACS a diferentes áreas del Hotel HJ Loja, se analizó las características técnicas de los colectores solares potencialmente utilizables, y, se revisó las particularidades de las topologías de uso del fluido caloportador y de circulación del fluido.

En una siguiente etapa, a fin de cumplir con uno de los requerimientos del hotel, se revisó la disponibilidad local de tecnología y se solicitó a los potenciales proveedores entregar una oferta de equipamiento. En este capítulo se muestra los resultados de la evaluación de la pertinencia técnica y económica de una de las opciones presentadas, desde la perspectiva de cumplir con los requerimientos de las distintas áreas del hotel.

6.2. Evaluación de ofertas presentadas para provisión de ACS en el área de habitaciones del hotel

6.2.1. Sobre los oferentes.

Para la provisión de ACS con el aprovechamiento de energía renovable, se presentó una única oferta de alrededor de USD 27000, sin incluir obras adicionales requeridas. El oferente fue una empresa local dedicada a la evaluación, diseño, instalación, control y garantía de sistemas solares para calentamiento de agua, con 2 años de experiencia en el mercado [18].

La empresa apunta a proveer de soluciones híbridas (solares – gas licuado de petróleo GLP), utilizando equipos e implementos de origen alemán y español. Entre la cartera de clientes de la empresa, se cuentan hoteles, hosterías, moteles, restaurantes, cafeterías, clínicas, hospitales, y, residencias multifamiliares.

6.2.2. Características técnicas de la oferta presentada.

La oferta presentada se basa en una arquitectura híbrida / mixta para la provisión de ACS (ver Figura 6.1), en la que el 52% de la demanda actual se satisface a través de 20 colectores solares planos con cubierta de vidrio, dispuestos en un arreglo de 5 colectores en serie y 4 ramales en paralelo. El 48% de la demanda restante se suple del sistema actual de calefones de gas licuado de Petróleo (GLP).

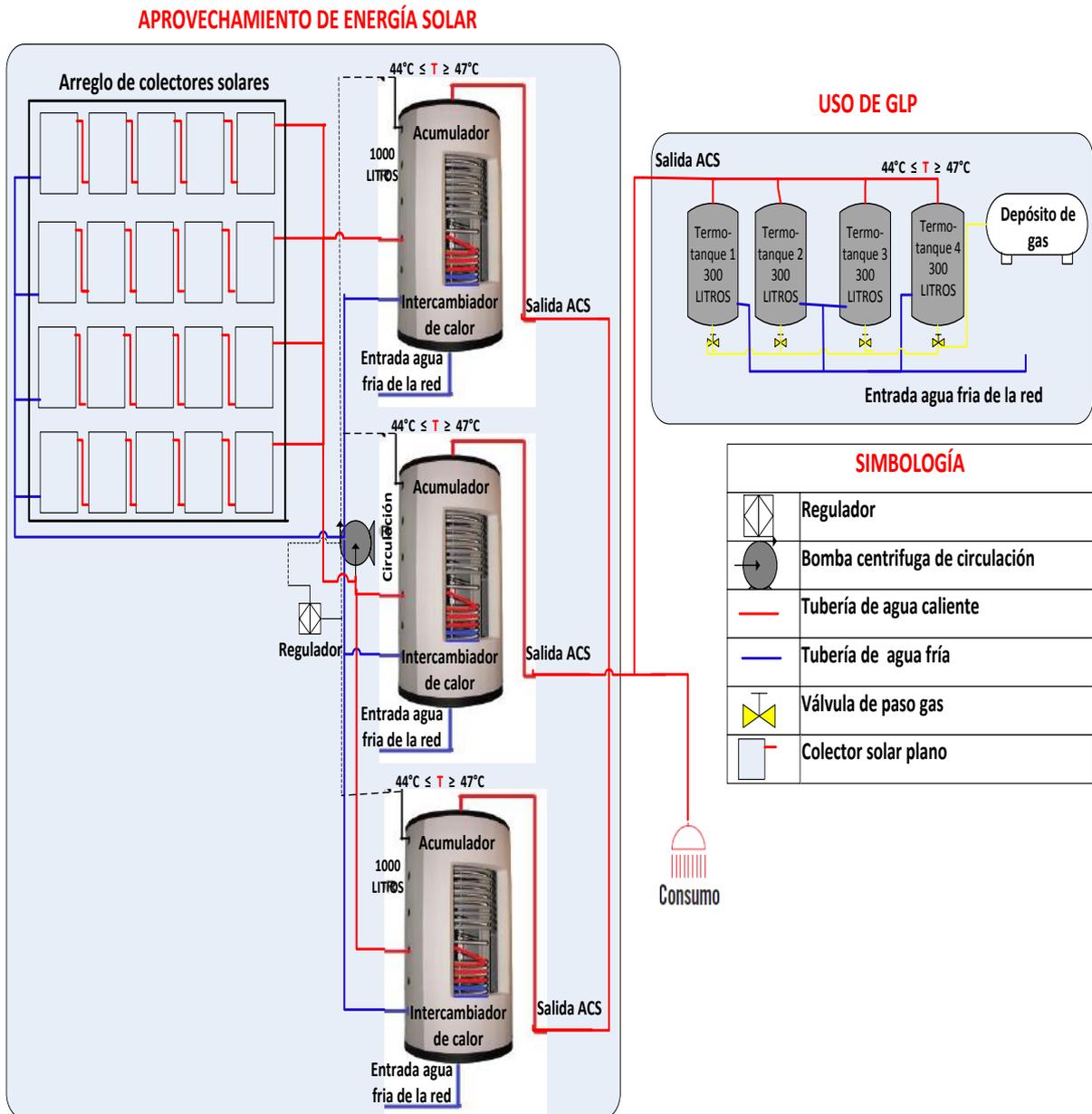


Figura 6.1. Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área de habitaciones del hotel HJ Loja.

Fuente: Diseño de los autores.

El bloque de aprovechamiento de energía solar, se construirá sobre la base de colectores tipo HUCU 18844, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 6.1. Los colectores se ubicarán en la terraza superior del hotel, con una orientación norte, con una inclinación máxima de 19° respecto a la horizontal, sobre un área de ocupación de cerca de 46 m^2 , representando una carga estructural aproximada de $14,64 \text{ kg/m}^2$ (sin considerar el peso de los soportes de los arreglos). Los parámetros descritos anteriormente, podrían variar durante la instalación in situ, considerando las particularidades de la zona de instalación, bajo la premisa de eliminar posibles sombras en los colectores (ver Figura 6.2).

Tabla 6.1. Características técnicas de los colectores solares HUCU 18844.

Fabricante	HUCUSOLAR
Modelo	HUCU 18844 VP 132
Tipo	Captador con bandeja de aluminio estampada, juntas herméticas, respiraderos anticondensación y aislado con lana mineral de 5cm
Área total- área efectiva	2,3 m ² - 2 m ² (1,10 x 2,1 x 0,98 m)
Peso en vacío	37,2 kg
Contenido de fluido	1.3 l
Presión max	10 bar (145 PSI)

Fuente: Diseño del ofertante.

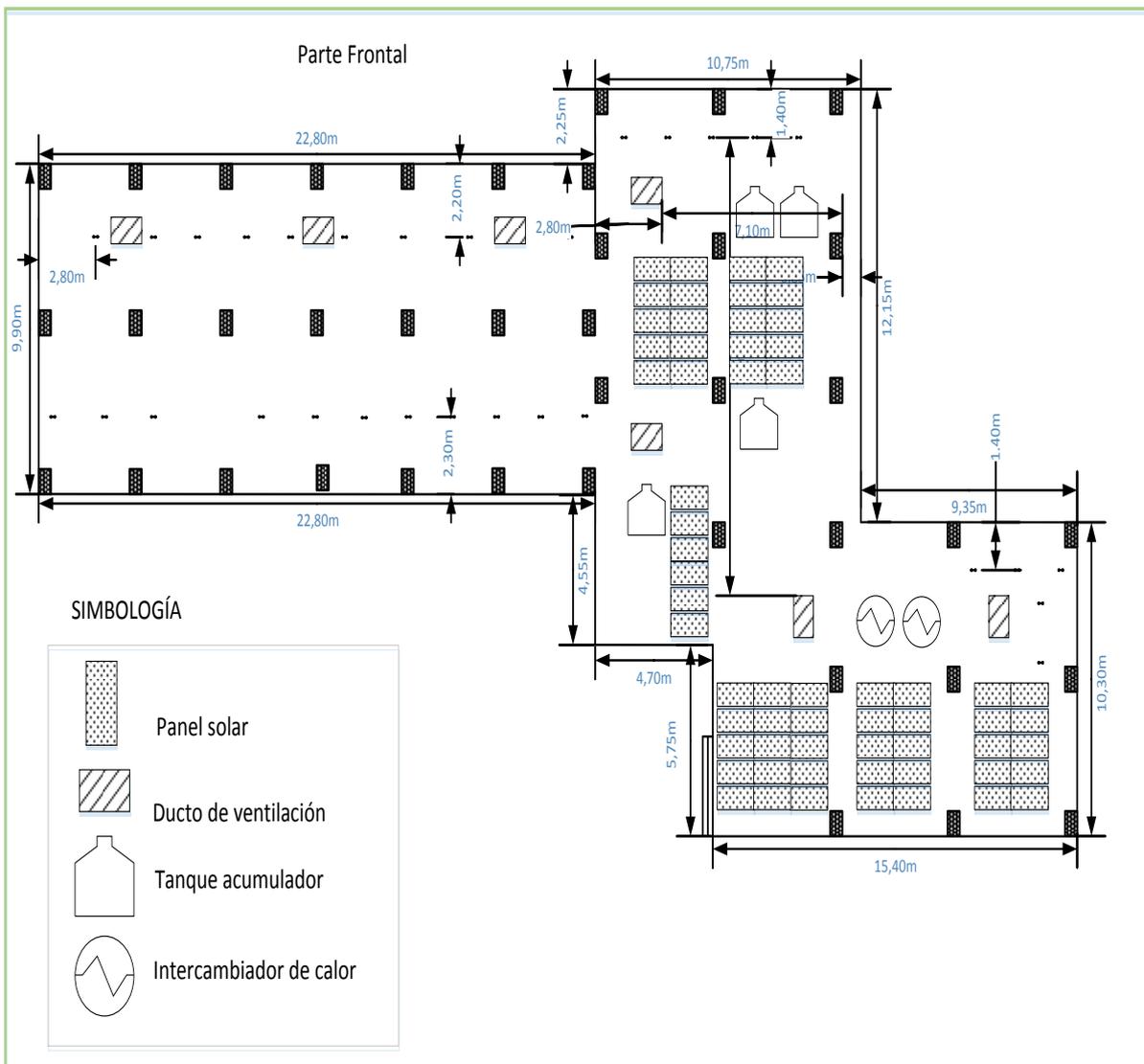


Figura 6.2. Esquema de ubicación de los colectores solares a instalar en la terraza, para proveer de ACS a todas las zonas del hotel.

Fuente: Diseño de los autores.

La energía solar térmica se aprovechará a través de una tipología de circuito cerrado. En calidad de caloportador se utilizará glicol (propilenglicol) [19]. En la oferta, el oferente incluye los resultados aparentes de una simulación del desempeño del sistema propuesto, utilizando la información disponible en el Atlas de Radiación Solar del Ecuador con fines de aprovechamiento, publicado por el CONELEC en el 2008, y, los datos climatológicos 2006 – 2011 de la Estación la Argelia, provenientes de los anuarios meteorológicos del INHAMI. Sin embargo no se especifica la temperatura esperada del caloportador.

El caloportador interactúa en el intercambiador de calor con el ACS. Como intercambiador de calor se utilizará 3 acumuladores de 1000 l de capacidad, modelo HUCUSON 1000 (ver Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Características técnicas del tanque de acumulación HUCUSON 1000.

Marca	Hukutank
Modelo	HUCUSON 1000
Capacidad	1000 l
Aislante	100mm poliuretano rígido

Fuente: Diseño del ofertante.

El circuito secundario funciona por la tipología de circulación forzada, para lo que se utiliza una central de bombeo marca SUNSET (ver Tabla 6.3). La bomba se controla desde una centralita de regulación diferencial, que opera en función del diferencial de temperatura entre el bloque de colectores solares y los tanques (ver Tabla 6.4).

Tabla 6.3. Características técnicas de la central de bombeo.

Bomba	Wilo Star S30U
Potencia	90 W (1/8 HP)
Válvula de seguridad	6 bar (87 PSI)
Termómetro (2 unidades)	Rango de 0-160 °C
Válvula antiretorno (2 unidades)	Válvulas de resorte
Manómetro	0 a 8 bar
Medidor de flujo	Regulable de 0 a 15 m ³ / min
Válvula de llenado y vaciado	2 unidades(1/2")

Fuente: Diseño del ofertante.

Tabla 6.4. Características técnicas de la centralita de regulación TITAN PTC1000.

Marca	Sunset Solar
Modelo	TITAN PTC1000
Sondas	15 sondas tipo PTC (-50 a 180°C)
Alimentación	110 V

Fuente: Diseño del ofertante.

6.2.3. Pertinencia de la oferta presentada.

Actualmente, todas las habitaciones del hotel poseen ducha y lavamanos con agua fría y caliente. En 3 habitaciones se dispone de jacuzzi. El agua para las habitaciones proviene de una cisterna de 130 m³ de capacidad, que cubre la provisión continua del servicio. La red de provisión de agua a las habitaciones fue diseñada de acuerdo a los parámetros mostrados en la Tabla 6.5, especificaciones proporcionadas por el personal de mantenimiento del hotel.

Tabla 6.5. Parámetros de consumo ACS en las habitaciones del hotel.

Demanda de agua por huésped	350 l/día
Población máxima	170 personas
Población promedio	110 personas
Caudal esperado en duchas	0.25 l/s
Caudal esperado en lavamanos	0.13 l/s
Caudal esperado en jacuzzis	0.3 l/s

Fuente: Diseño de los autores.

Para obtener detalles más específicos sobre requerimientos de caudal garantizado y temperatura del ACS, se decidió acoger las sugerencias de la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 2011, sobre provisión de ACS, tal como lo muestra la Tabla 6.6 [20].

Tabla 6.6. Parámetros referenciales para la provisión de ACS en un hotel 5 estrellas, de acuerdo a la norma NEC 2011.

Parámetro	Valor
Temperatura del ACS	44-47°C
Demanda de ACS	100 l/día*persona

Fuente: Diseño de los autores.

Con el sistema de provisión de ACS basado en calefones y el uso de GLP, se satisface la demanda actual en las habitaciones, observando el rango de cumplimiento de temperatura. Por otra parte, la oferta posible de ACS en el hotel, excede a lo requerido por la norma.

Desde esta perspectiva, las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar serían la reducción de la inversión mensual en GLP, en un 52% respecto a las cifras actuales; y, la disponibilidad de un backup capaz de asumir la provisión de ACS en períodos de mantenimiento o de fuera de servicio del sistema actual.

6.3. Evaluación de las ofertas presentadas para provisión de ACS en la zona húmeda y piscina

6.3.1. Características técnicas de la oferta presentada.

Para suplir este requerimiento se presentó una única oferta de alrededor de USD 30000, sin incluir obras adicionales requeridas, del mismo oferente anterior [18].

La oferta presentada utiliza una arquitectura híbrida / mixta para la provisión de ACS (ver Figura 6.3), en la que el 47% de la demanda actual se satisface a través de 35 colectores solares planos con cubierta de vidrio tipo HUCU 18844, dispuestos en un arreglo de 5 colectores en serie y 7 ramales en paralelo. El 53% de la demanda restante se sule del sistema actual de calefones que utilizan GLP.

Los colectores se ubicarán en la terraza superior del hotel, con una orientación norte, con una inclinación máxima de 19° respecto a la horizontal, sobre un área de ocupación de cerca de 80 m², representando una carga estructural aproximada de 14,64 kg/m² (sin considerar el peso de los soportes de los arreglos).

La energía solar térmica se aprovechará en una tipología de circuito cerrado, utilizando *propilenglicol* como caloportador, desconociéndose la temperatura a alcanzar en el circuito principal. Como intercambiador de calor se utilizará 2 acumuladores de 1000 l de capacidad cada uno, modelo HUCUSON 1000.

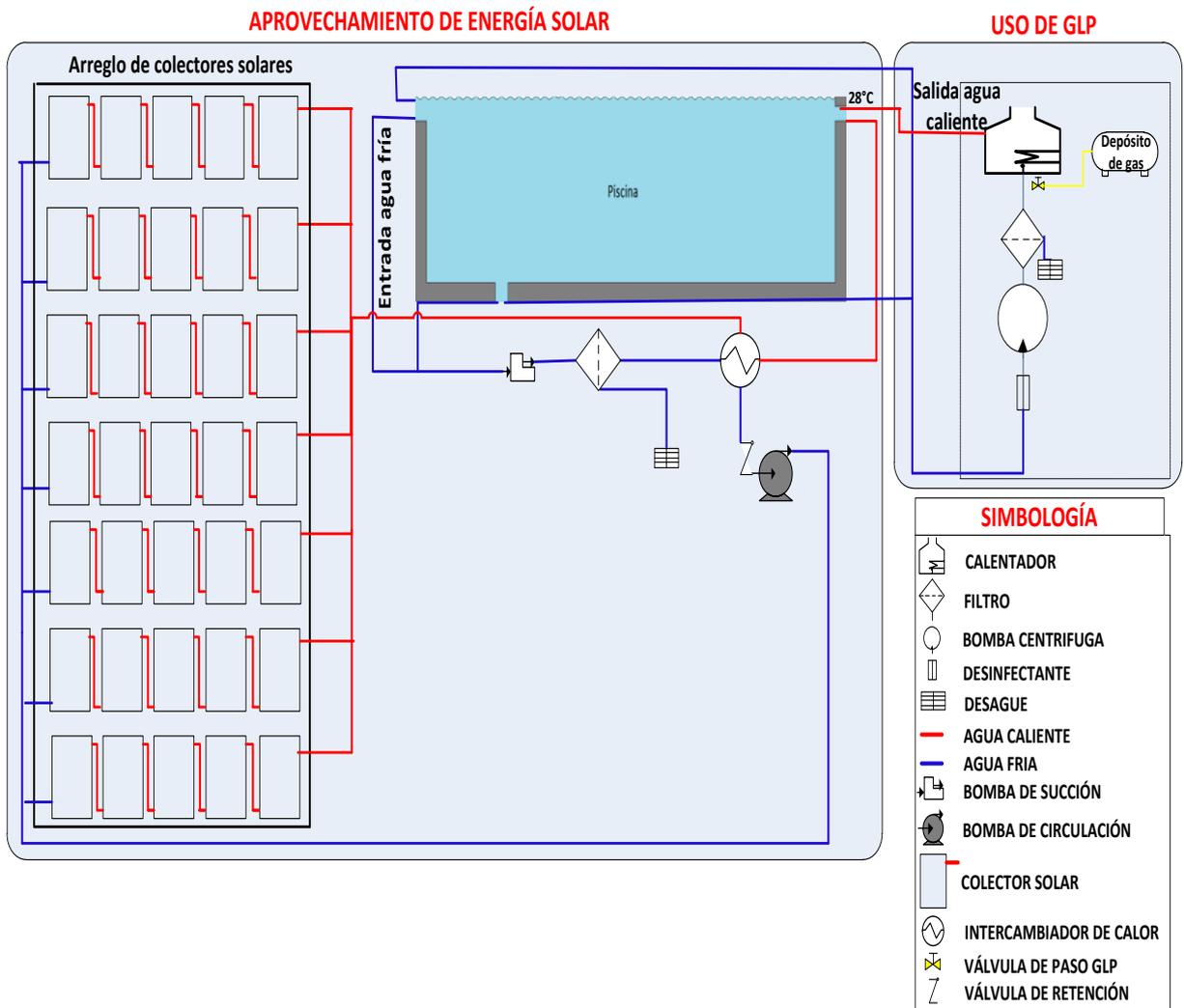


Figura 6.3. Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área húmeda y piscina del hotel HJ Loja.
Fuente: Diseño de los autores.

El circuito secundario funciona por la tipología de circulación forzada, para lo que se utiliza una central de bombeo marca SUNSET. La bomba se controla desde una centralita de regulación diferencial, que opera en función del diferencial de temperatura entre el bloque de colectores solares y los tanques.

6.3.2. Pertinencia de la oferta presentada.

Por política del hotel, la piscina está en servicio toda la semana, 24 horas al día, a excepción del lunes en el que se realiza la limpieza y mantenimiento. Por su parte, la zona húmeda está a disposición del huésped bajo solicitud. La Tabla 6.7 muestra las especificaciones de temperatura para el agua utilizada en la zona húmeda y piscina, de acuerdo al departamento de mantenimiento del hotel.

Tabla 6.7. Parámetros para la provisión de ACS en el área húmeda y piscina.

Parámetro	Valor
Temperatura en la piscina	28-30°C
Temperatura en el jacuzzi	36-38°C

Fuente: Diseño de los autores.

El análisis de pertinencia de la oferta muestra que, el sistema híbrido propuesto satisface la demanda actual de agua en la zona húmeda y piscina, cumpliendo el rango de temperatura. Por otra parte, se señala como las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar, a la reducción de la inversión mensual en GLP en un 47% respecto a las cifras actuales, y, a la disponibilidad de un backup.

6.4. Evaluación de la oferta presentada para provisión de ACS en el área de lavandería

6.4.1. Características técnicas de la oferta presentada.

Para suplir este requerimiento se presentó una única oferta de alrededor de USD 9300, sin incluir obras adicionales requeridas, del mismo oferente anterior [18]. La oferta presentada se basa en una arquitectura híbrida / mixta para la provisión de ACS (ver Figura 6.4), en la que la demanda actual se satisface a través de 6 colectores solares planos con cubierta de vidrio tipo HUCU 18844, dispuestos en un arreglo de 6 colectores en serie.

Los colectores se ubicarán en la terraza superior del hotel, con una orientación norte, con una inclinación máxima de 19° respecto a la horizontal, sobre un área de ocupación de cerca de 14 m², representando una carga estructural aproximada de 14,64 kg/m² (sin considerar el peso de los soportes de los arreglos).

La energía solar térmica se aprovechará en una tipología de circuito cerrado, utilizando propilenglicol como caloportador, desconociéndose la temperatura a alcanzar en el circuito principal. Como intercambiador de calor se utilizará 1 acumulador de 1000 l de capacidad, modelo HUCUSON 1000. El circuito secundario funciona por la tipología de circulación forzada, para lo que se utiliza una central de bombeo marca SUNSET. La bomba se controla desde una centralita de regulación diferencial, que opera en función del diferencial de temperatura entre el bloque de colectores solares y los tanques.

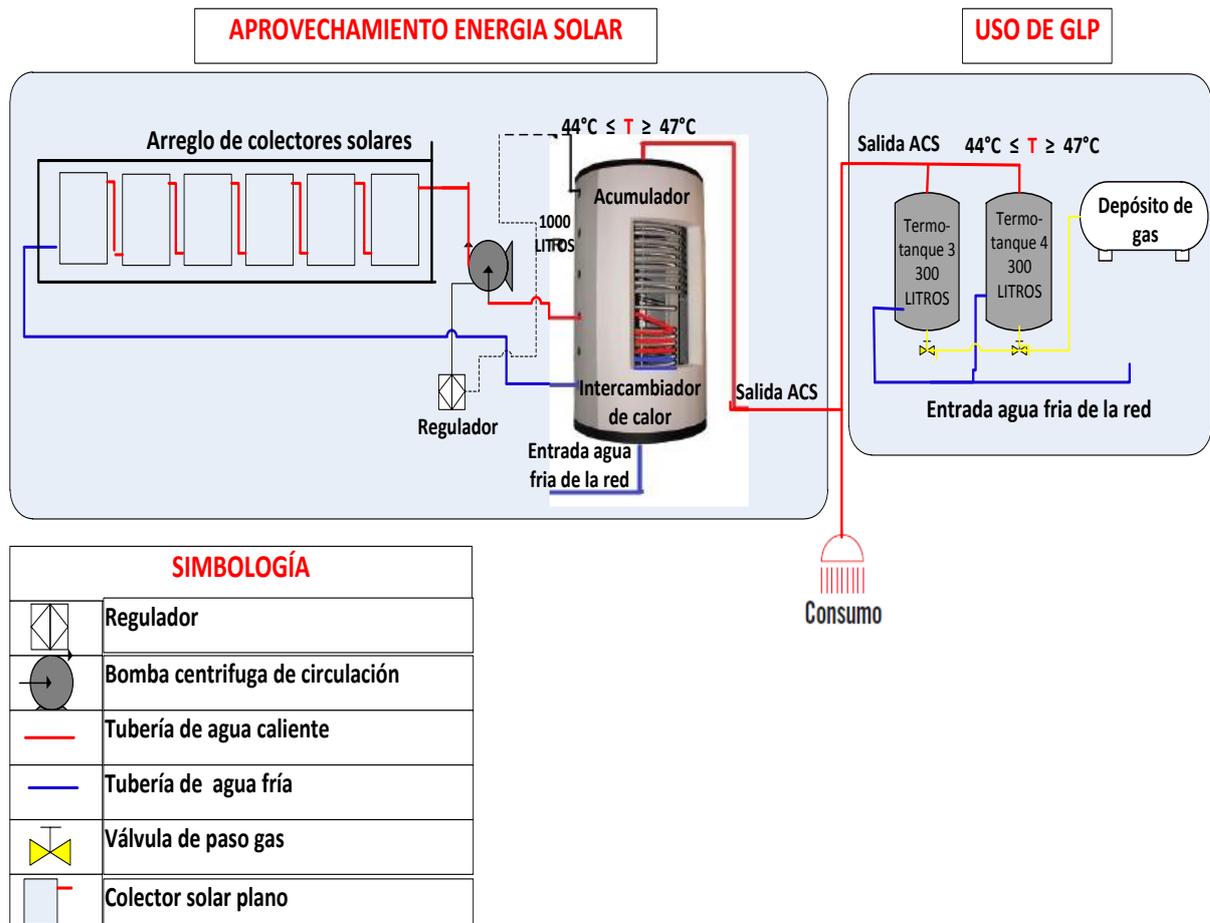


Figura 6.4. Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área de lavandería del hotel HJ Loja.

Fuente: Diseño de los autores.

6.4.2. Pertinencia de la oferta presentada

El servicio de lavandería opera todos los días de la semana. La Tabla 6.8 muestra las especificaciones de temperatura del agua en la lavandería.

Tabla 6.8. Requerimientos de temperatura del agua en la zona de lavandería del hotel.

Parámetro	Valor
Temperatura ACS	60 °C

Fuente: Diseño de los autores.

Con el sistema de provisión de ACS basado en calefones y el uso de GLP, se satisface la demanda actual en el área de lavandería, observando el rango de cumplimiento de temperatura.

El análisis de pertinencia de la oferta muestra que, el sistema híbrido propuesto satisface la demanda actual de agua en la zona húmeda y piscina, cumpliendo el rango de temperatura. Por otra parte, se señala como las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar, a la reducción de la inversión mensual en GLP en un 100% respecto a las cifras actuales, y, a la disponibilidad de un backup.

6.5. Evaluación financiera preliminar de las propuestas presentadas

6.5.1. Provisión de ACS a las habitaciones del hotel

En un apartado anterior se señaló que las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar para la provisión de ACS a las habitación del hotel, serían la reducción de la inversión mensual en GLP, en un 52% respecto a las cifras actuales; y, la disponibilidad de un backup capaz de asumir la provisión de ACS en períodos de mantenimiento o de fuera de servicio del sistema actual.

Para la evaluación financiera se consideró únicamente la reducción del gasto en GLP. La Tabla 6.9 muestra el consumo promedio de GLP del sistema actual, para una semana promedio. El gasto en GLP se obtiene considerando que el precio de un kilogramo de GLP es de USD 0.99.

Tabla 6.9. Consumo diario de GLP para provisión de ACS al área de habitaciones del hotel.

Día	Consumo promedio de GLP, Kg/día	Gasto en GLP, USD/día
Lunes	24,86	24,61
Martes	22,65	22,43
Miércoles	26,18	25,91
Jueves	26,22	25,95
Viernes	25,48	25,23
Sábado	30,18	29,88
Domingo	23,86	23,62
Promedio diario	25,63	25,37

Fuente: Diseño del ofertante.

Sobre la base del consumo promedio diario, se puede proyectar un consumo anual del orden de 9360 Kg de GLP, que representaría un gasto anual de alrededor de USD 9270.

De acuerdo a las características técnicas de la oferta presentada, el 52% de la energía requerida para provisión de ACS a las habitaciones puede ser cubierta con el uso de colectores solares. Esto implica la disminución del gasto en GLP a USD 4460, con un ahorro anual de USD 4810.

Considerando que la oferta económica para la implementación del sistema termosolar bordea los USD 30000 (incluyendo equipamiento e instalaciones adicionales requeridas), y, que el ahorro anual es de USD 4820, la inversión se recuperaría aproximadamente en 6 años, tal como lo muestra la Figura 6.5. El período de recuperación de la inversión se obtuvo sin considerar los costos de mantenimiento y reparaciones menores.

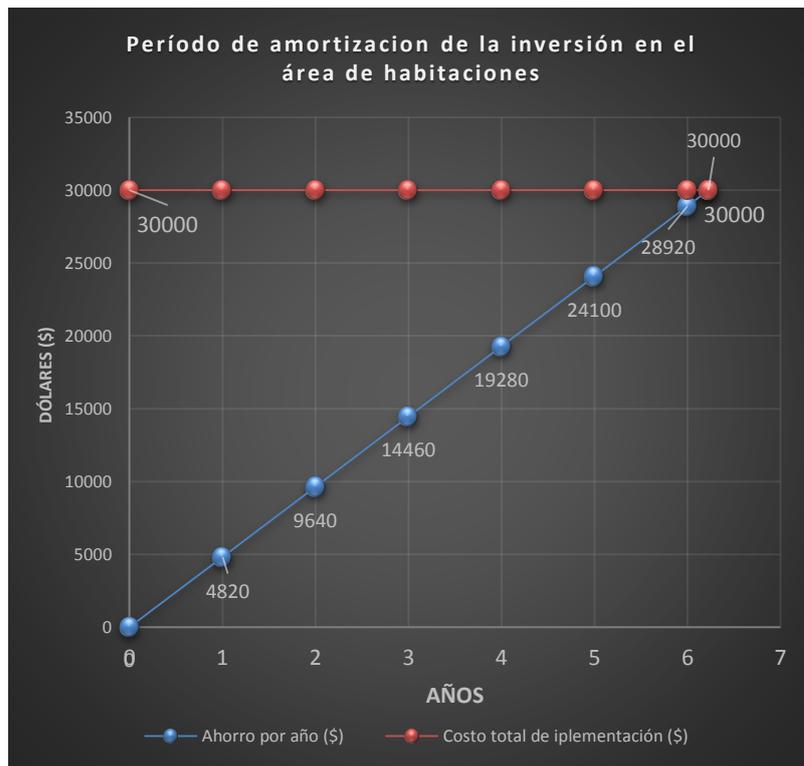


Figura 6.5. Amortización de la inversión requerida para provisión de ACS al área de habitaciones.
Fuente: Diseño de los autores.

6.5.2. Provisión de ACS a la zona húmeda y piscina del hotel.

En un apartado anterior se señaló que las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar para la provisión de ACS al área húmeda y piscina, serían la reducción de la inversión mensual en GLP y la disponibilidad de un backup.

Para la evaluación financiera se consideró únicamente la reducción del gasto en GLP. La Tabla 6.10 muestra el consumo promedio de GLP del sistema actual, para una semana promedio. Sobre la base del consumo promedio diario, se puede proyectar un consumo anual del orden de 13780 Kg de GLP, que representaría un gasto anual de alrededor de USD 13650.

Tabla 6.10. Consumo diario de GLP para provisión de ACS al área húmeda y piscina.

Día	Consumo promedio de GLP, Kg/día	Gasto en GLP, USD/día
Lunes	26,96	26,69
Martes	32,31	31,99
Miércoles	35,79	35,43
Jueves	44,91	44,46
Viernes	49,10	48,61
Sábado	42,69	42,26
Domingo	32,95	32,62
Promedio diario	37,75	37,37

Fuente: Diseño del ofertante.

De acuerdo a las características técnicas de la oferta presentada, el 47% de la energía requerida para provisión de ACS, puede ser cubierta con el uso de colectores solares. Esto implica la disminución del gasto en GLP a USD 7235, con un ahorro anual de USD 6420.

Considerando que la oferta económica para la implementación del sistema termosolar bordea los USD 32000 (incluyendo equipamiento e instalaciones adicionales requeridas), y, que el ahorro anual es de USD 6420, la inversión se recuperaría en aproximadamente 5 años, tal como lo muestra la Figura 6.6. El período de recuperación de la inversión se obtuvo sin considerar los costos de mantenimiento y reparaciones menores.

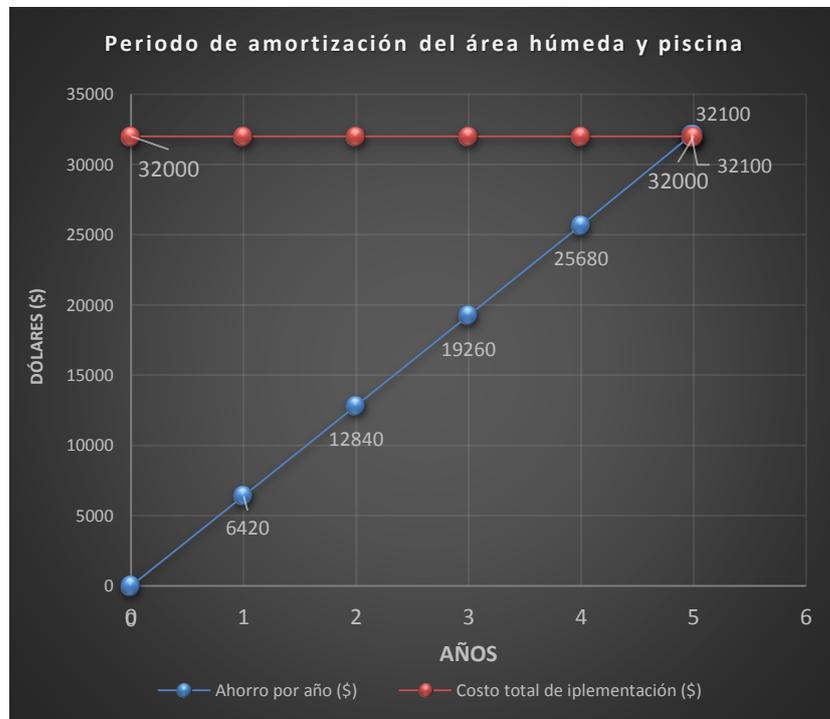


Figura 6.6. Amortización de la inversión requerida para provisión de ACS al área húmeda y piscina.

Fuente: Diseño de los autores.

6.5.3. Provisión de ACS a la lavandería del hotel.

En un apartado anterior se señaló que las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar para la provisión de ACS al área de lavandería, serían la reducción de la inversión mensual en GLP en un 100% respecto a las cifras actuales; y, la disponibilidad de un backup.

El análisis financiero de esta oferta no se pudo realizar por cuanto se desconoce de la demanda mensual de GLP en el área, y, debería concluirse en trabajos posteriores.

CONCLUSIONES

- Para abordar la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel Howard Johnson Loja, se propuso una metodología de 7 etapas.
- De acuerdo a la metodología establecida, en una reunión de trabajo con el grupo de servicios técnicos del hotel, se identificó los principales procesos demandantes de energía, que podrían ser abastecidos por ERNC: provisión de agua caliente sanitaria ACS, provisión de calor, y, provisión de iluminación.
- Se recolectó información técnica relacionada al sistema actual de provisión de ACS a la zona húmeda y a la piscina del hotel.
- Se recolectó información técnica relacionada al sistema actual de provisión de ACS a las habitaciones del hotel.
- Se recolectó información sobre los equipos instalados, tanto en el área de lavandería como en la de cocina del hotel.
- Se recolectó la información de las opciones de tecnología para la provisión de ACS a las diferentes áreas del hotel HJ Loja.
- Así mismo se detalló el funcionamiento, las ventajas y desventajas de las tipologías en las instalaciones de los colectores solares tanto del uso del fluido caloportador como de la circulación del fluido.
- De acuerdo a una revisión de las distintas tecnologías de colectores solares existentes en el mercado, se analizó las características de los tipos de colectores para tener un criterio de selección para el colector solar adecuado.
- De acuerdo al análisis de características de las distintas tecnologías de colectores solares disponibles en el mercado se escogió la tecnología de colectores de placa plana con cubierta.
- En el mercado local existe al menos un proveedor capaz de ofertar sistemas híbridos termosolares - GLP para la provisión de ACS a las distintas áreas del hotel.
- El análisis técnico financiero muestra la factibilidad de la instalación de los sistemas ofertados para provisión de ACS a las habitaciones, y, a la zona húmeda y piscina del hotel.
- La falta de información sobre la demanda de GLP en la lavandería no permitió terminar con el análisis financiero.
- En el mercado local existe al menos un proveedor capaz de ofertar sistemas híbridos termosolares - GLP para la provisión de ACS a las distintas áreas del hotel.
- El análisis técnico financiero muestra la factibilidad de la instalación de los sistemas ofertados para provisión de ACS a las habitaciones, y, a la zona húmeda y piscina del hotel.

- La falta de información sobre la demanda de GLP en la lavandería no permitió terminar con el análisis financiero.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] En línea: "Pool Heaters". Consultado en abril del 2014. Tomado de: <http://www.poolsupplyworld.com/Sta-Rite-SR400LP-Max-E-Therm-Low-NOx-400000-BTU-Propane-Gas-Pool-and-Spa-Heater/SR400LP.htm>
- [2] En línea: "BOMBA PLASTICA DE DISEÑO MANUAL DE INSTALACION, OPERACIÓN Y SERVICIO". Consultado en abril del 2014. Tomado de: <http://www.pentairpool.com/pdfs/354554.F%20Dynamo.pdf>
- [3] En línea: "IntelliChlor Electronic Chlorine Generator (Model IC60, IC40, IC20 and IC15)". Consultado en abril del 2014. Tomado de: <http://www.pentairpool.com/pdfs/IntelliChlorElectronicChlorineGenerator520589J.pdf>
- [4] En línea: "MiniMax 100 ABOVE GROUND POOL & SPA HEATER USERS & INSTALLATION MANUAL". Consultado en abril del 2014. Tomado de: <http://www.pentairpool.com/pdfs/MiniMax100IG.pdf>
- [5] En línea: "WATERFORD SYSTEMS SWIMMING POOL PUMP OWNER'S MANUAL". Consultado en abril del 2014. Tomado de: <http://www.poolplaza.com/manuals/JWP-Series-manual.PDF>
- [6]. En línea: Cora Placco, Luis Saravia, Carlos Cadena. INENCO, UNSa-CONICET Salta. "Colectores solares para agua caliente". Consultado el 2014-07-06. Tomado de: http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf
- [7]. En línea: MERCEDES PATIÑO PIZARRO. Proyecto de fin de carrera. Universidad Politécnica de Catalunya. "Diseño y cálculo de una instalación solar térmica para A.C.S. en una empresa de 200 personas". Consultado el 2014-07-06. Tomado de: https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_asignaturas/asig670022/presentacion/MEMORIA%20cvalculo%20solar%20termica.pdf
- [8]. En línea: "Los colectores solares de tubo de vacío". Consultado el 2014-07-06. Tomado de: <http://www.sitiosolar.com/los-colectores-solares-de-tubo-de-vacio/>
- [9]. En Línea: "Sistemas de energía solar térmica para campings". Consultado el 2014-07-06 Tomado de: http://www.aperca.org/temp/pdf/Manual_Solcamp_1.pdf
- [10] En línea: Ecuasol. "Proyecto de implementación de una empresa ensambladora y distribuidora de colectores solares de agua para su comercialización en la ciudad de Quito". Consultado el 2014-08-03. Tomado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5031/6/8069.pdf>
- [11]. En línea: "Energía solar, Colectores sin cubierta". Consultado el 2014-08-03 Tomado de: <http://cer.gob.cl/tecnologias/solar/energia-solar%20termica-agua-caliente-sanitaria/acs/colectores-sin-cubierta/>
- [12]. En línea: "Energía solar". Consultado el 2014-08-03. Tomado de: <http://www.aguacentro.cl/pdf/CALEFA.pdf>
- [13]. En línea: Tarifa 07 "Energía solar térmica". Consultado el 2014-08-01. Tomado de: http://www.saufer.com/tarifa_solar_2007.pdf
- [14]. En línea: Universidad Nacional de Cuyo. "Energía solar térmica". Consultado el 2014-08-01 Tomado de: <http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/informe-estuncuyo.pdf>

- [15]. En línea: Prof. Rodrigo Valdovinos. "Taller de sistemas solares térmicos para ACS". Consultado el 2014-08-03. Tomado de: http://cer.gob.cl/presentaciones/retscreen/2013/rancagua%20solar%20termica/Energia_Solar_Termica_Rancagua_25-Abril-2013.pdf
- [16]. En línea: "Energía solar térmica". Consultado el 2014-08-03. Tomado de: <http://www.olivacordobesa.es/ENERGIA%20SOLAR%20TERMICA.pdf>
- [17]. En línea: Mi energía solar. "Soluciones solar térmicas". Consultado el 2014-08-03. Tomado de: http://mienergiasolar.es/energy_technologies/solar_thermal.htm
- [18]. En línea: "Agua caliente sanitaria con energía solar térmica". Consultado el 2014-07-05. Tomado de: <http://www.solgas.com.ec/attachments/article/28/SOLGAS%20ENERGIASOLAR.pdf>
- [19]. En línea: "Glicoles". Consultado el 2014-09-31. Tomado de: <http://www.cleantool.org/teilereinigung/reiniger/glykole/?lang=es>
- [20]. En línea "Norma ecuatoriana de construcción NEC 2011. Energías Renovables". Consultado el 2014-07-05. Tomado de: <http://www.cimeg.org.ec/normasnec/NEC2011-CAP.14-ENERGIAS%20RENOVABLES-021412.pdf>

ANEXOS

**ANEXO 1. ANÁLISIS TÉCNICO Y FINANCIERO DE LAS OPCIONES DE
APROVECHAMIENTO DE ERNC PARA LA PROVISIÓN DE ACS AL HOTEL
HOWARD JOHNSON DE LA CIUDAD DE LOJA**

Análisis técnico y financiero de las opciones de aprovechamiento de ERNC para la provisión de ACS al hotel Howard Johnson de la ciudad de Loja

#1Carlos H. Castillo, #2Bolivar G. Feijo, #3Jorge Luis Jaramillo

#1, #2 Profesional en formación IET, Universidad Técnica Particular de Loja
#3 Docente investigador SEE DCCE, Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador

¹chcastillo@utpl.edu.ec, ²bgfeijo@utpl.edu.ec, ³jorgeluis@utpl.edu.ec

Resumen — se analiza técnica y financieramente las opciones de aprovechamiento de energía renovable no convencional ERNC para la provisión de agua caliente sanitaria ACS al hotel Howard Johnson de la ciudad de Loja. Se parte de la identificación de procesos demandantes de energía, se establece la línea base de la provisión actual de ACS a las habitaciones, zona húmeda y piscina, y, lavandería del hotel; se identifica las potenciales opciones de aprovechamiento de ERNC para suplir la demanda establecida; y, se describe la pertinencia técnica y financiera de las propuestas tecnológicas presentadas por proveedores locales.

Palabras claves — energía, energía renovable no convencional, provisión de ACS.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización de fuentes de energía renovable no convencional ERNC es un campo emergente, de gran impacto en las más diversas actividades económicas, sin excluir la actividad turística.

La utilización de ERNC no sólo permite proveer de energía de bajo costo, sino que también reduce la emisión de gases de efecto invernadero, y, contribuye a conservar el entorno natural en general.

En este contexto, desde el grupo de apoyo a la gerencia del Hotel Howard Jhonson Loja, se solicitó a la Sección de Energía y Electrónica SEE del Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica DCCE de la UTPL, el apoyo en la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel.

En este trabajo, se describe la metodología propuesta para abordar el requerimiento, y, los resultados obtenidos al analizar técnica y financieramente las opciones de aprovechamiento de ERNC para la provisión de agua caliente sanitaria ACS al hotel.

II. METODOLOGÍA DE TRABAJO PROPUESTA

Para abordar el requerimiento planteado, se propuso una metodología de 7 etapas (ver Fig.1)

En una primera etapa se identifica los procesos demandantes de energía, que puedan ser abastecidos con ERNC. En la segunda etapa, cada uno de los procesos identificados es caracterizado en términos de cantidad, calidad, y, cronograma.



Fig. 1. Metodología de trabajo propuesta para abordar el requerimiento. Diseño de autores.

En la tercera etapa se busca tecnologías disponibles en el mercado que, utilizando ERNC puedan proveer a los procesos identificados, en los términos requeridos. Estas tecnologías se seleccionan en función a un costo accesible, posibilidades de mantenimiento local, pero sobre todo, de fiabilidad probada.

En la cuarta etapa, de entre las tecnologías existentes en el mercado, se selecciona las de mayor prospectiva. Las opciones escogidas se someten a una etapa (quinta) de prediseño, en la que se identifica los principales requerimientos técnicos y de obra civil para su instalación, y, se aproxima una presupuesto de inversión.

En la sexta etapa, la alta gerencia del hotel decide sobre las tecnologías que corresponden al modelo de negocio del hotel. Las tecnologías seleccionadas entonces, pasan a la etapa de ingeniería de detalle. Como resultado final, se espera obtener una matriz de opciones de utilización de ERNC, que orientará la inversión económica requerida para la implementación final en el hotel.

En el marco de este proyecto, y, en función de la disponibilidad de tiempo y recursos, se aceptó que la quinta etapa sería atendida por proveedores locales de tecnología, a la vez que se dividió el trabajo en 2 grupos: provisión de ACS, y, provisión de energía eléctrica para iluminación y circuitos de fuerza.

III. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DEMANDANTES DE ENERGÍA

De acuerdo a la metodología establecida, en una reunión de trabajo con el grupo de servicios técnicos del hotel, se identificó los principales procesos demandantes de energía, que podrían ser abastecidos por ERNC. La Fig. 2 muestra los procesos identificados: provisión de agua caliente sanitaria ACS, provisión de calor, y, provisión de iluminación.

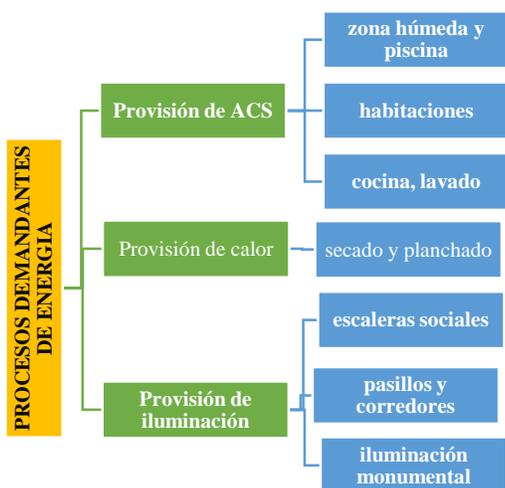


Fig. 2. Procesos demandantes de energía que pueden ser provisionados por ERNC. Elaborado por autores.

A. Provisión de ACS

La operación del hotel requiere la provisión de ACS para la zona húmeda y piscina, para las habitaciones, y, para la cocina y planchado.

La zona húmeda (turco e hidromasaje) y la piscina se encuentran localizadas en la quinta planta del edificio. La Tabla 1, resume las principales características de operación de este proceso.

Tabla 1
Parámetros preliminares de operación de la zona húmeda y piscina. Diseño de los autores.

	Volumen (m ³)	Temperatura (°C)
Piscina	96	28
Turco	28	50
Hidromasaje	9	38

El agua para la piscina y zona húmeda, se provee a través de bombas centrífugas, que llevan el agua desde una cisterna general de 130 m³ de capacidad, instalada en la planta baja del edificio.

La temperatura del agua en la piscina se mantiene a través de un circuito de recirculación y de un calentador de agua. La temperatura de operación es de aproximadamente 28 °C. Igual sistema se utiliza para mantener la temperatura del agua en el hidromasaje.

Las habitaciones se encuentran localizadas entre la sexta y la décima primera planta del edificio. Desde 4 termotanques, se abastece de ACS para lavamanos, duchas, y, jacuzzi, tal como lo muestra la Tabla 2.

Tabla 2
Parámetros preliminares de operación de las habitaciones. Diseño de los autores.

	Cantidad
Termotanque	4
Ducha	73
Lavamanos	73
Jacuzzi	3

La provisión de ACS hacia las habitaciones se sostiene en un circuito de recirculación, que permite mantener la temperatura del agua entre 44 y 47°C.

Las áreas de lavado y planchado, y, cocina se ubican en la cuarta planta del edificio. El ACS se provee desde 2 termotanques, que cubren con la demanda y requerimientos mostrados en las Tablas 3 y 4. En la tabla 3, se incluye los requerimientos de calor.

Tabla 3
Parámetros preliminares de operación en el área de lavado y planchado. Diseño de los autores.

	Cantidad
Termotanque	2
Secadoras	3
Lavadoras	2
Rodillo (planchadora)	1

Tabla 4
Parámetros preliminares de operación de la cocina. Diseño de los autores.

	Cantidad	Temperatura (°C)
Lava-vajilla	1	60
Posetos (lava-manos)	14	48

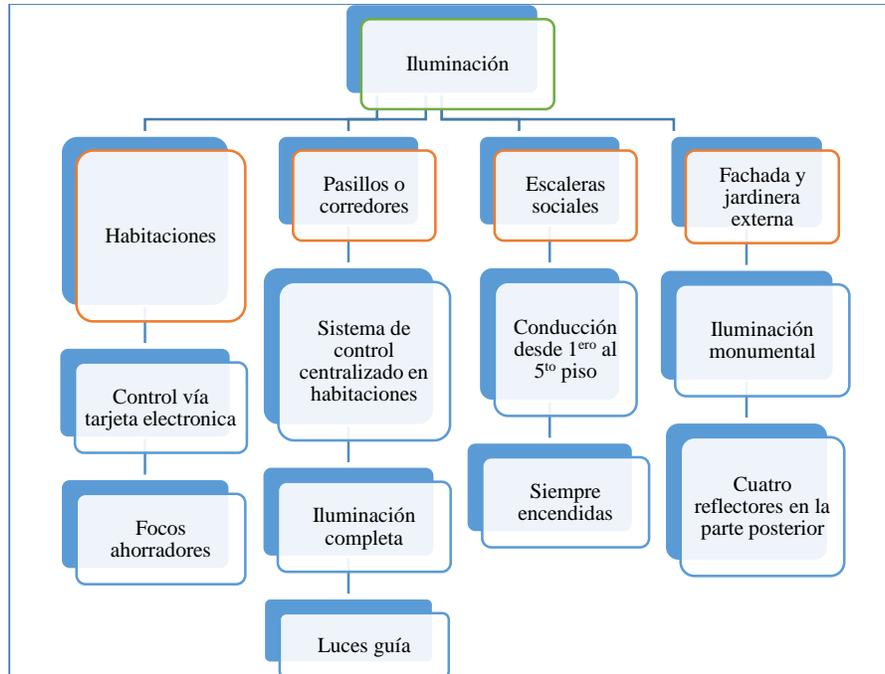


Fig. 3. Requerimientos de operación para la provisión de energía para iluminación. Elaborado por autores

B. Provisión de iluminación

La Fig. 3 detalla los subprocesos que demandan energía para iluminación en el hotel, y, sus requerimientos de operación.

Debido a la existencia de un sistema de control de uso de energía eléctrica en las habitaciones, basado en el uso de una tarjeta electrónica, se decidió no incluir este subproceso en el análisis.

En cuanto a pasillos y corredores, se acordó privilegiar aquellos que conducen a los ascensores, a áreas de trabajo de personal, a las habitaciones, y, a la sala de eventos. La iluminación de estos pasillos opera en 2 regímenes de trabajo (iluminación completa y luces guía), y, opera con ayuda de un PLC.

En cuanto a escaleras sociales, se acordó priorizar aquellas que conducen desde la planta baja hasta la cuarta, que por exigencias del propietario de la marca, deben permanecer encendidas. Respecto a la iluminación monumental, se decidió atender la iluminación de la fachada frontal, la jardinera externa, y, la fachada posterior del edificio.

Un punto aparte en el análisis de requerimientos, se relacionó a baños públicos y estacionamientos, para lo cuales se necesita identificar sensores de presencia de mayor resistencia, pero sobre todo que existan en el mercado local.

Se estableció también que el hotel cuenta con un grupo electrógeno de respaldo, de 150 KVA. Los equipos electrónicos se protegen a través de UPS.

IV. ESTADO ACTUAL DE LA PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA AL HOTEL HJ LOJA

A. Provisión de ACS a las habitaciones del hotel

El hotel cuenta con un total de 73 habitaciones (matrimoniales, simples, y, suites) distribuidas en 6 plantas. Esta área puede albergar un máximo de 170 huéspedes, con un promedio diario de 110 huéspedes (65%). Todas las habitaciones poseen ducha y lavamanos con agua fría y caliente. Además, 3 habitaciones disponen de jacuzzi.

La Fig.4 muestra el esquema general del sistema de provisión de ACS a las habitaciones del hotel. Desde una cisterna de 130m³ de capacidad, ubicada en el primer piso, el agua fría ingresa a la red de agua a través de tanques hidroneumáticos y bombas centrífugas de succión, controladas por variación de la presión de trabajo (P_{máx}-P_{mín}) preseleccionada para los tanques hidroneumáticos.

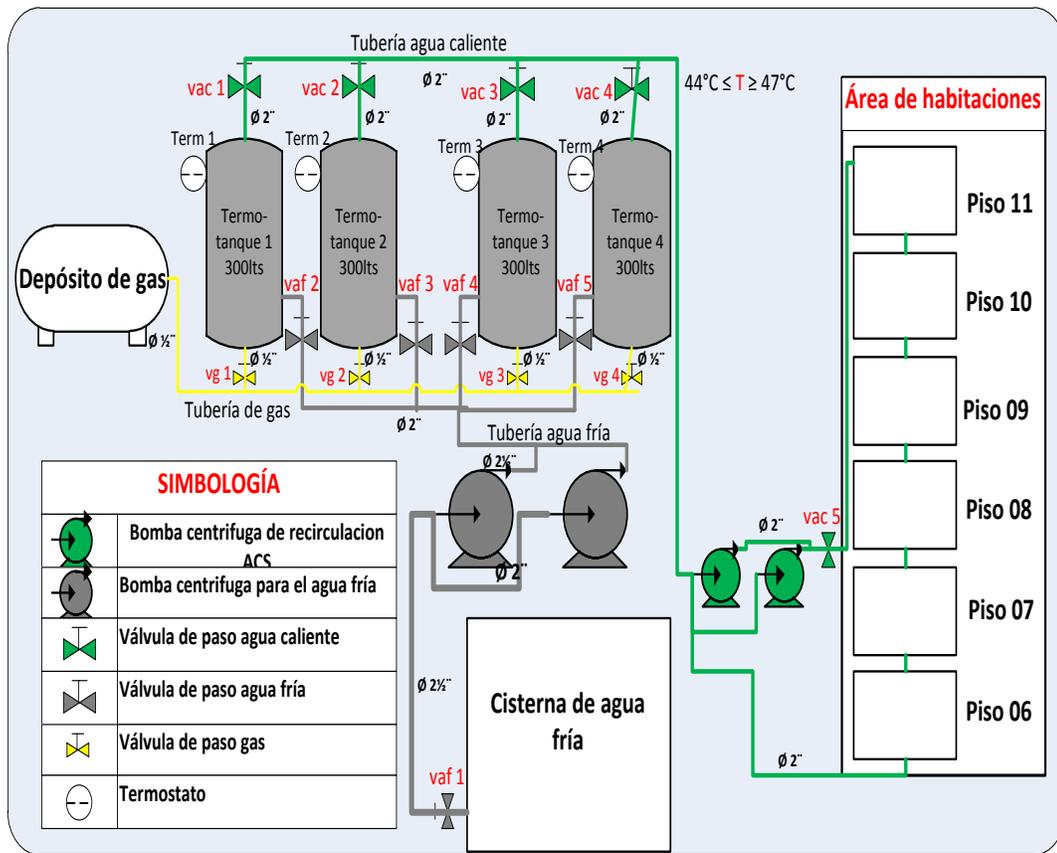


Fig. 4. Esquema general del sistema de provisión de ACS a las habitaciones. Diseño de autores.

Los tanques hidroneumáticos permiten el flujo de agua en un rango de presión preseleccionado, es decir mantienen la presión del sistema para que las bombas no enciendan cada vez que el sistema de distribución haga un pedido menor de agua.

Las bombas transportan el agua fría hacia el cuarto piso, en el cual se encuentran 4 termo-tanques, que utilizan gas licuado de petróleo GLP para calentar el agua entre 44 y 47 °C. La temperatura del agua en la red de distribución de agua caliente a las habitaciones, se mantiene con la ayuda de 2 bombas de recirculación.

Para abastecer de GLP a las diferentes áreas del hotel, existe una bombona central.

B. Provisión de ACS a la zona húmeda y piscina

La temperatura del agua en la piscina esta entre 28 y 30°C, en el jacuzzi alcanza los 36 a 38°C, y, en el turco llega a los 50°C.

El horario de atención de la piscina y del jacuzzi, es de martes a domingo, las 24 h del día. El turco opera bajo solicitud de los huéspedes.

El ACS se prevé a la piscina, a través del circuito de recirculación de agua caliente que se muestra en la Fig. 5.

El agua fría de la piscina se capta en tres puntos, 2 skimmers ubicados en la cota más alta, y, 1 drenador en el fondo. El agua se succiona por una bomba de 1.5 HP, a través de una tubería de 2 pulgadas. El agua pasa por un filtro, camino al calentador.

Una vez caliente, el agua vuelve a la piscina, y, se distribuye a través de 4 impulsores (jets) ubicados, 2 en una cota alta, y, 2 en una cota baja.

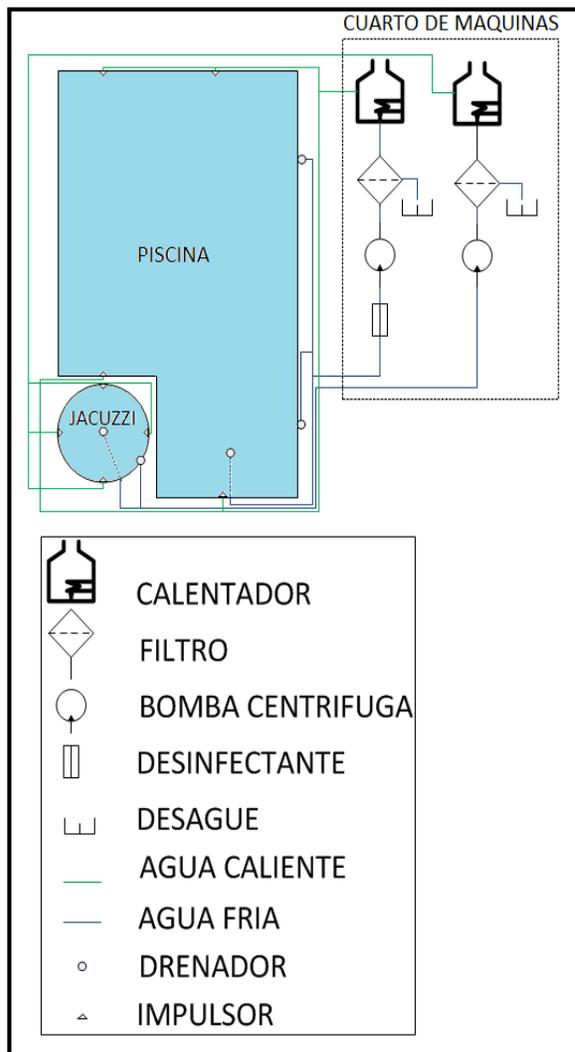


Fig. 5. Esquema del sistema de provisión de ACS a la piscina. Elaboración de autores

La provisión de ACS al jacuzzi sigue un esquema similar al descrito en el apartado anterior, pero utiliza otro tipo de equipos. Para succionar el agua fría en el jacuzzi, se utiliza un skimmer y un drenador de fondo, y, se emplea una tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Para distribuir el agua caliente, se emplea 4 jets.

En el turco, el agua fría llega a los generadores de vapor (2) a través de una tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas, desde el piso inferior (ver Fig. 6). El vapor se distribuye directamente en la cámara del turco, a través de una tubería perforada tipo flauta, que circunda una mesa de concreto, de aproximadamente 1.80 m x 0.4 m.

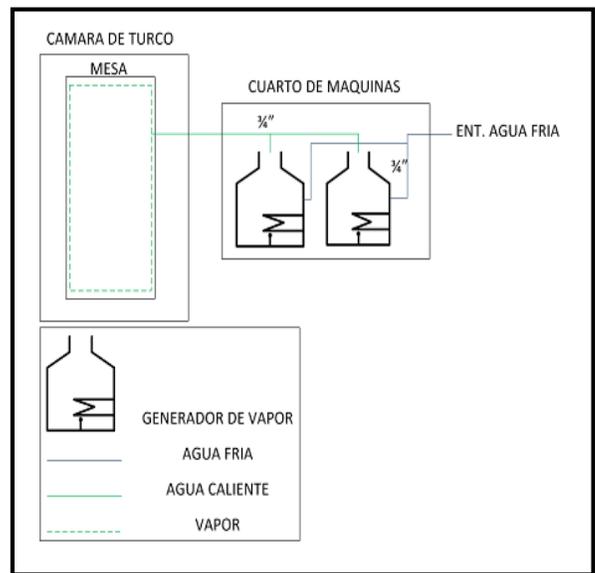


Fig. 6. Esquema del sistema de provisión de ACS al turco. Elaboración de autores

La Tabla 5 resume las principales características técnicas de los equipos utilizados en la provisión de ACS a la piscina.

Tabla 5
Datos técnicos de los equipos utilizados en la piscina. Elaborado por los autores

equipo	variable	valor	unidades
STA-RITE400LP	Voltaje	120	VAC
	Potencia	400k	BTU/h
DYNIN-1	Voltaje	115	VAC
	Potencia	1.5	HP
	Frecuencia	3450	RPM
INTELLICHLOR	Intensidad de corriente Max.	12	A
	Voltaje	115	VAC
	Potencia	220	W
	Intensidad de corriente	2	A

C. Provisión de ACS a la lavandería del hotel

El área de lavandería (planchado y secado) se ubica en la cuarta planta del edificio. Para provisión de ACS y de calor se utiliza una red de gas licuado de petróleo GLP (ver Fig. 7).

La provisión de energía corresponde a la demanda y requerimientos resumidos en la Tabla 6. El ACS proviene de 2 termotanques, cuyas características técnicas principales se resumen en la Tabla 7.

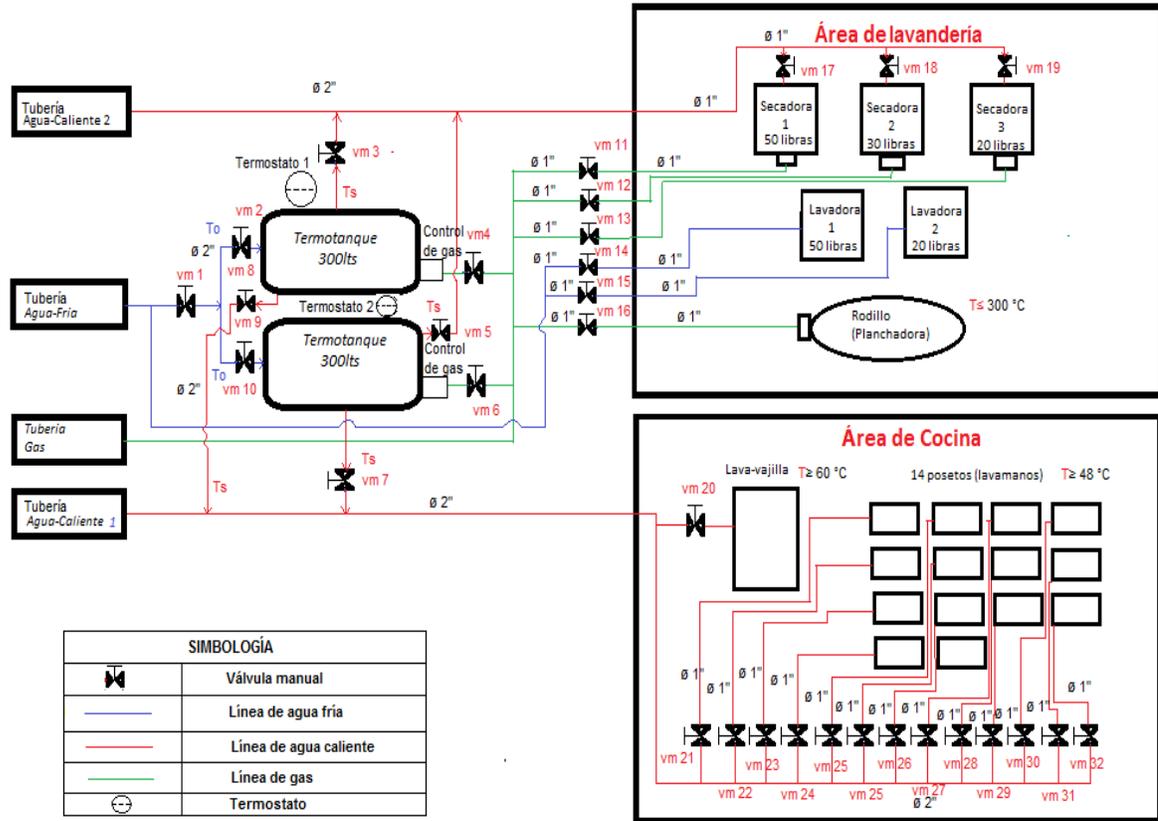


Fig. 7. Esquema del sistema provisión de ACS y calor al área de lavandería y cocina del hotel Howard Johnson Loja. Elaborado por autores.

Tabla 6

Parámetros de operación en el área de lavado y planchado
Diseño de los autores.

Equipos	Unidades
Termotanque	2
Secadoras	3
Lavadoras	2
Rodillo (planchadora)	1

Tabla 7

Características de los termotanques. Diseño de los autores.

Capacidad del tanque, l	300
Recuperación, l/h	1.800
Calorías/hora	50.000
Peso vacío aproximado, Kg	163
Peso embalado aproximado, Kg	191

La Tabla 8 muestra los equipos que existen en la lavandería, que operan 24 h al día.

Tabla 8

Equipos del área de lavandería. Diseño de los autores.

Equipo	Unidades	Observaciones
Secadora	3	20, 30, y, 50 libras de capacidad. Requieren de ACS y GLP
Lavadoras	2	20, y, 30 libras de capacidad. No requieren de ACS., ni de GLP
Rodillo (planchadora)	1	Requiere de GLP. Puede trabajar hasta una temperatura máxima de 300°C

V. EVALUACIÓN DE LA PERTINENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA UTILIZACIÓN DE SOLUCIONES OFERTADAS POR PROVEEDORES LOCALES

A. Provisión de ACS en el área de habitaciones del hotel

Para la provisión de ACS con el aprovechamiento de energía renovable, se presentó una única oferta de alrededor de USD 27000, sin incluir obras adicionales requeridas. El oferente fue una empresa local dedicada a la evaluación, diseño, instalación, control y garantía de sistemas solares para calentamiento de agua, con 2 años de experiencia en el mercado [1].

La empresa apunta a proveer de soluciones híbridas (solares – gas licuado de petróleo GLP), utilizando equipos e implementos de origen alemán y español. Entre la cartera de cliente de la empresa, se cuentan hoteles, hosterías, moteles, restaurantes, cafeterías, clínicas, hospitales, y, residencias multifamiliares.

La oferta presentada se basa en una arquitectura híbrida / mixta para la provisión de ACS (ver Fig. 8), en la que el 52% de la demanda actual se satisface a través de 20 colectores solares planos con cubierta de vidrio, dispuestos en un arreglo de 5 colectores en serie y 4 ramales en paralelo. El 48% de la demanda restante se supe del sistema actual de calefones de gas licuado de Petróleo (GLP).

El bloque de aprovechamiento de energía solar, se construirá sobre la base de colectores tipo HUCU 18844, cuyas características técnicas se muestran en la Tabla 9. Los colectores se ubicarán en la terraza superior del hotel, con una orientación norte, con una inclinación máxima de 19° respecto a la horizontal, sobre un área de ocupación de cerca de 46 m², representando una carga estructural aproximada de 14,64 Kg/m² (sin considerar el peso de los soportes de los arreglos).

La energía solar térmica se aprovechará a través de una tipología de circuito cerrado. En calidad de caloportador se utilizará glicol [2]. El caloportador interactúa en el intercambiador de calor con el ACS. Como intercambiador de calor se utilizará 3 acumuladores de 1000 l de capacidad, modelo HUCUSON 1000 (ver Tabla 10).

Tabla 9.

Características técnicas de los colectores solares HUCU 18844. Diseño del ofertante

Fabricante	HUCUSOLAR
Modelo	HUCU 18844 VP 132
Tipo	Captador con bandeja de aluminio estampada, juntas herméticas, respiraderos anti condensación y aislado con lana mineral de 5cm
Área total- área efectiva	2,3 m ² - 2 m ² (1,10 x 2,1 x 0,98 m)
Peso en vacío	37,2 Kg
Contenido de fluido	1.3 l
Presión max	10 bar (145 PSI)

Tabla 10.

Características técnicas del tanque de acumulación HUCUSON 1000. Diseño del ofertante

Marca	Hukutank
Modelo	HUCUSON 1000
Capacidad	1000 l
Aislante	100mm poliuretano rígido

El circuito secundario funciona por la tipología de circulación forzada, para lo que se utiliza una central de bombeo marca SUNSET (ver Tabla 11). La bomba se controla desde una centralita de regulación diferencial, que opera en función del diferencial de temperatura entre el bloque de colectores solares y los tanques (ver Tabla 12).

Tabla 11.

Características técnicas de la central de bombeo. Diseño del ofertante

Bomba	Wilo Star S30U
Potencia	90 W (1/8 HP)
Válvula de seguridad	6 bar (87 PSI)
Termómetro (2 unidades)	Rango de 0-160 °C
Válvula antiretorno (2 unidades)	Válvulas de resorte
Manómetro	0 a 8 bar
Medidor de flujo	Regulable de 0 a 15 m ³ / min
Válvula de llenado y vaciado	2 unidades(1/2")

Tabla 12.

Características técnicas de la centralita de regulación TITAN PTC1000. Diseño del ofertante

Marca	Sunset Solar
Modelo	TITAN PTC1000
Sondas	15 sondas tipo PTC (-50 a 180°C)
Alimentación	110 V

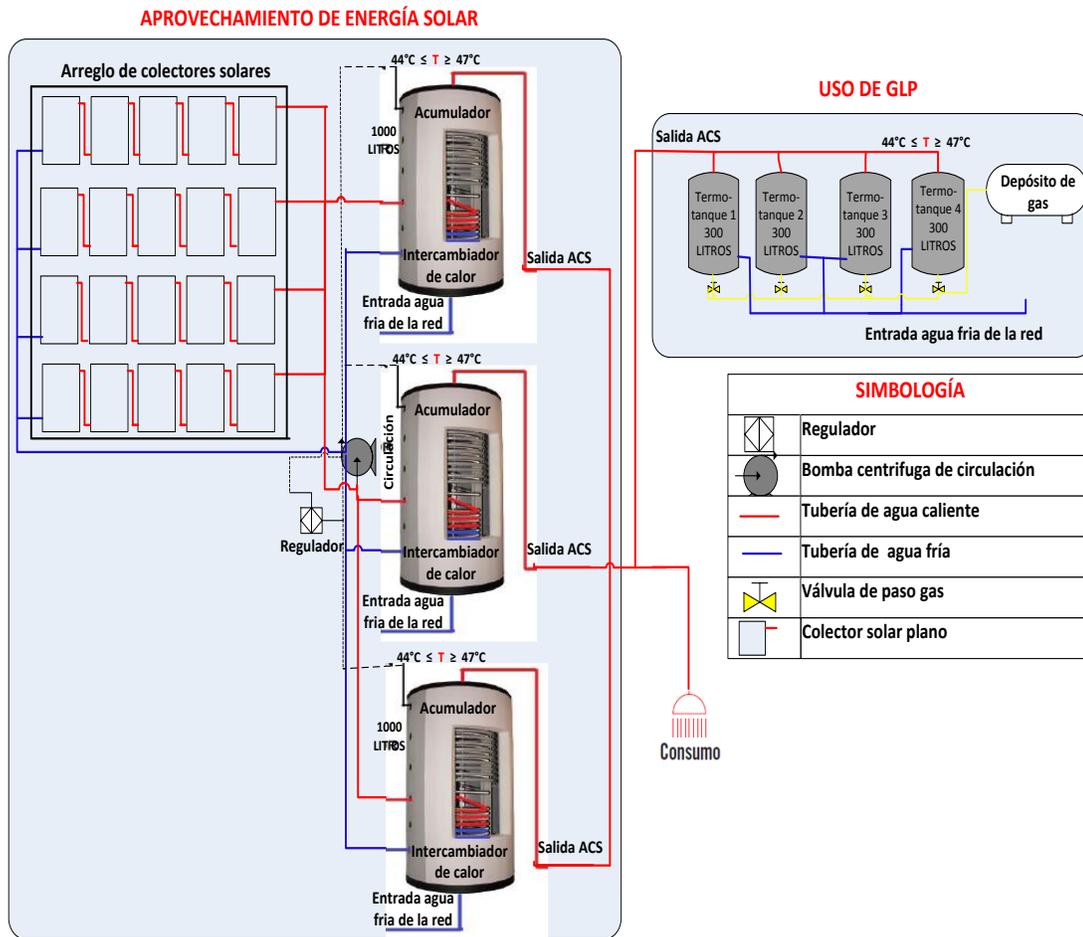


Fig. 8. Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área de habitaciones del hotel HJ Loja. Diseño de los autores

Actualmente, todas las habitaciones del hotel poseen ducha y lavamanos con agua fría y caliente. En 3 habitaciones se dispone de jacuzzi. El agua para las habitaciones proviene de una cisterna de 130 m³ de capacidad, que cubre la provisión continua del servicio.

Con el sistema de provisión de ACS basado en calefones y el uso de GLP, se satisface la demanda actual en las habitaciones, observando el rango de cumplimiento de temperatura. Por otra parte, la oferta posible de ACS en el hotel, excede a lo requerido por la norma.

Desde esta perspectiva, las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar serían la reducción de la inversión mensual en GLP, en un 52% respecto a las cifras actuales; y, la disponibilidad de un backup capaz de asumir la provisión de ACS en períodos de mantenimiento o de fuera de servicio del sistema actual.

B. *Provisión de ACS en la zona húmeda y piscina.*

Para suplir este requerimiento se presentó una única oferta de alrededor de USD 30000, sin incluir obras adicionales requeridas, del mismo oferente anterior [1].

La oferta presentada utiliza una arquitectura híbrida / mixta para la provisión de ACS (ver Fig. 9), en la que el 47% de la demanda actual se satisface a través de 35 colectores solares planos con cubierta de vidrio tipo HUCU 18844, dispuestos en un arreglo de 5 colectores en serie y 7 ramales en paralelo. El 53% de la demanda restante se suple del sistema actual de calefones que utilizan GLP.

Los colectores se ubicarán en la terraza superior del hotel, sobre un área de ocupación de cerca de 80 m², como intercambiador de calor se utilizará 2 acumuladores de 1000 l de capacidad cada uno, modelo HUCUSON 1000.

Por política del hotel, la piscina está en servicio toda la semana, 24 horas al día, a excepción del lunes en el que se realiza la limpieza y mantenimiento. Por su parte, la zona húmeda está a disposición del huésped bajo solicitud.

El análisis de pertinencia de la oferta muestra que, el sistema híbrido propuesto satisface la demanda actual de agua en la zona húmeda y piscina, cumpliendo el rango de temperatura. Por otra parte, se señala como las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar, a la reducción de la inversión mensual en GLP en un 47% respecto a las cifras actuales, y, a la disponibilidad de un backup.

C. Provisión de ACS en el área de lavandería

Para suplir este requerimiento se presentó una única oferta de alrededor de USD 9300, sin incluir obras adicionales requeridas, del mismo oferente anterior [1].

La oferta presentada se basa en una arquitectura híbrida / mixta para la provisión de ACS (ver Fig. 10), en la que la demanda actual se satisface a través de 6 colectores solares planos con cubierta de vidrio tipo HUCU 18844, dispuestos en un arreglo de 6 colectores en serie.

El servicio de lavandería opera todos los días de la semana.

Con el sistema de provisión de ACS basado en calefones y el uso de GLP, se satisface la demanda actual en el área de lavandería, observando el rango de cumplimiento de temperatura.

El análisis de pertinencia de la oferta muestra que, el sistema híbrido propuesto satisface la demanda actual de agua en la zona húmeda y piscina, cumpliendo el rango de temperatura. Por otra parte, se señala como las mayores contribuciones de la instalación del bloque de aprovechamiento de energía solar, a la reducción de la inversión mensual en GLP en un 100% respecto a las cifras actuales, y, a la disponibilidad de un backup.

D. Evaluación financiera preliminar de las propuestas presentadas

Provisión de ACS a las habitaciones del hotel

De acuerdo a las características técnicas de la oferta presentada, el 52% de la energía requerida para provisión de ACS a las habitaciones puede ser cubierta con el uso de colectores solares. Esto implica la disminución del gasto en GLP a USD 4460, con un ahorro anual de USD 4810.

Considerando que la oferta económica para la implementación del sistema termosolar bordea los USD 30000 (incluyendo equipamiento e instalaciones adicionales requeridas), y, que el ahorro anual es de USD 4820, la inversión se recuperaría aproximadamente en 6 años, tal como lo muestra la Fig. 11. El período de recuperación de la inversión se obtuvo sin considerar los costos de mantenimiento y reparaciones menores.

Provisión de ACS a la zona húmeda y piscina del hotel

De acuerdo a las características técnicas de la oferta presentada, el 47% de la energía requerida para provisión de ACS, puede ser cubierta con el uso de colectores solares. Esto implica la disminución del gasto en GLP a USD 7235, con un ahorro anual de USD 6420.

Considerando que la oferta económica para la implementación del sistema termosolar bordea los USD 32000 (incluyendo equipamiento e instalaciones adicionales requeridas), y, que el ahorro anual es de USD 6420, la inversión se recuperaría en aproximadamente 5 años, tal como lo muestra la Fig. 12. El período de recuperación de la inversión se obtuvo sin considerar los costos de mantenimiento y reparaciones menores.

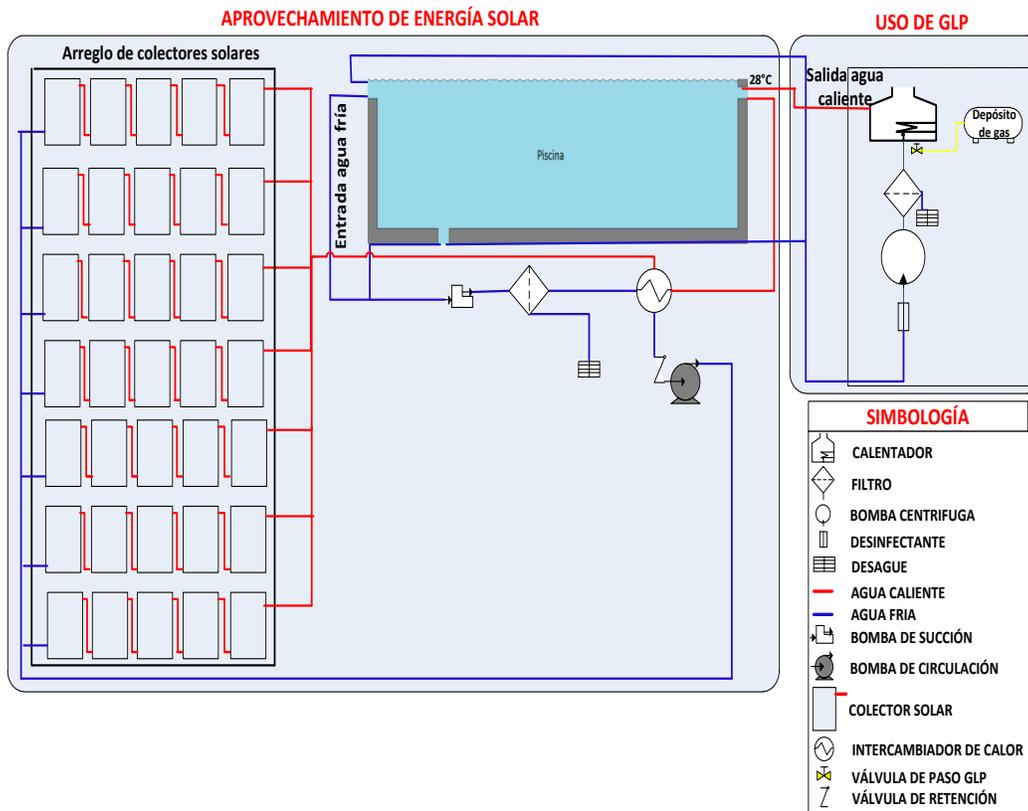


Fig.9 Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área húmeda y piscina del hotel HJ Loja. Diseño de los autores

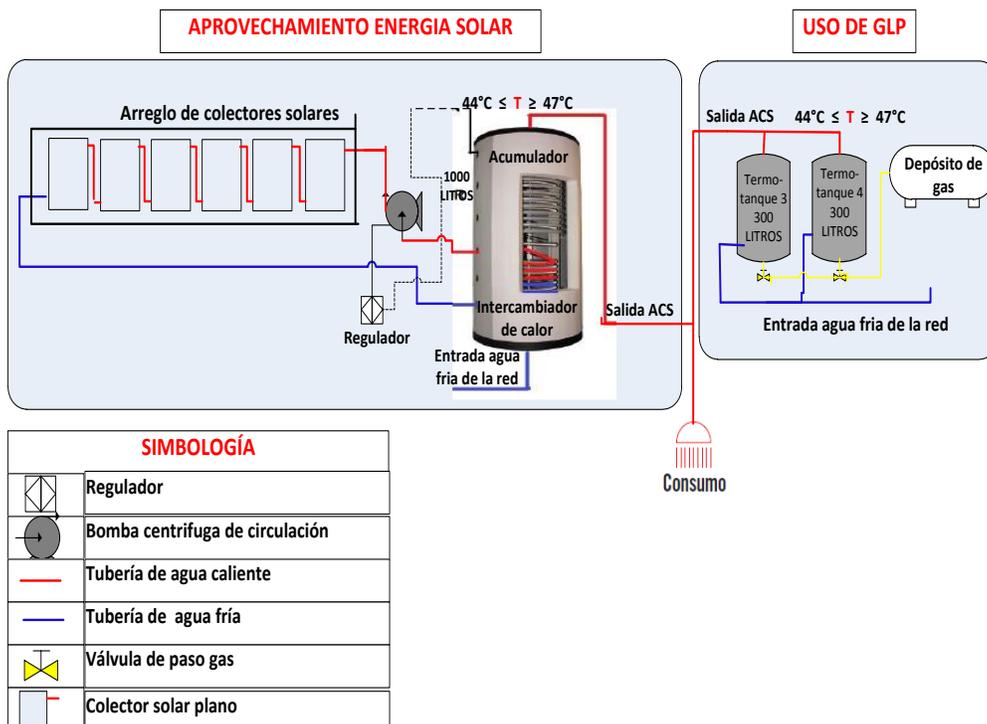


Fig.10 Esquema del sistema híbrido/mixto propuesto para la provisión de ACS al área de lavandería del hotel HJ Loja. Diseño de los autores

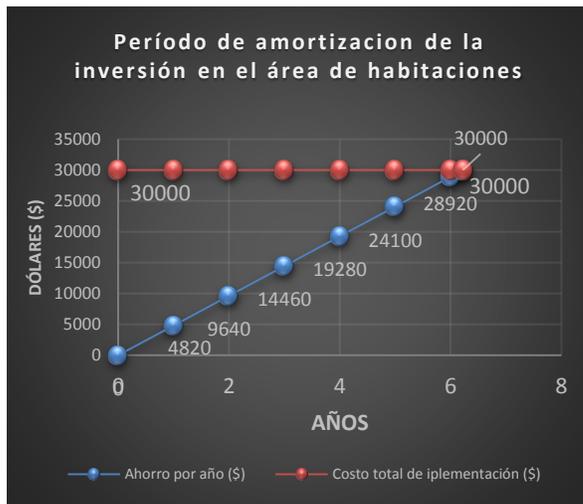


Fig. 11. Amortización de la inversión requerida para provisión de ACS al área de habitaciones. Diseño de los autores.

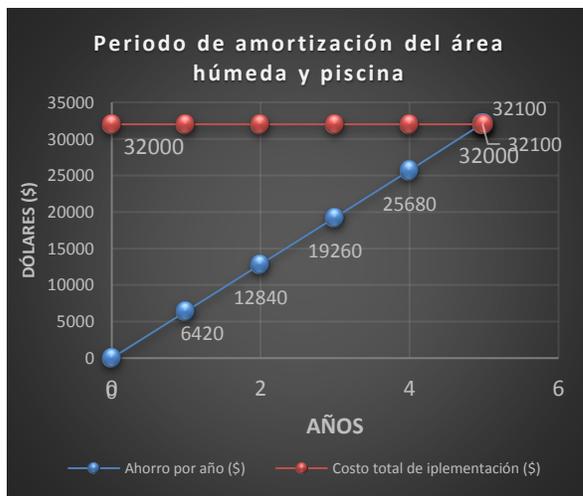


Fig. 12. Amortización de la inversión requerida para provisión de ACS al área húmeda y piscina. Diseño de los autores.

Provisión de ACS a la lavandería del hotel

El análisis financiero de esta oferta no se pudo realizar por cuanto se desconoce de la demanda mensual de GLP en el área, y, debería concluirse en trabajos posteriores.

VI. CONCLUSIONES

- Para abordar la introducción de energía proveniente de fuentes renovables para suplir las necesidades energéticas del hotel Howard Johnson Loja, se propuso una metodología de 7 etapas.

- En conjunto con el grupo de servicios técnicos del hotel, se identificó los principales procesos demandantes de energía que podrían ser abastecidos por ERNC: provisión de agua caliente sanitaria ACS, provisión de calor, y, provisión de iluminación.
- En la etapa de caracterización, se recolectó información técnica del sistema actual de provisión de ACS a las habitaciones del hotel, zona húmeda y lavandería.
- En la etapa de escogitamiento de opciones tecnológicas, se recolectó la información de las opciones de tecnología para la provisión de ACS a las diferentes áreas del hotel HJ Loja; se detalló el funcionamiento, las ventajas y desventajas de las tipologías en las instalaciones de los colectores solares tanto del uso del fluido caloportador como de la circulación del fluido; y, de acuerdo a una revisión de las distintas tecnologías de colectores solares, se revisó las características de los tipos de colectores para tener un criterio de selección para el colector solar adecuado.
 - En la etapa de selección de la opción óptima, se determinó que en el mercado local existe al menos un proveedor capaz de ofertar sistemas híbridos termosolares - GLP para la provisión de ACS a las distintas áreas del hotel; mientras que el análisis técnico financiero mostró la factibilidad de la instalación de los sistemas ofertados para provisión de ACS a las habitaciones, y, a la zona húmeda y piscina del hotel.

VII. REFERENCIAS

- [1]. Agua caliente sanitaria con energía solar térmica. [en línea]. Consultado 2014-07-05 URL: <http://www.solgas.com.ec/attachments/article/28/SOLGAS%20ENERGIASOLAR.pdf>
- [2]. "Glicoles" [en línea]. Consultado 2014-09-31 URL: <http://www.cleantool.org/teilerreinigung/reiniger/glykole/?lang=es>.
- [3]. En línea "Norma ecuatoriana de construcción NEC 2011. Energías Renovables". Consultado el 2014-07-05. Tomado de: <http://www.cimeg.org.ec/normasnec/NEC2011-CAP.14-ENERGIAS%20RENOVABLES-021412.pdf>