



Eficiencia Energética

Documento Base Para Líneas de Créditos del Sector Turístico

Autores:

- Ing. Carlos G. Tanides
- Ing. Hernán Iglesias Furfaro

Agosto de 2018

Tabla de contenido

1	GENERALIDADES.....	4
1.1	Diseño apropiado	4
1.2	Uso Racional de la Energía.....	4
1.3	Uso Eficiente de la Energía	5
1.4	Administrador Energético (Energy Manager).....	5
2	INDICADORES ECONÓMICOS PARA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	6
3	CONSUMO ENERGÉTICO DE HOTELES Y RESTAURANTES.....	6
4	CALEFACCIÓN, ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y VENTILACIÓN	6
4.1	Características generales del servicio de Calefacción, Ventilación y Refrigeración (CVR).....	7
4.2	Diseño de las instalaciones.....	7
4.3	Uso Racional de la Energía: Accionamiento de instalaciones y Niveles de servicio recomendados	7
4.4	Sistemas de Climatización Eficientes (enfriamiento y calefacción).....	8
4.4.1	Sistemas centrales: calderas	9
4.5	Aproximación al Cálculo económico de Acondicionadores de Aire	10
5	Sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS).....	12
5.1	Aproximación al Cálculo económico de ACS en sistemas individuales.....	12
5.1.1	Economizadores de agua	¡Error! Marcador no definido.
5.1.2	Calefones y termotanques a gas natural	12
6	ILUMINACIÓN EFICIENTE.....	13
6.1	Uso Racional y Eficiente de la Energía en la Iluminación.....	13
6.1.1	Uso Racional de la Energía en Iluminación	13
6.1.2	Uso Eficiente de la Energía en Iluminación.....	14
6.2	Evaluación técnica y económica en los sistemas de iluminación	14
7	DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	16
7.1	Esquema de informe de diagnóstico energético	19
7.1.1	DATOS E INFORMACIÓN DEL HOTEL.....	19
7.1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO o ACTIVIDADES PRINCIPALES	20
7.1.3	CONSUMO DE SERVICIOS.....	20
7.1.4	INVENTARIO GENERAL.....	21
	Energía eléctrica:	21
	Gas:.....	21
7.1.5	PRINCIPALES INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS.....	21
7.1.6	FACTURACIÓN ENERGÉTICA	21
7.1.7	PARTICIPACIÓN DE LA ENERGÍA EN SU MATRIZ DE COSTOS Y MAPA ENERGÉTICO DE LA EMPRESA ...	22
7.1.8	CUANTIFICACIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS	22
7.1.9	INDICADORES SUGERIDOS PARA CUANTIFICAR EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	22
7.1.10	IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	22

7.1.11	ESTUDIOS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA	22
7.1.12	anexos	22
8	Páginas web con información adicional	22
9	ANEXO I. Indicadores económicos	23
9.1	Costo Anualizado Total	23
9.2	Costo de energía ahorrada (CEA)	24
10	ANEXO II – Climatización Ambiental	25
10.1	Sistemas centrales	25
10.2	Sistemas de calefacción	26
10.3	Sistemas individuales tipo ventana o split	29
10.4	Recomendaciones	29
10.4.1	Iniciales	29
10.4.2	Intermedias	30
10.4.3	Avanzadas	31
11	ANEXO III. Agua Caliente Sanitaria	31
11.1	Sistemas centralizados	31
11.2	Sistemas individuales	32
11.3	Ahorro de agua	33
12	ANEXO IV. Conceptos y características relacionados con los sistemas de refrigeración	33
12.1	Eficiencia energética en iluminación	33
12.2	Características de las tecnologías de iluminación	34
12.2.1	Fuentes luminosas	34
12.2.2	Luminarias	40
12.3	Modo en que se opera la instalación	40
12.3.1	Sistemas de control	40
12.4	Régimen de mantenimiento	41
12.5	Indicador de eficiencia energética de la instalación	41
12.6	Recomendaciones generales	42
12.6.1	Iniciales	42
12.6.2	Intermedias	43
12.6.3	Avanzadas	43

1 GENERALIDADES

Las maneras de obtener ahorros en el consumo energético para proveer los servicios energéticos son básicamente de tres tipos dependiendo de la instalación a ser evaluada.

Proyectos nuevos

- a. Diseño apropiado de las instalaciones de edificios y sistemas que consumen energía

Proyectos nuevos y existentes

- b. Uso Racional de la Energía (consciencia, educación, comportamiento) y;
- c. Uso Eficiente de la Energía (incorporando tecnología más eficiente)
- d. En instalaciones de envergadura la existencia de un Administrador Energético que vele por el UREE.

1.1 Diseño apropiado

El momento del diseño de un proyecto es clave a la hora de obtener los máximos beneficios al menor costo. Una vez diseñados y construidos los edificios o las instalaciones que utilizan energía su consumo queda condicionado por años o décadas con poca posibilidad de mejora.

Dentro de estos elementos a considerar se encuentran:

- Utilización de principios de arquitectura bioclimática en el proyecto constructivo
- Diseño eficiente de instalaciones de:
 - o Climatización
 - o Iluminación
 - o Transporte vertical (ascensores)
 - o Cocina
 - o Otros

Es crítico para sacar provecho de este concepto la contratación de profesionales que estén capacitados y tengan experiencia en la optimización del consumo de energía incorporando conocimientos de arquitectura bioclimática, instalaciones eficientes, etc. Los profesionales con estas cualidades lamentablemente todavía no abundan y deben seleccionarse adecuadamente.

1.2 Uso Racional de la Energía

La utilización de una instalación energética comprende las siguientes **acciones**:

- a) **Energización del aparato o instalación** (encendido y apagado) que dependen del grado de consciencia, información disponible, educación, hábitos entre otros, todos modificables a partir de procesos de educación, capacitación, etc.
- b) Adopción de determinados **niveles de los servicios energéticos** prestados. El ejemplo clásico es la temperatura con que se setea la refrigeración en verano o la calefacción en invierno. Estos niveles

de servicio, condicionan fuertemente el consumo de energía aumentándolos innecesariamente cuando las temperaturas son excesivas.

Por lo tanto en el ámbito de las acciones y de la elección de los niveles de los servicios puede hacerse un **Uso Racional de la Energía** tomando la mejor decisión que ajuste el uso a la necesidad.

En general la incorporación de este tipo de medidas proviene del asesoramiento de expertos en el tema o, en otros casos, pueden determinarse a partir de personal propio, de los complejos hoteleros y gastronómicos, que tengan esta tarea encomendada.

En ambos casos las medidas de Uso Racional requieren de un “mantenimiento” periódico de los conceptos ya que éstos se van perdiendo por olvido en el tiempo y debe ser recordados.

1.3 Uso Eficiente de la Energía

Además, las instalaciones o sistemas, están integradas por **elementos activos y pasivos** que se caracterizan por su tecnología, dimensión, ubicación, etc.

Estos elementos tienen **pérdidas energéticas** que pueden ser definidas como las diferencias entre los flujos energéticos aprovechados y los flujos energéticos consumidos como resultado en un sistema energético dado. (p.e. industria, residencia, lámpara, etc.).

Se define como **eficiencia energética** de un equipo o sistema energético es el cociente entre los flujos energéticos aprovechados y los flujos consumidos como se indica en la siguiente expresión:

$$\text{Eficiencia energética} = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía consumida}}$$

1.4 Administrador Energético (Energy Manager)

Es una persona, con una calificación técnica media como mínimo, que tenga la responsabilidad de estudiar y evaluar medidas de UREE a ser implementadas en las instalaciones y la autoridad para que esto ocurra.

Esta persona se justifica, y puede fácilmente autofinanciarse con los ahorros producidos, cuando la instalación es importante o cuando tiene a su cargo un número de instalaciones que sumadas lo justifiquen.

2 INDICADORES ECONÓMICOS PARA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Dentro de los indicadores económicos utilizados para evaluar proyectos de eficiencia energética, además de los tradicionales tales como Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) o Período Simple o Descontado de Repago existen algunos otros que resultan apropiados para la especificidad de la Eficiencia. Estos son el Costo Anualizado Total (CAT) y el Costo de la Energía Ahorrada (CEA).

En el caso del CAT este indicador nos brinda el costo de amortización de la inversión más el de operación y mantenimiento (OyM) que surgen de la tarifa energética y de eventuales costos de mantenimiento de la instalación.

En el Anexo I, se detalla la forma de cálculo de ambos indicadores.

3 CONSUMO ENERGÉTICO DE HOTELES Y RESTAURANTES

Los usos finales más importantes en el caso de hoteles y restaurantes varían mucho dependiendo de las instalaciones y su tamaño. En términos generales para instalaciones medianas o grandes la distribución por usos finales es la siguiente.

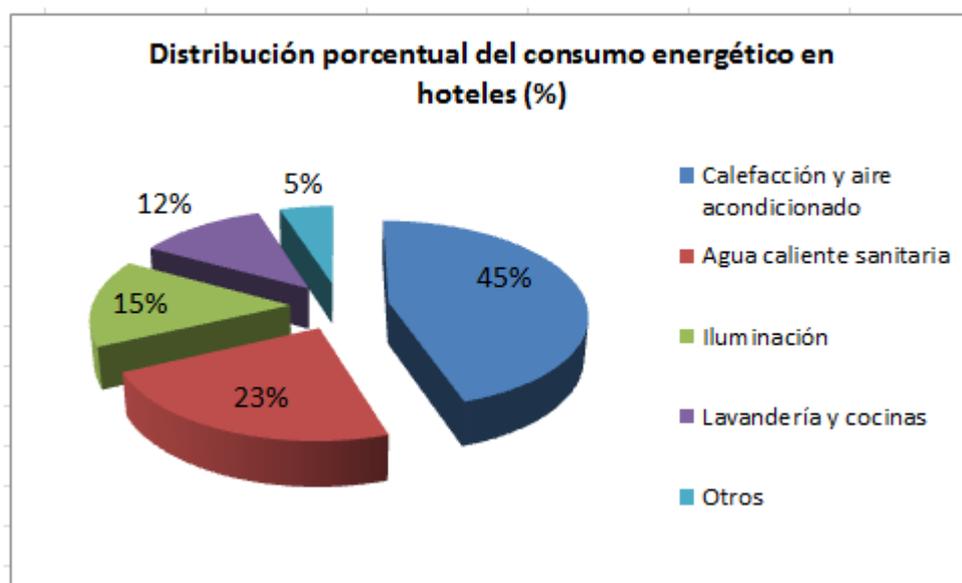


Figura 1. Consumo de energía en Hoteles y Restaurantes.

Fuente: <http://www.eficienciaenergetica.com/hoteles-restaurantes>

4 CALEFACCIÓN, ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Y VENTILACIÓN

El aire acondicionado es, en muchos lugares durante el verano, una necesidad imprescindible; si se instalan enfriadoras más eficientes, con refrigerantes menos contaminantes y con mayor rendimiento podremos obtener un servicio de calidad y sustentable. Los equipos más sofisticados además permiten (a través de un módulo adaptable) recuperar calor para producir agua caliente, ahorrando más energía.

También se puede incluir un módulo de *free cooling* (enfriamiento gratuito), que permite usar el aire del exterior cuando la temperatura es más fresca en el exterior que en el interior del edificio, regulando la temperatura del interior del edificio de manera conveniente y rentable según la zona climática,

4.1 Características generales del servicio de Calefacción, Ventilación y Refrigeración (CVR)

Los sistemas de calefacción, la ventilación y la refrigeración (CVR) son los que generan, normalmente, la mayor demanda de energía en un complejo hotelero.

Las características de acondicionamiento térmico están basadas en la demanda de confort de los usuarios de las instalaciones del hotel. Este confort se define como la sensación agradable y equilibrada entre la humedad y la temperatura, la velocidad y la calidad del aire, ligado a ocupación y a la actividad que se vaya a desarrollar en cada uno de los locales por climatizar. **Los sistemas deben asegurar el nivel de confort y satisfacción esperado por los clientes, con un gasto energético mínimo. Para ello deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:**

4.2 Diseño de las instalaciones

Las recomendaciones sobre diseño de las instalaciones son muy puntuales y deben hacerse en cada caso basadas en características generales del proyecto, tamaño, funciones y uso, clima de la región, tarifas energéticas, entre otras. Por lo que no es posible dar recomendaciones generales y escapa al propósito de este documento.

4.3 Uso Racional de la Energía: Accionamiento de instalaciones y Niveles de servicio recomendados

Recomendaciones generales:

1. Los locales del establecimiento no deberán estar ni demasiado cálidos ni demasiado fríos. Esto implica quejas de los usuarios y un gasto energético innecesario.
2. Los locales no deberán estar subcalefaccionados en invierno ni subenfriados en el verano, pues también producen incomodidad. Colocar el termostato en 25 °C en verano, en lugar de 23 °C, genera un ahorro energético del orden del 13% (dependiendo de la región climática).

En un estudio realizado por el ENARGAS se determinó que en el invierno un grado de diferencia en el termostato de la calefacción, en la **Ciudad de Buenos Aires**, produce una variación del consumo de +/- 20%, mientras que, en la ciudad de Bariloche esta variación relativa es del orden del 10%.¹

3. Se tratará de evitar o disminuir los servicios de CVR en aquellos sectores que no estén siendo utilizados u ocupados. Esto evita el derroche energético.
4. La calidad del aire es un aspecto importante para considerar, sobre todo en los lugares muy cerrados o sujetos a fuertes concentraciones de olores. Esto genera malestar.

¹ Agregar referencia estudio ENARGAS

- Se deben reducir las pérdidas de calor en invierno y las ganancias de calor en verano, para disminuir de este modo la demanda de energía necesaria para el acondicionamiento térmico del edificio. Estas pérdidas de calor van a depender, en primer lugar, de las características constructivas del edificio.

Para una óptima eficiencia, se debe asegurar que las funciones de cada componente del CVR se complementen, en especial cuando el sistema de ventilación distribuya el aire frío y el caliente.

Los valores internacionalmente aceptados como adecuados para confort en los distintos ambientes se clasifican por tipo de ambiente, estación del año y hora del día. En las Tablas 1 y 2 se puede ver un resumen de los éstos:

Tabla 1. Temperaturas recomendadas para los distintos locales del hotel

Servicio	Habitación ocupada	Habitación desocupada
Calefacción	22 °C	18 °C
Refrigeración	24,5 °C	28 °C

Tabla 2. Temperaturas recomendadas para los distintos locales del hotel y distintos grados de confort térmico

Locales	Confort térmico	Temperatura en verano	Temperatura en invierno
Salones de fiestas, seminarios, conferencias, recepciones	A	24,5 ± 1,0	22 ± 1
	B	24,5 ± 1,5	22 ± 2
	C	24,5 ± 2,5	22 ± 3
Comedores/cafetería	A	24,5 ± 1	22 ± 1
	B	24,5 ± 2	22 ± 1
	C	24,5 ± 2,5	22 ± 3,5

En esta clasificación se diferencian distintos niveles de confort; al nivel A le corresponde el mayor bienestar y al C le corresponde el menor.

4.4 Sistemas de Climatización Eficientes (enfriamiento y calefacción)

Básicamente, los equipos de climatización pueden clasificarse en *sistemas centrales* y *sistemas individuales tipo ventana o split*. Cada sistema tiene ventajas y desventajas, además de variaciones en cada uno, por lo que describir todas las opciones puede resultar bastante extenso.

Podemos dividir las tecnologías eficientes para la climatización en:

- *Sistemas centrales*: Son sistemas que climatizan un hotel con redes que transportan energía térmica a cada ambiente; el fluido caloportador es aire o agua.
- *Sistemas individuales o tipo split*: Estos acondicionadores de aire **tienen un rendimiento altísimo** del orden del 350% al 400%² por lo cual está ganando espacio en todas partes del mundo no sólo en modo refrigeración sino como forma de calefaccionar. Si comparamos un calefactor a tiro ba-

² Es sabido que el rendimiento no puede mayor al 100%, pero técnicamente la bomba de calor no transforma energía sino que la mueve. La explicación de este concepto físico excede a este documento.

lanceado con un rendimiento del 65-70% con un acondicionador con un rendimiento del 350% la diferencia es obvia.

El desarrollo más detallado de los conceptos técnicos ligados a las distintas tecnologías se encuentra en el Anexo II.

4.4.1 SISTEMAS CENTRALES: CALDERAS

Estimación de la potencia de la caldera

Consideremos, por ejemplo, un hotel ubicado en la zona de la costa atlántica, de 40 habitaciones de 25 m² cada una, que totalizan una superficie a calefaccionar de aproximadamente 1.000 m². Es posible estimar, de manera sencilla, la demanda de calefacción calculando 100 kcal/ m², lo que resulta para este caso una capacidad total de 100.000 kcal.

Para estimar la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) se puede considerar que una ducha promedio tiene una duración de 10 min y requiere entre 4 y 5 l/min. Teniendo en cuenta un factor de simultaneidad de 70% resulta en una demanda máxima simultanea de 1.260 litros.

Con lo cual, además de la caldera, la instalación debería disponer de un tanque acumulación de agua caliente de 1.300 litros, para permitir un abastecimiento rápido y adecuado de agua caliente. Este tipo de sistemas funcionan con calentamiento indirecto mediante un intercambiador de placas con amplia superficie de intercambio. El tanque acumulador presenta un termostato que registra la temperatura del agua, y un circuito de control que acciona la bomba recirculadora cuando la temperatura es menor al valor parametrizado. Al circular el agua, esta se calienta en el intercambiador por circulación a contracorriente con el agua caliente proveniente de la caldera (ver figura 2).

Estos sistemas brindan una solución eficiente para Hoteles, Clubes, Gimnasios, Consorcios, etc.

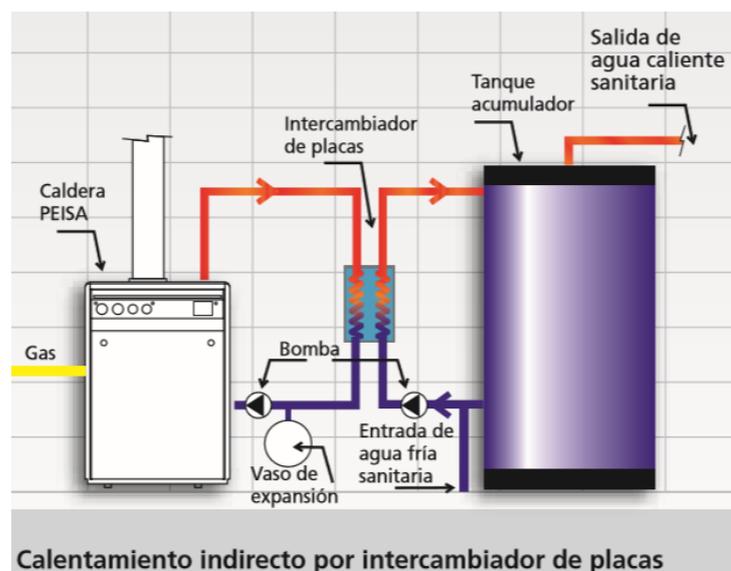


Figura 2. Esquema de instalación de caldera y tanque de acumulación de ACS

Calderas eficientes – evaluación económica

Para el mismo ejemplo del hotel mencionado anteriormente, la tabla 3 siguiente, presenta la evaluación del potencial de ahorro asociado al cambio la caldera existente en el establecimiento, que, debido a su vida útil, opera con bajo rendimiento (65%), no permitiendo satisfacer los picos de demanda de calefacción y ACS del hotel. Para ello se plantean dos alternativas:

- Caldera tipo convencional (rendimiento del 90%)
- Caldera de condensación (rendimiento del 108%)

Tabla 3. Potencial de ahorro por recambio de caldera.

Características		Caldera existente (no alcanza a cubrir la demanda)	Caldera convencional (tipo mural)	Caldera de condensación
Potencia nominal	kcal/h	120.000	120.000	117.000
Potencia útil	kcal/h	78.000	108.000	126.360
Rendimiento	%	65%	90%	108%
Costo	USD	N/A	4.500	11.250
Demanda	kcal/h	100.000	100.000	100.000
Factor de carga	%	100%	93%	79%
Horas de funcionamiento anual	h/año	3.000	3.000	3.000
PCI GN	kcal/m ³	9.300	9.300	9.300
Consumo estimado	m ³	38.710	35.842	29.869
Ahorro de GN	m ³	0	2.867	5.974
Costo de GN	\$/m ³ año	132.913	95.071	74.744
Ahorro de GN	\$/año	0	37.842	58.169
Tipo de cambio	\$/USD	28	28	28
PSR	años	0	3,33	5,42

Nota: en caso de que la instalación existente no disponga del sistema de tanque de acumulación indicado en la figura 2, se deberá sumar un costo adicional de aproximadamente USD 5.500

4.5 Aproximación al Cálculo económico de Acondicionadores de Aire

No resulta posible establecer una regla simple para determinar la conveniencia de compra o de recambio de un acondicionador de aire, pues esto dependerá fuertemente de las horas de uso y del clima en donde se instale.

La complejidad de cálculo se incrementa al querer comparar sistemas centrales dada la gran cantidad de variables a tener en cuenta y la ausencia en Argentina de formas objetivas para evaluar su desempeño. Se recomienda en estos casos recurrir a profesionales experimentados o empresas de provisión de este tipo de equipamiento para realizar los cálculos y comparaciones.

En el caso de Acondicionadores individuales la estimación es más simple aunque claramente es fuertemente dependiente del clima. Una forma aproximada puede ser:

Recambio de equipos viejos por nuevos

- 1) Se aconseja siempre utilizar aparatos tipo Split, no los de ventana.
- 2) En el caso de reemplazar uno viejo de ventana por uno nuevo tipo Split y suponiendo 500 horas de uso.

Compra de equipos nuevos: se aconseja desde un punto de vista económico analizar los costos, rendimientos, y su relación con la tarifa eléctrica. Un ejercicio con valores reales al momento de redactar este informe puede observarse en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Comparación económica entre AA funcionando sólo en **modo frío** para verano.

(Fuente: elaboración propia)

	Capacidad [kW]	Inversión	COP	Consumo energía [kWh/año]	Precio energía c/imp [\$/kWh]	CAT [1/año]	CAT/kW [1/año]
Grandes (5 kW)							
LG US-WI86GSG3	5,1	\$ 31.459	3,27	780	2	5.462	1.071
BGH BSI45CNS	5,4	\$ 31.776	3,35	806	2	5.554	1.029
DWT3-5000FC	5	\$ 10.500	3,01	831	2	2.964	593
Viejo	5,2		2,6	1.000	2	2.000	385
Chicos (2,5 kW)							
HISENSE HISI26WCN	2,65	\$ 15.463	3,7	358	2	2.635	994
LG US-WO96WSG3	2,64	\$ 18.600	3,24	407	2	3.122	1.183
BS23CP	2,65	\$ 12.009	3,21	413	2	2.315	874
Viejo	2,65		2,4	552	2	1.104	417
Tasa de descuento	9%		Precio de la energía		2		
Vida útil	15		FRC		0,124		

* Los valores calculados son aproximados y se basan en una utilización del equipo de 500 h en modo frío. Los verdaderos ahorros dependerán del clima y la forma de uso.

Tabla 5. Comparación económica entre AA funcionando sólo en **modo frío** para verano y **modo calor** en el invierno. (Fuente: elaboración propia)

	Capacidad [kW]	Inversión	COP	Consumo energía [kWh/año]	Precio energía c/imp [\$/kWh]	CAT [1/año]	CAT/kW [1/año]
Grandes (5 kW)							
LG US-WI86GSG3	5,1	\$ 31.459	3,27	1.560	2	7.022	1.377
BGH BSI45CNS	5,4	\$ 31.776	3,35	1.612	2	7.166	1.327
DWT3-5000FC	5	\$ 10.500	3,01	1.661	2	4.625	925
Viejo	5,2		2,6	2.000	2	4.000	769
Chicos (2,5 kW)							
HISENSE HISI26WCN	2,65	\$ 15.463	3,7	716	2	3.351	1.264
LG US-WO96WSG3	2,64	\$ 18.600	3,24	815	2	3.937	1.491
BS23CP	2,65	\$ 12.009	3,21	826	2	3.141	1.185
Viejo	2,65		2,4	1.104	2	2.208	833
Tasa de descuento	9%		Precio de la energía		2		
Vida útil	15		FRC		0,124		

* Los valores calculados son aproximados y se basan en una utilización del equipo de 500 h en modo frío y 500 h en modo calor. Los verdaderos ahorros dependerán del clima y la forma de uso.

Como puede observarse, para los precios de la energía considerando una tarifa de 2 \$/kWh, no resulta conveniente el **reemplazo de un equipo viejo ineficiente** por uno nuevo más eficiente.

En el caso de comparar **equipos nuevos**, se observa que los ineficientes son más convenientes dada la diferencia de inversión entre uno y otro. También hay que advertir la variabilidad de precios y la incoherencia

que existe en el mercado ya que puede verse en el caso de los equipos de 5kW un equipo más barato que el de 2,5kW.

5 Sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

Existen varias opciones para producir agua caliente sanitaria:

- *Gas natural:* calderas centralizadas, calefones, y termotanques a gas individuales;
- *Electricidad:* calefones y termotanques eléctricos, termotanques con bomba de calor (tecnología nueva pero todavía muy cara) y;
- *Sistemas solares:* calentadores solares híbridos.

Concepto importante:

En la medida de lo posible es preferible en el caso de los sistemas individuales un calefón a un termotanque ya que consume entre un 30 y un 50% menos de energía. La única contraindicación está en aquellas instalaciones en las cuales falta suficiente presión de agua (puede corregirse con una bomba de presión) y en donde la temperatura del agua a calentar sea muy baja, cuestión que puede suscitarse en climas muy fríos.

En el Anexo III se resumen las características de los sistemas de ACS más comunes.

Debe agregarse al menú de opciones una posibilidad que incide fuertemente en el consumo energético del agua caliente que es la reducción del consumo de agua a partir de **dispositivos ahorradores de agua**. Estos ahorradores, de muy bajo costo, permiten ahorros del orden del 30 al 50% en el consumo de agua y proporcionalmente en la energía necesaria para su calentamiento.

5.1 Aproximación al Cálculo económico de ACS en sistemas individuales

Los cálculos que se desarrollan a continuación son una aproximación, ya que en cada caso dependerán de las tarifas del lugar y de la forma de uso de los aparatos, entre otras variables. Un resumen puede encontrarse en la Tabla 6.

5.1.1 CALEFONES Y TERMOTANQUES A GAS NATURAL

Tipo de calentador	Consumo año (m ³ /año)	Costo sin impuestos	Costos con impuestos
Calefón A con Ahorro de Agua	168,1	\$ 1.324	\$ 1.787
Calefón A	224,1	\$ 1.765	\$ 2.383
Calefón F	434,6	\$ 3.423	\$ 4.621
Termot. A	384,8	\$ 3.031	\$ 4.092
Termot. A con Ahorro de Agua	325,1	\$ 2.561	\$ 3.457
Termot. E	583,6	\$ 4.596	\$ 6.205

Tabla 6. Comparación económica entre calefones y termotanques a gas natural.

(Fuente: elaboración propia)

	Capacidad [l/min]	Inversión	Consumo energía [m3/año]	Precio energía c/imp [\$ /m ³]	CAT [1/año]	CAT/LITRO [1/año]	CEA [\$/m3]
Clase A c/ AA	14	\$ 8.000	276	10,7	3.946	282	0,91
ORBIS 315KPO	14	\$ 7.500	369	10,7	4.879	348	
Clase F	14	\$ 5.000	684	10,7	7.939	567	
Termotanque A c/AA	120	\$ 7.500	520	10,7	6.494	54	
Termotanque A	120	\$ 7.000	610	10,7	7.395	62	
Termotanque F	120	\$ 5.000	800	10,7	9.180	77	
Tasa de descuento	9%		Precio m3 [\$/m3]	10,7			
Vida útil	15		FRC	0,124			

Si bien los valores en rojo están sujetos a revisión y serán ajustados con datos chequeados, los mismos son buenas representaciones de la realidad. Como puede observarse, en el caso del ACS individual existe una fuerte conveniencia de utilizar calefones frente a termotanques y sistemas ahorradores de agua, sobre todo en los calefones.

Estos beneficios económicos se acentúan en el caso de que el gas provenga de Gas Licuado de Petróleo, en cuyo caso los ahorros económicos serán aún mayores.

6 ILUMINACIÓN EFICIENTE

La iluminación representa uno de los mayores consumos de energía dentro de un hotel. Su participación depende fundamentalmente del tamaño del hotel, del uso principal a que se destina y del clima de la zona donde está ubicado. Según experiencias internacionales, **este consumo puede oscilar entre un 12% y un 18% del consumo total de energía**, y en alrededor de un 40% del consumo de la energía eléctrica.

Por eso, la implementación de medidas de eficiencia energética sobre este uso final genera una importante reducción de los costos de funcionamiento de un hotel.

Se estima que pueden lograrse reducciones de entre el 30% y el 50% en el consumo eléctrico de alumbrado, merced a la utilización de componentes más eficaces, al empleo de sistemas de control y al aprovechamiento de la luz natural.

Adicionalmente, la reducción del consumo de electricidad en iluminación puede redundar en un ahorro en los sistemas de aire acondicionado, ya que la iluminación de bajo consumo energético presenta una menor emisión de calor al ambiente.

6.1 Uso Racional y Eficiente de la Energía en la Iluminación

6.1.1 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN ILUMINACIÓN

Básicamente las posibilidades de reducir el consumo en este campo pasan por:

- Ajustar los niveles de iluminación a lo necesario

- Controlar el encendido y apagado de las luces: este último punto es crucial y aporte grandes ahorros ya que es normal el derroche de luz en ambientes desocupados.

6.1.2 USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN ILUMINACIÓN

Como se ha visto en el punto 1.3., vemos que la eficiencia está ligada a la tecnología de las lámparas. En este sentido en el caso de la iluminación existen muchas tecnologías distintas con diferentes características y usos. Desde la lámpara incandescente a las modernas LED.

Concepto general: Hasta hace pocos años la diversidad de tecnología obedecía entre otras cosas a distintas funciones y necesidades. P.e., reproducción de colores, eficiencia, duración, costo, etc. Cada tecnología tenía un atributo particular que no compartían las otras tecnologías. Sin embargo, el LED ha cambiado drásticamente esta situación reuniendo casi todas los atributos en la misma tecnología. **Podríamos decir, entonces, que en la mayoría de los casos la iluminación convendrá ser resuelta empleando tecnología LED.**

En el ANEXO IV, se resumen los conceptos más importantes relacionados con las instalaciones de iluminación y las características de las diferentes tecnologías.

6.2 Evaluación técnica y económica en los sistemas de iluminación

Al momento de diseñar nuestra instalación de iluminación o mejorar la existente, normalmente surge como primera opción la elección de la tecnología LED, basada fundamentalmente en una buena ecuación, precio, eficacia luminosa, vida útil, y calidad lumínica. No estante ello, es necesario analizar el flujo luminoso resultante que tendrá instalación.

Lámparas de iluminación general

Para el caso de las lámparas de iluminación general, es clara la conveniencia de utilizar lámparas Led, debido a los bajos periodos de repago, menores a un año.

Por, ejemplo, una lámpara halógena de 70 W, que tiene un flujo luminoso de 1.100 lm, puede ser reemplazada por una lámpara de bajo consumo de 20 W de flujo luminoso de 1.250 lm, por un LED de 12 o 13 W de 1.000 lm o 1.250 lm respectivamente. De esta manera se obtienen similares niveles de iluminación con menor potencia de lámpara. La tabla 7 presenta las características técnicas de diferentes lámparas.

Tabla 7. Características técnicas de distintos tipos de tubos fluorescentes

Tipo de lámpara	Pot Lámpara (W)	Base	Vida (h)	Flujo (lm)	Eficacia lamp (lm/W)	Precio unit (\$)	Cant Lamp	% Flujo tot (lm)
HALOGENA 70W E27	70	E27	2.000	1.100	16	35	1	100%
LFC 20W E27	20	E27	8.000	1.250	63	115	1	114%
LED 1 - 12W E27	12	E27	15.000	1.060	88	200	1	96%
LED 2 - 12W E27	12	E27	25.000	1.000	83	200	1	91%
LED 3 13W E27	13	E27	25.000	1.250	96	177	1	114%

Consideremos, por ejemplo, un pequeño establecimiento que pertenece a una categoría tarifaria T2 de baja tensión y que en promedio cada lámpara opera 6 horas por día durante 365 del año. Por ser categoría T2, el usuario paga un cargo por el concepto de potencia contratada (275,25 \$/kW - mes) y otro cargo por la energía utilizada (1,233 \$/kWh). Si, además, se consideraran los impuestos incluidos en la factura eléctrica, dichos costos podrían incrementarse más de un 34 %.

Bajo estas consideraciones el cambio a una lámpara LED de 12 o 13 W, que cuesta cerca de \$ 200 puede ahorrar en aproximadamente 340 \$/año, resultando en un periodo de repago menor a 1 año. Su análisis detallado se indica en la tabla 8.

Tabla 8. Características técnicas de distintos tipos de tubos fluorescentes

Tipo de lámpara	Pot tot (W)	Precio de la Energía (\$/kWh)	Costo de Pot (Cont + Adq) (\$/kw mes)	Horas por día (h)	Inversión (\$)	Costo Energía diario (\$/año)	Costo Energía mes (\$/mes)	Costo Energía anual (\$/año)	Ahorro Energía (\$/año)	Costo de Pot año (\$/año)	Ahorro Potencia (\$/año)	Ahorro total (Energía + Pot) (\$/año)	PSR Ahorro de Energía (años)	PSR Ahorro total (Energ + Pot) (años)
HALOGENA 70W E27	70	1,233	275,25	6	35,20	0,52	15,5	186	0	231,21	0	0	0,00	
LFC 20W E27	20	1,233	275,25	6	115,00	0,15	4,4	53	133	66,06	165	298	0,39	0,39
LED 1 - 12W E27	12	1,233	275,25	6	200,00	0,09	2,7	32	154	39,64	192	346	0,58	0,58
LED 2 - 12W E27	12	1,233	275,25	6	200,00	0,09	2,7	32	154	39,64	192	346	0,58	0,58
LED 3 13W E27	13	1,233	275,25	6	176,60	0,10	2,9	35	152	42,94	188	340	0,52	0,52

Tubos Fluorescentes

Como se mencionó anteriormente existen tubos de diferentes eficiencias y flujos luminosos. Por ejemplo, si una instalación dispone de luminarias con 2 tubos del tipo T8 estándar de 36W y 2.500 lm, una opción sería pasar al tubo T8 Led de 18 W y 2.100 lm. De esta manera, si bien tendríamos una potencia total por luminaria casi 60 % menor, también tendríamos cerca de un 16 % menos de flujo luminoso. Sin embargo, la depreciación del flujo luminoso (es decir la pérdida del nivel de flujo luminoso que tiene la lámpara durante su vida) de un tubo estándar puede llegar a valores superiores al 20 % mientras que en un tubo LED puede alcanzar el 10 %. La tabla 3 muestra los diferentes tipos de tubos con sus características y equivalencias para alcanzar un flujo luminoso similar.

Dicho lo anterior, la conveniencia económica dependerá de la configuración final que adopte para la instalación, la cantidad de horas de operación de la misma y el precio de la energía.

En este contexto, el cambio de la misma luminaria mencionada anteriormente, T8 estándar 2 x 36W, a tubos LED 2 x 18 W, implicaría una inversión de 339 \$/lum y generaría un ahorro anual de 166\$/año, resultando en un periodo de simple de repago sensiblemente superior a 1 año (el recupero podría ser menor aún de considerar la carga impositiva de la tarifa). El detalle de las consideraciones se indica en la tabla 9 y 10.

Tabla 9. Características técnicas de distintos tipos de tubos fluorescentes

Tipo de lámpara	Pot Lámpara (W)	Pot Balasto (W)	Vida (h)	Flujo (lm)	Color (IRC)	Eficacia lamp (lm/W)	Precio unit (\$)	Cant de tubos / lum	Eficacia lamp + bal (lm/tot)	Flujo tot (lm)	% Flujo tot (lm)	Pot tot (W)
T8 STANDARD 36W	36	7,2	12.000	2.500	75	69	43	2	58	5.000	100%	86
T8 TRIFOSFORO 36W	36	3,6	20.000	3.350	>80	93	96	2	85	6.700	134%	79
T5 FH 28W	28	2,8	18.000	2.600	85	93	159	2	84	5.200	104%	62
T8 LED 20W	20	0,0	15.000	2.000	>80	100	170	2	100	4.000	80%	40
T8 LED 18W	18	0,0	40.000	2.100	>80	117	170	2	117	4.200	84%	36
PANEL LED 300X1200 40W	40	0,0	30.000	4.000	>80	100	2.829	1	100	4.000	80%	40

Tabla 10. Características técnicas de distintos tipos de tubos fluorescentes

Tipo de lámpara	Pot tot (W)	Precio de la Energía (\$/kWh)	Costo de Pot (Cont + Adq) (\$/kw mes)	Inversión (\$)	Costo Energía diario (\$/año)	Costo Energía mes (\$/mes)	Costo Energía anual (\$/año)	Ahorro Energía (\$/año)	Costo de Pot año (\$/año)	Ahorro Potencia (\$/año)	Ahorro total (Energía + Pot) (\$/año)	PSR Ahorro de Energía (años)	PSR Ahorro total (Energ + Pot) (años)
T8 STANDARD 36W	86	1,233	275,25	85	0,64	19,2	230	0	285,38	0	0	0,00	0,00
T8 TRIFOSFORO 36W	79	1,233	275,25	191	0,59	17,6	211	19	261,60	24	43	9,97	4,45
T5 FH 28W	62	1,233	275,25	318	0,46	13,7	164	66	203,46	82	148	4,81	2,15
T8 LED 20W	40	1,233	275,25	339	0,30	8,9	107	124	132,12	153	277	2,74	1,23
T8 LED 18W	36	1,233	275,25	339	0,27	8,0	96	134	118,91	166	301	2,53	1,13

7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Un diagnóstico energético consiste en conocer y analizar los usos de la energía de un establecimiento o proceso con el objeto de identificar, cuantificar e informar sobre su rendimiento energético y las oportunidades de mejora. El resultado de este trabajo se presenta en un informe técnico que contiene las recomendaciones de eficiencia energética, incluyendo una evaluación económica de las mismas. En función del alcance y grado de detalle del estudio, el trabajo puede ser desarrollado por un profesional con conocimientos generales en eficiencia energética o por un equipo de auditoría que este conformado por 2 ó 3 especialistas en función del tipo de establecimiento o proceso a evaluar.

En función del alcance de estos estudios los mismos se clasifican en *pre-diagnósticos* o *diagnósticos energéticos*.

Pre-diagnóstico/pre- auditoría (walk – through audit): consiste en realizar un primer análisis del uso de la energía y la performance de la planta en base a la información y mediciones disponibles.

- No requiere mediciones
- Corto tiempo de ejecución (en el caso de un hotel pequeño o mediano esta actividad puede llevar un esfuerzo de 3 a 4 días consultor)
- Permite tener una primera visión de la planta y detectar potenciales oportunidades de mejora de tipo general.

Diagnóstico energético: consiste en obtener un mayor conocimiento sobre la performance energética del establecimiento y las oportunidades de mejora de la eficiencia energética.

- Implica relevamiento y mediciones de los principales equipos y/o procesos (bombeo, ventilación, aire comprimido, vapor, proceso de calentamiento, etc.)
- Requiere mayor tiempo de ejecución (en el caso de un hotel pequeño o mediano esta actividad puede llevar un esfuerzo de 7 a 15 días consultor)
- Otorga una foto más detallada de la performance del establecimiento y de las recomendaciones de eficiencia energética
- El informe presenta un cálculo económico de las medidas de eficiencia energética (VPN, TIR, PSR).

Existen normas internacionales que describen los requisitos, metodologías y resultados esperados de un proceso de auditoría o diagnóstico energético:

- Norma española “UNE 216501:2009 - Auditorías Energéticas – Requisitos”

- Norma internacional “ISO 50002:2014 - Energy audits - Requirements with guidance for use”. Esta última deriva de la norma “ISO 50001 – Energy Management System”

En particular, la norma ISO 50002 establece 3 niveles de auditorías:

Nivel 1: equivalente a un pre-diagnóstico

Nivel 2: equivalente a un diagnóstico energético

Nivel 3: equivalente a un diagnóstico energético con un alto nivel de detalle referido a un área o proceso específico de la organización, periodo extenso de mediciones/sub-mediciones (que podría llegar hasta 1 año), y cálculo detallado de ahorros e inversiones necesarias para las mejoras.

La metodología para la ejecución de un diagnóstico energético se describe en la Figura 2.

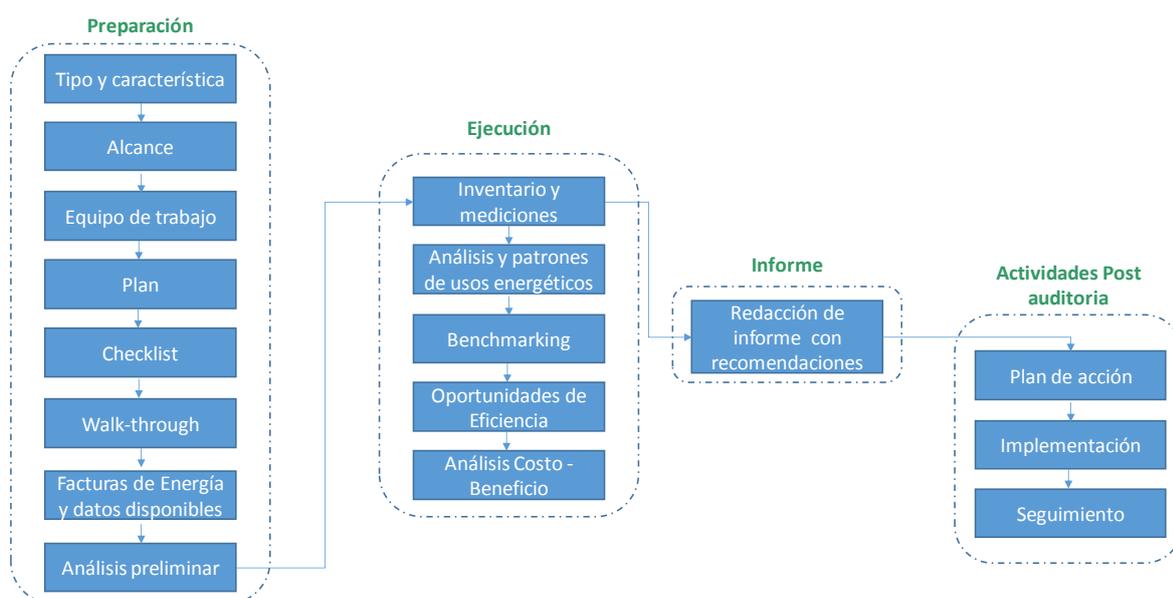


Figura 3. Metodología de diagnóstico energético.

Preparación

Antes de proceder a la realización de las labores típicas de un diagnóstico energético “sobre el terreno” es necesario conseguir una idea clara de la realidad de las instalaciones a auditar y del tipo de auditoría a realizar. Para ello, es imprescindible haber realizado contactos con la gerencia o propietario de la instalación hotelera, con el fin de tener conocimiento acerca del emplazamiento y entorno de la instalación, así como de su distribución interna, lo cual facilitará el posterior relevamiento de datos.

Es conveniente realizar una visita a las instalaciones hoteleras para tener una primera toma de contacto con las mismas, poder esbozar el potencial ahorro, y ver en qué dirección deben encaminarse los trabajos, esto es, decidir el tipo de auditoría energética que se va a realizar. Es importante contar con la guía del “Gestor Energético de la instalación o el responsable de mantenimiento”. Además, esta primera visita permitirá verificar los equipos de medición existentes y datos registrados de modo que puedan determinarse qué medidas adicionales y recopilación de datos se requerirán durante la auditoría.

En esta etapa el equipo consultor solicitará planos de la instalación, facturas energéticas, así como también un cuestionario relacionado con la instalación y su funcionamiento energético.

Además, se acordará el alcance, el presupuesto, resultados esperados y el plazo de ejecución del trabajo.

Ejecución

Prediagnóstico y posibles soluciones

Evaluando los datos obtenidos, es posible tener una idea de la situación energética y de funcionamiento del hotel que se está auditando.

Su análisis contribuye a comprender la performance energética del hotel en función de la banda horaria, estacionalidad y factores de ocupación.

Datos a considerar en el análisis:

- Facturas energéticas: electricidad, gas, GLP, gasoil, leña
- Histórico: Mínimo 1 año
- Suele ser útil su análisis junto a otras variables como la temperatura media o grados día (ejemplo en hoteles o edificios comerciales donde el consumo de calefacción puede representar hasta el 60 %)
- Listado de potencias de los principales equipos

Como ejemplo de dichos análisis, la figura 4 presenta la relación que existe entre el consumo eléctrico y la temperatura media mensual de un hotel mediano que calefacciona las habitaciones con equipos acondicionadores de aire del tipo Split (frío – calor).

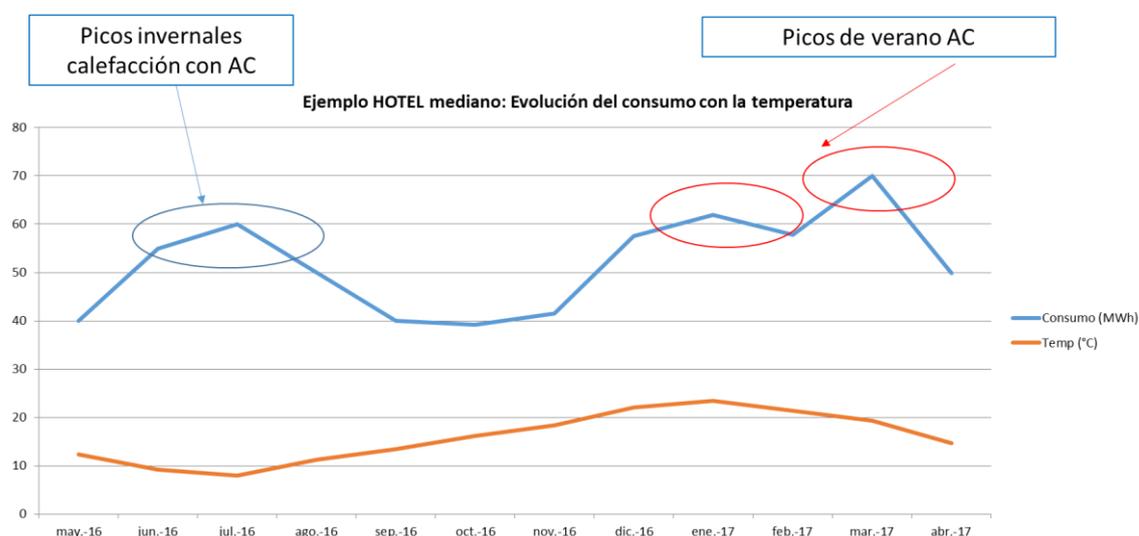


Figura 4. Ejemplo de la relación entre el consumo de energía eléctrica de un hotel y la temperatura media.

De este modo, es posible discernir cuáles son los consumos de los principales sistemas (calefacción, refrigeración, iluminación u otros), teniendo como datos preferentes y principales la potencia total instalada y la energía consumida.

En esta fase se cuantificará también la eficiencia energética de la instalación hotelera en su conjunto, mediante el cálculo de indicadores como por ejemplo: kWh/m², kWh/habitaciones, o algún otro que surja del estudio.

Además en esta fase de los trabajos, el equipo auditor debe saber ya las posibilidades reales de ahorro de energía y las medidas a adoptar en la instalación hotelera, así como el orden de magnitud de la inversión económica a afrontar para acometer estas acciones.

Toma de datos y mediciones:

En esta fase de la auditoría, el equipo auditor recogerá de manera completa y precisa los datos de la instalación hotelera en cuestión, consiguiendo una “radiografía” de la misma, de sus sistemas y procesos con el fin de disponer así de manera clara y ordenada de la información necesaria para la realización del proyecto de recomendaciones definitivo.

Informes

El trabajo de auditoría finalizará con la presentación de un informe de posibles medidas de eficiencia energética, que contendrá además el cálculo técnico - económico de dichas medidas de eficiencia energética (VPN, TIR, PSR).

Una vez analizadas las diferentes oportunidades de ahorro, el hotel podrá avanzar hacia la implementación y posterior seguimiento.

7.1 Esquema de informe de diagnóstico energético

7.1.1 DATOS E INFORMACIÓN DEL HOTEL

Nombre del hotel y cadena	
Categoría del hotel (estrellas)	
Ubicación	
Año de construcción	
Total superficie (m2)	
Superficie cubierta (m2)	
Cantidad de empleados	
Cantidad de habitaciones	
Cantidad de plazas	
Horarios y días laborales	
Nombre y cargo de persona de con-	

tacto	
E-mail de contacto	
Teléfono de contacto	

- Principales servicios:
- Niveles de ocupación:
- Layout:

7.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO O ACTIVIDADES PRINCIPALES

Describir proceso de la actividad hotelera, variables (tasa de ocupación, temperaturas, etc) y actividades principales mencionando las máquinas principales, regímenes de funcionamiento (turnos, horarios, estacionalidad) y nivel de capacidad actual. Incluir esquemas, imágenes, fotografías, etc.

Tipo (1)	N° de habitaciones	Superficie media (m2)	Servicios (2)

(1) Indique Tipo de habitación: simple, doble, suite, etc (2) C: calefacción; R: refrigeración; TV; televisión-radio; MB: minibar; SP: secador de pelo; P: plancha

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
% de ocupación tot. de plazas												

7.1.3 CONSUMO DE SERVICIOS

(Descripción del tipo de consumo de cada uno de los servicios dentro del hotel, etapas del proceso y tipos de máquinas)

Servicio	Uso
Electricidad	
Gas	
Vapor	
Agua	
Aire comprimido	
Otros	

7.1.4 INVENTARIO GENERAL

Describir e incluir todas las máquinas y equipos (tipo, cantidad, potencias, etc) dentro del proceso productivo haciendo referencia a las fuentes de energía que apliquen -si hay alguna otra, por ejemplo GLP, Gasoil, etc, agregar-. Incluir fotografías e imágenes.

ENERGÍA ELÉCTRICA:

Equipo	Cantidad	Potencia nominal total (kW)	Horas funcionando/año	Consumo total (kWh/año) (*1)

(*1) Para el consumo total, tener en cuenta el factor de carga de los equipos además de las horas en servicio.

GAS:

Equipo	Cantidad	Consumo de Gas nominal (Nm ³ /h)	Horas funcionando/año	Consumo total (Nm ³ /año) (*2)

(*2) Para el consumo total, tener en cuenta la carga de los equipos además de las horas en servicio.

7.1.5 PRINCIPALES INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS

(Detalle de los insumos y materias primas)

7.1.6 FACTURACIÓN ENERGÉTICA

(Detalle de los cuadros tarifarios - energía eléctrica, GN, GLP, Otros-. Incluir gráficos)

7.1.7 PARTICIPACIÓN DE LA ENERGÍA EN SU MATRIZ DE COSTOS Y MAPA ENERGÉTICO DE LA EMPRESA

(Insertar gráficos e información relevante)

7.1.8 CUANTIFICACIÓN DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS

(Insertar gráficos e información relevante. Detallar el flujo energético)

7.1.9 INDICADORES SUGERIDOS PARA CUANTIFICAR EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ejemplos:

- Consumo Específico por unidad de superficie (kWh/m²).
- Consumo Específico por unidad de pernocte (kWh/pernocte).
- Consumo por habitación / huésped alojado (kWh/habitación)

7.1.10 IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

(Descripción/explicación de donde se encuentran las mayores posibilidades de ahorro de energía. Incluir tablas resumen de las propuestas de mejora y recomendaciones con inversión de capital y sin inversión de capital)

7.1.11 ESTUDIOS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

- Para cada propuesta detallar los siguientes ítems:
- Descripción técnica
- Ahorro de energía asociado
- Inversión asociada
- Periodo de recuperación simple de la inversión (inversión/ahorro anual)
- Flujo de fondos de los proyectos (VAN)

7.1.12 ANEXOS

A. DATOS DE FACTURACIÓN

Insertar/adjuntar datos de facturas de energía, gas, y otras fuentes de energía (si aplica, ej. GLP, Fuel Oil, etc) de la empresa relevados

B. FOTOS - IMÁGENES

8 Páginas web con información adicional

- Toptenargentina.org

9 ANEXO I. Indicadores económicos

9.1 Costo Anualizado Total

El costo anualizado total (CAT) es la suma del valor anualizado de las inversiones necesarias y de los costos de operación y mantenimiento y de cualquier otro que eventualmente quiera incluirse.

Las inversiones necesarias corresponderán a cada alternativa analizada (l) y, a su vez, cada alternativa podrá estar compuesta por distintos elementos a saber: instalación, lámparas, equipos auxiliares (balastos, etc.), etc. A cada elemento puede identificársele con el subíndice (j) y tendrá a su vez una vida útil característica N_j .

Por lo tanto su valor anualizado (recordando el concepto de Factor de Recupero de Capital, FRC) queda expresado por la siguiente ecuación:

$$\text{Costo anualizado inversiones (alternativa } l) = \sum_{l=1}^L I_{l,j} \times FRC(i, N_{l,j})$$

Donde,

- l : subíndice que señala alternativa l .
- j : subíndice aplicado a los distintos elementos que componen la alternativa l . Lámparas, luminarias, balastos, etc.
- $I_{l,j}$: costo del elemento j correspondiente a la alternativa l
- $FRC(i, N_j)$: Factor de Recuperación de Capital, correspondiente a cada elemento j , teniendo en cuenta su vida útil N_j y considerando una tasa de descuento i .

Los costos de operación y mantenimiento (O&M) se pueden computar fácilmente en forma anual, por lo que no es necesario anualizarlos, la expresión para calcularlos se muestra en la siguiente Ecuación:

$$\text{Costo anual O \& M} = \sum_{k=1}^K O \& M_{l,k}$$

Donde:

- l : subíndice que señala alternativa l .
- k : subíndice aplicado a los distintos elementos que componen el costo de O&M: energía, potencia, energía por banda horaria, potencia por banda horaria, etc.
- $O \& M_{l,k}$: costos k de operación y mantenimiento, correspondientes a la alternativa l .

Finalmente sumando las expresiones anteriores se obtiene la expresión que permite computar el CAT:

$$CAT_l = \sum_{l=1}^L I_{l,j} \cdot FRC(i, N_{l,j}) + \sum_{k=1}^K O \& M_{l,k}$$

Donde:

CAT_l : Costo Anualizado Total de la alternativa l .

En el caso del CAT, a diferencia de otros indicadores, la evaluación se hace por cada alternativa y no comparando, sólo entre dos distintas, simplificando de esta manera el proceso de análisis. La alternativa más conveniente en este caso quedará determinada por aquella que tenga el CAT menor.

En el caso de este indicador, deberá colocarse especial atención en la obtención de los I_{ij} : costo del elemento j correspondiente a la alternativa i , que no resultan de hacer la diferencia entre dos alternativas y de los valores $O\&M_{i,k}$: costos k de operación y mantenimiento, correspondientes a la alternativa i , que tampoco surgen como una diferencia.

Por lo visto, este indicador es ideal para establecer un orden entre muchas alternativas, situación muy común en proyectos de iluminación eficiente. El CAT, adicionalmente, proporciona otras ventajas: se puede adaptar la metodología con facilidad para comparar alternativas o sistemas que incluyan componentes de diferente vida útil y b) es posible también comparar la utilidad de reemplazar un aparato todavía con vida por otro más eficiente — el llamado "retiro prematuro" de un aparato en funcionamiento. Si bien es cierto que los otros índices — VAN, PDR, TIR— también pueden ser adaptados para estos casos, su cálculo se hace mucho más complicado, fundamentalmente en aquellos casos en donde se tienen muchas opciones para analizar.

9.2 Costo de energía ahorrada (CEA)

Un índice conveniente para la evaluación económica de inversiones en el uso eficiente de la energía se basa en el *costo de energía ahorrada* (CEA).

Este índice expresa la rentabilidad en términos de un valor equivalente por unidad de energía ahorrada y toma en cuenta la tasa de descuento y la vida útil de la inversión. En este método se divide el costo adicional de la inversión eficiente por el ahorro energético durante la vida útil de la inversión, con un factor que tome en cuenta el valor del dinero en el tiempo:

$$CEA = FRC(d, n) \times \frac{(CE - CC)}{(EC - EE)} \text{ [$/kWh]}$$

Utilizando siempre los mismos símbolos. No se requiere la especificación de un precio de energía para calcular el CEA y una inversión es rentable cuando el CEA correspondiente es menor al precio de energía.

10 ANEXO II – Climatización Ambiental

10.1 Sistemas centrales

Son sistemas que climatizan un hotel con redes que transportan energía térmica a cada ambiente; el fluido caloportador es aire o agua.

Las **unidades de techo** sólo se utilizan para edificios de planta baja, tales como los moteles y comedores, en hipermercados y centros de comercialización. Son equipos que distribuyen aire frío o caliente por conductos a todos los ambientes.

Las unidades de tipo **ventilo-convector** (*fan coil units*) son los componentes de un sistema central utilizado en las instalaciones de hoteles de medianos a grandes. En estos sistemas el aire es impulsado a través de serpentines que son alimentados con agua caliente o fría a partir de una central de energía. En forma independiente, el agua caliente es producida por calderas y el agua fría, por refrigeradores. También existen economías de energía importantes por la utilización eficiente de los **circuitos de refrigeración, equipos de tratamiento de aire, intercambiadores de calor aire-aire, bombas de calor**, y en el conjunto de equipos de CVR.

Tabla 11. Comparación de rendimiento entre distintos tipos de equipos compresores de refrigeración

	Alternativo kW/t	Centrifugo kW/t	Rotativo kW/t
A plena carga	0,84 a 1	0,48 a 065	0,7 a 0,80
A carga parcial	0,84 a 1	0,55 a 1	0,7 a 0,90

Las **unidades de tipo VRV**, también llamadas a refrigerante a volumen o flujo variable, alimentan unidades interiores de tipo *fan-coils* directamente con el gas refrigerante.

Se trata de equipos tipo *split*, pero de mayor potencia que los de tipo hogareño u oficina. La unidad exterior tiene uno o dos compresores rotativos que funcionan con variadores de velocidad, lo que permite tomar sólo la potencia eléctrica que necesitan para satisfacer la demanda de frío o calor. Una unidad exterior puede alimentar varias unidades interiores a distancias de hasta 150 m reales y hasta 40 m de altura, lo que posibilita, además, que distintas unidades interiores puedan entregar calor o frío simultáneamente.

Estos sistemas respetan las normas internacionales sobre medio ambiente, ya que utilizan refrigerantes energéticamente eficientes que no afectan la capa de ozono, además de no usar agua, como los sistemas tradicionales, por lo que preservan los recursos naturales.

A pesar de que estos sistemas tienen un costo de inversión inicial mayor frente a los sistemas tradicionales, su amortización es rápida por el ahorro energético alcanzado (aproximadamente el 40%).



Figura 4. Sistema modular para aire acondicionado central. Bomba de calor con ahorros del 50% de energía Toshiba-Carrier o810. 222. Carrier

Acondicionamiento natural

Es conveniente también que la instalación vaya provista de un sistema de *free-cooling*, para poder aprovechar, de forma gratuita, la capacidad de refrigeración del aire exterior para refrigerar el edificio cuando las condiciones así lo permitan.

Esta medida requiere la instalación de un sistema de control del aire exterior introducido en función de la diferencia energética entre el aire exterior y el aire interior; de esta forma, se consiguen importantes ahorros energéticos.

El sistema cuenta con un ventilador en la línea de retorno, que puede canalizar ese aire hacia el exterior, o hacia la unidad de tratamiento de aire, en función de las condiciones de temperatura y humedad, abriendo o cerrando una compuerta. A la vez, ésta permite una mayor o menor entrada de aire exterior. El límite del sistema se alcanza cuando la temperatura del aire exterior se iguala a la del local por enfriar.

10.2 Sistemas de calefacción

Las **calderas de agua caliente** son los equipos más comúnmente utilizados para la calefacción de los hoteles. El primer paso para obtener un buen rendimiento de estos sistemas es un buen dimensionamiento de las calderas, adecuando su potencia a la demanda y evitando sobredimensionamientos innecesarios. Es también conveniente un buen sistema de control de la instalación para evitar pérdidas excesivas de calor cuando la caldera está en posición de espera, así como la revisión periódica de las calderas, de forma que se mantenga funcionando en sus niveles óptimos de rendimiento.

Se estima que la combinación de sobredimensionamiento, pérdidas en posición de espera y bajo rendimiento produce un rendimiento global anual inferior en un 35% al de las calderas nuevas, correctamente dimensionadas e instaladas. Producen agua caliente de 70Cº a 90Cº.



Figura 5. Calderas convencionales para Calefacción y ACS

- **Las calderas de condensación de alto rendimiento** son una buena opción cuando deben reemplazarse las calderas cuyo ciclo de vida ha finalizado. Estos equipos pueden tener una eficiencia máxima de 84% a 92%, contra el 78% máximo de las calderas de agua caliente modernas y el 55% a 65% de las antiguas.
- El costo inicial está en el orden de entre 2,5 y 3 veces el de una caldera de calidad estándar y el período de repago se ubica entre 2 y 6 años. Una caldera de condensación es simplemente una de agua caliente con un precalentador del agua de retorno que utiliza el calor latente del vapor de los gases de combustión. Se debe tener en cuenta que la red de las tuberías y de las terminales de calefacción deben limpiarse o pueden necesitar rediseñarse para las calderas de condensación. Estas calderas son importadas. Producen agua de 40 °C a 55 °C.
- Actualmente están disponibles en el mercado en tamaños compactos y modulares lo que permite su utilización en modo de cascada en función de la demanda de calefacción y/o agua caliente(ver figura 6)



Figura 6. Esquema de funcionamiento en cascada de calderas de baja condensación. Fuente: <http://www.peisa.com.ar/productos/alkon-70/>



Figura 7. Calderas de agua caliente con condensación.

Un elemento que debe considerarse en la utilización de calderas es la inclusión de un sistema de control de la **combustión**, que consiste en un dispositivo de compensación del oxígeno que reduce el exceso de aire y de combustible, minimizando las pérdidas de energía de la caldera. Un sistema de control automático reduce los costos de explotación y asegura el mantenimiento de una correcta mezcla aire-combustible. Estos dispositivos pueden generar reducciones en el consumo de combustible del orden del 1% al 5%, con un período de recuperación de la inversión promedio de 5 años. Cuando se realice la revisión periódica de las

calderas, es también recomendable realizar un análisis de la combustión, para ver si están funcionando los quemadores y el sistema de control en condiciones óptimas de rendimiento.

10.3 Sistemas individuales tipo ventana o split

Bomba de calor (BC): Es una máquina térmica que puede transferir calor de un ambiente con temperatura más baja a otro con temperatura más alta, con el aporte de una cierta cantidad de energía en forma de trabajo. La ventaja de utilizar la bomba de calor procede de su capacidad de utilizar energías de bajo nivel, a menudo desechables, que provienen de fuentes externas como el aire o el suelo. Algunos equipos incluyen la posibilidad de invertir el uso y enfriar. Esto se consigue invirtiendo el sentido de circulación del refrigerante por medio de una válvula de cuatro vías; en el verano el equipo interior (evaporador) enfría el ambiente que se va a climatizar y el equipo exterior (condensador) libera el calor extraído. Durante la época invernal, el equipo trabaja en forma inversa.

La BC es una máquina con un rendimiento altísimo del orden del 350% al 400%³ por lo cual está ganando espacio en todas partes del mundo no sólo en modo refrigeración sino como forma de calefacción. Si comparamos un calefactor a tiro balanceado con un rendimiento del 65-70% con una BC con un rendimiento del 350% la diferencia es obvia.

En las áreas geográficas en las que normalmente la temperatura externa no baja de los 5 o 6 ° C, la bomba de calor se puede utilizar incluso para sustituir por completo el sistema de calefacción. Por lo tanto, sólo en las regiones con un clima templado, la bomba de calor puede sustituir completamente la calefacción y refrescar en verano, con grandes ahorros energéticos y de dinero.

Los **acondicionadores de ventana** se usan habitualmente en las habitaciones de los hoteles o moteles de dimensiones pequeñas o medianas y suelen montarse sobre un muro exterior o sobre una ventana. El cliente los regula manualmente. **Estos sistemas están cayendo en desuso ya que su instalación es más compleja que uno tipo Split y son más ineficientes.**

Los **sistemas tipo split** y los **acondicionadores de ventana** poseen una etiqueta obligatoria de eficiencia energética a partir de fines de 2009. Por lo tanto, al momento de su elección es posible evaluar la conveniencia de su compra en función de este atributo. (Véase Anexo A. Etiquetas de eficiencia energética). Al estudiar el mercado, será posible comprobar que en algunos casos los equipos eficientes no necesariamente son más caros que los ineficientes.

10.4 Recomendaciones

10.4.1 INICIALES

- **La disminución de temperatura durante la noche** hace necesaria la incorporación de un termostato automático que controle la temperatura cuando, por ejemplo, el restaurante o comedor es cerrado. **En algunos casos, también se recomienda disminuir la temperatura de las habitaciones durante la noche, entre 3 y 5° C (no menos de 18 °C).**

³ Es sabido que el rendimiento no puede mayor al 100%, pero técnicamente la bomba de calor no transforma energía sino que la mueve. La explicación de este concepto físico excede a este documento.

- **Sectorización y control de la ventilación según la demanda.** Permite reducir el grado de ventilación de las habitaciones que no están ocupadas. Si se incorporan equipos de velocidad variable y registros de aire, se puede disminuir la cantidad de aire exterior que se va a utilizar. Reducir el consumo de aire no sólo disminuye el consumo de energía debido a la ventilación, sino también el consumo requerido para la refrigeración o la calefacción.
- No calefaccionar ni refrigerar los locales de almacenaje que son raramente ocupados. Utilizar los registros⁴ para cerrar los conductos que aportan el aire a esos locales. Reducir la afluencia del aire exterior y la circulación del aire durante los períodos menos ocupados, a fin de reducir la cantidad de energía necesaria para calentar o enfriar ese aire. Cerrar la ventilación cuando ya no es necesaria; por ejemplo, por fuera de las horas de trabajo o cuando los locales no se utilizan.
- Asegurar que las bocas de aireación, incluidos los retornos de aire, no estén obstruidas por objetos como cajas, cortinas, muebles, etc. Los obstáculos a la circulación del aire reducen la eficacia de los sistemas de CVC y aumentan los costos de la energía.
- Quitar los obstáculos que obstruyen los conductos al exterior.
- Evitar colocar los televisores, las computadoras, las lámparas o los secadores de cabello próximos a los termostatos. El calor de estos equipos puede impedir el buen funcionamiento de los termostatos y aumentar el consumo de energía de la refrigeración.
- Instalar coberturas y dispositivos de seguridad sobre los termostatos de las zonas comunes.
- Cuando compre equipos de ventana o tipo *split*, elegir aquellos identificados con una clase de eficiencia energética A según la etiqueta de eficiencia energética.
- Los ventiladores de techo y otros ventiladores proporcionan enfriamiento adicional y una mejor circulación, de manera que se puede subir el termostato y reducir los costos del aire acondicionado. Los ventiladores de techo que incluyen lámparas compactas fluorescentes de alta eficiencia en cuanto al consumo de energía son hasta un 20% más eficientes que los de lámparas incandescentes.
- Un sistema combinado de ventiladores de techo con equipos de aire acondicionado puede brindar óptimos resultados con menor consumo.

10.4.2 INTERMEDIAS

- Los **termostatos inteligentes** permiten programar las temperaturas límites de calefacción y refrigeración para controlar los niveles inútilmente altos o bajos de los clientes o del personal. Estos termostatos, con sus característicos controles digitales y sus lecturas numéricas, dan una información más precisa que los modelos tradicionales. Además, permiten programar los valores máximos y mínimos de temperatura del ambiente sin ser visibles, evitando el derroche de energía aunque el cliente o el personal fijen valores por encima o por debajo del necesario.
- Asegurar que los interruptores y los termostatos sean programados para responder a mínimas de calefacción, de ventilación y de refrigeración, y esto, en los períodos y en los lugares necesarios.
- **El mantenimiento preventivo** es importante para todo el sistema. Sin un programa adecuado, se elevan los costos de explotación, la vida del equipo es más corta y pueden surgir reparaciones costosas. En el caso específico de torres de enfriamiento, predisuestas a depósitos calcáreos, obturación de toberas y a la colonización por especies biológicas, se producen deficiencias en la circulación de aire y en el rendimiento de las bombas de circulación, lo que genera mayores gastos de explotación, llegando a incrementarse su valor entre un 10% y un 25%.

⁴ Los registros son como persianas que se abren o cierran a voluntad permitiendo el ingreso de más o menos aire. En realidad, regulan el caudal de aire.

- En los **equipos de tratamiento de aire**, el uso de filtros de alto rendimiento disminuye la acumulación de polvos, así como los riesgos de contaminación de las redes de distribución de aire. En las calderas nuevas, un mantenimiento adecuado puede significar economías del orden del 20%.
- Un sistema de enfriamiento bien mantenido funciona de manera más eficiente, consume menos energía y genera facturas más bajas; por lo tanto, limpie o reemplace los filtros de aire regularmente. Asimismo, mantenga limpios los serpentines de los sistemas de acondicionamiento de aire. La acumulación de suciedad en el serpentín es la causa más común de la baja eficiencia del funcionamiento.
- Si la aislación de las tuberías es sacada o dañada durante el mantenimiento, hay que asegurar que sean reemplazadas o reparadas prontamente o considerar la compra de aislaciones de quita y pon.
- Asegurar que las instalaciones sean mantenidas por un técnico matriculado. Todo el sistema debe estar controlado regularmente y debe dejarse constancia en registros de las tareas realizadas, para asegurar la eficiencia del sistema y disminuir al mínimo las posibles fallas de sus componentes.

10.4.3 AVANZADAS

- **Seleccionar un buen sistema** de CVR para el establecimiento, cada vez que sea necesario el cambio del equipo al final de su vida útil. La eficiencia energética, la potencia, el peso, el costo de mantenimiento y el nivel de ruido son las características más importantes que deben considerarse.
- Los equipos de tratamiento de aire deben incluir **economizadores de aire exterior**, para que el aire exterior pueda utilizarse en el **acondicionamiento natural** en otoño y primavera, y en el enfriamiento en las noches de verano, siempre y cuando el nivel de humedad no sea elevado.
- **Los ventiladores-recuperadores de calor (VRC) y los ventiladores-recuperadores de energía (VRE)** o ventiladores de ingreso y de evacuación equilibrada deben satisfacer todas las necesidades de ventilación sin producir desequilibrios de presión o de corrientes de aire indeseables. Los VRC tienen tasas de eficiencia muy elevadas, del 85% al 95%, con un período de recuperación de la inversión de aproximadamente 3,5 años. Este tipo de equipamiento debe considerarse en todos los casos donde el aire es evacuado en forma continua o es requerido el aire de ventilación.
- **Los equipos a velocidad variable o a frecuencia variable** pueden utilizarse en los sistemas de ventilación a **volumen de aire variable** para regular la velocidad de los ventiladores según los volúmenes requeridos. Por ejemplo, en la cocina se puede ajustar el funcionamiento de los ventiladores y quemadores para reducir el consumo en las horas pico de cocción de punta. Se debe asegurar que la evacuación no disminuya al punto de permitir que los olores sean transportados a otros sectores del establecimiento.
- Reduzca la carga de enfriamiento colocando persianas adecuadas en las ventanas que dan al Este y al Oeste. Cuando sea posible, posponga las actividades que generan calor hasta la noche. Cierre las cortinas durante el día e instale toldos en las ventanas que dan al Norte. Plante árboles o arbustos que den sombra.

11 ANEXO III. Agua Caliente Sanitaria

11.1 Sistemas centralizados

- Las **calderas de agua caliente** son los equipos más comúnmente utilizados para la calefacción de los hoteles. Producen agua caliente de 70°C a 90°C. El primer paso para obtener un buen rendimiento de estos sistemas es un buen dimensionamiento de las calderas, adecuando su potencia a la demanda y evitando sobredimensionamientos innecesarios. Es también conveniente un buen sistema de control de la instalación para evitar pérdidas excesivas de calor cuando la caldera está

en posición de espera, así como la revisión periódica de las calderas, de forma que se mantenga funcionando en sus niveles óptimos de rendimiento.

Se estima que la combinación de **sobredimensionamiento, pérdidas en posición de espera y bajo rendimiento** produce un **rendimiento global anual inferior en un 35% al de las calderas nuevas**, correctamente dimensionadas e instaladas.

- **Las calderas de condensación de alto rendimiento** son una buena opción cuando deben reemplazarse las calderas cuyo ciclo de vida ha finalizado. **Estos equipos pueden tener una eficiencia máxima de 84% a 92%, contra el 78% máximo de las calderas de agua caliente modernas y el 55% a 65% de las antiguas.** El costo inicial está en el orden del doble de una caldera de calidad estándar y el período de repago se ubica entre 2 y 6 años. Una caldera de condensación es simplemente una de agua caliente con un precalentador del agua de retorno que utiliza el calor latente del vapor de los gases de combustión. Se debe tener en cuenta que la red de las tuberías y de las terminales de calefacción deben limpiarse o pueden necesitar rediseñarse para las calderas de condensación. Estas calderas son importadas. Producen agua de 40 °C a 55 °C.

Un elemento que debe considerarse en la utilización de calderas es la inclusión de un sistema de control de la **combustión**, que consiste en un dispositivo de compensación del oxígeno que reduce el exceso de aire y de combustible, minimizando las pérdidas de energía de la caldera. Un sistema de control automático reduce los costos de explotación y asegura el mantenimiento de una correcta mezcla aire-combustible. Estos dispositivos pueden generar reducciones en el consumo de combustible del orden del 1% al 5%, con un período de recuperación de la inversión promedio de 5 años. Cuando se realice la revisión periódica de las calderas, es también recomendable realizar un análisis de la combustión, para ver si están funcionando los quemadores y el sistema de control en condiciones óptimas de rendimiento.

11.2 *Sistemas individuales*

Los sistemas individuales pueden ser una opción interesante en el caso de instalaciones pequeñas en donde el servicio pueda proveerse en forma individual. Entre otras ventajas se encuentra que sólo se encienden cuando la habitación se encuentra ocupada y son de sencilla regulación.

Los equipos de calentamiento de agua se encuentran etiquetados, sin embargo, lamentablemente, las evaluaciones no son confrontables, ocurriendo que las etiquetas de termotanques no son comparables con las de calefones a gas natural o eléctricos.

Ventajas y desventajas de termotanques y calefones

- **Normalmente los calefones son recomendables frente a los termotanques**, debido a que sólo calientan el agua cuando es necesario. Los termotanques mantienen el agua caliente aún cuando no se utilizan. Los calefones consumen alrededor de un 30-50% menos que un termotanque.
- Existen además calefones sin llama piloto lo cual reduce enormemente el consumo de gas.
- El buen funcionamiento del calefón depende de que haya buena presión y caudal de agua.
- Como **contraindicación** del calefón, este no calienta convenientemente en regiones donde el agua de entrada está muy fría, digamos como referencia al sur del Río Colorado, en cuyo caso deberá recurrirse a un termotanque.

11.3 Ahorro de agua

En el caso del agua caliente (y del agua en general) resulta muy importante considerar la utilización de ahorradores de agua, que son dispositivos que reducen el caudal en el orden del 30% ahorrando, de esta manera, la energía necesaria para calentar esta agua.

El costo de estos dispositivos es muy bajo.

12 ANEXO IV. Conceptos y características relacionados con los sistemas de refrigeración

12.1 Eficiencia energética en iluminación

Un sistema de iluminación eficiente es todo aquel que demanda la menor cantidad de energía para lograr las “condiciones” de iluminación, visión, confort y diseño del espacio.

Estas “condiciones” son el objetivo principal de todo sistema de iluminación y nunca deberían estar por debajo de los valores mínimos recomendados, ya sea para evitar deteriorar la higiene visual, o la productividad o la valoración del espacio.

En consecuencia, al momento de implementar medidas de eficiencia energética sobre los sistemas de iluminación de un hotel, debe considerarse la calidad de servicio y el nivel luminoso o iluminancia requerida para cada tipo de actividad, a efectos de lograr un ambiente agradable y una buena sensación de confort.

En la Argentina, la Ley N° 19.587 de Seguridad e Higiene del Trabajo establece los niveles mínimos de iluminación para las distintas actividades de la industria hotelera. Éstos se indican en la Tabla 12.

La eficiencia energética de un sistema de iluminación depende esencialmente de la eficiencia de los elementos básicos que componen la instalación, entre los que es posible citar los siguientes.

Nivel de iluminación o iluminancia: su unidad es el lux y representa la cantidad de flujo luminoso (lm) por unidad de superficie (m²). Este valor se mide sobre el plano de trabajo (usualmente a 0,80 m) y su medición es realizada mediante un equipo denominado luxómetro

Fuente de luz o lámpara: es el elemento destinado a suministrar la luz.

Luminaria: aparato cuya función principal es distribuir la luz proporcionada por la lámpara.

Equipo auxiliar: muchas fuentes de luz, como las lámparas de descarga, (p. e., tubos fluorescentes) no pueden funcionar con conexión directa a la red y necesitan dispositivos que modifiquen las características de la corriente de manera que sean aptas para su funcionamiento.

Tabla 12. Niveles de mínimos de iluminación en la industria hotelera argentina

	Lugar	Intensidad mínima de iluminación (lux)
Circulaciones	Pasillos, palier y ascensor	100
	Hall de entrada	300
	Escalera	100
Local para ropa blanca	Iluminación general	200
	Costura	400
	Lavandería	100
	Vestuarios	100
	Sótano, bodegas	70
	Depósitos	100

Asimismo, la eficiencia y el consumo energéticos de una instalación estarán fuertemente influenciados por los siguientes factores:

- *Diseño adecuado de la instalación.*
- *Eficacia y modo con que se opere la instalación.*
- *Utilización de sistemas de control (reguladores de la iluminación, sensores de presencia, etc.).*
- *Disponibilidad y aprovechamiento de luz natural.*
- *Régimen de mantenimiento.*

Así pues, para optimizar el consumo de alumbrado en un hotel, es necesario, además de utilizar lámparas y equipos eficientes, conocer y controlar ese consumo para poder saber en cada momento cómo corre-

gir el consumo innecesario.

12.2 Características de las tecnologías de iluminación

12.2.1 FUENTES LUMINOSAS

La oferta de lámparas presenta una gran diversidad de tipos y modelos. La elección de uno u otro depende de las necesidades concretas de cada aplicación, como las características del ambiente que se quiere iluminar, las actividades que se van a desarrollar, y durante cuánto tiempo, en promedio, la lámpara quedará encendida.

Para cada situación hay que comprar la lámpara más adecuada, utilizando como parámetros de comparación la eficacia luminosa⁵, la clase de eficiencia energética⁶, la vida útil y su costo. En este sentido, desde hace algunos años, la tecnología LED ha ido mejorando sus prestaciones y precios transformándose en la mayoría de los casos en la opción más conveniente desde el punto de vista técnico y económico. Como resultado, su participación en el mercado ha crecido significativamente, desplazando en gran medida a las lámparas fluorescentes compactas. A pesar de ello, el mercado no ha alcanzado un grado de maduración y estandarización del producto LED con lo que pueden encontrarse ofertas de lámparas de diferentes calidades y precios. En consecuencia, es importante conocer las características esenciales de las lámparas como ser:

⁵ Relación entre la cantidad de luz o flujo luminoso emitido [lm] por la lámpara y la potencia demandada [W] por esta. Se mide en lm/W.

⁶ Ver Anexo A. Etiquetas de Eficiencia Energética

Potencia de la lámpara: es la cantidad de potencia que toma la lámpara y su unidad es el Watt (W)

Flujo luminoso: es la cantidad de luz que emite la lámpara y su unidad es el lumen (lm). Por ejemplo una lámpara led de 10 W, emite aproximadamente entre 800 y 1000 lúmenes, la misma luz que emite una lámpara fluorescente compacta de 20 W.

Eficacia luminosa: es la relación entre la cantidad de luz o flujo luminoso emitido [lm] por la lámpara y la potencia demandada [W] por esta. Se mide en lm/W. Esta relación nos permite saber si una lámpara es más o menos eficiente que otra. Por ejemplo, una lámpara del tipo fluorescente compacta (LFC) tiene una eficacia de 50 – 60 lm/W, mientras que el LED es de 80 – 100 lm/W. De esta manera podemos decir que el LED tiene aproximadamente el doble de eficiencia que las lámparas LFC.

Clase de eficiencia energética: indica la clase de eficiencia energética de la lámpara en una escala de más eficiente, clase A++, a menos eficiente, clase G (según norma IRAM 62404-1-2-3)

Vida: es la duración de la lámpara indicada en horas.

Índice de reproducción cromática de colores (IRC): este valor representa la capacidad de la lámpara de reproducir los colores. El mismo se indica en una escala de 0 a 100, siendo un valor de IRC menor a 20 característico de una reproducción de colores insuficientes, entre 80 y 90 muy buena y superior a 90 excelente. Por ejemplo, las lámparas Led y las LFC suelen tener valores de IRC superiores a 80.

Temperatura de color: se indica en grados Kelvin (°K) y se refiere a la apariencia de la luz que emite la lámpara. Siendo clasificada como luz cálida cuando la temperatura de color es menor a 3000K, neutra entre 3000K y 4000K, y fría superior a 4000K.

¿Cómo encontrar la información del producto al momento de la compra?

Las lámparas fluorescentes compactas, tubos fluorescentes y lámparas halógenas que se comercializan en el país tienen la obligación de contar con la etiqueta de eficiencia energética, que informa la potencia, clase de eficiencia energética y flujo luminoso. Adicionalmente el envoltorio del producto suele indicar la vida útil, índice de reproducción cromática y temperatura de color, entre otros datos. Respecto a las LED, si bien existe la norma correspondiente, aún no es obligatorio su etiquetado y puede que se encuentren en el mercado productos sin esta información.



Lámparas de iluminación general

Las lámparas de iluminación general son las típicamente utilizadas en espacios comunes, habitaciones y áreas administrativas. Normalmente podemos encontrar lámparas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas o LED.

Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente es la tecnología de iluminación más ineficiente del mercado, estando prohibida su comercialización en el país desde diciembre de 2010. Su eficacia oscila entre los 10 y 15 lm/W, dependiendo de su potencia. Su vida útil alcanza las 1.000 horas en aquellos modelos de buena calidad.

En ningún caso es recomendable su utilización.

Lámparas halógenas

Este tipo de lámparas ofrecen una calidad de luz excepcional; su nítida luz blanca proporciona una reproducción excepcional del color (igual a una incandescente estándar). Son un 30% más eficientes que las lámparas incandescentes convencionales (13 a 22 lm/W), pero bastante inferiores comparadas con las lámparas fluorescentes compactas (57 a 60 lm/W) y las LED (80- 100 lm/W). En cuanto a su vida, presentan el doble de duración que las incandescentes estándar, alcanzando las 2.000 h. También existen en el mercado algunas las lámparas halógenas del tipo bipin. Esta gama de lámparas es posible mencionar dos tecnologías: *una convencional*, cuya eficacia luminosa es de 17 lm/W, y una tecnología *ahorradora de energía* (IRC), cuya eficacia luminosa es del orden de 25 lm/W. Estas últimas pueden durar cerca del doble que las convencionales (dicróica: 5.000 horas, reflector de aluminio: 4.000 horas). Su tamaño compacto las hace especialmente adecuadas para ser utilizadas en proyectores de tamaño reducido y para una iluminación fuerte y directa. A modo de ejemplo, estas lámparas pueden utilizarse en un salón en el cual se quiere iluminar con luz intensa y directa cuadros, objetos de arte o determinados ambientes.

Hasta hace un tiempo, las halógenas eran recomendadas para los casos en que el ciclo de encendido (alta frecuencia de encendido y apagado) al que está sometida la lámpara no permite su reemplazo por una fluorescente compacta, dado a que esta situación disminuía la vida de esta última. Hoy en día las lámparas

LED no se ven afectadas en su duración por la frecuencia de encendido, con lo cual la lámpara halógena no sería recomendable a menos que se requiriera una muy alta calidad de reproducción de colores.

Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas resultaban muy adecuadas para la sustitución directa de las lámparas incandescentes tradicionales, pues éstas entregan la misma cantidad de luz con una reducción del consumo energético del orden del 75%. Asimismo, su duración, en el caso de aquellas lámparas de buena calidad, es de entre 6 y 10 veces más que la de las lámparas incandescentes. Por ejemplo, una lámpara fluorescente compacta de 20 W presenta una duración de aproximadamente 6.000-8.000 horas, mientras que una incandescente de 100 W equivalente en cantidad de luz (flujo luminoso) emitida puede durar 1.000 horas. Son recomendables para aplicaciones donde se mantienen encendidas por periodos de tiempo superiores a 3 horas (altos ciclos de encendido y apagado reducen su vida útil).

Sin embargo, actualmente esta tecnología está perdiendo mercado y está siendo desplazada rápidamente por el LED.

Se recomienda su reemplazo progresivo a LED.

Lámparas LED:

Este tipo de lámparas ha evolucionado significativamente en los últimos años, al punto tal presentarse en el mercado con una excelente relación precio vs. calidad. Las mismas son las más eficientes del mercado, llegando en algunos casos a superar los 100 lm/W, la que es acompañada con una muy buena reproducción de colores (IRC >80). Adicionalmente en promedio dura 25 veces más que una incandescente, y 4 veces más que la fluorescente compacta. Si bien su precio es aproximadamente el doble de las fluorescentes compactas, para obtener niveles de iluminación similares se requiere cerca de la mitad de potencia de iluminación y otorga mucha más durabilidad, reduciendo el costo de operación y mantenimiento y pago de costos de energía asociados. En relación con los precios, estos están evolucionando muy rápidamente hacia la baja, existiendo además una enorme dispersión de precios en el mercado.

No cabe duda que esta lámpara se impondrá en la mayor parte de los casos frente a las otras tecnologías, y que es, actualmente casi una opción indiscutida.

ILUMINACIÓN, CONSUMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA				
BRILLO (En Lúmenes)	INCANDESCENTE	HALÓGENA	FLUORESCENTE	LED
250 Lm	25 W	18 W	7 W	3 - 4 W
450 Lm	40 W	29 W	9 W	5 - 6 W
800 Lm	60 W	43 W	14 W	9 - 10 W
1100 Lm	75 W	53 W	19 W	11 - 12 W
1600 Lm	100 W	72 W	23 W	15 - 16 W
2600 Lm	150 W	115 W	35 W	25 - 26 W

* EN LED, EL CONSUMO TAMBIÉN VARÍA SEGÚN EL MODELO DE LÁMPARA Y EL FABRICANTE

MENOR RENDIMIENTO → MAYOR RENDIMIENTO

	D	C	A	A++
Clase EE				
Vida (h)	1.000 h	2.000 h	6.000	25.000 h

TUBOS FLUORESCENTES CONVENCIONALES

Son lámparas de descarga de vapor de mercurio de baja presión, de elevada eficacia luminosa y duración (vida). Las cualidades de color y su baja luminancia las hacen idóneas para interiores de altura reducida. Para su funcionamiento requieren de un equipo auxiliar (balasto) que regula la corriente de la lámpara. Sus mayores aplicaciones son en gargantas, cocinas, estacionamientos, salas de máquina, áreas de oficina, etcétera.

Los tubos fluorescentes se clasifican, por su diámetro y por las propiedades de la capa de fósforo que reviste su interior, en T12 estándar, T8 estándar o trifósforo y T5 trifósforo. La letra T se refiere a la clasificación de tubo y el número que acompaña indica el diámetro del tubo en octavos de pulgada. Así, por ejemplo, el T8 presenta un diámetro de 1 pulgada (25,4mm).

Los T8 del tipo estándar entregan el mismo flujo luminoso que los T12 con un ahorro en el consumo de electricidad del 10%; además, su precio es muy similar. **Como consecuencia de esto, bajo ningún concepto se debería adquirir un tubo del tipo T12.**

Por su parte, los tubos T8 presentan dos tipos distintos: trifósforo o estándar. Los tubos T8 **trifósforos**, además de presentar una mejor reproducción de color, son un 25% más eficientes que los tubos T8 del tipo **estándar** y un 35% más eficientes que los T12. Como contrapartida, su precio es de aproximadamente dos veces el precio del T8 estándar.

Los T5 presentan una eficiencia entre un 10% y 15% superior que la de los T8 trifósforos. Por otro lado, su precio es de entre 2 y 3 veces el precio del T8 trifósforo. En relación con sus dimensiones, cabe señalar que este tipo de tubos presentan una menor longitud respecto de sus pares T8 y T12 (véase Tabla 7), lo cual implica que, en caso de optar por su utilización para el reemplazo de tubos T8 y/o T12, es necesario cambiar o adaptar también la luminaria o el artefacto.

TUBOS FLUORESCENTES LED

Los tubos LED presentan similares características lumínicas a los tubos fluorescentes convencionales, superándolos en eficacia luminosa que llega a alcanzar los 100 lm/W y con la ventaja de que por su principio de funcionamiento no utiliza mercurio. Su vida útil es del orden de 20.000 h a 40.000 h, valor que varía en función del precio y la marca. Su precio es aproximadamente 4 veces el costo del tubo T8 standard.

Acompañando el desarrollo de los tubos LED, en los últimos años han aparecido los *plafones LED* con eficacias del orden de 100 lm/W, transformándose en muchos en una buena opción para reemplazar a los anteriores. La conveniencia de su reemplazo depende de cada caso en particular, dado que hay que tener en cuenta que el plafón no requiere la utilización de una luminaria, y constituye un equipo integrado, con lo cual su precio hay que compararlo con el costo total de una luminaria LED (tubos + luminaria).



BALASTOS

Las lámparas fluorescentes requieren para su funcionamiento la utilización de un equipo auxiliar llamado “balasto”. Éste tiene por finalidad regular la corriente que alimenta a la lámpara.

El **balasto convencional** que se utiliza en la mayoría de los tubos fluorescentes es del tipo electromagnético, que consiste en un gran número de espiras de hilo de cobre arrolladas sobre un núcleo magnético y que, por su concepción, tiene elevadas pérdidas térmicas, lo que se traduce en un consumo energético que, en muchos casos, puede alcanzar hasta el 50% de la potencia del tubo utilizado.

Por el contrario, los **balastos electrónicos** no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior. Además, este tipo de balastos mejoran las propiedades técnicas de la lámpara, prolongando su vida útil, reduciendo la depreciación de su flujo luminoso y mejorando su eficacia. Esta última propiedad redundante en que la lámpara demande una menor cantidad de energía eléctrica para producir la misma cantidad de luz que con un balasto convencional. A modo de ejemplo, en la Tabla 13 se presenta una comparación del consumo energético resultante de dos tubos fluorescentes de 36 W con la utilización de balasto electrónico y del balasto convencional.

Tabla 13. Comparación entre balasto convencional y balasto electrónico

Luminaria con tubos fluorescentes 1x36W			
Potencia absorbida			
Balasto convencional		Balasto electrónico	
Lámpara (36 W)	36 W	Lámparas (36 W)	32 W
Balasto convencional	10 W	Balasto electrónico	3 W
TOTAL	46 W	TOTAL	35 W
Reducción del consumo de electricidad		24%	

Con respecto al precio un balasto electrónico, es aproximadamente entre 2,5 y 3 veces el valor de uno electromagnético.

Lámparas de iluminación exterior

Lámparas de SAP y Hg

Para iluminar espacios abiertos, frentes de edificios o lugares al aire libre, se pueden utilizar lámparas de mercurio halogenado o de sodio de alta presión.

Las primeras pueden encontrarse, generalmente, en potencias de 70, 150 y 250 W. Presentan valores de eficacia luminosa de entre 40 y 60 lm/W, una vida útil de aproximadamente 16.000 horas y una aceptable reproducción de colores.

Las lámparas de sodio de alta presión tienen menor reproducción de color que las de mercurio halogenadas; sin embargo, su mayor eficacia luminosa, de entre 80 y 130 lm/W, y su similitud en cuanto a su duración, motiva en muchos casos el reemplazo de las mencionadas halógenas por este tipo de lámparas.

Lámparas LED

Al igual que en otras aplicaciones, el LED se adaptado a la necesidad con productos altamente eficientes. Para el caso de alumbrado exterior, existen en el mercado reflectores Led y luminarias de alumbrado exterior con eficacias luminosas del orden de 80 a 110 lm/W. Las vidas útiles de las mismas varían entre las 30.000 y 50.000 hs. Si las luminarias Led tienen una eficacia luminosa inferior a las lámparas de SAP hay que recordar que estas últimas van dentro de una luminaria que a su vez tiene un rendimiento del orden del 65 o 70%, haciendo que en muchos casos, la comparación en rendimientos sea favorable al Led.



12.2.2 LUMINARIAS

La luminaria es el elemento donde va instalada la lámpara y su función principal es la de distribuir la luz producida por la fuente en la forma más adecuada a las necesidades. Muchas luminarias modernas contienen sistemas reflectores cuidadosamente diseñados para dirigir la luz de las lámparas en la dirección deseada. Por ello, la remodelación de instalaciones viejas, utilizando luminarias de elevado rendimiento suele conllevar un sustancial ahorro energético, así como una mejora de las condiciones visuales.

Normalmente, la correcta combinación de luminarias y lámparas y su distribución espacial es tarea de especialistas en luminotecnía. **Para un óptimo diseño en términos luminotécnicos y energéticos, deberá consultar con los especialistas.**

12.3 Modo en que se opera la instalación

El consumo de energía de un sistema de iluminación depende del modo en que se opere la instalación. Su uso o control eficiente consiste en la minimización del tiempo de conexión de la carga de la instalación, basado en el aprovechamiento de los posibles aportes de luz natural proveniente de ventanas o aberturas varias y en la reducción del desperdicio de energía generado por luces innecesariamente encendidas en locales sin uso o desocupados.

12.3.1 SISTEMAS DE CONTROL

El sistema de control más sencillo es el **interruptor manual**. Su uso correcto, apagando la iluminación en períodos de ausencia de personas, permite ahorros significativos, más aun cuando en una misma sala hay varias zonas controladas por interruptores distintos, de modo que una pueda estar apagada aunque otras estén encendidas. Una opción es tener un **responsable** que recorra las instalaciones en momentos críticos verificando la necesidad o no de su funcionamiento.

Los sistemas de regulación y control apagan, encienden y regulan la luz proporcionada por una instalación de iluminación mediante el uso de interruptores, detectores de movimiento y presencia, células fotosensibles o calendarios y horarios preestablecidos. Éstos permiten un mejor aprovechamiento de la energía consumida, reduciendo los costos energéticos y de mantenimiento, además de dotar de flexibilidad al sistema. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas puede ser de hasta un 70% según las características de cada instalación. Como no todas las zonas requieren el mismo tratamiento, es importante controlar las luminarias de cada zona mediante circuitos independientes. Por ejemplo, las luminarias que se encuentren próximas a las ventanas deben poder regularse en función de la luz natural de distinta forma que el resto de las luminarias de una sala o habitación.

Existen **interruptores temporizados** que apagan la iluminación tras un tiempo programado y cuya utilización es más conveniente en lugares donde las personas permanecen un tiempo limitado. Por ejemplo, en un hall o en las escaleras. Los **detectores de presencia o movimiento** encienden la iluminación cuando detectan movimiento y la mantienen durante un tiempo programado. Son muy útiles para zonas de paso o permanencia de personas durante poco tiempo.

En los edificios destinados a usos múltiples (oficinas, hoteles, etc.), es interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energéticos de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados para otras instalaciones, como las de climatización. El control centralizado, compuesto por detectores (células fotoeléctricas, detectores de presencia, etc.) y por una unidad central programable, supone una serie de ventajas, entre las que se destacan la posibilidad de encendido y apagado de zonas mediante órdenes centrales, ya sea manuales o automáticas, la modificación de circuitos de encendido central sin obras eléctricas, y la monitorización del estado de los circuitos y el consumo de éstos.

12.4 Régimen de mantenimiento

El paso del tiempo hace que disminuya la eficiencia energética de la iluminación debido a la depreciación del flujo luminoso de las lámparas a lo largo de su vida útil y la suciedad acumulada en las luminarias.

El mantenimiento debe incluir la limpieza de las luminarias y la sustitución de lámparas. Esto último debe hacerse al final de la vida útil de la lámpara indicada por el fabricante, ya que, aunque no haya fallado, su eficacia habrá disminuido. **En grandes instalaciones, es aconsejable sustituir las lámparas por grupos**, en lugar de individualmente, para mantener los niveles de iluminación y coeficientes de uniformidad adecuados.

En grandes sistemas de iluminación, es recomendable realizar una gestión del alumbrado, que incluya un seguimiento de los planes de mantenimiento (limpiezas, reposiciones de lámparas por grupos, etc.), el control de horarios de funcionamiento, consumos y costos, y el seguimiento de la facturación de energía eléctrica.

12.5 Indicador de eficiencia energética de la instalación

Una manera de comparar la eficiencia energética de una instalación de iluminación frente a otra, es mediante la determinación del “valor de eficiencia energética de la instalación - VEEI (W/m^2) por cada 100 lux.” Este valor representa la cantidad de potencia específica (W/m^2) que requiere una instalación para alcanzar un determinado nivel de iluminación. Su expresión es:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot Em} \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

Siendo:

P: la potencia instalada total en lámparas más los equipos auxiliares (W)

S: la superficie iluminada en (m²)

Em: la iluminancia media horizontal mantenida (lux)

Por ejemplo, el código de edificación español fija valores mínimos de VEEI para cada tipo de actividad (ver tabla 14)

Tabla 14. Valor de Eficiencia Energética de la instalación.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI limite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

12.6 Recomendaciones generales

Estas recomendaciones se encuentran clasificadas en función de las instalaciones existentes. En el caso de realizar nuevas instalaciones, muchas de las recomendaciones intermedias o avanzadas pueden ser implementadas beneficiosamente.

12.6.1 INICIALES

- Capacite al personal para que no mantenga encendida inútilmente la luz cuando no sea necesario.

- Asegúrese de que el personal de servicio utilice la iluminación correctamente. El nivel de iluminación debe permitir una limpieza adecuada y un desplazamiento seguro de los empleados en los lugares de trabajo.
- Elija los aparatos de iluminación teniendo en cuenta no sólo el aspecto estético, sino también su eficacia luminosa. En la compra de lámparas, bájese en la información de las etiquetas de eficiencia energética.
- Es útil saber que la luz indirecta, obtenida cuando un aparato se dirige hacia el techo o una pared clara, crea una luz difuminada con un efecto muy agradable, pero presenta el inconveniente de un bajo rendimiento y, por lo tanto, de un mayor consumo de energía eléctrica.
- En los ambientes donde la luz está encendida muchas horas, hay que elegir siempre las lámparas LED, que, aunque cuesten más que las de incandescencia o fluorescentes compactas, consumen mucho menos y duran más.

12.6.2 INTERMEDIAS

- Emplee balastos electrónicos: ahorran hasta un 30% de energía, alargan la vida de las lámparas un 50% y consiguen una iluminación más agradable y confortable.
- Controle que los niveles de iluminación sean los adecuados, ni excesivos ni insuficientes.
- Considere el cambio de los interruptores por aquellos que son visibles y accesibles. El personal se incentiva a apagar las luminarias cuando son fáciles de ubicar.

12.6.3 AVANZADAS

- En los ambientes en los que no siempre hace falta la máxima iluminación, es mejor sustituir los interruptores normales por reguladores de intensidad luminosa (DIMERS).
- Es aconsejable instalar luminarias en grupos sobre diferentes circuitos, de modo de permitir el encendido independiente de acuerdo con las necesidades. En sectores de uso no muy frecuente, utilice dos circuitos, uno con iluminación mínima encendido y el otro con sensores de movimiento que se activen cuando sea necesario.
- Una fuente de ahorro importante es instalar programadores horarios que apaguen o enciendan las luces a una determinada hora.
- Realice un mantenimiento programado de la instalación, limpiando fuentes de luz (previa desconexión de la corriente eléctrica) y luminarias (pantallas, etc.) y reemplazando las lámparas en función de la vida útil indicada por los fabricantes. La suciedad puede reducir el rendimiento del artefacto hasta un 50%.
- Pinte las paredes y los techos con colores claros, porque esto ayuda a un mejor aprovechamiento de luz, logrando el mismo resultado con menor consumo.
- Para la iluminación exterior, considere combinar lámparas eficientes en cuanto al consumo de energía con sensores de movimiento, para ofrecer seguridad a la vez que se reduce el uso de energía. En interiores, use reguladores de luz, temporizadores o detectores de ocupación/movimiento.
- Se recomienda el reemplazo de las lámparas convencionales halógenas dicróicas y con reflector aluminio por los nuevos modelos más eficientes.

