



Ahorro y eficiencia energética en la sede de la Asociación de Ingenieros del ICAI

Palabras clave: Colegio y Asociación de Ingenieros del ICAI, ahorro y eficiencia energética, disminución de la factura energética, optimizar la contratación de electricidad, minimizar consumo de reactiva.

Key words: College and Association of ICAI Engineers, energy savings and efficiency, reduce energy costs, optimize the electricity contract, minimize reactive electrical energy consumption.



Gonzalo García-Baquero Utrilla

Ingeniero Industrial ICAI (promoción 2000). Consultor en diferentes firmas, vinculado al sector energético en España y en diversos países de Europa, América y África. Participó en la valoración y reutilización de activos residuales de centrales nucleares afectadas por la moratoria nuclear. Director Técnico en empresa de energías renovables durante 6 años. Actualmente profesional autónomo promotor de proyectos para el ahorro energético. Representante-vocal de la Asociación de Ingenieros del ICAI en el Comité de Ingeniería y Desarrollo Sostenible (CIDES) del Instituto de la Ingeniería de España (IIE).

Resumen:

Este artículo recoge la implicación del Colegio y la Asociación de Ingenieros del ICAI para con el ahorro y la eficiencia energética que, a través de uno de sus asociados, ha puesto en marcha un plan de actuación para conseguir reducir el consumo energético en sus instalaciones. Esto conllevará, además del ahorro energético mencionado, una repercusión económica en términos de menor gasto y una repercusión social y medioambiental, ya que la reducción de energía consumida implica una reducción de emisiones de CO₂ y otra serie de implicaciones indirectas que se analizarán a lo largo del artículo.

Abstract:

This article reflects the involvement of the College and Association of ICAI Engineers towards the energy savings and efficiency, implementing, through one of its members, an action plan to achieve lower energy consumption on its offices. It will involve, besides the mentioned energy saving, economic impact in terms of lower costs, and a social and environmental impact, while reduction in the energy consumed means to reduce CO₂ emissions and a number of indirect implications that will be discussed throughout the article.

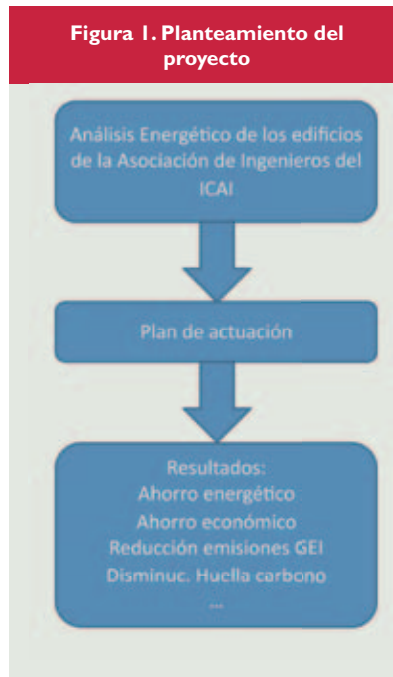
Introducción

El ahorro y la eficiencia energética están de moda pero, aun más, si van acompañados de frases como “medidas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero”, “disminución de la huella de carbono” y conceptos similares que presuponen el respeto y la conservación del medio ambiente. Un efecto colateral al ahorro y la eficiencia energética, de notable relevancia en los tiempos que vivimos, es el del ahorro económico. Sobre esto último, la sensibilización de la sociedad es creciente y, si fuese medible, diríamos que es proporcional al incremento de la factura energética, en otras palabras, al precio que debemos de pagar por cada unidad energética (tomemos el kWh, que consumimos) ya sea en forma de calor o de electricidad. Sin entrar a valorar por qué sube o no el precio de la energía, parece inevitable, y así es asumido por la sociedad, que el precio de la energía seguirá subiendo en el futuro inmediato, lo que redundará aún más en la sensibilización que hemos comentado.

¿Cómo controlar el gasto energético?

La respuesta es: actuando sobre el consumo energético, optimizándolo, y preocupándose por el precio que se paga por la energía, algo que hay que tener presente, pues el mercado energético se está liberalizando, ahora parece más evidente, y las comercializadoras de energía realizan diferentes ofertas que pueden interesarnos o no; es cuestión de analizar, y me remito aquí a los artículos publicados por nuestro ilustre compañero José Luis Sancha Gonzalo, en concreto el publicado en “Anales”, mayo-junio 2011.

El Colegio y la Asociación de Ingenieros del ICAI también se preocupan por el consumo energético y se sensibilizan con los temas relacionados con el ahorro y la eficiencia energética, pero ¿cómo involucrar a este colectivo en un proyecto de este tipo? ¿Un curso? ¿Un seminario? ¿Unas jornadas? La mejor manera es, tras analizarlo con el Secretario General, predicar con el ejemplo, así que se realizó el siguiente planteamiento que se muestra en la figura 1.



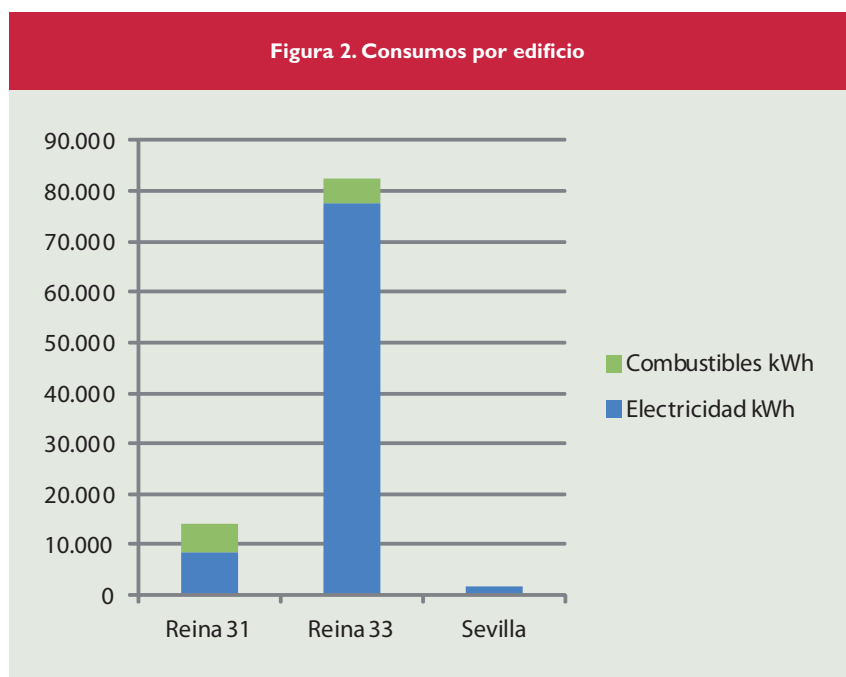
El planteamiento anterior debe realizarse bajo una premisa fundamental: el ahorro energético genera beneficios a muchos niveles, sin embargo se debe tener en cuenta que, para conseguir ahorrar, casi siempre hay que invertir en mejoras técnicas, por lo que se debe introducir la variable económica dentro del análisis energético. En otras palabras, deberemos determinar el ahorro en términos económicos analizando cuál es el importe de la inversión.

Fase 1: Análisis de facturas. Situación de partida

El Colegio y la Asociación de Ingenieros del ICAI, en adelante la Asociación, desarrollan su actividad en el seno de 3 edificios (denominados Reina 33, Reina 31 y Sevilla). El primer paso para analizar los consumos energéticos es a través de las facturas de energía, en este caso de electricidad y de gas natural. De aquí obtenemos una primera aproximación de la demanda energética de cada edificio (ver figura 2).

En la figura 2 se muestra cómo el mayor consumo corresponde al edificio Reina 33, representando la energía en forma de electricidad casi la totalidad del consumo energético. Esto se explica porque:

- Las instalaciones de Sevilla consisten en una pequeña oficina en los bajos de un edificio y sólo tiene consumo eléctrico. Tiene unos 60 m² de superficie.
- Las instalaciones de Reina 31 tienen un uso mayor que las anteriores. Están en la primera planta de un edificio de viviendas. Se consume electricidad y gas natural para la calefacción. La superficie de estas dependencias es de unos 280 m².
- La mayor parte de la actividad de la Asociación se desarrolla en Reina 33. Tiene planta sótano, planta baja,



entrepantalla y primera planta. Sólo en la primera planta hay elementos radiadores para la calefacción, por eso el consumo de gas natural está descompensado con respecto a Reina 31, y es que este sistema es insuficiente para aclimatar todas las estancias, por lo que existen 2 climatizadoras. La superficie total en este edificio es de unos 580 m².

Una ratio interesante, que podríamos denominar como intensidad de uso de las dependencias, consiste en la energía consumida en cada dependencia por unidad de superficie, expresada en kWh/m². Los resultados se muestran en la tabla 1.

De las facturas energéticas podemos obtener otro dato revelador: el precio unitario de la energía como media ponderada del precio de la electricidad y del precio del gas natural. Como era de prever, en la tabla 2 se muestra cómo a mayor consumo, la energía es más barata.

Obviamos lo que ocurre con el gas natural, pues al fin al cabo se trata de calderas comunitarias, bien mantenidas y bastante nuevas que se encienden en invierno en horario programado. Hay cosas que se pueden hacer en este sistema de calefacción (sobre todo a nivel de regulación), pero tras valorar la complejidad de poner de acuerdo a toda la comunidad (2 comunidades de vecinos diferentes Reina 31 y Reina 33) y realizar un cálculo preliminar de los potenciales ahorros, se descarta cualquier actuación en el sistema de gas natural, ya que la amortización de la inversión pasa a ser muy elevada.

Consumos eléctricos

En Sevilla el consumo es escaso. La curva de demanda se muestra en la figura 3. En meses de temperaturas moderadas la demanda cae. En invierno es mayor la demanda, en parte debido a que, según la información obtenida, se caldea el local con emisores con resistencia eléctrica. Apuntamos aquí que calentarse con resistencia eléctrica es la manera más ineficiente de hacerlo y esto se paga a precio de oro. Con una bomba de calor con un COP de 3, pasaríamos a consumir un tercio de lo que se con-

Tabla 1. Intensidad de uso

| Edificio | kWh | m ² | KWh/m ² |
|----------|--------|----------------|--------------------|
| Reina 31 | 14.266 | 280 | 50,95 |
| Reina 33 | 82.309 | 580 | 141,91 |
| Sevilla | 1.756 | 60 | 29,27 |
| GLOBAL | 98.331 | 920 | 106,88 |

Tabla 2. Precio medio ponderado de la energía consumida

| Edificio | €/kWh |
|----------|--------|
| Reina 31 | 0,1490 |
| Reina 33 | 0,1337 |
| Sevilla | 0,2691 |
| GLOBAL | 0,1383 |

sume actualmente. ¿Y esto merece la pena? Pues desde un punto de vista medioambiental sí; desde un punto de vista técnico-económico, depende de las horas de funcionamiento y de la inversión a realizar. Analizando estos dos factores se determina la viabilidad técnico-económica de la incorporación de una bomba de calor a estas instalaciones.

Otros datos obtenidos de las facturas de electricidad son que la potencia y la tarifa contratadas son 9,86 kW y 2.0.A respectivamente.

En cuanto a los suministros eléctricos de Reina 31 y Reina 33, éstos están contratados bajo una tarifa 3.0.A. Una característica de esta tarifa es que tiene discriminación horaria, es decir, 3 tramos horarios o periodos: P1, P2 y P3 o punta, llano y valle respectivamente. La tabla 3 nos dice cuándo empieza y acaba cada tramo horario.

Otra característica de esta tarificación de la energía es que se debe pagar por la energía reactiva utilizada. Curiosamente, las facturas de Reina 31 tienen apunte de suplemento de reactiva, mientras que las de Reina 33 no lo tienen, lo que hace pensar que

Figura 3. Consumo de electricidad en Sevilla

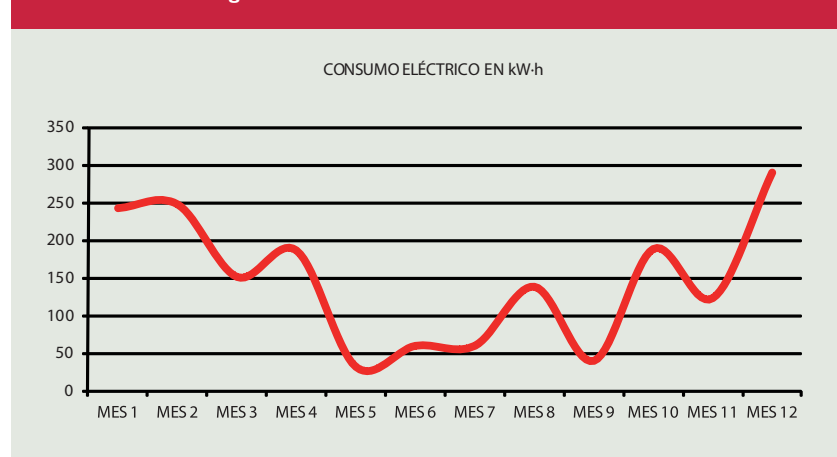


Tabla 3. Discriminación horaria a aplicar a tarifa eléctrica de acceso 3.0.A

| Zona | Invierno | | | Verano | | |
|------|----------|---------------|-------|--------|---------------|-------|
| | Punta | Llano | Valle | Punta | Llano | Valle |
| I | 18-22 | 8-18 22-24 | 0-8 | 11-15 | 8-11 15-24 | 0-8 |

el consumo de electricidad en este local se realiza con un *cos phi* mayor de 0,95.

El perfil de consumo en Reina 31 es el que se muestra en las figuras 4 y 5.

De la figura 4 se extraen algunas reflexiones interesantes:

- Hay un consumo mínimo en P3 durante todos los meses, es decir, por la noche entre las 0.00h y las 8.00h. ¿Se podría reducir?

- En verano se incrementa el consumo en el P1, que es cuando la franja horaria corresponde a la mañana (de 11.00h a 15.00h).

La figura 5 nos viene a decir:

- El mayor consumo se produce en verano (uso de los aires acondicionados).

- En el mes 10 hay un aumento de la demanda que se sale de la lógica progresión de la curva de demanda.

El perfil de consumo en Reina 33 es el que se muestra en las figuras 6 y 7.

La figura 6 muestra cómo la demanda de energía es muy estable a lo largo de todo el año en cualquiera de los 3 periodos. El consumo por la noche, P3, es alto debido al constante funcionamiento del CPD (Centro de Procesamiento de Datos). Curiosamente también parece mostrar la figura 8 un consumo atípico en el mes 10.

Fase 2: Visita a las instalaciones. Planteamiento de propuestas

Una vez analizado lo anterior y teniendo una idea clara de la situación actual, se realizó una visita a las instalaciones. No se consideró oportuno visitar las instalaciones de Sevilla por la distancia a cubrir y, especialmente, porque el consumo representa apenas un 2% del total.

Envolvente

Lo primero que analizamos, y sobre lo que podremos previsiblemente actuar, es la envolvente del edificio, y concretamente en el acristalamiento de ventanales. Como se ve en la figura 9, los ventanales son de marco de madera y cristal simple.

El acristalamiento con el que nos encontramos en los edificios Reina 31

Figura 4. Consumo de electricidad por periodos en Reina 31

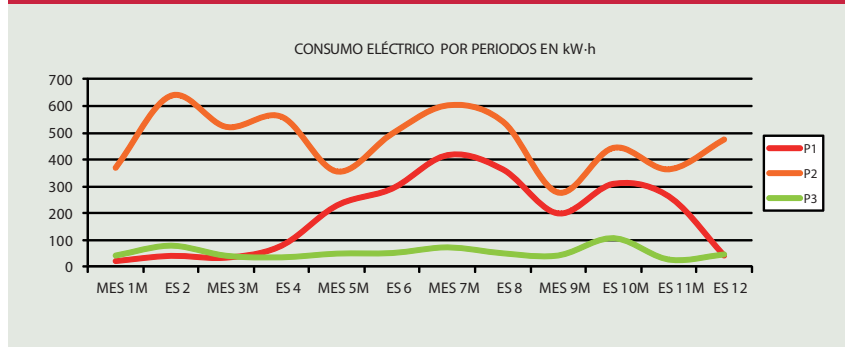


Figura 5. Consumo de electricidad en Reina 31

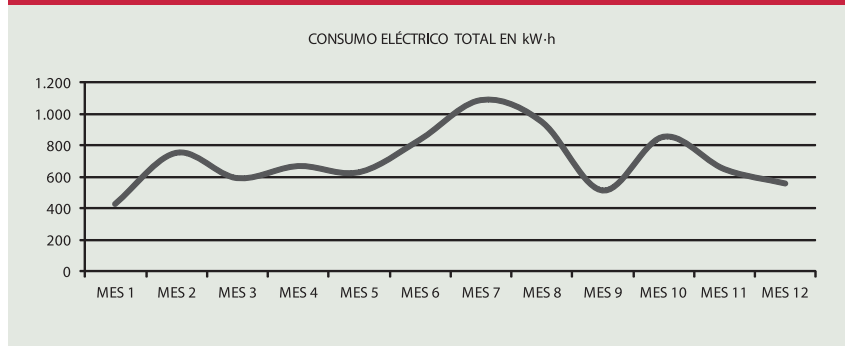


Figura 6. Consumo de electricidad por periodos en Reina 33

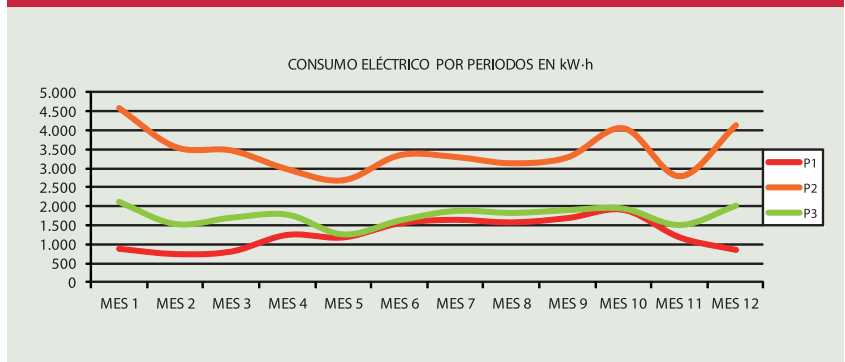


Figura 7. Consumo de electricidad por periodos en Reina 33

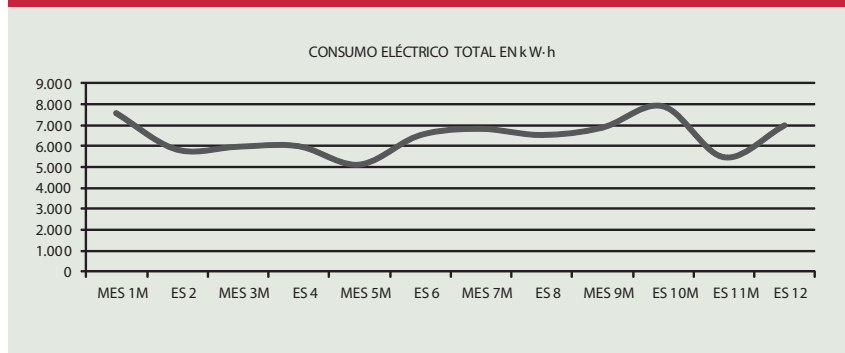
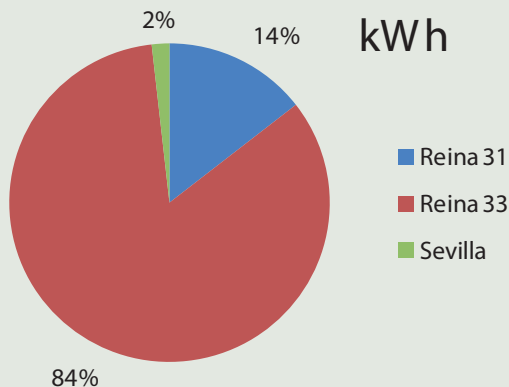


Figura 8. Porcentaje del consumo de cada edificio sobre el total



dice mínimo de transmitancia de 2,1 W/(m²·K).

¿Qué ahorro energético obtendríamos con esta modificación?

En la tabla 4 relacionamos los habitáculos con este tipo de acristalamiento, la superficie acristalada y el tiempo de uso de la sala.

Según los datos de la tabla 4, la superficie total acristalada es de 45 m², y el uso medio de cada sala al mes, ponderado por la superficie de acristalamiento existente en ella, es de 48,8 h/año.

Figura 9. Ventanal



Tabla 4. Acristalamiento y uso de los habitáculos

| Edificio | Habitáculo | Sup. cristal m ² | Uso h/mes |
|----------|----------------------|-----------------------------|-----------|
| Reina 31 | Asoc. ICADE | 8 | 160 |
| | Sala reuniones | 7 | 2 |
| | Presidencia | 2 | 1 |
| Reina 33 | Sala reuniones | 10 | 60 |
| | Sala noble reuniones | 6 | 34 |
| | Salón de actos | 12 | 8 |

y Reina 33 es antiguo. Su índice de transmitancia es de 5,7 W/(m²·K). Se propone adaptar estos ventanales, bien con un doble acristalamiento, bien sustituyendo los ventanales, de tal manera que se consiguiera un ín-

En la tabla 5, reflejamos cuáles son las pérdidas en el caso actual (en potencia y energía), en el caso de adecuar los ventanales, y los ahorros que se obtendrían.

Lo que nos ahorramos por edificio queda reflejado en la tabla 6. Además,

Tabla 5. Cálculo de los ahorros por mejora de envolvente

| Mes | Tint. °C | Text. °C | Sup. acrist. m ² | Transmit. W/(m ² ·K) | Pérd. W | Pérd. kWh | Transmi. W/(m ² ·K) | Pérd. | Pérd. kWh | Ahorro kWh |
|-----|----------|----------|-----------------------------|---------------------------------|----------|-----------------|--------------------------------|----------|---------------|---------------|
| ene | 21,0 | 6,1 | 45 | 5,7 | 3.821,85 | 186,51 | 2,1 | 1.408,05 | 68,71 | 117,79 |
| feb | 21,0 | 7,9 | 45 | 5,7 | 3.360,15 | 163,98 | 2,1 | 1.237,95 | 60,41 | 103,56 |
| mar | 21,0 | 10,7 | 45 | 5,7 | 2.641,95 | 128,93 | 2,1 | 973,35 | 47,5 | 81,43 |
| abr | 21,0 | 12,3 | 45 | 5,7 | 2.231,55 | 108,9 | 2,1 | 822,15 | 40,12 | 68,78 |
| may | 21,0 | 16,1 | 45 | 5,7 | 1.256,85 | 61,33 | 2,1 | 463,05 | 22,6 | 38,74 |
| jun | 21,0 | 21 | 45 | 5,7 | 0 | 0 | 2,1 | 0 | 0 | 0 |
| jul | 24,0 | 24,8 | 45 | 5,7 | 205,2 | 10,01 | 2,1 | 75,6 | 3,69 | 6,32 |
| ago | 24,0 | 24,4 | 45 | 5,7 | 102,6 | 5,01 | 2,1 | 37,8 | 1,84 | 3,16 |
| sep | 21,0 | 20,5 | 45 | 5,7 | 128,25 | 6,26 | 2,1 | 47,25 | 2,31 | 3,95 |
| oct | 21,0 | 14,6 | 45 | 5,7 | 1.641,60 | 80,11 | 2,1 | 604,8 | 29,51 | 50,6 |
| nov | 21,0 | 9,7 | 45 | 5,7 | 2.898,45 | 141,44 | 2,1 | 1.067,85 | 52,11 | 89,33 |
| dic | 21,0 | 7 | 45 | 5,7 | 3.591,00 | 175,24 | 2,1 | 1.323,00 | 64,56 | 110,68 |
| | | | | | | 1.067,72 | | | 393,37 | 674,35 |

Tabla 6. Ahorro por edificio con mejora en envolvente

| Edificio | kWh | € |
|----------|---------------|--------------|
| Reina 31 | 397,87 | 59,30 |
| Reina 33 | 276,48 | 36,95 |
| Sevilla | 0,00 | 0,00 |
| | 674,35 | 96,25 |

como en su momento calculamos lo que nos costaba la energía en €/kWh, obtenemos ese mismo ahorro en términos económicos.

Para completar el análisis, averiguamos la inversión a efectuar para conseguir los ahorros calculados, lo que queda reflejado en la tabla 7.

Así, tenemos los datos suficientes para calcular un plazo de amortización simple como el de la tabla 8.

Hacemos un inciso aquí para comunicar la existencia del Plan Renove de Acristalamientos de Ventanas de la Comunidad de Madrid, que es una Medida de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España (2004/2012) puesta en marcha por la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Este plan no dispuso de fondos para el año 2011, sin embargo, se hace notar que entra dentro de una estrategia que abarca hasta el 2012, por lo que se estará atento a la posible publicación de nuevos fondos para el 2012. En caso de poder tener acceso a dichos fondos, los plazos de amortización serían los reflejados en la tabla 9.

Tabla 7. Inversión para mejora de envolvente

| Edificio | m ² | € |
|----------|----------------|----------|
| Reina 31 | 17 | 850,00 |
| Reina 33 | 28 | 1.400,00 |
| Sevilla | 0 | 0,00 |

A la vista de los resultados de las tablas 8 y 9, ¿sería lógico pensar en acometer la mejora de la envolvente? Pues desde un punto de vista económico parece que no. Sin embargo, desde un enfoque diferente, como el de imagen, persona preocupada por el medio ambiente y por su conservación, y otras perspectivas similares, la inversión, no siendo muy elevada, podría llevarse a cabo. Es cuestión de analizar el impacto de cara a la sociedad y al público más cercano y determinar el retorno de la inversión, pero ya no sólo en un prisma económico, sino teniendo en cuenta los otros factores descritos.

Iluminación

El análisis en este caso es sencillo:

1. Se toma nota de cada tipo de lámpara utilizada.
2. Se obtienen sus características técnicas.
3. Se hace medición de la intensidad luminosa.
4. Se propone una lámpara con las mismas características de iluminancia pero de menor consumo energético.
5. Se calculan los ahorros a obtener.
6. Se calcula la amortización simple de cada uno de los cambios propuestos.

Tabla 8. Amortización de la inversión por mejora de la envolvente

| Edificio | Años |
|----------|--------|
| Reina 31 | 45,87 |
| Reina 33 | 121,24 |
| Sevilla | n.a. |

Tabla 9. Amortización de la inversión por mejora de la envolvente con subvención

| Edificio | Años |
|----------|-------|
| Reina 31 | 14,33 |
| Reina 33 | 37,89 |
| Sevilla | n.a. |

7. Si el periodo de amortización es menor de cinco años (plazo que se ha determinado como razonable), la inversión es viable desde una perspectiva técnico-económica.

Así, en la tabla 10 se resumen los cálculos realizados y la conclusión final.

Figura 10. Tubo fluorescente T5



Tabla 10. Resumen viabilidad económica de inversiones en iluminación

| Tipo de lámpara | uds | Pot. (W/ud) | Horas funcm. (h/día) | días laborales (días/mes) | precio energía (€/kWh) | Gasto energ. (€/mes) | Tipo de lámpara sustituta | Pot. (W/ud) | Gasto energ. (€/mes) | Ahorro energético (kWh/mes) | Ahorro económ. (€/mes) | Inversión (€) | Plazo amortizac. (meses) | Viable |
|-------------------------------|-----|-------------|----------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|-------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|--------|
| Tubo fluorescente Osram T5 | 22 | 58 | 8 | 22 | 0,149 | 33,46 | Tubo LED T5 | 8 | 4,62 | 193,6 | 28,85 | 800,8 | 28 | SÍ |
| Tubo fluorescente Philips TLD | 42 | 35 | 8 | 22 | 0,149 | 38,55 | Tubo LED TLD | 8 | 8,81 | 199,58 | 29,74 | 2.226,00 | 75 | NO |
| Dicroica GU10 | 11 | 50 | 8 | 22 | 0,149 | 14,42 | LED-GU10 | 6 | 1,73 | 85,18 | 12,69 | 207,9 | 16 | SÍ |
| Lámpara PL (Down light) | 16 | 28 | 8 | 22 | 0,149 | 11,75 | LED-PL | 7 | 2,94 | 59,14 | 8,81 | 465,92 | 53 | SÍ |
| Halógena R7S | 10 | 100 | 8 | 22 | 0,149 | 26,22 | LED-R7S | 9 | 2,36 | 160,16 | 23,86 | 663 | 28 | SÍ |

Figura 11. Lámpara PL (Down light)



Figura 12. Halógena R7S



Climatización

En climatización, haremos primeramente un apunte reglamentario: según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios que fue modificado por Real Decreto 1826/2009, la I.T.3.8.2. viene a establecer los valores límite de las temperaturas del aire en los habitáculos, que serán:

"[...]"

a) La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21°C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de calor por parte del sistema de calefacción.

b) La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26°C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de frío por parte del sistema de refrigeración.

"[...]"

Sin entrar a valorar si la modificación del reglamento es buena o mala, sin tener en consideración la sensación térmica de cada persona (variable según sexo y constitución física), concluiremos que la aplicación del RITE en estas instalaciones se cumple.

Figura 13. Regulador del sistema de climatización



Sin embargo, nótese que para hacer cumplir este reglamento en las instalaciones de la Asociación únicamente existe un regulador termostático ubicado en zona común de tránsito, por lo que la temperatura y confort en cada uno de los habitáculos dependerá de lo que esta sonda ordene a la climatizadora principal. Ciertamente, esto está reñido con la eficiencia energética pues, por ejemplo, qué necesidad tiene la climatizadora de estar enviando calor a una estancia deshabitada.

Este sistema de climatización centralizada y distribución de aire por conductos es usado únicamente en Reina 33, por lo que todo lo referente a ello se aplica sólo a estas dependencias.

Los cálculos realizados, que se resumen en la tabla 11, son los siguientes:

1. Se halla el consumo de energía eléctrica correspondiente a la climatización. Es fácil determinar tomando como premisa que el mes de mayo no se activa este sistema y asumiendo que la actividad de la Asociación es muy constante, en términos de horario de demanda de electricidad.

2. Calculamos el ahorro de energía, con las horas que debe estar la climatizadora encendida (horario normal de trabajo de la Asociación) y las horas que cada habitáculo está efectivamente en uso (y por ende climatizado).

3. Traducimos este ahorro energético a ahorro económico.

La inversión a realizar es la de incorporar un termostato inalámbrico en el habitáculo y una válvula de compuerta motorizada en la derivación del conducto a cada habitáculo. Así la inversión y amortización simple son las de la tabla 12.

Reactiva

Resulta que, cada mes, existe en la factura eléctrica de Reina 31 una penalización por utilización de energía reactiva. Para la tarifa 3.0.A, el término de reactiva se aplica sobre todos los periodos tarifarios excepto en el periodo 3, siempre que el consumo de reactiva exceda el 33% del consumo de activa durante el periodo de facturación considerado ($\cos \phi < 0,95$) y

Tabla 11. Cálculos del ahorro por regulación de la climatización

| | Consumo clima KWh | Ahorro KWh | Ahorro € |
|--------------|----------------------|---------------|---------------|
| MES 1 | 2.450 | 184 | 25,56 |
| MES 2 | 712 | 53 | 7,43 |
| MES 3 | 849 | 64 | 8,86 |
| MES 4 | 878 | 66 | 9,16 |
| MES 5 | 0 | 0 | 0 |
| MES 6 | 1.401 | 105 | 14,62 |
| MES 7 | 1.701 | 128 | 17,75 |
| MES 8 | 1.406 | 105 | 14,67 |
| MES 9 | 1.755 | 132 | 18,31 |
| MES 10 | 2.776 | 208 | 28,96 |
| MES 11 | 351 | 26 | 3,66 |
| MES 12 | 1.868 | 140 | 19,49 |
| TOTAL | 16.147 | 1.211 | 168,45 |

Figura 14. Impulsión del sistema de climatización



Figura 15. Retorno del sistema de climatización



Tabla 12. Inversión en regulación de la climatización y la amortización

| | | |
|--------------|----------|------|
| Inversión | 1.960,00 | € |
| Amortización | 11,64 | años |

Tabla 13. Evolución del precio de penalización por uso de reactiva en €/kVARh

| | Precio 09 | Precio Actual |
|-------------------|-----------|---------------|
| 0,9<=cos phi<0,95 | 0,0013 | 4,1554 |
| 0,85<=cos phi<0,9 | 1,7018 | 4,1554 |
| 0,8<=cos phi<0,85 | 3,4037 | 4,1554 |
| cos phi<0,8 | 5,1056 | 6,2332 |

únicamente afectará a dichos excesos. El precio, a día de hoy, pagado por el uso de energía reactiva es el indicado en la tabla 13.

Cada mes tenemos un recargo por uso de reactiva en Reina 31. El recargo, en función del $\cos \phi$ se indica en la tabla 14.

Para un $\cos \phi$ deseado de 0,97, calculamos el condensador necesario a instalar, el cual será de 7,5 kVAR y de tres escalones, automático, con un coste de inversión, ya instalado, de 500 euros. La amortización simple de esta inversión es menor de 3 años.

Optimizar contratación eléctrica

Ya comentamos anteriormente que se debe hacer seguimiento del

Tabla 14. Penalización por uso de reactiva

| Mes | Activa | | Reactiva | | cos phi | | Exceso sobre 33% de la activa | | Penaliz. € |
|--------------|--------|-----|----------|-----|---------|------|-------------------------------|-----|---------------|
| | PI | P2 | PI | P2 | PI | P2 | PI | P2 | |
| 1 | 40 | 639 | 1 | 429 | 1 | 0,83 | 0 | 218 | 9,06 |
| 2 | 33 | 522 | 17 | 439 | 0,89 | 0,77 | 6 | 267 | 16,88 |
| 3 | 78 | 560 | 56 | 474 | 0,81 | 0,76 | 30 | 289 | 19,29 |
| 4 | 229 | 355 | 188 | 277 | 0,77 | 0,79 | 112 | 160 | 16,97 |
| 5 | 292 | 497 | 247 | 399 | 0,76 | 0,78 | 151 | 235 | 24,04 |
| 6 | 418 | 603 | 302 | 401 | 0,81 | 0,83 | 164 | 202 | 15,21 |
| 7 | 364 | 542 | 275 | 362 | 0,8 | 0,83 | 155 | 183 | 14,05 |
| 8 | 199 | 276 | 167 | 205 | 0,77 | 0,8 | 101 | 114 | 11,05 |
| 9 | 310 | 444 | 243 | 250 | 0,79 | 0,87 | 141 | 103 | 13,07 |
| 10 | 263 | 363 | 200 | 264 | 0,8 | 0,81 | 113 | 144 | 10,7 |
| 11 | 41 | 475 | 18 | 384 | 0,92 | 0,78 | 4 | 227 | 14,35 |
| 12 | 20 | 369 | 1 | 277 | 1 | 0,8 | 0 | 155 | 6,45 |
| TOTAL | | | | | | | | | 171,11 |

mercado liberalizado con objeto de tratar de pagar la energía a un precio, el menor de los posibles.

Sin embargo, no está ahí todo el ahorro económico posible (aquí no hablaremos de energético porque no lo hay). Analicemos la potencia contratada de cada emplazamiento (que normalmente corresponde con la máxima admisible de la instalación) y cuál ha sido la potencia máxima demandada en estos dos últimos años:

- En Reina 31 la máxima demanda ha sido 10kW, cuando la contratada es de 19,8Kw.
- En Reina 33 la máxima demanda ha sido 23kW, cuando la contratada es de 34,5Kw.

Como bien explica nuestro compañero José Luis Sancha Gonzalo, una de las partidas de la factura eléctrica es la de término de potencia. Para una tarifa concreta, en nuestro caso la 3.0.A, a mayor potencia contratada, mayor es el pago a realizar, eso siempre y cuando la demanda de potencia no sea mayor que la contratada, en ese caso existe penalización.

Teniendo en cuenta lo dicho, la tabla 15 nos indica los potenciales ahorros económicos.

Resumen

El ahorro total en términos energéticos es de 2.320 kWh/año, mientras que en términos económicos sería de 1.174,77 euros.

Veamos en la tabla 16 el equivalente a emisiones de CO₂ de la energía que ahorramos.

Tabla 15. Ahorro económico por optimización de la contratación eléctrica

| REINA 31 | COSTE ELÉCTRICO | | AHORRO | |
|---------------------|-----------------|-----------|--------|------|
| | ACTUAL | PROPUESTA | % | NETO |
| TERMINO DE ENERGÍA | 1.201 | 1.151 | 4,24% | 51 |
| TERMINO DE POTENCIA | 497 | 382 | 23,13% | 115 |
| TOTAL | 1.699 | 1.533 | 9,77% | 166 |

| REINA 33 | COSTE ELÉCTRICO | | AHORRO | |
|---------------------|-----------------|-----------|--------|------|
| | ACTUAL | PROPUESTA | % | NETO |
| TERMINO DE ENERGÍA | 9.920 | 9.536 | 3,88% | 385 |
| TERMINO DE POTENCIA | 867 | 700 | 19,30% | 167 |
| TOTAL | 10.787 | 10.235 | 5,12% | 552 |

| SEVILLA | COSTE ELÉCTRICO | | AHORRO | |
|---------------------|-----------------|-----------|--------|------|
| | ACTUAL | PROPUESTA | % | NETO |
| TERMINO DE ENERGÍA | 262 | 254 | 3,00% | 8 |
| TERMINO DE POTENCIA | 210 | 213 | -1,39% | -3 |
| TOTAL | 472 | 468 | 1,05% | 5 |

Por hacer una comparativa "visual" y cercana, diremos que los árboles pueden ser considerados como sumideros de carbono o depuradores de contaminación, ya que en su ciclo de vida absorben CO₂ para realizar la fotosíntesis, sintetizando hidratos de carbono y liberando O₂. Una forma de valorar el impacto ambiental que se elude con las medidas propuestas para reducir el consumo energético es determinar la cantidad de árboles que son necesarios para absorber la misma cantidad de CO₂ evitado. Así, habiendo estimado que un árbol es

capaz de sintetizar unos 20 kg de CO₂ al año, las medidas propuestas equivalen a la plantación de 51 árboles. Sería la pequeña contribución de la Asociación al medio ambiente.

Plan de Actuación

El Plan de Actuación se ha definido para que se lleven a cabo las actuaciones descritas, interviniendo en difundir y concienciar en el ahorro y la eficiencia energética. Este artículo se enmarca dentro de este punto, el de difusión y concienciación, del Plan de Actuación. ■

Tabla 16. Cálculo de kg CO₂ equivalente

| Fuente energética | Ahorro anual | Unidad | X | Factor conversión | = | Emisiones (kg CO ₂ eq.) |
|---------------------|--------------|----------------|---|--|---|------------------------------------|
| Electricidad | 1.893 | kWh | x | 0,495 kg CO ₂ /kWh | = | 937,07 |
| Gas natural | 39 | m ³ | x | 1,7 kg CO ₂ /m ³ | = | 67,06 |
| Gasóleo calefacción | | litros | x | 2,6 kg CO ₂ /litro | = | |
| Butano (bombona) | | kg | x | 2,7 kg CO ₂ /kg | = | |
| Gasolina vehículo | | litros | x | 2,35 kg CO ₂ /litro | = | |
| Gasóleo vehículo | | litros | x | 2,6 kg CO ₂ /litro | = | |
| Agua* | | m ³ | x | 1,5 kg CO ₂ /m ³ | = | |
| | | | | TOTAL EMISIONES | | 1.004,13 |

* Las emisiones debidas al consumo de agua incluyen la distribución y la depuración de las mismas para el suministro municipal.

Tabla 17. Resumen de actuaciones y ahorro generado

CONSUMO ENERGÉTICO

| Edificio | Electricidad (kWh) | Combustibles (kWh) | Energía (kWh) |
|----------|--------------------|--------------------|---------------|
| Reina 31 | 8.571 | 5.695 | 14.266 |
| Reina 33 | 77.563 | 4.746 | 82.309 |
| Sevilla | 1.756 | 0 | 1.756 |

ACTUACIÓN 1. ENVOLVENTE

Consumos

| Edificio | Electricidad | Combustibles | Energía |
|----------|--------------|--------------|---------|
| | (kWh) | (kWh) | (kWh) |
| Reina 31 | 8.531 | 5.337 | 13.868 |
| Reina 33 | 77.356 | 4.677 | 82.033 |
| Sevilla | 1.756 | 0 | 1.756 |

Ahorros

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|-------|--------------|-------|---------|-------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 40 | 8,73 | 358 | 16,11 | 398 | 24,84 |
| 207 | 28,79 | 69 | 3,11 | 276 | 31,89 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

Ahorros acumulados

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|-------|--------------|-------|---------|-------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 40 | 8,73 | 358 | 16,11 | 398 | 24,84 |
| 207 | 28,79 | 69 | 3,11 | 276 | 31,89 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

ACTUACIÓN 2. REGULACIÓN

Consumos

| Edificio | Electricidad | Combustibles | Energía |
|----------|--------------|--------------|---------|
| | (kWh) | (kWh) | (kWh) |
| Reina 31 | 8.531 | 5.337 | 13.868 |
| Reina 33 | 76.145 | 4.677 | 80.822 |
| Sevilla | 1.756 | 0 | 1.756 |

Ahorros

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|--------|--------------|------|---------|--------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 1.211 | 168,42 | 0 | 0,00 | 1.211 | 168,42 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

Ahorros acumulados

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|--------|--------------|-------|---------|--------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 40 | 8,73 | 358 | 16,11 | 398 | 24,84 |
| 1.418 | 197,21 | 69 | 3,11 | 1.487 | 200,31 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

ACTUACIÓN 3. ILUMINACIÓN

Consumos

| Edificio | Electricidad | Combustibles | Energía |
|----------|--------------|--------------|---------|
| | (kWh) | (kWh) | (kWh) |
| Reina 31 | 8.531 | 5.337 | 13.868 |
| Reina 33 | 75.710 | 4.677 | 80.387 |
| Sevilla | 1.756 | 0 | 1.756 |

Ahorros

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|-------|--------------|------|---------|-------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 435 | 60,51 | 0 | 0,00 | 435 | 60,51 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

Ahorros acumulados

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|--------|--------------|-------|---------|--------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 40 | 8,73 | 358 | 16,11 | 398 | 24,84 |
| 1.853 | 257,72 | 69 | 3,11 | 1.922 | 260,82 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

ACTUACIÓN 4. COMPENSACIÓN REACTIVA

Consumos

| Edificio | Electricidad | Combustibles | Energía |
|----------|--------------|--------------|---------|
| | (kWh) | (kWh) | (kWh) |
| Reina 31 | 8.531 | 5.337 | 13.868 |
| Reina 33 | 75.710 | 4.677 | 80.387 |
| Sevilla | 1.756 | 0 | 1.756 |

Ahorros

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|--------|--------------|------|---------|--------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 0 | 171,11 | 0 | 0,00 | 0 | 171,11 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

Ahorros acumulados

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|--------|--------------|-------|---------|--------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 40 | 179,84 | 358 | 16,11 | 398 | 195,95 |
| 1.853 | 257,72 | 69 | 3,11 | 1.922 | 260,82 |
| 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

ACTUACIÓN 5. OPTIMIZAR CONTRATACIÓN

Consumos

| Edificio | Electricidad | Combustibles | Energía |
|----------|--------------|--------------|---------|
| | (kWh) | (kWh) | (kWh) |
| Reina 31 | 8.531 | 5.337 | 13.868 |
| Reina 33 | 75.710 | 4.677 | 80.387 |
| Sevilla | 1.756 | 0 | 1.756 |

Ahorros

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|--------|--------------|------|---------|--------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 0 | 166,00 | 0 | 0,00 | 0 | 166,00 |
| 0 | 552,00 | 0 | 0,00 | 0 | 552,00 |
| 0 | 5,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

Ahorros acumulados

| Electricidad | | Combustibles | | Energía | |
|--------------|--------------|--------------|-----------|--------------|-----------------|
| (kWh) | € | (kWh) | € | (kWh) | € |
| 40 | 345,84 | 358 | 16,11 | 398 | 361,95 |
| 1.853 | 809,72 | 69 | 3,11 | 1.922 | 812,82 |
| 0 | 5,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 1.893 | 1.161 | 427 | 19 | 2.320 | 1.174,77 |