

## **METODOLOGIAS PARA AUDITORIAS ENERGETICAS EN EDIFICIOS**

Roberto Gómez Girini, Graciela René López, Jorge Félix Fernández  
Instituto Regional de Estudio Sobre Energía – IRESE, Facultad Regional Mendoza  
Universidad Tecnológica Nacional, Rodríguez 273, 5500 Ciudad, Argentina  
[gomezgirini@speedy.com.ar](mailto:gomezgirini@speedy.com.ar) [energia.irese@frm.utn.edu.ar](mailto:energia.irese@frm.utn.edu.ar) [fernandez.irese@frm.utn.edu.ar](mailto:fernandez.irese@frm.utn.edu.ar)

**Resumen.** La sociedad actual necesita para mantener su nivel de vida y de confort, un alto consumo energético. Por tanto el desafío consiste en buscar el desarrollo sostenible, manteniendo el nivel de actividad, de transformación y de progreso, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes.

Por otra parte, la creciente preocupación de la conservación del medio ambiente y por el cambio climático, está llevando a los gobiernos de todo el mundo la búsqueda de soluciones capaces de corregir dicho efecto. Como consecuencia de dicha preocupación, es el protocolo de Kyoto, en que los países adheridos se comprometieron a cumplir, entre otras medidas recomendadas, el fomento del ahorro y la eficiencia energética en todos los sectores.

Por tanto, se requiere administración de los recursos energéticos, consistiendo en la aplicación de diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia.

La Auditoría Energética es una herramienta de diagnóstico y gestión, mediante la aplicación de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia, con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma.

Su aplicación práctica consiste en el desarrollo operativo de la metodología para el análisis de las distintas variables energéticas que entran en juego en los balances de energía, los métodos para su medida, los equipos de análisis necesarios, así como los niveles y rangos en que se mueven estas variables. Todo ello, de tal forma que el equipo auditor tenga la herramienta necesaria para la optimización del proceso o conjunto de procesos que tienen lugar en la instalación a auditar.

**Palabras clave:** Auditoría - Ambiente – Eficiencia – Energéticos - Sustentable

## **INTRODUCCION**

La sociedad actual necesita, para mantener su nivel de vida y de confort, un alto consumo energético. Por tanto el desafío consiste en buscar el desarrollo sustentable, manteniendo el nivel de actividad, de transformación y de progreso, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes y evitando la ineficiencia energética.

Por otra parte, la creciente preocupación de la conservación del medio ambiente y, en particular, por el cambio climático, está llevando a los gobiernos de todo el mundo a la búsqueda de soluciones capaces de corregir dicho efecto. Consecuencia de dicha

preocupación es el protocolo de Kyoto, en que los países adheridos se comprometieron a cumplir, donde unas de las medidas recomendadas, es el fomento del ahorro y la eficiencia energética en todos los sectores.

Por tanto, se requiere la administración de los recursos energéticos, que determina la aplicación de diversas técnicas que permitan alcanzar máxima eficiencia en el uso de los energéticos utilizados.

La auditoría energética es una herramienta de diagnóstico y gestión que trata, precisamente, de cuantificar los parámetros que nos permitan optimizar los costos económicos y conseguir un buen funcionamiento de las instalaciones.

## **AUDITORIA ENERGÉTICA - DEFINICIÓN**

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un *Programa de Ahorro de Energía*, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además, de especificar cuanta energía es no aprovechada.

Su aplicación práctica consiste en el desarrollo operativo de la metodología para el análisis de las distintas variables energéticas que entran en juego en los balances de energía, los métodos para su medida, los equipos de análisis necesarios, así como los niveles y rangos en que se mueven estas variables. Todo ello, de tal forma que el equipo auditor (una o varias personas) tenga la herramienta necesaria para la optimización energética del proceso o conjunto de procesos que tienen lugar en la instalación a auditar.

## **TIPOS DE AUDITORIAS, SEGÚN LA PROFUNDIDAD DE LA AUDITORIA**

**Diagnóstico energético:** Estudio sobre el estado actual de las instalaciones.

**Auditoría energética:** Estudio sobre el estado de las instalaciones, con las correspondientes propuestas de mejoras orientadas al ahorro de energía, incluyendo un estudio económico de las mismas.

**Auditoría Energética especial o en profundidad:** Contempla los aspectos anteriores incluyendo un estudio sobre el proceso productivo, y llegando incluso a proponer importantes modificaciones en dicho proceso (cambio en la tecnología del proceso).

**Auditoría Energética dinámica y continua:** Es la que se realiza de modo continuo, estando este concepto identificado con el de gestión energética en edificios.

**Según el campo de actuación:**

- En el campo de la industria.
- En edificios ya construidos.

## **OBJETIVOS DE LAS AUDITORÍAS**

La implementación de un sistema de auditoría energética permite:

- Obtener datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar el entendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de las instalaciones consumidoras de energía.
- Obtener los balances energéticos de las instalaciones consumidoras de energía.
- Identificar las áreas de oportunidad que ofrece potencial de ahorro de energía.
- Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.

## **ETAPAS DE UNA AUDITORIA ENERGETICA**

### **Primera etapa: recolección de datos y planificación de la auditoría**

En la primera etapa se reunirá toda la información posible sobre el edificio, tanto de los aspectos constructivos como de los sistemas energéticos que posee. También en esta primera parte se realiza una planificación de todas las acciones a llevar a cabo durante la auditoría.

#### **1. Entrevista con los responsables del edificio y recolección de información relacionada con el edificio.**

Esta fase es solo un primer encuentro con los responsables del edificio, pero que podrá repetirse si surgen dudas por parte de los auditores o si así lo desean los responsables del edificio, para conocer la situación de la auditoría. Es conveniente fijar fecha de un nuevo encuentro entre ambas partes o por el contrario fijar también la fecha aproximada de entrega del informe preliminar de la auditoría. También, se debe fijar la fecha de la visita al edificio por parte de los auditores, porque la inspección visual de todo el inmueble es una parte importante de la auditoría. Esta reunión tratará de recoger la mayor cantidad posible de información.

#### **2. Planificación de la auditoría**

Con la información obtenida en la reunión preliminar, se puede tener una visión bastante aproximada de las dimensiones del edificio, de los sistemas que posee y de sus características. Por tanto, esta fase consiste en realizar un plan de trabajo lo más completo posible con alcance real del estudio, cronograma de tareas a realizar y el tiempo aproximado. Es útil también, prever la instrumentación que se va a utilizar y que se encuentre en buen estado de utilización. La planificación debe contener los posibles imprevistos y los distintos caminos que se seguirían en función de los resultados obtenidos.

#### **3. Inspección visual**

Se trata de apreciar el estado del edificio y de sus instalaciones. Es un paso muy útil para obtener una idea general de la situación en que se encuentra el edificio.

#### **4. Simulación**

Esta etapa solo es posible si se dispone de un programa de computadora adecuado para la simulación. No es imprescindible, pero es útil disponer de un programa para tal fin.

**5. Cuestionario a los usuarios u ocupantes y/o al personal de mantenimiento.**

El cuestionario nos da valiosa información sobre los aspectos estudiados y también sobre el confort térmico y calidad ambiental del edificio, tanto a usuarios como al personal de mantenimiento. También se obtendrá información complementaria de los sistemas y del edificio en general.

**6. Informe preliminar**

En esta fase se analizará toda la información obtenida de las etapas anteriores y se elaborará un informe con las conclusiones e información más relevante conseguida hasta el momento. Esta documentación se enviará a los responsables del edificio junto con las siguientes acciones que se realizarán y que serán consecuencia de los datos recogidos.

**Segunda etapa: medidas experimentales.**

Se realizarán medidas experimentales que se hayan considerado convenientes en función de los resultados obtenidos en la fase anterior, de obtención de información. También, se realizarán medidas para certificar o para seguir las recomendaciones de normas o reglamentos en vigencia.

**Tercera etapa: diagnóstico de la situación del edificio**

En esta etapa de nuestro modelo de auditoría se realizarán los cálculos necesarios, con los valores obtenidos en la etapa anterior y la información obtenida en la primera etapa, para obtener los valores finales que nos interesan y comprobar si estamos o no dentro de la normativa que concierne a esos parámetros. Por tanto, se deben tener en cuenta las normas antes de dar el diagnóstico.

**Cuarta etapa: análisis para la mejora del comportamiento del edificio**

En esta etapa los auditores proporcionarán una serie de medidas para solucionar los comportamientos inadecuados del edificio o de sus componentes. Se debe adicionar un estudio completo sobre su viabilidad económica y medioambiental en el supuesto caso de que se vea afectado. Esta fase puede dividirse en:

**-Análisis para mejorar el comportamiento energético del edificio**

Ésta es la subetapa en la que el auditor debe dar solución a los problemas o comportamientos incorrectos que haya podido observar en el edificio o en sus instalaciones en base a los resultados obtenidos a lo largo de todo el proceso. Estas mejoras deberán ir acompañadas de las propuestas sobre mejoras de optimización energética. También debe realizarse un estudio sobre el impacto ambiental que produciría cada una de las mejoras.

**-Viabilidad de las mejoras**

Se realizará, en este apartado, un estudio completo de cada una de las medidas propuesta por el auditor. Consistirá en el costo económico y un estudio de rentabilidad económica (VAN, TIR, etc.). Las medidas correctivas deben ser presentarlas de mayor a menor costo e indicar la mejora conseguidas con cada una de ellas.

#### **Quinta etapa: resultados finales**

##### **Edición del informe de la auditoría.**

Consiste en la realización y edición de un informe que contenga toda la información que se haya obtenido a lo largo de todo el estudio. Este informe constará, primero, de las condiciones generales de la auditoría energética, de una introducción teórica sobre el tema auditado acompañado de las diversas normativas relacionadas. A continuación, se puede describir el estado actual del edificio y de sus componentes junto con fotografías tomadas del mismo para constatar su situación. Después, se expondrá la situación del edificio documentada con todas las informaciones recogidas tanto en la fase de recolección de información, como la obtenida con las medidas preventivas y los cálculos realizados a partir de ellas. Se incluirán las medidas preventivas y correctoras sugeridas por el auditor junto con un estudio completo sobre ellas y su viabilidad económica. Como documento final añadiremos el decálogo de confidencialidad seguido en la auditoría y los diversos anexos considerados importantes para los auditores para explicar conceptos que no hayan quedado claros en el informe, como pueden ser definiciones. Una vez editado el informe se entregará a los responsables del edificio que formularán las dudas que le surjan, y con ello finalizamos la auditoría energética.

## **METODOLOGIA DE UNA AUDITORIA ENERGETICA**

### **Primera parte: Obtención de datos y planificación de la auditoría. Entrevista con los responsables del edificio.**

En esta etapa es necesario asegurar la confidencialidad de la auditoría, así como el anonimato de todos los encuestados. Ningún dato individual debe ser difundido. Las fases principales de esta etapa son esencialmente las siguientes:

- Organizar una reunión preliminar con la dirección.
- Establecer reglas de confidencialidad y las grandes líneas de comunicación.
- Asegurarse de que el personal de apoyo técnico y los ocupantes del edificio saben que la auditoría se va a realizar.
- Acordar que se informará de los resultados de la auditoría.

Con esta reunión se tratará de recopilar la mayor cantidad de datos sobre el edificio y sus ocupantes como ejemplo:

Del el edificio:

- Fecha de construcción
- Planos del edificio (Construcción civil, gas, agua y electricidad)

- Horarios de funcionamiento del edificio
- Lista de equipos y características de los mismos
- Tipo de sistema de ventilación
- Fechas de renovaciones
- Estado del mantenimiento

Para los ocupantes:

- Número de ocupantes
- Actividades

En esta entrevista también se intenta concretar la fecha para hacer una inspección visual del edificio. Las personas que deberían asistir a la reunión previa son:

- Director de la empresa o en su defecto un representante de la dirección del edificio.
- Un representante de los ocupantes.
- El responsable de mantenimiento.

En esta etapa los responsables del edificio también deben informar sobre los problemas de funcionamiento del edificio y de sus equipos electromecánicos, ya que si existe alguna falla ocasional deberíamos esperar su resolución; si existen problemas ocultos o permanentes, realizaremos el proceso normalmente ya que su detección y resolución es uno de los objetivos de la auditoría.

Por lo tanto, el objetivo de esta fase es el de conseguir:

- Toda la información del edificio, con el objetivo de conocer su naturaleza constructiva y espacial, y especialmente el comportamiento térmico de sus envolventes.
- Facturaciones de los diversos consumos que se producen en su interior: combustibles, electricidad, agua, gas, etc.
- Conocer las características materiales del edificio, sus instalaciones, su régimen de uso, sus condiciones ambientales, etc. y las características del trabajo desarrollado.

Para obtener de forma ordenada la información del edificio, se utilizan fichas que se entregan a los representantes y que deben ser devueltas antes de que se lleve a cabo la inspección visual.

1. Documentación relativa del edificio.
2. Características de la envolvente.
3. Características funcionales y ocupacionales.
4. Suministro energéticos
5. Características de los sistemas.
6. Condiciones meteorológicas

Además, se acompañarán a estas fichas los consumos energéticos de todo el edificio de la forma más detallada posible y si se puede se realizará una reunión con los responsables del mantenimiento, ya que pueden dar información muy valiosa de las instalaciones debido a que trabajan con ellas y pueden conocer de todos los defectos e inconvenientes que poseen.

El clima exterior del edificio y su entorno intervienen de una forma importante en las condiciones interiores, por lo que hay que tenerlo en cuenta en el estudio. Uno de los factores más importantes que afecta el consumo energético de los edificios es el aire, ya que pueden provocar infiltraciones, enfriamientos en la superficie exterior de

los cerramientos e incluso corrientes de aire descontroladas entre edificios de distintas alturas. Además es necesario conocer el comportamiento que se espera del edificio en función del clima al que está sometido. Como consecuencia los datos que se necesitan son los siguientes:

- Datos climatológicos de la zona donde se encuentra el edificio. Tener en cuenta el emplazamiento de la estación de medición que brinda datos, ya que las condiciones pueden variar un poco respecto a la localización del edificio objeto del estudio.
- Conocer el emplazamiento real y evitar aquello que pueda modificar las condiciones climáticas de la zona. Por ejemplo, no es lo mismo que el edificio este rodeado por otros o que alguno de sus lados esté expuesto directamente a las inclemencias del tiempo como pueden ser el viento o la lluvia. También se tendrá en cuenta la orientación de los muros del edificio.

### **Planificación de la auditoría energética**

Para hacer la guía se revisarán todos los antecedentes de las instalaciones energéticas y para ello se trata de conseguir datos referentes a:

- Copias de posibles auditorías o estudios sobre edificio.
- Información general sobre el edificio y las instalaciones que lo componen, tamaño, situación geográfica, historia, etc., así como sus consumos energéticos.
- Informes de comunicación con los usuarios del edificio y posibles actas de reuniones mantenidas a tal fin.
- Personal técnico disponible para realizar la auditoría y su experiencia.
- Capacidad y disponibilidad de los usuarios u ocupantes del edificio.

Con todo se crea un plan de trabajo y un cronograma, así como los alcances reales de la auditoría, las tareas a realizar y el tiempo que nos va a llevar cada una de ellas.

En esta fase también es útil identificar para cada etapa los instrumentos que necesitamos y su disponibilidad. Esta fase es útil para saber en cada momento lo que debemos hacer y evitar perder tiempo cuando se comience el estudio energético.

### **Inspección visual**

Con una visita al edificio podemos llevar a cabo una inspección visual del mismo y de sus instalaciones. Con esto podemos detectar algunos problemas o deficiencias como la aparición de humedad, goteras, etc. También podremos contrastar la información recopilada sobre el edificio hasta el momento. Podría ser muy útil la colaboración del personal de mantenimiento, ya que ellos conocen el edificio y sus instalaciones y conocen sus defectos, de tal forma que pueden orientar en forma rápida y detallada.

Para un mejor estudio es recomendable la realización de fotografías al edificio y sus instalaciones, y sus deficiencias que se encuentren y sean de interés. Los informes que se realicen con fotos, quedarán más claros

### **Cuestionario**

En esta fase se trata de obtener información sobre el edificio relacionada con los puntos más débiles de los sistemas, así como los factores que más les preocupan a los usuarios. Para ello se crean cuestionarios con distintos formatos dependiendo de los usuarios a que vayan dirigidos. En función de los datos que queramos conocer realizaremos la encuesta a los usuarios o al personal de mantenimiento, de los que obtendremos información respecto a la situación actual de los sistemas del edificio.

De los usuarios podemos obtener información sobre las cuestiones que el personal de mantenimiento no conoce pero que los afecta de forma muy directa. También se debe realizar una encuesta a los usuarios del edificio relacionado con el confort térmico.

### **Simulación**

Una subetapa de la fase de recolección de información es la simulación. Con esta alternativa se pueden calcular las cargas térmicas y las demandas energéticas del edificio. Esto es muy útil si las comparamos con las demandas reales ya que deberían ser bastante parecidas. Si no ocurre, puede ser un indicio de que existe alguna falla en la envolvente del edificio, defectos de aislamiento, etc.

Los resultados de la simulación no conviene analizarlos en forma absoluta, sino en forma relativa, lo que permite clasificar medidas de corrección en función del mayor o menor ahorro energético. Existen muchos programas informáticos de simulación, como son: TRNSYS, BLST, DOE-2, powerDOE, HAP, etc. No es imprescindible contar con simulación, aunque es aconsejable.

### **Informe preliminar**

Redactar un informe con todos los datos recopilados hasta el momento y observar que no existen contradicciones entre ellos (por ejemplo que los usuarios consideren que poseen un ambiente frío y el personal de mantenimiento no haya observado cambios en las temperaturas en los puntos de control de temperatura). Se deben reflejar todos los datos de interés que se obtengan, así como las primeras conclusiones para facilitar en las etapas posteriores los parámetros más relevantes que serán objeto de medida.

### **Medidas experimentales de factores relacionados con el balance energético del edificio**

En la etapa anterior se ha decidido cuáles son las variables más importantes, por lo tanto en el siguiente paso realizaremos las medidas necesarias para calcular el balance de energía.

### **Planificación del proceso de medición**

Antes de comenzar con las medidas es muy útil realizar una planificación de todas las mediciones que se van a realizar. Esta planificación debe abarcar tanto la

organización de las medidas como el tipo de instrumentos que se necesitan, la secuencia de operaciones y otras necesidades particulares. La organización de las mediciones implica la elección de las magnitudes que debemos medir y donde se realizarán. Antes de comenzar se deben comprobar si hay registros de medición (orificios en conductos, receptáculos en tuberías, etc.) para facilitar el trabajo y, todo caso, adecuarse a los medios precisos para hacer viables las mediciones. Estas medidas pueden realizarse de forma:

- Discreta: con ellas podremos eliminar la parte dinámica de los fenómenos térmicos y además su ejecución es de mayor sencillez que la de las variables continuas.

- Continua: estas mediciones se llevarán a cabo mediante monitorización, con lo que se obtendrán medidas continuas durante un periodo de tiempo.

La elección de las dos posibles vías de medida vendrá marcada por la importancia de la variable a medir en relación con la información que se pueda extraer de ella.

### **Instrumentos**

Debido a la gran cantidad de instalaciones que puede haber en un edificio, se indican los parámetros más comunes a medir a la hora de controlar el estado de las instalaciones y éstos son:

✓Temperatura seca y húmeda	✓Velocidad de rotación de máquinas
✓Humedad relativa del aire	✓Caudal de agua
✓Temperatura del agua	✓Tensión eléctrica
✓Velocidad del aire	✓Intensidad eléctrica
✓Presión del aire	✓Potencia eléctrica
✓Presión del agua	✓Factor de potencia
✓Presión del vapor	✓Armónicas

Tabla N°1 Parámetros de control

Los instrumentos más utilizados son:

- Termómetro: sirve para medir la temperatura.
- Manómetro: se utiliza para medir presión; sea en valor absoluto o en valor relativo o diferencial.
  - Anemómetro: sirve para medir la velocidad del aire. Existe distintos tipos según el efecto físico analizado.
  - Sonda de Prandtl: llamado también tubo de Pitot. En conjunción con un manómetro diferencial, sirve para la medición de la presión dinámica del aire y, en consecuencia, su velocidad.
  - Diafragma: se utiliza para medir el caudal de un fluido, si se emplea con un manómetro diferencial. Variante de este instrumento son la tobera y el tubo de Venturi.
  - Rotámetro: igual que el diafragma se utiliza para medir el caudal de un fluido.

- Voltímetro: se usa para medir tensión eléctrica.
- Amperímetro: empleado para medir intensidad eléctrica.
- Vatímetro: se utiliza para la medición de potencia eléctrica.
- Tacómetro: sirve para medir la velocidad de rotación de una máquina
- Higrómetro: empleado para la medición de la humedad relativa del aire.
- Analizador de redes eléctricas.
- Termoflujómetro.
- Cámara termográfica.
- Analizador de gases de combustión.
- Caudalímetro.
- Luxómetro

### **Tomas de medidas experimentales**

Para llevar a cabo las medidas de los distintos parámetros necesarios para comprobar el estado de las instalaciones y realizar más adelante los balances de energía. Debemos realizar las medidas en distintos puntos en función de la instalación a estudiar. Por este motivo realizaremos dichas medidas independientemente por zonas o unidades de funcionamiento común. Así clasificaremos a los equipos y componentes atendiendo su función, por lo que los dividimos en:

- La producción de frío o calor.
- El transporte de la energía.
- La distribución en el ambiente.

A continuación se citan los componentes y los conceptos que deben ser estudiados:

- Caldera de agua caliente
- Torres de enfriamiento
- Ventiladores
- Bombas centrifugas
- Baterías de agua para enfriamiento y calentamiento de aire
- Filtros de aire
- Climatizadores
- Red de conductos (conductos principales)
- Red de cañerías de agua
- Ambiente ocupado
- Instalación eléctrica
- Factor de potencia
- Distorsión de armónicos
- Iluminación
- Facturación eléctrica

## **BALANCES ENERGÉTICOS**

### **Diagnóstico del balance energético del edificio**

Con toda la información recopilada se puede realizar el balance de energía de todas las instalaciones del edificio. Siguiendo el mismo esquema que se ha realizado con las medidas experimentales, se desarrollan los balances energéticos de cada uno de los componentes.

### **Análisis para la mejora del comportamiento energético del edificio**

Primeramente se propondrá una serie de mejoras a introducir en el sistema para mejorar el rendimiento energético de las instalaciones, lo que conllevaría a un ahorro energético y una reducción del impacto ambiental. Convendría comprobar que estas medidas correctoras producen un menor consumo energético; esto podría analizarse mediante la simulación y así ordenarlas en función de su mayor o menor ahorro de consumo.

A continuación se presentan una serie de mejoras que podrían optimizar el comportamiento energético del edificio. Hay que indicar que son de tipo orientativo ya que su ejecución dependerá de los problemas que presente el edificio. Sólo se simularán aquellas medidas que consideremos que aportan una mejora al consumo en función de toda la información estudiada en las fases anteriores.

### **Estructura del edificio**

Se entiende por estructura al conjunto de elementos que configuran el edificio o locales. Se enumeran a continuación las posibles mejoras energéticas a considerar en cada caso:

- Añadir aislamiento a los techos, falsos techos o muros.
- En el caso de locales refrigerados, considerar la posibilidad de disponer una cubierta de color claro sobre el techo, para disminuir la ganancia solar.
- Siempre que sea posible, ventilar los espacios vacíos por debajo de los techos de los edificios.
- En las ventanas, instalar vidrio reflectante o láminas plásticas reflectantes para disminuir la ganancia de calor por radiación solar en los espacios refrigerados. Es importante valorar el efecto que tal solución puede tener en el caso de que normalmente se utilice la luz natural como elemento fundamental de alumbrado en dichos espacios. Evidentemente conviene llegar al equilibrio óptimo entre los consumos de energía para refrigeración y para alumbrado artificial.
- Colocar persianas o elementos semejantes, al exterior de las ventanas, en locales refrigerados. También vale aquí la advertencia anterior.
- Instalar vidrios dobles o doble ventana en lugar de vidrio simple: esta solución es fundamentalmente válida para calefacción invernal.
- Repasar la hermeticidad de las juntas en puertas y ventanas empleando juntas esponjosas adecuadas.
- En el caso de las puertas que dan al exterior, instalar hojas con aislamiento en lugar de simples chapas de hierro o contrachapado.

- En el caso de puertas de doble hoja, evitar al máximo la separación.
- Sellar juntas existentes en los cerramientos a base de paneles metálicos, estén o no aislados.
- Revisar y sellar las uniones entre los techos livianos y los muros de cerramiento. Usualmente estas uniones son imperfectas y requieren una atención especial.
- En el caso de techos de fibrocemento con aislamiento permeable por la parte inferior, es importante el disponer de una barrera impermeable, para evitar infiltraciones de aire.

### **Sistemas de acondicionamiento de aire**

Están constituidos por instalaciones mecánicas (ventiladores, bombas, cañerías, conductos, etc.), y por instalaciones eléctricas auxiliares (maniobra, potencia, regulación). Hay que prestar atención a todos los componentes. Las posibles mejoras energéticas a introducir son:

- Estudiar energéticamente los sistemas antes de realizar alguna modificación.
- Emplear motores eléctricos de potencia adecuada a la demanda de energía. Los motores muy sobredimensionados trabajan con rendimientos bajos haciendo que el consumo energético sea mayor.
- Estudiar y optimizar las horas de puesta en marcha y paro de los sistemas.
- Cerrar las tomas de aire exterior compatible con la calidad del aire interior (Calidad de aire interior).
- Disminuir el caudal del aire impulsado por los ventiladores siempre que las prestaciones no queden disminuidas.
- Disminuir las fugas de aire en los conductos.
- Repasar los registros de aire exterior, de modo que las pérdidas a través de ellas sean mínimas a registro cerrado.
- En las puestas en marcha de una instalación conviene conocer cuál es el valor de las infiltraciones de aire exterior, porque tales infiltraciones pueden constituir un porcentaje importante del caudal mínimo de aire exterior exigido.
- Reajustar las temperaturas del agua enfriada y del agua caliente, de acuerdo con las necesidades reales.
- Optimizar el funcionamiento múltiple de las plantas de generación de frío o calor.
- Hacer funcionar los elementos auxiliares para la producción de frío y calor solamente cuando sea necesario mediante equipos de control.
- En los sistemas de calefacción, para mantener las condiciones de temperatura se harán funcionar únicamente los ventiladores de retorno en el caso de que existan.
- Estudiar la posibilidad de cambiar los sistemas de acondicionamiento con caudal de aire constante, a caudal de aire variable.
- Reducir o anular la calefacción en zonas no ocupadas.
- En áreas con exceso de calefacción, analizar la causa para disminuir la capacidad de colección. No abrir las ventanas para enfriar.
- Parar los ventiladores de extracción durante el tiempo de no utilización de las instalaciones.

- Controlar que el caudal de aire extraído coincida con el valor previsto.
- Siempre que existan y sea posible, disminuir los caudales de aire de extracción de vestuarios, baños, lavatorios, laboratorios, cocinas, maquinarias, etc.
- Hacer que la extracción en los lavatorios e inodoros funcione solamente cuando estén ocupados (conectar los ventiladores al interruptor de luz).
- Utilizar el agua de los sistemas de condensación de los equipos de refrigeración (circuito de torre de enfriamiento) para precalentar el agua sanitaria.
- Utilizar el agua de condensación para alimentar las baterías de recalentamiento de aire en los sistemas de climatización.
- Aprovechar el condensado de vapor para precalentar el agua sanitaria o industrial.
- Considerar la aplicación de colectores solares para precalentamiento de agua sanitaria.
- Instalar equipos para recuperación del calor de los edificios.
- Estudiar la sustitución de los elementos de calefacción de tipo eléctrico por otros a base de un fluido caliente.
- Aislar la cañería y los conductos que atraviesan locales no ocupados y sin acondicionar. Las cañerías de agua caliente y fría deberán disponer de un aislamiento térmico con espesor mínimo.
- Mantener limpios los filtros en los circuitos de cañerías.
- Comprobar el funcionamiento de los purgadores de aire en los circuitos de cañerías. Un sistema con aire en su interior consume más energía.
- Comprobar que los depósitos de expansión, en los sistemas cerrados de cañerías, tienen el tamaño adecuado. Un depósito infradimensionado hace que el circuito pierda agua con frecuencia.
- Revisar la calidad exigida a los filtros de aire utilizados. A menudo se asocia una calidad elevada con una elevada pérdida de carga. Este hecho origina un consumo energético importante.
- Establecer un programa cuidadoso de mantenimiento de filtros para que éstos trabajen en óptimas condiciones.
- Para las instalaciones de calefacción y refrigeración ambiental, estudiar la conveniencia de utilizar un sistema a base de bomba de calor.

### **Regulación y control**

Los sistemas de gestión de las instalaciones energéticas de los edificios representan una oportunidad de controlarlos, ajustando los consumos a las necesidades, disminuyendo los consumos innecesarios. Las posibilidades existentes son numerosas, a continuación se proponen las siguientes:

- En los equipos generadores de calor, instalar equipos de control de la combustión.
- Proteger los termostatos y otros sensores, para evitar su manipulación por personas no autorizadas.
- Instalar los termostatos en lugares que queden fuera de la influencia de focos de calor o frío, ajenos al proceso que se regula.

- Siempre que sea posible, se instalarán controles de temperatura ambiente en todos y cada uno de los locales climatizados (frío o calor).
- Instalar válvulas termostáticas en todos los radiadores.
- Instalar en la central de calefacción un sistema de ajuste de la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior.
- Instalar siempre que sea posible una regulación en la iluminación, bien en función de la iluminación natural, bien por el número de horas de uso del local.
- Estudiar la conveniencia de cerrar automáticamente la admisión de aire exterior cuando paran los equipos de tratamiento de aire.

### **Recuperación de energía y energía solar**

- Estudiar la posibilidad de instalar economizadores o recuperadores de calor sensible del aire expulsado, para calentar el aire exterior de ventilación.
- En instalaciones con refrigeración, estudiar la viabilidad de la incorporación de recuperadores de entalpía en el aire expulsado.
- En edificios en zonas internas claramente definidas (no afectadas por el ambiente exterior), y con necesidades importantes de calefacción en otras zonas, estudiar la conveniencia de trasladar el calor sobrante en las zonas internas a los locales o servicios que requieren calefacción.
- En instalaciones con sistemas de refrigeración, estudiar la posibilidad de utilizar free-cooling para enfriar los ambientes empleando aire exterior en determinadas épocas del año (en muchos edificios el balance energético global, incluso en invierno, exige la generación de frío para compensar cargas positivas: maquinaria, insolación, etc.).
- Para ciertas aplicaciones de calentamiento a baja temperatura, considerar la conveniencia de instalar sistemas activos de aprovechamiento de la energía solar.
- Considerar los beneficios que pueden obtenerse de la energía solar aprovechada pasivamente al actuar sobre la arquitectura de los edificios (energía solar pasiva).

### **Iluminación**

- Conveniencia de utilizar preferiblemente lámparas de bajo consumo como lámparas fluorescentes compactas o tubos fluorescentes antes que lámparas de incandescencia o halógenas, sobre todo en espacios que deben estar iluminados durante horas. Si no es posible, utilizar lámparas halógenas antes que las incandescentes.
- Emplear luminarias de distribución ancha para reducir el número de artefactos.
- Utilizar luminarias con carcasa metálica reflectoras. Plantear el uso como rejillas o difusores para mejorar el nivel y la calidad de la luz.
- Instalar siempre que sea posible una regulación o atenuadores en la iluminación, bien en función de la iluminación natural, bien por el número de horas de uso del local.

- Instalar equipos auxiliares (balasto) del tipo electrónico (mejora la eficiencia luminosa de lámpara, menor consumo propio, factor de potencia unitario, etc.).
- Colocar sensores de presencia que permiten la conmutación de lámparas en zonas en donde no se detecta presencia de personas durante un lapso de tiempo.
- Reducir la altura de artefactos para planos de trabajo localizado.

### **Análisis de viabilidad económica de las mejoras**

Una vez que se tienen seleccionadas las diferentes alternativas de mejora energética, se llevará a cabo su estudio de viabilidad económica. Este estudio servirá para decidir si una mejora se realiza o no, ya que por ejemplo una opción puede que sea técnicamente viable y que suponga una reducción considerable en los consumos pero que el tiempo de retorno sea muy alto o incluso exceda a la vida útil por lo que lógicamente esta propuesta será rechazada. Para cada una de esas alternativas de ahorro se calculará lo siguiente:

- Costo de la implementación (costo inicial).
- Ahorros energéticos esperados.
- Tiempo de retorno (dinero ahorrado en energía dividido entre la inversión inicial).
- Mejoras de calidad, eficiencia, inconvenientes, otros.

Las clasificaremos en función de su potencial de ahorro, desde que tengan más potencial de ahorro a las de menor importancia. Ello permitirá decidir en qué orden se deben desarrollar las tareas. Las mejores propuestas deben ser sometidas a un análisis de viabilidad económica antes de ser llevadas a la práctica. Para realizar este estudio habrá que calcular los ahorros que se generan con cada alternativa.

***Ahorro energía = Consumo energía inicial – Consumo energía con la mejora propuesta***

Los consumos iniciales fueron obtenidos en la primera y segunda fase de la auditoría, mientras que los consumos con las mejoras propuestas han sido obtenidos en la tercera y cuarta. Los ahorros obtenidos con la fórmula anterior son ahorros energéticos, es decir, vienen medidos en KWh por lo que tendremos que traducir a pesos para poder aplicar los diferentes criterios económicos. Para ello habrá que multiplicarlos por el costo del KWh en función del tipo de combustible con el que se cubre ese consumo. Una vez obtenido ese ahorro económico y junto con los costos de la inversión se aplicarán los parámetros de rentabilidad con el VAN, TIR, etc. y tiempo de retorno. Este proceso se realizará con cada una de las alternativas y en función del resultado se seleccionará que medidas son viables y se ordenarán en función de su mayor o menor rentabilidad económica. Antes poner en práctica cualesquiera de estas medidas, deberemos estudiar el impacto ambiental que puede producir y el efecto sobre la calidad ambiental.

## **RESULTADOS FINALES**

### **Edición del informe**

Una vez desarrollado todo lo anterior, podemos proceder a la elaboración de un informe final en que se reflejará toda la información que se considere de interés. Un esquema básico de un informe final puede ser el siguiente:

- **Objeto del informe:** en que se expondrán los objetivos del informe
- **Introducción teórica:** se realizará una breve introducción de los principios básicos relacionados con el estudio junto con las normativas relacionadas con ellos.
- **Descripción y valoración del edificio y de sus instalaciones:** describiremos en esta sección el edificio y sus instalaciones para tener una idea más precisa de la situación actual del edificio y de sus sistemas. Para ello se puede acompañar esta descripción con fotografías de todas las instalaciones y de las deficiencias observadas durante la fase de inspección visual.
- **Recolección de medidas:** se expondrá en esta fase las variables medidas y cómo se ha llevado a cabo el proceso de medición. También conviene explicar el porqué se han elegido esas medidas.
- **Resumen de resultados:** en esta sección expondremos todos los resultados de las medidas realizadas, así como los balances energéticos de todos los sistemas del edificio.
- **Conclusiones:** en vista de los resultados obtenidos, se presentarán las conclusiones a las que se han llegado y los problemas que presenta el edificio y sus instalaciones.
- **Recomendaciones:** en esta parte expondremos las medidas preventivas y correctoras que los auditores consideren necesarias para solucionar los problemas del edificio y de sus instalaciones, junto con las ventajas que van a suponer su ejecución o la deficiencia a la que va dar solución. Además se acompañará cada una de ellas de su costo económico, su tiempo de amortización y los ahorros energéticos esperados. Conviene exponerlos de mayor a menor coste.
- **Declaración de confidencialidad:** cómo última parte se puede presentar la declaración de confidencialidad acordada en la primera entrevista realizada con los responsables del edificio.
- **Anexos:** en esta sección podemos añadir algún tipo de aclaración de todo lo descrito en el informe como definiciones, normativas, etc.

Por último, es importante proponer a los responsables del edificio, campañas informativas que traten de modificar las conductas de los usuarios del edificio y de los responsables de mantenimiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

*Seminario Nacional Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Mendoza-Instituto Regional de Estudios Sobre Energía  
Eficiencia Energética 30 y 31 de Agosto 2012*

- 1-Rey Martínez Francisco, Velasco Gómez. “Eficiencia Energética en Edificios”. Thompson, 2006.
- 2-Clark W.H. “Análisis y Gestión Energética de Edificios”. Mc Graw Hill, 1998.
- 3-IRESE-FRM-UTN “Evaluaciones Energética en Industrias y Hospitales”, 1990.