



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency
Intelligent Energy Europe

www.fenercom.com



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA,
TURISMO
Y COMERCIO

IDAe
Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía



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).

GUÍA DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN CENTROS DOCENTES



Madrid
Ahorra
con Energía



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

M
La Suma de Todos
******* CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA**
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Madrid, 2010



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency
Intelligent Energy Europe

www.fenercom.com



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellos se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Autores



Juan A. de Isabel

Ingeniero Industrial por el ICAI

Director Gerente de Geoter – Geothermal Energy S.L.

Mario García Galludo

Doctor Ingeniero Aeronáutico

División Auditorías Energéticas de Geoter – Geothermal Energy S.L.

Carlos Egido Ramos

Ingeniero de Minas (UPM)

División Auditorías Energéticas de Geoter – Geothermal Energy S.L.



Índice

PRÓLOGO	9
1. INTRODUCCIÓN	11
2. SITUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN CENTROS DOCENTES DE LA COMUNIDAD DE MADRID	15
3. AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN CENTROS DOCENTES: PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN	17
4. FICHAS JUSTIFICATIVAS DEL PROCEDIMIENTO	37
5. APARATOS DE MEDIDA A UTILIZAR EN EL DESARROLLO DE AUDITORIAS ENERGÉTICAS EN CENTROS DOCENTES	79
6. CONCLUSIONES DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LOS CENTROS DOCENTES DE LA COMUNIDAD DE MADRID	89
ANEJO 1: GENERADORES ENERGÉTICOS EN CENTROS DOCENTES	91
ANEJO 2: CLIMATIZACIÓN DE CENTROS DOCENTES	107
ANEJO 3: ILUMINACIÓN EN CENTROS DOCENTES	123

P RÓLOGO



Las auditorías energéticas representan un mecanismo ideal para la penetración de la eficiencia energética en los Centros Docentes, de forma que el conocimiento del consumo energético permite detectar qué factores están afectando al consumo de energía, identificando las posibilidades de ahorro que se tienen al alcance y analizando su viabilidad técnica y económica.

Por este motivo, la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid han elaborado esta Guía dirigida a los responsables de la gestión y mantenimiento de los Centros Docentes de la región como instrumento para conseguir rendimientos energéticos óptimos, sin provocar una disminución en el confort ni en la calidad del servicio prestado.

Con publicaciones de este tipo, será sencillo que los responsables de estos Centros comprueben que, aunque la eficiencia energética tenga el condicionante de la rentabilidad económica, muchas de las medidas que propone una auditoría pueden suponer un gasto mínimo con unos ahorros económicos y energéticos considerables.

También es importante señalar que a estas auditorías y a la implementación de las medidas que se derivan de su realización, es posible darles mayor valor añadido, siendo completadas con aspectos como la formación, el entrenamiento del personal o la concienciación ciudadana, tal y como lo viene haciendo la Comunidad de Madrid con la campaña **Madrid Ahorra con Energía** que, a través de su extensa colección de publicaciones relacionadas con la eficiencia energética, trata de transmitir las ventajas de la reducción de los consumos energéticos mediante las Guías de Ahorro y Eficiencia Energética en diversos sectores.

Por lo tanto, es muy interesante dedicar un tiempo al estudio de las posibilidades que ofrecen estos análisis y decidir entonces, con cierto criterio, cómo reducir costes, ahorrando energía y, a la vez, beneficiando a todos los madrileños, reduciendo nuestro nivel de depen-



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

dencia y, al mismo tiempo, disminuyendo los niveles de contaminación atmosférica.

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía y Hacienda
Comunidad de Madrid

1

INTRODUCCIÓN



El objetivo fundamental de esta Guía es aportar un conjunto de ideas y soluciones encaminadas a conseguir un ahorro energético en los Centros Docentes de la Comunidad de Madrid, aumentando el confort de profesores y alumnos, así como del resto de trabajadores y usuarios de los mismos. Para ello, será preciso conseguir temperaturas y humedades adecuadas a las condiciones ambientales exteriores y dotar al aire en el interior de los recintos de una calidad que se ajuste a los límites que fija la normativa actual.

Por otra parte, será necesario y primordial disponer de una iluminación correcta en los distintos espacios del Centro debido a la propia naturaleza de la mayoría de las actividades que en ellos se realizan. Cuando sea factible, se empleará un aporte de luz natural para conseguir los niveles lumínicos marcados por la normativa y, cuando no, se tenderá a la iluminación producida por lámparas de bajo consumo junto con sistemas que maximicen la eficiencia global de la instalación, como pueden ser la integración de sistemas de detección de presencia, por citar un ejemplo.

Los Centros Docentes a los que se tratará de realizar una gestión energética son de muy diversos tipos y van desde Centros de Educación Superior, Universidades y Escuelas Politécnicas, hasta Guarderías Infantiles pasando por Institutos y Colegios, contemplando no sólo la existencia de aulas y zonas de trabajo, sino también la presencia de otro tipo de espacios como pueden ser zonas comunes, aseos, vestuarios, cafeterías, instalaciones deportivas, etc.

Aunque en todos ellos se tendrá como idea general el ahorro energético y la dotación de un confort adecuado en sus instalaciones, se pueden distinguir, por el tipo de actividades y usuarios, ciertos factores diferenciadores que serán determinantes a la hora de enfocar y analizar los distintos proyectos energéticos.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Un factor básico a tener presente es el horario de funcionamiento del Centro, que condicionará el tipo de aislamiento a utilizar en el edificio al estar su climatización siempre influenciada por la inercia térmica de la envolvente. Por ello, las horas de utilización indicarán cuándo será necesario comenzar a calentar en invierno y en qué momentos no debe realizarse esta acción por no existir personal dentro del edificio, y, de manera análoga, con las necesidades de refrigeración. Esto dictamina de manera inequívoca una primera condición básica de análisis energético e indica cuál debe de ser el aislamiento adecuado de la envolvente que, en cada caso, estará íntimamente relacionado con la masa térmica de edificio y, como ya se ha indicado, con la utilización del mismo.



Foto 1.1. Fachada de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de la Universidad Politécnica de Madrid.

La situación de los edificios que albergan Universidades e Institutos no satisface muchas veces los parámetros de funcionamiento dentro de los ratios de eficiencia energética deseables e incluso llegan a ser deficientes en las condiciones de confort necesarias para su correcta utilización. Por ello, las ideas que se plantean en esta Guía serán muy beneficiosas para mejorar la utilización adecuada de estos edificios que actualmente se encuentran con un funcionamiento no deseado.

En la presente publicación tienen cabida actuaciones tanto para edificios de nueva construcción o en fase de proyecto, como para

aquellos que ya se encuentren en funcionamiento, siendo el objetivo y propósito fundamental el de conseguir una mejora substancial en el ahorro y eficiencia energética.



Foto 1.2. Entrada al colegio Virgen de Atocha de Madrid.

En el caso de edificios de nueva construcción se deberán cumplir las condiciones que fija la Normativa actual (C.T.E. - Código Técnico de Edificación) en su apartado HE-1, fijando su importancia a las condiciones de aislamiento térmico de la envolvente. Parece lógico tener muy presente el fin al que se va a dedicar el edificio y, por ello, debe proyectarse de forma que disponga de la mayor luz exterior posible, tratando incluso que en lugares concretos como aulas o bibliotecas sea posible disponer de luz natural con el ahorro inherente y la sensación grata que produce para los usuarios.

Por otra parte, en edificios nuevos, las instalaciones de climatización se deben proyectar atendiendo además a las pautas que impone el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).

2

SITUACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN CENTROS DOCENTES DE LA COMUNIDAD DE MADRID



La Comunidad de Madrid constituye un referente nacional y europeo en cuanto al número de centros educativos y docentes existentes en su territorio. Durante el Curso 2009-2010 se dispuso de 3.802 Centros para educación infantil, primaria, secundaria, bachillerato, así como para la enseñanza de ciclos formativos de grado medio y superior. Así mismo, en la Comunidad de Madrid existen 14 Universidades, siendo 7 de ellas públicas y otras tantas de carácter privado.

Centros Docentes de la Comunidad de Madrid. Curso 2009-2010

■ Madrid-Norte ■ Madrid-Sur ■ Madrid-Este ■ Madrid-Oeste ■ Madrid Capital

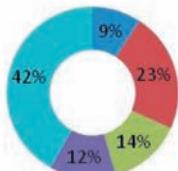


Figura 2.1. Distribución geográfica de los Centros Docentes en la Comunidad de Madrid.

Estas cifras se traducen en que se podría determinar una superficie dedicada a la labor docente de, aproximadamente, 15.348.000 m², sin contar los proyectos de ampliaciones de centros existentes ni las incorporaciones de entidades educativas al tejido docente de la región que continuamente se producen.

Su consumo específico energético se contempla dentro de una amplia horquilla, debido a la gran diversidad de instalaciones mencio-



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

nadas. Así, dentro del término “Centro Docente”, se albergan desde Centros de educación infantil hasta Universidades, todos ellos con un denominador común: la búsqueda de altas prestaciones en cuanto a las instalaciones térmicas, de climatización y de iluminación. Toman do como base de partida los consumos presentados en el documento del IDAE del 05/11/03, “Sector de edificación”, perteneciente a la “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2010”, se presenta la siguiente estructuración:

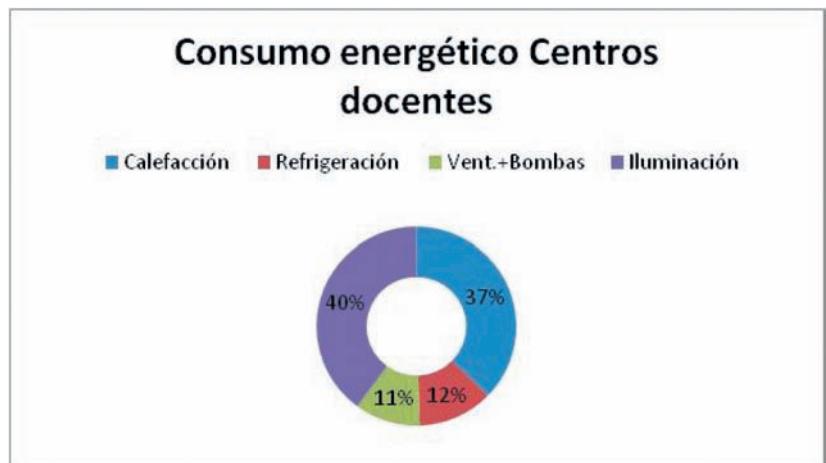


Figura 2.2. Consumo energético en los Centros Docentes de la Comunidad de Madrid.

Si se toma una media entre todos los tipos de Centros Docentes existentes, se llega a un ratio de consumo de energía por unidad de superficie construida de 174,37 kWh/m².

En caso de aplicar este porcentaje a toda la superficie existente, el consumo de energía final sería de 2.141,7 GWh.

Un porcentaje de ahorro comprendido entre un 15% y 20% permitirá un significante ahorro económico y una gran ayuda a la hora de conseguir los objetivos establecidos de Kyoto.

Además, no se debe olvidar que toda acción relativa a la sostenibilidad dentro de los Centros Docentes existentes mediante la mejora de la eficiencia energética, permitirá un incremento de la competitividad de cada uno de los Centros Educativos y de la Comunidad de Madrid en su conjunto.



3

AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN CENTROS DOCENTES: PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

En el presente capítulo de esta Guía se van a exponer una serie de pautas y acciones encaminadas a facilitar la realización exitosa de una auditoría energética en los Centros Docentes tanto en la envolvente del edificio como en las instalaciones térmicas, mecánicas y eléctricas que dan apoyo energético al propio Centro.

Las auditorías energéticas son estudios integrales mediante los cuales se analiza la situación energética en el conjunto arquitectónico del edificio y las instalaciones que el mismo contiene y que, a través del análisis y comparación de diferentes cambios, acciones y modificaciones realizables, busca y obtiene la consecución de un conjunto armónico y óptimo de soluciones que desemboquen en un gasto energético menor consiguiendo, además, una mejora de los servicios prestados, una mayor durabilidad de los equipos y un aumento en la sensación de confort de los usuarios. Este último punto es fundamental, ya que si las soluciones técnicas y económicas pudieran parecer la principal causa de este tipo de trabajos, no hay que olvidar que existen seres humanos como usuarios finales de los edificios en que se desarrollan y, por lo tanto, como bien dice la asociación americana de ingeniería de calefacción, refrigeración y climatización, ASHRAE, "people is first". Como es lógico e imaginable, todas las acciones propuestas, así como las finalmente implementadas, se llevarán a cabo prestando la máxima atención al impacto ambiental potencialmente producible y siempre, como no puede ser de otra forma, actuando y proponiendo soluciones de acuerdo a la normativa vigente.

El conjunto total de campos de actuación y alcances de trabajos que se engloban dentro del término "auditoría energética" es muy vasto y amplio, pudiéndose realizar múltiples clasificaciones de las mismas, atendiendo a los aspectos que trate, al propio alcance de suministro del proyecto de optimización energética e incluso a la temporalidad



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

de la propia ejecución del proyecto. A continuación se van a exponer, a modo ilustrativo, algunas de las subdivisiones que se pueden realizar dentro del concepto general de auditoría energética.



Figura 3.1. Imagen corporativa de ASHRAE (Fuente: ASHRAE).

La primera gran división se basa en el alcance de la misma, pudiendo tener así auditorías parciales o totales. Otra de las grandes clasificaciones realizable es aquella que se basa en el espacio temporal de los trabajos, existiendo auditorías durante el proceso de diseño de proyecto, durante el periodo ejecutivo o bien auditorías a ejecutar en edificios docentes ya en funcionamiento.

Independientemente de la fase en la que se realice, o de su campo de actuación, el objetivo básico de la auditoría energética será el de proponer soluciones racionales para un uso lógico y más eficiente de los recursos energéticos disponibles, mejorando las condiciones de confort de los edificios que albergan Centros Docentes con una disminución de los costes operativos y de mantenimiento, así como del impacto ambiental.

Paralelamente, cabe destacar que, con el fin de obtener unos buenos resultados posteriores a la realización de la auditoría energética e implementación de las soluciones dadas por ésta, es preciso que la auditoría energética sea llevada a cabo por profesionales con formación y experiencia en este tipo de proyectos de optimización energética. Con este fin, existe un listado de empresas especializadas en la página web de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (www.fenercom.com).



Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid



Figura 3.2. Logotipo de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (Fuente: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).

Las auditorías energéticas, como ya se ha expuesto con anterioridad, tienen como fin dar una solución total a una instalación global, de modo que la manera más eficiente de realizar las mismas, para conseguir estos objetivos, es concibiendo y tratando al edificio o Centro Docente como un único gran sistema consumidor de energía. Desde estas líneas se pretende desterrar la idea, comúnmente utilizada, de parcelar estancamente zonas e instalaciones del edificio dando soluciones parciales a las mismas, pues el hecho de realizar un tratamiento global permite una apertura de miras tal que la solución obtenida será más eficiente que la suma de las soluciones obtenidas individualmente por estos otros métodos.

Efectivamente, esta optimización en el uso de los recursos energéticos que conlleva la puesta en marcha de las soluciones y acciones dadas por los trabajos de auditoría energética, se traducirá en una instalación más eficiente, respetuosa con el medio ambiente y, como es lógico, de menor consumo, lo cual significa un ahorro económico en el gasto de la instalación, siendo éste un factor de vital importancia para la gerencia o propiedad del Centro Docente, y todo ello, se reitera una vez más, prestando la máxima atención al bienestar de alumnos, profesores y demás trabajadores y usuarios del Centro Docente objeto de auditoría.



Foto 3.1. Fachada de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Entrando en las consideraciones propias de tipo técnico, cabe destacar que toda auditoría energética ha de sustentarse en una serie de pilares fundamentales que se exponen a continuación:

- Introducción y/o aumento en la utilización de fuentes de energía renovables.
- Sustitución de fuentes de energía obsoletas o sistemas de funcionamiento con baja eficiencia.
- Estudio detallado de la edificación, prestando especial atención a su envolvente y aislamiento térmico.
- Estudio de las instalaciones y equipos existentes, realizando mediciones y registros de sus parámetros principales de funcionamiento.



Foto 3.2. Enfriadora ubicada en la cubierta de la ETSI Minas.

- Evaluación de los parámetros térmicos y eléctricos.
- Análisis del entorno ambiental, introduciendo soluciones de arquitectura e ingeniería bioclimática.
- Estudio de técnicas alternativas a las utilizadas en producción de energía.
- Análisis económico de las soluciones propuestas, así como del ahorro energético y monetario conseguido.

Toda auditoría energética, para que tenga una correcta ejecución y pueda llegar a soluciones óptimas, ha de seguir una serie de pa-

sos y protocolos previamente diseñados con los cuales los trabajos pertinentes se desarrollarán de manera ordenada y organizada con anterioridad al comienzo de las labores, permitiendo llevar a cabo de manera eficiente un análisis de la realidad energética de las instalaciones existentes, lo cual permitirá idear, adoptar y ejecutar soluciones de eficiencia energética de una manera más sencilla. A tal efecto, se facilitan en el presente documento una serie de fichas modelo cuya cumplimentación dota al equipo auditor de una idea global completa de las instalaciones en cuestión en todos y cada uno de los ámbitos de aplicación de la auditoría energética, que se muestran a continuación:

- Generalidades y análisis constructivo del edificio o edificios que alberga el Centro Docente.
- Estudio de zonas verdes o comunes para su potencial aprovechamiento energético.
- Horario de ocupación del Centro Docente.
- Sistemas térmicos, mecánicos y eléctricos (productores y consumidores).
- Sistemas de climatización (calefacción y refrigeración).
- Sistemas de producción, gestión y suministro de agua caliente sanitaria (A.C.S.).
- Sistemas de ventilación.
- Sistemas de iluminación.
- Situación medioambiental.



Foto 3.3. Vista general de la sala técnica de la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM.





Guía de auditorías energéticas en centros docentes

A continuación se va a exponer someramente un cronograma tipo o *planning* de trabajo para la realización de la auditoría energética.

Trabajos preparatorios para la auditoría energética

Antes de proceder al desarrollo de las labores típicas de auditoría energética “sobre el terreno”, es necesario tener una idea clara y fiel de la realidad de las instalaciones a auditar. De este modo, se antoja poco menos que imprescindible realizar un trabajo previo en oficina que proporcione un conocimiento acerca del emplazamiento y entorno de la instalación objeto de auditoría, así como de su distribución interna, lo cual facilitará de manera importante la posterior recogida de datos en el edificio docente. Dentro de estos trabajos se exponen los siguientes:

- Tener a disposición del equipo auditor: planos, tipos de contratos, facturas, cuestionarios y todo tipo de documentación relacionada con la instalación y su funcionamiento energético.
- Disponer de las acreditaciones y permisos de acceso necesarios para la posterior toma de datos *in situ* que llevará a cabo el equipo auditor en las visitas acordadas.

Dentro de esta etapa de labores o trabajos previos, el equipo responsable de realizar la auditoría debe encargarse de preparar tanto las fichas de actuación que rellenará con datos reales en su visita al centro, como los equipos de medida preceptivos para ello, teniendo que estar ambos perfectamente preparados antes del inicio de los trabajos *in situ*.

Así mismo, se antoja imprescindible realizar un estudio exhaustivo de la zona en términos de climatología, infraestructuras, posibilidades de suministro energético, legislación vigente, etc., para tener una idea clara de la realidad social y de localización del Centro Docente.

Con todo ello, se entiende que se han sentado las bases necesarias y que se dispone de una información previa suficiente para acometer el proyecto de auditoría energética con unas posibilidades de éxito elevadas.

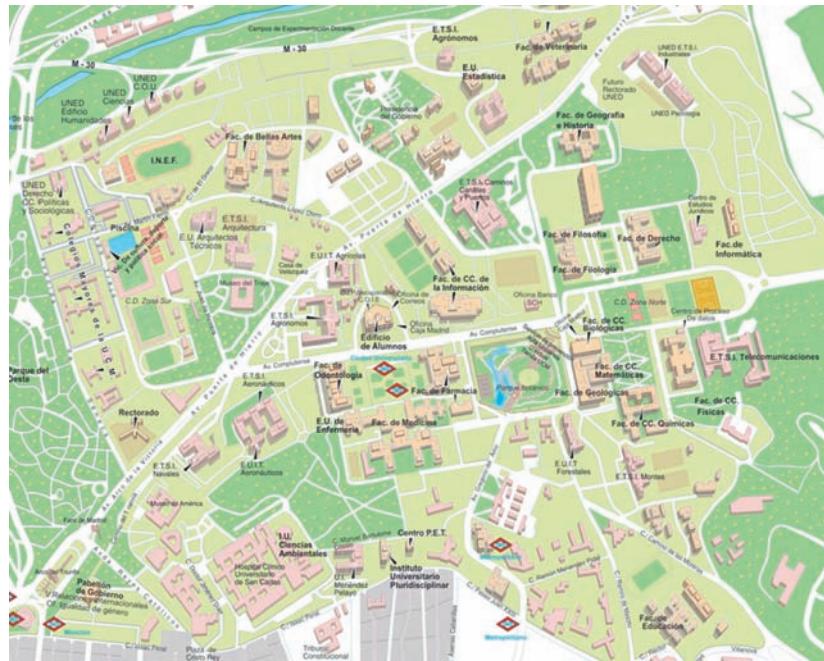


Figura 3.3. Plano general de la ciudad universitaria de Madrid (UCM-UPM).

Análisis previo y toma de datos de la instalación

Con la percepción real del entorno de la instalación y el propio funcionamiento de la misma en la retina del equipo auditor, es conveniente realizar una visita a las instalaciones para tener una primera toma de contacto con la misma y ver en qué dirección deben encaminarse los trabajos, esto es, decidir el tipo de auditoría energética que se va a realizar y el alcance de los trabajos que se van a incluir.

En esta primera visita, el equipo auditor podrá, simplemente de manera sensorial, tener una primera estimación básica de las instalaciones y de las posibilidades de actuación, basándose en parámetros sencillos como: el estado de conservación de las edificaciones y sistemas, los niveles de confort térmicos o el grado de iluminación de las mismas, por citar algunos.

En esta fase de trabajos se pretende, únicamente, conseguir un conocimiento general de las características energéticas más importantes para poder esbozar el potencial ahorro y decidir el tipo de auditoría a desarrollar. Para ello, es preciso disponer de una serie de datos específicos dentro de los campos de acción fundamentales y que se exponen a continuación:



Campo eléctrico:

- A través del contrato de suministro se deberán conseguir datos tales como: compañía suministradora, número de acometidas y potencia en cada una de ellas, tipo de tarifa, potencia total contratada y tensión de suministro.

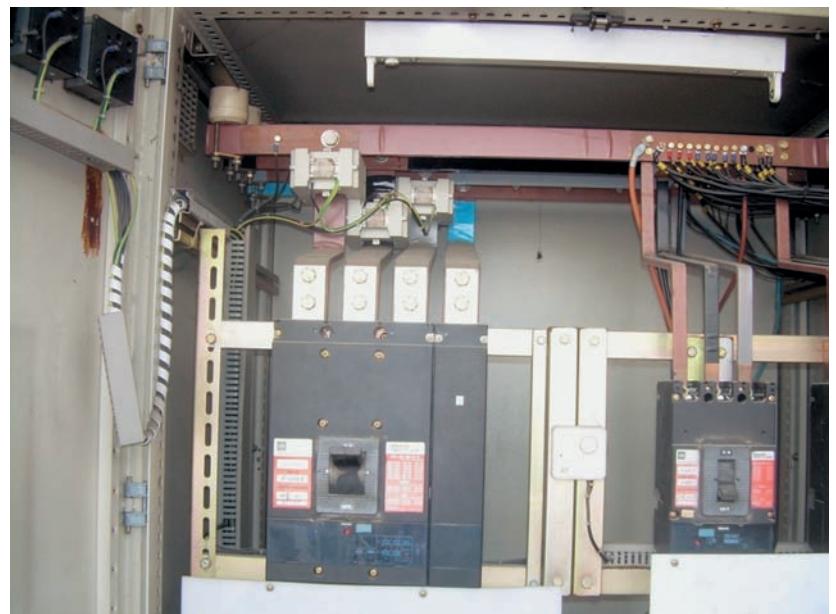


Foto 3.4. Detalle de conexiones eléctricas en un Centro Docente.

- A través de los recibos o facturas se tendrá información de la energía consumida anualmente, el gasto de esta energía, su coste medio, la tasa de utilización de la potencia contratada, la discriminación horaria, la energía reactiva y la estacionalidad.
- A través de las mediciones realizadas en la instalación mediante contadores de energía y características, baterías de condensadores y contadores de potencia reactiva, se tendrá una percepción real de la situación en que se encuentra la instalación.

Campo térmico:

- Mediante el contrato de suministro se accederá a la información relativa a la compañía suministradora, tipo de combustible utilizado, sistema de suministro, características del combustible (P.C.I.), etc.

- Mediante la revisión de facturas y recibos se conseguirá obtener la cifra de consumo total de combustible anual, su gasto monetario y también su coste unitario.



Foto 3.5. Contador de gas en el C.E.I.P. Azorín de San Cristóbal de los Ángeles (Madrid).

- Mediante los datos tomados *in situ* se obtendrá información relativa a contadores, medidas, aforo, estado general de la instalación y grado de mantenimiento.

Campo hídrico:

- Por medio del contrato de suministro y las facturas, se accede a la información relativa a las condiciones de suministro, consumo anual y gasto económico del mismo.
- Por medio de las mediciones y apreciaciones *in situ*, se puede detectar la presencia de posibles fugas o usos indebidos del agua. También se analizarán los suministros de agua para los equipos de acondicionamiento y refrigeración.



Foto 3.6. Grifos con temporizador en el colegio público Joaquín Costa (Madrid).

- Del estudio de la calidad del agua se analizará la posible utilización de tratamientos de la misma, sobre todo en Centros Docentes que proporcionen comidas o tengan internado.

Es preciso destacar que en este apartado la introducción del estudio del agua unido a los campos clásicos de electricidad y combustibles tradicionalmente tratados en auditorías energéticas, se antoja indispensable, puesto que ahorrar agua permite casi en la misma proporción ahorrar la energía utilizada para su calentamiento, de ahí su inclusión en el análisis.

Conjugando todos estos factores, el equipo auditor estará en disposición de establecer una primera aproximación del alcance de la auditoría a ejecutar.

Prediagnóstico y posibles soluciones

Mediante la evaluación de los datos obtenidos hasta este momento se consigue tener una idea ciertamente completa de la situación energética y de funcionamiento de las instalaciones que están siendo objeto de auditoría energética.



Así, 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.

Como es imaginable, la energía mediante la cual se cubren estas demandas puede ser de muy diversa procedencia: eléctrica, de origen fósil, de productos derivados del petróleo, renovable, etc.; pudiéndose evaluar la idoneidad o no del suministro actual de energía para introducir así nuevas soluciones que optimicen la instalación.

Es en esta fase donde se intentará cuantificar la **eficiencia energética** del Centro Docente en su conjunto calculando el valor del **ratio de consumo de energía por unidad de superficie construida (kWh/m²)**. Este ratio puede, a su vez, subdividirse por zonas, tipos de energía o cualquier otra caracterización que pueda ser precisa a los ojos del equipo auditor por la configuración o particularidades del Centro que se está auditando.

De manera análoga, se puede proceder a calcular y obtener el valor de la **eficiencia de la iluminación** de las instalaciones mediante el **ratio de la potencia instalada por unidad de superficie construida (kW/m²)**, también susceptible de ser particularizado como el ratio energético.

El equipo auditor, una vez completados los trabajos relativos a esta fase del proyecto energético, debe saber ya las posibilidades reales de ahorro de energía y las medidas a adoptar, así como el orden de magnitud de la inversión económica a afrontar para acometer estas acciones.

Toma de datos final *in situ* para un proyecto definitivo

Este es el momento del proceso de la auditoría energética en el que el equipo auditor procederá a recoger datos de manera exhaustiva y precisa, consiguiendo una «radiografía» del consumo energético existente, de sus sistemas y de sus procesos, con el fin de disponer así de manera clara y ordenada de la información necesaria para la realización del proyecto definitivo. A tal efecto se facilitan una serie de fichas en las que se recogen estos datos, si bien, evidentemente, el equipo auditor puede modificarlas, completarlas e incluso emplear



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

otro cuestionario, pues, como es entendible, hay tantas soluciones como equipos auditores (tanto en medios y modos de trabajo como en soluciones propuestas).

No obstante, a continuación se esbozan los aspectos más importantes y que no deberían faltar en un buen trabajo de auditoría.

i. Datos de carácter general

- Identificación del Centro Docente.
- Contactos y datos de las personas responsables.
- Capacidad y periodos de utilización.
- Análisis de su ubicación y del entorno.

ii. Datos constructivos

- Antigüedad de la edificación.
- Tipo y orientación del edificio.
- Estudio de los planos para conocer superficies (m^2) y alturas (m) de las plantas de los edificios.
- Estudio de los cerramientos exteriores y sus aislamientos, mediante el cálculo de su transmitancia.

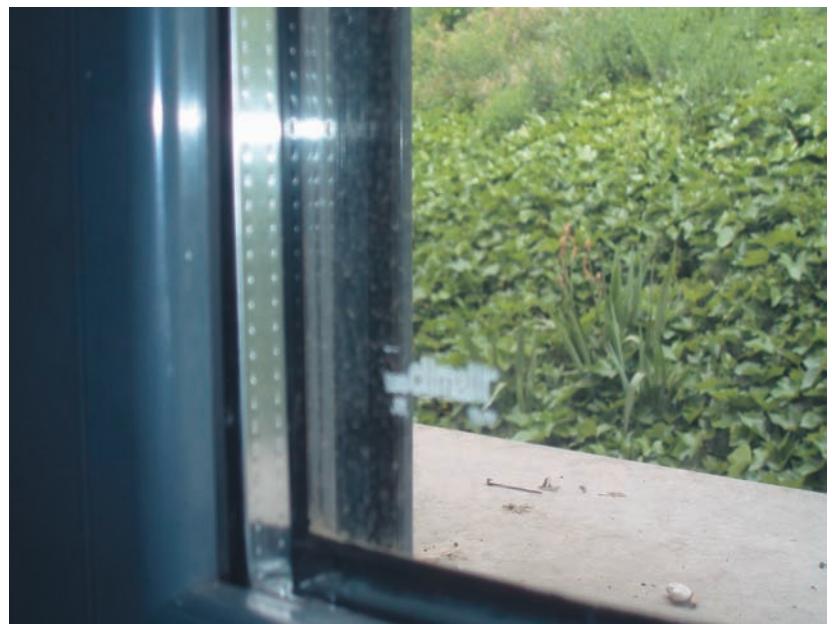


Foto 3.7. Vidrios con rotura de puente térmico en la facultad de Educación de la UCM.

- Análisis de las superficies acristaladas, estudiando las características de los vidrios y marcos utilizados, así como su comportamiento térmico.
- Inspección de los posibles puentes térmicos que puedan dar lugar a condensaciones.
- Análisis de puertas de acceso y, en general, cualquier zona abierta que pueda significar una pérdida térmica en invierno o una ganancia térmica en verano.



iii. Datos de instalaciones mecánicas

- Estudio de los planos existentes y descripción general de la instalación.
- Estado aparente de la instalación e impresión sobre el mantenimiento realizado.
- Datos técnicos de las placas y del fabricante.
- Realización de controles sobre tensión de funcionamiento, consumos, etc.
- Petición de información sobre posibles anomalías detectadas durante la vida en servicio de la instalación.

iv. Datos de instalaciones de calefacción

- Planos de instalaciones existentes.
- Estudio de las condiciones interiores (temperatura y humedad).
- Análisis de la sala técnica o de calderas, superficie y estado de conservación.
- Datos del estado general de la instalación (equipos, aislamientos, tuberías, etc.) y del mantenimiento realizado.
- Estudio de los equipos productores de calor:
 - Analizar si los equipos son únicamente para producción de calefacción o también para producción de A.C.S.
 - Recabar información sobre el tipo de equipo, año de fabricación, características técnicas, rendimiento nominal y fabricante.
 - Conocer la temperatura de producción.
 - Calcular el rendimiento real del equipo mediante las mediciones que se estimen oportunas.
- Análisis del tipo de instalación terminal, incluyendo la naturaleza y el tipo de los equipos emisores de calor.



Foto 3.8. Entrada a la sala técnica en el C.E.I.P. Azorín en Madrid.

- Estudio de las distribuciones de agua y aire.
- Estudio de las temperaturas requeridas en las diversas estancias: aulas, despachos, biblioteca, laboratorios, etc.
- Datos sobre instalaciones, recuperadores de calor, bombas de circulación, sistemas de regulación automática, equipos de apoyo eléctricos, etc.
- Análisis de la zonificación existente.

v. Datos de instalaciones de refrigeración

Habitualmente, el sistema de refrigeración va unido al de calefacción, llevándose a cabo un estudio del sistema de climatización global. No obstante, los aspectos a tratar en este apartado serían:

- Planos de instalaciones existentes.
- Análisis de las necesidades frigoríficas de los diversos locales.
- Estudio de las condiciones interiores (temperatura y humedad).
- Estado de funcionamiento y conservación de las torres de refrigeración y grupos enfriadores de agua.



Foto 3.9. Equipos de refrigeración ubicados en la cubierta de la ETSI Minas de la UPM.

- Datos del estado general de la instalación (equipos, aislamientos, tuberías, etc.) y del mantenimiento realizado.
- Estudio del equipo generador de frío:



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

- Análisis de la naturaleza y tipo del equipo, obteniendo información sobre año de fabricación, características técnicas, rendimiento nominal y fabricante. Si existen bombas de calor, se debe prestar especial atención a su análisis de estado y a la determinación del C.O.P.
 - Estudio del rendimiento real de los equipos, realizando las mediciones que se consideren oportunas.
-
- Análisis del tipo de instalación terminal, incluyendo la naturaleza y el tipo de los equipos climatizadores.
 - Estudio de los sistemas de regulación de la refrigeración.
 - Estudio de los equipos distribuidores de agua fría, prestando especial interés a su potencia eléctrica.
 - Toma de datos de los climatizadores, analizando su estado y funcionamiento, caudales de aire, ventiladores, baterías de frío y de calor, humidificadores, equipo de ciclo economizador (*free-cooling*), etc.
 - Estudio del estado de conservación de los *fancoils*.



- Tipo de distribución de los fluidos térmicos en las diversas zonas.
- Análisis de la zonificación existente.



vi. Datos de instalaciones de iluminación

- Dimensiones de los espacios iluminados.
- Planos de las instalaciones y los circuitos eléctricos de alumbrado.
- Ubicación y altura de los puntos de luz.
- Tensión y factor de potencia.
- Número de luminarias y estudio del tipo y las características técnicas de las mismas, prestando especial atención a su potencia.



Foto 3.11. Luminarias en zonas comunes de la facultad de Educación de la UCM.

- Estudio de sistemas de regulación de encendido.
- Mediciones de los niveles lumínicos.
- Estudio de la calidad del mantenimiento realizado y las tareas de limpieza de luminarias y lámparas.
- Características del alumbrado fluorescente:
 - Número, composición y distribución de luminarias.
 - Altura de techo y ubicación de luminarias.
 - Estudio del tipo de tubos, potencia, color de luz y fabricante.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

- Cuadros de distribución eléctrica con circuitos diferenciados.
- Estudio sobre el tipo de reactancia, balasto y sistema de regulación.
- Análisis sobre regulación: potenciómetro, sensor de iluminación, etc.

vii. Datos de alumbrado exterior

- Análisis de las distintas zonas a iluminar.
- Estudio del alumbrado existente, analizando los distintos niveles de iluminación.
- Comprobación de la seguridad eléctrica y mecánica.

viii. Datos relativos al consumo y tratamiento del agua

- Consumo anual de agua y coste.
- Estudio de los equipos productores de agua caliente sanitaria.
- Distribución actual del consumo y almacenamiento.
- Estudio de la red de distribución en busca de fugas.
- Análisis de las necesidades reales de consumo.
- Estudio de sistemas ahorreadores de agua.
- Necesidad de realización de un tratamiento.

ix. Datos de sistemas especiales

Dada la diversa naturaleza de las actividades desarrolladas y ofertadas dentro del ámbito de los Centros Docentes, puede ser altamente interesante analizar una serie de acciones, además de las ya enunciadas.

A continuación se enumeran algunas de ellas a simple modo de ejemplo, siendo el equipo auditor el responsable de definir las que van a ser objeto de estudio en su proyecto.

- En cafeterías y restaurantes:
 - Estudio de los compresores de las cámaras frigoríficas.
 - Análisis de los tipos de hornos empleados, así como de los equipos lavavajillas.
 - Estudio de los equipos de ventilación forzada de extracción.
 - Estudio de los niveles de humedad relativa.
- En aulas, salas de ordenadores, conferencias o multimedia:
 - Análisis de ordenadores, proyectores, monitores, sistemas de sonido e iluminación y demás equipos susceptibles de uso.

- Estudio de los equipos de ventilación forzada.



Foto 3.12. Equipo de proyección en aulas de la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM.

Análisis de los datos recogidos y estudio de soluciones posibles

Con la consecución de los datos anteriormente descritos, se está en disposición de tener una idea clara y veraz sobre la situación real del Centro Docente y de las instalaciones existentes en su conjunto.

La diversidad de campos de actuación en los que se llevan a cabo labores de recopilación de datos en el proceso de auditoría energética es amplia, con lo cual es conveniente contar en el equipo auditor con especialistas expertos en cada uno de los campos, o bien tener un asesoramiento externo en alguno de estos puntos.

No obstante, el estudio de posibles acciones y soluciones, y la posterior decisión acerca de las mismas, debe recaer siempre en alguno de los miembros del equipo que tenga un conocimiento completo y global de toda la instalación desde el punto de vista físico y energético.



4

FICHAS JUSTIFICATIVAS DEL PROCEDIMIENTO

FICHA 1. IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DOCENTES

F 1.1. DATOS GENERALES DEL CENTRO DOCENTE AUDITADO

Nombre del Centro o Complejo

Entidad Propietaria

Denominación edificios a auditar

Entidades presentes en

Dirección

Población

Provincia

Código Postal

F 1.2. PERSONAS DE CONTACTO EN LAS OFICINAS

D.	<input type="text"/>	Cargo	<input type="text"/>	Tel	<input type="text"/>	email	<input type="text"/>
D.	<input type="text"/>	Cargo	<input type="text"/>	Tel	<input type="text"/>	email	<input type="text"/>
D.	<input type="text"/>	Cargo	<input type="text"/>	Tel	<input type="text"/>	email	<input type="text"/>

F 1.3. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Centro Docente

Fecha de visita

Técnicos que realizan el cuestionario



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 2. DATOS DE UTILIZACIÓN Y CONSUMO EN EL CENTRO DOCENTE

F 2.1. CONSUMOS

Mediciones	Año de referencia:					Año de referencia:	Año de referencia:							
	Electricidad (EE,kWh)													
Uso (2)	C	R	ACS	PI	V	O	C	R	ACS	O	C	R	ACS	O
Enero														
Febrero														
Marzo														
Abril														
Mayo														
Junio														
Julio														
Agosto														
Septiembre														
Octubre														
Noviembre														
Diciembre														
Consumo Total														
Gasto Total (€)														

(1) CA = Carbón

EE = Energía Eléctrica (kWh)

FU = Fuelóleo (kg)

GA = Gasóleo (litros)

GB = Gas Butano Comercial (kg)

GC = Gas ciudad (m³)

GN = Gas natural (m³)

PC = Propano Comercial (kg)

RS = Residuos (kg)

(2) C = Calefacción

R = Refrigeración

ACS = Agua caliente sanitaria

PI = Iluminación

V = Ventilación

O = Otros usos

NOTA.- Adjuntar recibos de consumos de los últimos 2 años.

F 2.2. OCUPACIÓN DEL CENTRO DOCENTE

Capacidad Total del Centro Docente

Número de Estudiantes y Trabajadores

Índice de Utilización Mensual (%)



F 2.3. HORARIOS DEL CENTRO DOCENTE

Calendario Habitual	De (día/mes)	A (día/mes)
Calendario Especial (Verano)	De (día/mes)	A (día/mes)
Periodo de Vacaciones Especial (1)	De (día/mes)	A (día/mes)
Otro Periodo de Vacaciones	De (día/mes)	A (día/mes)

(1) Se consideran periodos de vacaciones aquellos en los que las instalaciones están fuera de servicio en un porcentaje superior al 90%.

F 2.4. PROGRAMACIÓN ARRANQUE / PARADA

Existe Programador Automático de Arranque y Parada de Instalaciones Generales	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Existe Programador Automático de Arranque y Parada por Zonas de cada Edificio	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Existe Programador Automático de Arranque y Parada por Zonas de la Instalación	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Existe Programador Automatico de Arranque y Parada a Horas Fijas	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Breve descripción del tipo de programador existente (funciones que realiza, año de instalación, instalaciones que controla, grado de utilización, etc.).



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL CENTRO DOCENTE

F 3.1. DATOS GENERALES

CONSTRUCCIÓN	EDIFICACIÓN	SITUACIÓN
Antes de 1900 <input type="checkbox"/>	Monumental <input type="checkbox"/>	Aislada <input type="checkbox"/>
Entre 1900 y 1950 <input type="checkbox"/>	Catalogada <input type="checkbox"/>	Entre Medianeras <input type="checkbox"/>
Después de 1950 <input type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>	Protegida por Edificios <input type="checkbox"/>
Año _____		

F 3.2. SUPERFICIES TRATADAS

CONSTRUCCIÓN	PLANTAS	SUPERFICIE (m ²)
Sobre Rasante	_____	_____
Bajo rasante	_____	_____
Total	_____	_____
Plantas Garaje e Instalaciones	_____	_____
Total Superficie Construida , m ² : _____		
Superficie Calefactada, m ² : _____	Superficie Parcelada, m ² : _____	
Superficie Refrigerada, m ² : _____	Superficie Ajardinada, m ² : _____	

F 3.3. VENTANAS

Vidrio	Sencillo	Doble Cr	Color	Vidrio DB	Muro Cortina
Grosor, mm	_____	_____	_____	_____	_____
Carpintería	Metal	Aluminio	Madera	PVC	Otros
Orientación	_____	_____	_____	_____	_____
% Vidrio	_____	_____	_____	_____	_____

F 3.4. CERRAMIENTOS EXTERIORES / FACHADAS

	Materiales (1)	Superficie (m ²)	Aislada	Cámara de Aire
Fachadas Principales	_____	_____	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Fachadas a Patios Abiertos	_____	_____	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Medianeras Descubiertas	_____	_____	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

(1) P: Piedra; L: Ladrillo visto; E: Enfoscado; H: Hormigón visto; M: Muro Cortina; F: Prefabricado ligero; O: Otros.



F 3.5. CERRAMIENTOS EXTERIORES / CUBIERTAS

Tipo de Cubierta	Material	Superficie (m ²)	Sobre Zona	
Plana (1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Calefactada	Refrigerada
Inclinada (2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Calefactada	Refrigerada
Acristalada sobre Patio	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Calefactada	Refrigerada
Superficie de Cubierta No Aislada en contacto con un Espacio Tratado, m ² :	<input type="text"/>			

¿Puede aislarse sin Obra Civil?: Si / NO

Obra Civil a realizar: Fácil / Difícil

(1) T: Terraza catalana; C: Cubierta invertida; A: Azotea sin cámara; I: Impermeabilizado protegido; N: Impermeabilizado no protegido.

(2) V: Buharda ventilada; B: Buharda sin ventilar; H: Buharda con locales habitados; S: Cubierta inclinada sin cámara; C: Cubierta inclinada con cámara (tabiqueríos palomeros).

F 3.6. MODIFICACIÓN DE PUERTAS DE ACCESO AL EDIFICIO

Sistema de Puertas de Acceso en Vestíbulo Principal (1)	<input type="text"/>	
Existen Infiltraciones de Aire y Molestias para los usuarios	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Hay posibilidad de modificar el Sistema de Puertas	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Existe Cortina de Aire Caliente por Resistencias Eléctricas	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Potencia de estas Resistencias Eléctricas (kW)	<input type="text"/>	
Funcionamiento (horas/año)	<input type="text"/>	

(1) DP: Dobles puertas; DA: Dobles puertas automáticas; PG: Puerta giratoria; PS: Puerta simple automática.

Indicar dimensiones de puertas exteriores y características: carpintería, vidrio...

Puerta 1:

Puerta 2:

Puerta 3:

F 3.7. ESTANQUEIDAD DE LAS VENTANAS (locales tratados)

Tipo de Ventana	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Estanqueidad de Ventanas (1)	B	R	M
Dimensión de Ventana l x h (metros)	<input type="text"/> X	<input type="text"/> X	<input type="text"/> X
Número de Ventanas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mejora de la Estanqueidad (2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1) B: Buena; R: Regular; M: Mala.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

(2) C: Con reforma parcial de carpintería; B: Con instalación de burletes; DV: Con instalación de doble ventana; O: Otro sistema (indicarlo: _____).

F 3.8. PROTECCIONES SOLARES (únicamente locales refrigerados)

Nº de Ventanas con Orientación S, E y O	<input type="text"/>	
Tipo de Protección (1)	<input type="text"/>	Instalación fácil
Dimensión de Ventana l <h> (metros)</h>	<input type="text"/> X	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

(1) VI: Ventana interior; TI: Textil interior; CO: Cortina; PE: Parasol exterior (lamas); LR: Lámina reflectante; CV: Contraventanas; CT: Cristal tintado; TD: Toldos.

F 3.9. SUELOS NO AISLADOS DE LOCALES CALEFACTADOS/REFRIGERADOS SOBRE ESPACIOS NO TRATADOS (1)

(1) Locales con superficie mínima igual al 10% del total tratado.

Denominación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de Locales Iguales	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie Unitaria (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de Instalación (2)	C R	C R	C R
Tipo de Local Contiguo (No Tratado)	Ext Int	Ext Int	Ext Int
Posibilidad de Aislamiento del Techo del Local Inferior	SI NO	SI NO	SI NO
Grado de Dificultad	F D	F D	F D

(2) C: Calefacción; R: Refrigeración.



FICHA 4. AGUA CALIENTE SANITARIA Y OTROS SERVICIOS EN EL CENTRO DOCENTE

F 4.1. PRODUCCIÓN DE A.C.S.

- Caldera para producción exclusiva de A.C.S. Preparación Instantánea
 Caldera común con Otros Servicios Preparación con Acumulación
 Grupo Térmico Interacum. Calent. Directo
 Calentadores a Gas Nº de Unidades: _____
 Paneles Solares Superficie m²: _____
 Moqueta Solar Superficie m²: _____
 Calderas Eléctricas Nº Unidades: _____ Potencia Eléctrica Total (kW): _____
 Termos Eléctricos Nº Unidades: _____ Potencia Eléctrica Total (kW): _____
 Bombas de Calor Nº Unidades: _____ Potencia Eléctrica Total (kW): _____

F 4.2. CONSUMIDORES DE A.C.S.

- En Lavabos: Nº Grifos No Temporizados
 Contadores de A.C.S. SI NO
 Consumo mensual medio de A.C.S. (m³)
 Temperaturas de Distribución (°C) Pto.Medio Pto.Extremo



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 5. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y REGULACIÓN EN CENTROS DOCENTES

F 5.1. TIPO DE INSTALACIÓN TERMINAL

Por Aire (A)	Unidades	% (S.C.)
A1.- Termoventiladores		
A2.- Generadores de Aire Caliente		
A3.- Climatizadores		
A4.- Acondicionadores Autónomos		
A5.- Bomba de Calor		
A6.- Batería de Calor		
Por Agua (W)		
W1.- Radiadores		
W2.- Paneles Radiantes		
W3.- Suelo Radiante		
W4.- Inductores		
W5.- Fan-coils		
W6.- Aerotermos		
W7.- Bomba de Calor		
Electricidad / Otros (O)		
O1.- Radiador Eléctrico		
O2.- Acondicionador de Ventana Batería Eléctrica		
O3.- Estufa a Gas		
O4.- Estufa a Residuos-Leña		
O5.- Suelo Radiante		
O6.- Techo Radiante		
O7.- Infrarrojos		

F 5.2. CALEFACTORES ELÉCTRICOS DE APOYO

Nº Calefactores Eléctricos de Apoyo al Sistema de Calefacción

Potencia Total de los Calefactores (kW)

Necesidades de Apoyo debidas a (1)

(1) In: Insuficiente; Amb+20 °C: se desea tener más de 20 °C de temperatura; Suelo-18 °C: la temperatura a nivel de suelo es inferior a 18 °C.



F 5.3. REGULACIÓN AUTOMÁTICA DE COMPENSACIÓN CON TEMPERATURA EXTERIOR

SI Tipo de sistema: Por fachada Por Bloques Funciona correctamente: SI NO ¿?

Regulación por Caudal: (a) Por Válvula Motorizada
 (b) Válvula de 3 vías
 (c) Otro tipo: _____

Regulación por Temperatura: (a) Por Termostato de Regulación
 (b) Regulación en Caldera

Mixta por Temperatura y Caudal Instalación por Termosifón NO

Diámetro Tubería Impulsión ("'): _____ Modificación Tubería: Fácil / Difícil

Las Bombas Aspiran de / Impulsan a Calderas.

Número de Bombas Circuladoras: _____

F 5.4. EQUIPOS Y TUBERÍAS ACCESIBLES SIN AISLAMIENTO O DETERIORADO

Diámetro de tubería ("')	Terminación Existente (1)	Longitud (m)	Temperatura (°C) Fluido / Ambiente

(1) A: Aluminio; Y: Yeso; E: Emulsión asfáltica.

Equipo	Superficie (m ²)	Temperatura (°C) Fluido / Ambiente



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

F 5.5. DISTRIBUCIÓN AGUA

Fachada o Zonas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Emisor (Clave)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bomba Independiente	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO
Circuito Independiente	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO
Regulación Independiente	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO
Función Regulación	<input type="text"/> B <input type="text"/> M	<input type="text"/> B <input type="text"/> M	<input type="text"/> B <input type="text"/> M
Diámetro Tubería ("")	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grado de Dificultad	<input type="text"/> F <input type="text"/> D	<input type="text"/> F <input type="text"/> D	<input type="text"/> F <input type="text"/> D

F 5.6. DISTRIBUCIÓN AIRE

Fachada o Zonas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Circuito Independiente	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO
Regulación Independiente	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO
Función Regulación	<input type="text"/> B <input type="text"/> M	<input type="text"/> B <input type="text"/> M	<input type="text"/> B <input type="text"/> M
Retorno Inferior / Superior	<input type="text"/> I <input type="text"/> S	<input type="text"/> I <input type="text"/> S	<input type="text"/> I <input type="text"/> S
Nº Difusores Impulsión	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Conducto Principal (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grado de Dificultad	<input type="text"/> F <input type="text"/> D	<input type="text"/> F <input type="text"/> D	<input type="text"/> F <input type="text"/> D

F 5.7. LOCALES CON TEMPERATURAS > 20 °C

Local	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº de Locales	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Δ T (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie Unitaria (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Regulación Automática	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO	<input type="text"/> SI <input type="text"/> NO
Función Regulación	<input type="text"/> B <input type="text"/> M	<input type="text"/> B <input type="text"/> M	<input type="text"/> B <input type="text"/> M
Tipo Instalación	<input type="text"/> A <input type="text"/> W	<input type="text"/> A <input type="text"/> W	<input type="text"/> A <input type="text"/> W
Reforma Propuesta (2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Unidades por Local	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Diámetro Tubería ("")	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tamaño Conducción ("")	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grado de Dificultad	<input type="text"/> F <input type="text"/> D	<input type="text"/> F <input type="text"/> D	<input type="text"/> F <input type="text"/> D

(2) A llenar según:



Tipo de instalación	Código	Reforma Propuesta
A o W	C01	Ajustar el sistema de control existente
A o W	C02	Sustituir sensores o termostatos averiados
W	C03	Instalar válvulas termostáticas
W	C04	Instalar nuevo sistema de control automático (termostato y válvula motorizada)
A	C05	Instalar nuevo sistema de control automático (regulador y compuertas motorizadas en conductos)
A	C06	Instalar nuevo sistema de control manual (compuertas manuales)

F 5.8. LOCALES NO OCUPADOS PERMANENTEMENTE Y EN FUNCIONAMIENTO (1)

(1) El local o la suma de los locales debe ser > 5% de las superficies calefactadas.

Local	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº de Locales	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Horas/día de Ocupación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie Unitaria (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Regulación Automática	SI NO	SI NO	SI NO
Función Regulación	B M	B M	B M
Tipo Instalación	A W	A W	A W
Reforma Propuesta (2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Unidades por Local	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Diámetro Tubería ("')	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tamaño Conducción ("')	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grado de Dificultad	F D	F D	F D

(2) A llenar según:

Tipo de Instalación	Código	Reforma Propuesta
W	C07	Instalar interruptor horario y válvula motorizada en unidades terminales
A	C08	Instalar interruptor horario y compuertas en conductos
W	C09	Instalar detector de presencia actuando sobre sistema de control existente
W	C10	Instalar detector de presencia y válvulas motorizadas
A	C11	Instalar detector de presencia y compuertas motorizadas en conductos



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 6. CALDERAS Y QUEMADORES

F 6.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS CALDERAS

Caldera número	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sala de Caldera (definir A,B,C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Servicio a que se dedica	C ACS O	C ACS O	C ACS O
Funciona todo el año: horas/año	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Funciona en Invierno: horas/temporada	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Servicio Diario (de ___ a ___ horas)	/	/	/
Marca de la Caldera	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modelo de la Caldera	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de funcionamiento (1)	N A R F	N A R F	N A R F
Potencia (kcal/h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo Hogar: Sobrepresión / Depresión	S D	S D	S D
Material Constructivo: Fundición / Chapa	F C	F C	F C
Número de Pasos de Humo	1 2 3	1 2 3	1 2 3

(1) N: Normal; A: Alternativo; R: Reserva; F: Fuerza de servicio.

F 6.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS QUEMADORES

Marca / Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Eléctrica Ventilador (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de Combustible (2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tamaño de Boquilla (Gal/h) ó (l/h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Presión Máxima de Pulverización (bar)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modulante o Escalonado / Nº Escalones	M E ___	M E ___	M E ___
Posición Claqueta de Aire en Parado	Cerr. / Ab.	Cerr. / Ab.	Cerr. / Ab.
Grupo de Presión de Combustible	SI NO	SI NO	SI NO
Contador de Combustible	SI NO	SI NO	SI NO
Func. Quemadores (%Marcha)/(Arranque/h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(2) CA: Carbón; GA: Gasóleo; FU: Fuelóleo; GN: Gas natural; GM: Gas ciudad; PC: Propano; O: Otros (especificar: ___).



F 6.3. MEDIDAS

Caldera número	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura Impulsión Fluido (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura Retorno Fluido (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Presión Fluido (caldera de vapor) (bar)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura de Humos (100% carga) (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Índice de Opacidad (Escala Bacharach)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura Ambiente (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura Media Exterior Caldera (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Concentración O ₂ en Humos (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Concentración CO ₂ en Humos (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Concentración CO en Humos (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Concentración SO ₂ en Humos (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Concentración NO _x en Humos (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Rendimiento de la Combustión / Analizador (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

F 6.4. DATOS ESPECÍFICOS

Caldera número	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Estado General y de Aislamiento	B M	B M	B M
Tiene Chimenea Independiente, ¿se puede instalar? (m)	SI NO _____	SI NO _____	SI NO _____
Tiene regulador de Tiro	SI NO	SI NO	SI NO
Si no tiene Recuperador de Calor, ¿se puede instalar?	SI NO	SI NO	SI NO
Bomba Circulación por Caldera (Anticondensación)	SI NO	SI NO	SI NO
Tiene Bomba Primaria Independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Estado de los Turbuladores	B M	B M	B M
Tiene Averías Frecuentemente	SI NO	SI NO	SI NO
Tiene instalados Pirostatos	SI NO	SI NO	SI NO
Tiene instalados Elementos de Regulación y Control	SI NO	SI NO	SI NO
Tipo de caldera (1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie Frontal/Temp. Superficial (m ² /°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie Trasera/Temp. Superficial (m ² /°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie Envolvente/Temp. Superficial (m ² /°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1) CV: Convencional; BT: Baja temperatura; CD: Condensación.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

F 6.5. DATOS COMUNES

Regulación en secuencia de Calderas	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Impulsión de las Calderas va a Colector Común	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Existe Interconexión de Retornos	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Estado Sala Calderas (Limpieza, Seguridad, Iluminación)	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> M
Disponibilidad de espacio para otra Caldera	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Disponibilidad de espacio para otra Chimenea	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Periodicidad Limpieza Calderas (cada 6 meses, 1 año, > 1 año)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control y Regulación de Combustión (cada 3 meses, 6 meses, >6 meses)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Escalonamiento de Quemadores en función de Demanda	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Válvula de Presión Diferencial	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Centralita de Regulación	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Existe Estación Regulación y Medida para Suministro Gas Natural	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO

F 6.6. POTENCIA ELÉCTRICA DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE C. (NO se considerarán las unidades en reserva)

	Nº Equipos en funcionamiento	Potencia total (kW)
Quemadores	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bombas Trasiego Combinado	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bombas Primarias	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Bombas Secundarias	<input type="text"/>	<input type="text"/>

F.6.7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Existe Libro de Mantenimiento	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Existe Contrato de Mantenimiento	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Empresa de Mantenimiento	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Responsable Instalaciones	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha Última Limpieza Caldera	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fecha Último Control de Combustión y Regulación	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Gasto Medio Anual en Averías y/o Mantenimiento	<input type="text"/>	<input type="text"/>



FICHA 7. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

F 7.1. TIPO DE INSTALACIÓN TERMINAL

	Uds.	% S.R.
A.- Por Aire		
A1.- Por Aire	<input type="text"/>	<input type="text"/>
A2.- Equipos de Ventana	<input type="text"/>	<input type="text"/>
A3.- Grupos Autónomos	<input type="text"/>	<input type="text"/>
A4.- Bomba de Calor	<input type="text"/>	<input type="text"/>
A5.- Otros	<input type="text"/>	<input type="text"/>
W.- Por Agua		
W1.- Fan-Coils	<input type="text"/>	<input type="text"/>
W2.- Evaporativos	<input type="text"/>	<input type="text"/>
W3.- Bomba de Calor	<input type="text"/>	<input type="text"/>
O.- Otros		
O1.- Inductores	<input type="text"/>	<input type="text"/>
O2.- Otros	<input type="text"/>	<input type="text"/>

F 7.2. ACONDICIONADORES DE VENTANA

Número de Unidades	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Eléctrica Total Frio (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Eléctrica Total Calor (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Producción Calor (1)	BE BC	BE BC	BE BC	BE BC
Nº Cuadros Eléctricos de Alimentación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1) BE: Batería eléctrica; BC: Bomba de calor.

F 7.3. HUMECTADORES ELÉCTRICOS (VAPORIZACIÓN TÉRMICA)

Existen por Confort Ambiental	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Existen por Requerimiento de un Proceso	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Pueden Eliminarse	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Puede Reducirse la Humedad Relativa	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Puede Reducirse la Humedad al 30%	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Ajuste de HR Actual (%)	<input type="text"/>	
Ajuste de HR Nuevo (%)	<input type="text"/>	

Nº Humectadores de Confort	<input type="text"/>	Potencia Eléctrica Total (kW)	<input type="text"/>
Nº Humectadores de Proceso	<input type="text"/>	Potencia Eléctrica Total (kW)	<input type="text"/>



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

F 7.4. REGULACIÓN AMBIENTE

Control de Temperatura Accesible al Usuario

SI	NO
----	----

Número de Unidades

--	--

Funcionan Bien / Mal

/	
---	--

Último Ajuste realizado

--	--

F 7.5. LOCALES O ZONAS CON CONTROL DE TEMPERATURAS POR RECALENTAMIENTO

Local

--	--	--

Nº de Locales

--	--	--

Superficie Unitaria (m²)

--	--	--

Potencia (W) ó (kcal/h)

--	--	--

Batería (EE) kW

--	--	--

Pueden Eliminarse SI/NO

--	--	--

Tipo Función V=Verano, T=Todo el año

--	--	--

Sección Conducción (m²)

--	--	--

Tipo Retorno S=Superior, I=Inferior

--	--	--

F 7.6. LOCALES CON TEMPERATURAS < 25 °C

Local

--	--	--

Nº de Locales

--	--	--

Δ T (°C)

--	--	--

Superficie Unitaria (m²)

--	--	--

Regulación Automática

SI	NO	SI	NO	SI	NO
----	----	----	----	----	----

Función Regulación

B	M	B	M	B	M
---	---	---	---	---	---

Tipo Instalación

A	W	A	W	A	W
---	---	---	---	---	---

Reforma Propuesta (2)

--	--	--	--	--	--

Nº Unidades por Local

--	--	--	--	--	--

Diámetro Tubería ("')

--	--	--	--	--	--

Tamaño Conducción ("")

--	--	--	--	--	--

Grado de Dificultad

F	D	F	D	F	D
---	---	---	---	---	---

Guía de auditorías energéticas en centros docentes



(2) A llenar según:

Tipo de Instalación	Código	Reforma Propuesta
A o W	R01	Ajustar el sistema de control existente
A o W	R02	Sustituir sensores o termostatos averiados
W	R03	Instalar nuevo sistema de control automático (termostato y válvula motorizada)
A	R04	Instalar nuevo sistema de control automático (regulador y compuertas motorizadas en conductos)
A	R05	Instalar nuevo sistema de control manual (compuertas manuales)

F 7.7. LOCALES NO OCUPADOS PERMANENTEMENTE Y EN FUNCIONAMIENTO (1)

(1) El local o la suma de los locales debe ser > 5% de las superficies refrigeradas.

Local			
Nº de Locales			
Horas/día de Ocupación			
Superficie Unitaria (m ²)			
Regulación Automática	SI NO	SI NO	SI NO
Función Regulación	B M	B M	B M
Tipo Instalación	A W	A W	A W
Reforma Propuesta (3)			
Nº Unidades por Local			
Diámetro Tubería ("")			
Tamaño Conducción ("")			
Grado de Dificultad	F D	F D	F D

(2) A llenar según:

Tipo de Instalación	Código	Reforma Propuesta
W	R06	Instalar interruptor horario y válvula motorizada en unidades terminales
A	R07	Instalar interruptor horario y compuertas en conductos
A o W	R08	Instalar detector de presencia actuando sobre sistema de control existente
W	R09	Instalar detector de presencia y válvulas motorizadas
A	R10	Instalar detector de presencia y compuertas motorizadas en conductos



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

F 7.8. TUBERÍAS, CONDUCTOS Y EQUIPOS ACCESIBLES SIN AISLAMIENTO O DETERIORADOS

Diámetro de tubería (")	Material (4)	Longitud (m)	Temperatura (°C) Fluido / Ambiente

(4) Cu: Cobre; A: Acero; P: Material Plástico O:Otros

Equipo	Superficie (m ²)	Temperatura (°C) Fluido / Ambiente



FICHA 8. PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE FRÍO

F 8.1. GRUPOS ENFRIADORES DE AGUA

Grupo de Frio número	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sala de Máquinas (definir A, B C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de Compresor (1)	A CH S Ab	A CH S Ab	A CH S Ab
Nº de Compresores / Potencia Total (kW)	/	/	/
Sistema Condensación (A: Aire; W: Agua)	A W	A W	A W
Marca / Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Fabricación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de Refrigerante	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia frigorífica (frigorías/hora)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Eléctrica Total (kW)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Etapas Parcialización	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Horas Servicio Anuales / Func. Diario de ___ a ___	/	/	/
Averías frecuentes	SI NO	SI NO	SI NO
Estado Tubo de Descarga al Condensador	B M	B M	B M
Fugas de Aceite	SI NO	SI NO	SI NO
Frecuencia de Carga de Gas	3m 6m >1a	3m 6m >1a	3m 6m >1a
Estado Aislamiento Evaporador / m³ aprox.	B M /	B M /	B M /
Temp. (ºC) Impulsión / Retorno Circ. Frio	/	/	/
Temp. (ºC) Impulsión / Retorno Circ. Torre	/	/	/
Control Termostático Bombas Condensación	SI NO	SI NO	SI NO
Bomba Primaria Agua Fría Independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Bomba Condensación Independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Grupo en Reserva	SI NO	SI NO	SI NO
Indicar si los Grupos están dotados de Antivibradores	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Regulación en Secuencia que escalone Grupos s/Demanda (Parcialización Potencia)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Indicar cada cuanto Tiempo se limpian los Condensadores	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Indicar si hay Filtros de Agua en el Circuito de Condensación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1) A: Alternativo; C: Centrífugo; H: Hermético; S: Semihermético; Ab: Abierto.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

F 8.2. TORRES DE ENFRIAMIENTO

Torre de Enfriamiento número			
Tipo Ventilador / Envoltorio (1)	A C Ch P	A C Ch P	A C Ch P
Marca			
Modelo			
Año de Fabricación			
Nº Motores / Potencia Total (W)	/	/	/
Control Termostático Ventilador Arranque	SI NO	SI NO	SI NO
Control Termostático Ventilador Parada	SI NO	SI NO	SI NO
Control Capacidad Válvula Motor / Funciona	/	/	/
Averías Frecuentes	SI NO	SI NO	SI NO
Funcionamiento de los Pulverizadores	SI NO	SI NO	SI NO
Periodicidad Limpieza de la Balsa	3m 6m >1a	3m 6m >1a	3m 6m >1a
Sistema de Purgado Automático	SI NO	SI NO	SI NO
Averías Frecuentes	SI NO	SI NO	SI NO
Año de Fabricación			

(1) A: Axial; C: Centrífugo; Ch: Chapa; P: Plástico.

F 8.3. POTENCIA ELÉCTRICA DE EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA

Bombas Primarias. Nº en funcionamiento / Potencia Total (kW)	
Bombas Secundarias. Nº en funcionamiento / Potencia Total (kW)	
Bombas Condensación. Nº en funcionamiento / Potencia Total (kW)	
Bombas Circuitos. Nº en funcionamiento / Potencia Total (kW)	

F 8.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Existe Libro de Mantenimiento	SI NO
Existe Contrato de Mantenimiento	SI NO
Empresa de Mantenimiento	
Responsable Instalaciones	
Fecha última Limpieza Condensadores	
Fecha última Limpieza Torres Enfriamiento	
Gasto Medio Anual en Averías y/o Mantenimiento (€)	

F 8.5. ACONDICIONADORES AUTÓNOMOS SÓLO FRÍO Y BOMBAS DE CALOR (Excepto equipos de ventanas)



Acondicionador número			
Descripción de Zona			
Nº Equipos / Superficie Total Tratada (m ²)	/	/	/
Potencia Frigorífica Total (frigorias/h)			
Potencia Calorífica Total (kcal/h)			
Potencia Eléctrica Total (kW)			
Horario de Servicio Diario (de ___ a ___)			
Horas Año / Nº de Meses	/	/	/
Marca			
Modelo			
Estado de Regulación	B M	B M	B M
Autónomo de Sistema Partido	SI NO	SI NO	SI NO
Año de Fabricación			
Distribución por Falso Techo a Rejilla	SI NO	SI NO	SI NO
Toma de Aire Exterior	SI NO	SI NO	SI NO
Desagüe de Condensadores Conducidos	SI NO	SI NO	SI NO
Situación Termostato (A:Ambiente, R:Retorno)	A R	A R	A R
Tipo de Apoyo o Desescarche (1)			
Producción de Calor (2)			
Bomba de Calor			
Accionamiento Motor (E:Eléctrico, T:Térmico)	E T	E T	E T
Tipo de Bomba (3)			
Utilización (4)			
Impulsión Directa (ID) / Acoplada a red (AR)	ID AR	ID AR	ID AR
Con Apoyo (5)			
Incorporada Resistencia de Apoyo	SI NO	SI NO	SI NO

(1) E: Electricidad; F: Fluido caliente; I: Inversión de ciclo.

(2) B: Bomba de calor; R: Resistencia eléctrica; A: Agua caliente.

(3) AA: Aire-Aire; AW: Aire-Agua; WW: Agua-Agua; O: Otros.

(4) C: Calefacción; ACS: Agua caliente sanitaria; A: Aire acondicionado.

(5) Cal: Apoyo de caldera; S: Apoyo de paneles solares; O: Otros.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 9. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

FICHA 9. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

F 9.1. UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (CLIMATIZADORES, TERMOVENTILADORES)

Identificación de la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie tratada (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº medio habitual de personas en el Local Tratado	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Equipo Exterior (1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Horario Servicio Diario (de __ a __)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Horario de Servicio Anuales (horas/año)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº de Equipos iguales en la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Caudal de Aire Exterior Ventilación por Equipo (m ³ /h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Caudal de Aire Exterior Impulsión por Equipo (m ³ /h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Caudal de Aire Exterior de Retorno por Equipo (m ³ /h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura de Salida Aire Impulsion (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura de Salida Aire Retorno (°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Aparatos Regulación de Equipos (2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Estado de Regulación	B M	B M	B M
Potencia Batería de Calor (kW)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Batería de Frio (kW)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Dispone de Humidificador (UTA)	SI NO	SI NO	SI NO
Alimenta a Rejillas (3)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Compuerta de Aire Exterior Motorizada	SI NO	SI NO	SI NO
Equipo de Ciclo Economizador (Free-Cooling)	SI NO	SI NO	SI NO
Modificaciones Sencillas en Conductos de Retorno	SI NO	SI NO	SI NO
Modificaciones Sencillas en Tomas de Aire Exterior	SI NO	SI NO	SI NO
Posibilidad de Instalar Ventilador de Retorno	SI NO	SI NO	SI NO
Estado Filtros de Aire Exterior y Retorno	SI NO	SI NO	SI NO
Potencia Eléctrica por Climatizador	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



F 9.2. VENTILADORES (Equipos que sólo introducen aire exterior)

Identificación de la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie tratada (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Equipos Iguales en la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Horario Servicio Diario (de ___ a ___)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Caudal (m ³ /h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Compuerta de Aire Exterior Motorizada	SI NO	SI NO	SI NO
En caso negativo, Nivel de Dificultad de su Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Aparatos de Regulación en el Equipo (1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Unitaria del Ventilador (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1) Considerar como aparatos únicamente Servomotores (SVM), Válvulas motorizadas (VM) y Reguladores (RG).

F 9.3. EQUIPOS DE EXTRACCIÓN (Sólo de zonas tratadas y con motor ventilador de más de 0,35 kW)

Identificación de la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie tratada (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Equipos Iguales en la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Horario Servicio Diario (de ___ a ___)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Caudal Extracción de Aire por Equipo (m ³ /h)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo Ventilador (1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hay Compuerta Motorizada	SI NO	SI NO	SI NO
En caso negativo, Nivel de Dificultad de su Instalación	F D	F D	F D

(1) S: Seta en tejado; C: Centrifugo en caja; H: Helicoidal.

Nota.- No deben incluirse los extractores de garajes y similares.

F 9.4. FANCOILS

Identificación de la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Superficie tratada (m ²)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Equipos Instalados en la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Control de Temperatura sobre Aire (A), Agua (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Instalación en Suelo (S), Consola (C), Techo (T)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Unitaria Batería (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Válvula Motorizada Corte Caudal	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Estado de la Regulación	B M	B M	B M
Potencia Unitaria Ventilador (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 10. ASCENSORES. MONTACARGAS

F 10.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASCENSORES

Nº grupos ascensores en el centro docente			
Nº total ascensores en el centro docente			
Identificación ascensor			
Fabricante ascensor			
Modelo ascensor			
Año Instalación			
Estado General ascensor	B M	B M	B M
Tipo ascensor (1)	H M A E	H M A E	H M A E
Capacidad ascensor (2)			
Servicio diario (de ___ a ___ horas)			
Periodicidad Mantenimiento			
Existe sistema de control de llegada	SI NO	SI NO	SI NO

(1) H: Hidráulico; M: Minusválidos; A: Autoportante; E: Eléctrico.

(2) Indicar personas o kg máximos admisibles.

F 10.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MONTACARGAS

Nº grupos montacargas en centro docente			
Nº total montacargas en centro docente			
Identificación montacargas			
Fabricante montacargas			
Modelo montacargas			
Año Instalación			
Estado General montacargas	B M	B M	B M
Tipo montacargas (3)	H E	H E	H E
Capacidad montacargas (en kg)			
Servicio diario (de ___ a ___ horas)			
Periodicidad Mantenimiento			

(3) H: Hidráulico; E: Eléctrico.



FICHA 11. OTROS EQUIPOS CONSUMIDORES

F 11.1. EQUIPOS INFORMÁTICOS

Nº total de ordenadores personales	<input type="text"/>
Nº total equipos de sobremesa	<input type="text"/>
Incorporan sistema Energy Star	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Nº de equipos con Energy Star	<input type="text"/>
Monitores apagados o standby /% aprox	<input type="text"/> A Sby/
Nºtotal equipos portátiles (laptops)	<input type="text"/>
Incorporan sistema Energy Star	<input type="text"/>
Nºde equipos con Energy Star	<input type="text"/>
Se utilizan salvapantallas claros	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

F 11.2. EQUIPOS OFIMÁTICOS (impresoras/fotocopiadoras/plotters)

Tipo de Equipo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de unidades	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Apagados o Standby /% aproximado	<input type="text"/> A Sby/	<input type="text"/> A Sby/	<input type="text"/> A Sby/

F 11.3. EQUIPOS AUDIOVISUALES (TV/DVD/retroproyectores)

Tipo de Equipo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de unidades	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Apagados o Standby /% aproximado	<input type="text"/> A Sby/	<input type="text"/> A Sby/	<input type="text"/> A Sby/

F 11.4. EQUIPOS DE LABORATORIOS / AULAS DE TECNOLOGÍA

Tipo de Equipo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de unidades	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



FICHA 12. COCINAS

F 12.1. EQUIPOS DE COCCIÓN

Estufas

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fuente de Energía	GN O	GN O	GN O
Nº Secciones	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Quemadores por Sección	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Parrillas

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fuente de Energía	GN E O	GN E O	GN E O
Nº Quemadores	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Planchas/Grills

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fuente de Energía	GN E O	GN E O	GN E O
Nº Quemadores	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Asadores

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fuente de Energía	GN E O	GN E O	GN E O
Nº Quemadores	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Hornos

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fuente de Energía	GN E O	GN E O	GN E O
Rango Temperaturas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Encendido Electrónico	SI NO	SI NO	SI NO
Válvula Pirostática	SI NO	SI NO	SI NO
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Freidoras**

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fuente de Energía	GN E O	GN E O	GN E O
Capacidad de Aceite (litros)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Válvula de Drenaje	SI NO	SI NO	SI NO
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

F 12.2. EQUIPOS AUXILIARES**Cafeteras**

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Grupos de Servicio	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Capacidad de Agua (litros)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Capacidad del Molino (kg)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Batidoras

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia del Motor (kW)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Capacidad del vaso (litros)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Licuadoras

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia del Motor (kW)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Capacidad del vaso (litros)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Exprimidores

Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia del Motor (kW)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Capacidad de alimentación (kg)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca/Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Año de Instalación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

F 12.3. EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

Cámaras Frigoríficas

Identificación

Capacidad de almacenamiento (litros)

Nº de Motores

Potencia Unitaria y Total (kW)

Marca/Modelo

Año de Instalación

Congeladores

Identificación

Capacidad (litros)

Potencia (kW)

Marca/Modelo

Fabricadores de Hielo

Identificación

Capacidad de Producción Diaria (kg)

Capacidad del Depósito (kg)

Marca/Modelo

Año de Instalación

F 12.4. EQUIPOS DE VENTILACIÓN Y SANEAMIENTO

Equipos Extractores de Humos (Campanas)

Identificación

Medidas (cm)

Diámetro de Salida (cm o pulgadas)

Longitud salida Vertical (m)

Longitud Salida Horizontal (m)

Tipo de Codo

Distancia de Equipo a zona de cocción

Nº de Caras Abiertas de la Campana

Caudal de extracción (m³/h)

Nº de Filtros

Tipo de Filtros

Marca/Modelo

Año de Instalación

Equipos Interceptadores de Grasas

Identificación

Capacidad de Almacenaje (kg)

Marca/Modelo

Año de Instalación

F12.5. EQUIPOS PARA MENAJE

Lavavajillas

Identificación
Capacidad de lavado
Consumo de agua por ciclo
Marca/Modelo
Año de instalación



Secaplatos

Identificación
Capacidad de Secado
Marca/Modelo
Año de Instalación

F 13.3. ESTUDIO ESPECÍFICO DE ZONAS

Identificación de la Zona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Iluminancia (lux)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
% Superficie con Iluminación Natural	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sistema de Alumbrado (1)	G L I	G L I	G L I
Condiciones de Reflexión Buenas (B), Malas (M) (2)	B M	B M	B M
Tipo de Luminaria, Superficie (S), Empotrada (E)	S E	S E	S E
Tipo de Reflector (3)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de Difusor (4)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº de Luminarias	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia Unitaria por Lámpara (W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tiempo Encendido Servicio General (horas/día) (5)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tiempo Encendido Limpieza (horas/día) (5)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tiempo Encendido Vigilancia (horas/día) (5)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Círculo Independiente para Limpieza	SI NO	SI NO	SI NO
Círculo Independiente para Vigilancia	SI NO	SI NO	SI NO
Tipo Programación Encendido-Apagado (6)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mantenimiento de Luminarias	B M	B M	B M
Dificultad para modificar nº de Circuitos	F D	F D	F D
Dificultad para modificar Luminarias	F D	F D	F D
Nivel Iluminación (lux, medido con luxómetro)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Flujo Luminoso en la zona (lux/W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Eficacia Luminosa Lámpara Actual (lumen/W)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(1) G: General; L: Localizado; I: Indirecto.

(2) En reflexión: (B) con colores claros y (M) con colores oscuros para el conjunto de techos, paredes y cerramientos.

(3) SR: Sin Reflector; Al: Aluminio Anodizado; Ch: Chapa Esmaltada..

(4) S: Sin Difusor; O: Plástico Opal; P: Plástico Prismático; L: Lamas en V; R: Rejilla.

(5) Los diferentes tipos de encendido que existan deben ser confirmados por el responsable del Centro.

(6) M: Manual; R: Reloj Horario; A: Automático (Células Fotoeléctricas).





Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 14. ENERGÍA ELÉCTRICA. SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL CENTRO DOCENTE

F 14.1. TENSIÓN DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Baja Tensión (Voltios)	<input type="text"/>	Tarifa	<input type="text"/>
Alta Tensión (Voltios)	<input type="text"/>	Tarifa	<input type="text"/>
Compañía Eléctrica Suministradora	<input type="text"/>		

F 14.2. TENSIÓN DE UTILIZACIÓN (SERVICIO)

Entre Fases (Voltios)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Entre Fases y Neutro (Voltios)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

F 14.3. POTENCIA MÁXIMA

Contratada Baja Tensión (kW)	<input type="text"/>
Contratada Alta Tensión (kW)	<input type="text"/>
Autoproducción (kW) (si procede)	<input type="text"/>
Potencia Grupos Electrógenos Emergencia (kW) (si procede)	<input type="text"/>
Potencia Grupos Electrógenos Continuidad (kW) (si procede)	<input type="text"/>

F 14.4. TRANSFORMADORES (para suministro en Alta Tensión)

Nº Total Existentes	<input type="text"/>	En Conexión Permanente	<input type="text"/>
Potencia Total (kVA)	<input type="text"/>		
Potencia por Transformador (kVA)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tensión Primario/Secundario (kV)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tensión de Cortocircuito (%)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

F 14.5. AUTOPRODUCCIÓN (si procede)

Cantidad (MWh):	Autoproducida	<input type="text"/>	Consumida	<input type="text"/>	Vendida	<input type="text"/>
Sistema de Generación	Fotovoltaica/ Otra:					<input type="text"/>



F 14.6. POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL DE MOTORES Y EQUIPOS

Equipos de Calefacción (kW)

Equipos de Distribución de Agua Fría (kW)

Equipos de Aire Acondicionado (kW)

Sistemas de Iluminación (kW)

Equipos Oficina y Ofimática (PC's, Fotocopiadoras, Impresoras, etc...)

Equipos Mecánicos (Ascensores, Puertas automáticas, etc...)

Otros Equipos Importantes (Iluminación zonas deportivas, etc....)

F 14.7. INSTALACIÓN DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

Si existen, Indicar el nº de Maximetros instalados

Tipo de Discriminación Horaria en Contador de Energía Activa

- | | |
|----------|--|
| Tipo 0 | Tarifa Nocturna Contador Doble Tarifa |
| Tipo 1 | Sin Contador de Tarifa Múltiple (Simple Tarifa) |
| Tipo 2 | Con Contador de Doble Tarifa |
| Tipo 3 | Contador de Triple Tarifa Sin disc. Sábados y Festivos |
| Tipo 4 | Contador de Triple Tarifa Con disc. Sábados y Domingos |
| Tipo 4-F | Contador de Triple Tarifa Con disc. Sábados, Domingos y Festivos |
| Tipo 5 | Contador de Triple Tarifa Con disc. Horaria Estacional |

Contador de Energía Reactiva

 SI NO

Se producen Sobre tensiones o Caidas de Tensión

 SI NO

Batería Automática de Condensadores para compensar fdp

- | | |
|-----------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> SI | Potencia (kVA) <input type="text"/> |
| <input type="checkbox"/> NO | Otros sistemas <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO |

Transformadores de A.T. con Condensadores Fijos para Compensación

 SI NO



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 15. ABASTECIMIENTO Y SUMINISTRO DE AGUAS

F 15.1. ABASTECIMIENTO DE AGUAS Y DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS

A) CONSUMO DE AGUA DE RED PÚBLICA

Consumo de Agua ($m^3/año$) Consumo de Agua de Uso Exterior ($m^3/año$)
Tipo de Suministro Por Contador Por Aforo

B) CONSUMO Y ALMACENAMIENTO

A.C.S. Contra incendios Riegos
Nº de Aljibes Nº de Depósitos Capacidad Total (m^3)

C) FUGAS

Porcentaje de Fugas en % del Consumo Medio
En Acometidas En Conducción En Equipos
En Fontanería En Depósitos No Detectadas

D) COSTE ANUAL

Coste Total Unitario €/ m^3
Abastecimiento €/ m^3 Depuración €/ m^3 Saneamiento

E) NECESIDAD REAL DE CONSUMO

Abastecimiento Actual Suficiente Insuficiente

F 15.2. SUMINISTRO DE AGUA PARA REFRIGERACION Y ACONDICIONAMIENTO

A) SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN (Instalación para Mantenimiento de nivel de Tº a 15°C o inferior) QUE UTILICEN AGUA DE LA RED PÚBLICA EN CUALQUIER LOCAL DEL CENTRO DOCENTE:

Capacidad Total en Frigorías/hora < 18000 SI NO
Equipos con Instalación de Recirculación (1) SI NO
Válvula Regulación Automática en cada Unidad
(u otro sistema limitador del consumo de agua) SI NO

B) SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE (Instalación para Mantenimiento de nivel de Tº a 15°C o superior) QUE UTILICEN AGUA DE LA RED PÚBLICA EN CUALQUIER LOCAL DEL CENTRO DOCENTE:

Capacidad Total en Frigorías/hora < 6000 SI NO
Equipados con Instalación de Recirculación (1) SI NO
Válvula de Regulación Automática en cada Unidad SI NO

C) CONTRATO ESPECÍFICO

Se dispone de contrato específico de Suministro de Agua para esta finalidad SI NO
En caso de haber Contrato, existe un Contador para medir el consumo de Agua SI NO

D) CONEXIÓN DEL AGUA A ESTOS SISTEMAS

Directa / Equipada con Válvula de Retención / No Directa
 Receptáculo para el vertido de Aguas Residuales de Equipos SI NO



F 15.3. SISTEMA ACTUAL DE SUMINISTRO DE AGUA

A) DIRECTO POR PRESIÓN DE LA RED PÚBLICA

Consumo (m ³ /año)	<input type="text"/>	Coste Anual (€)	<input type="text"/>
Calidad de Agua	<input type="text"/>		
Uso del Servicio			
Agua de Consumo	<input type="text"/>	Nº Grifos sin Temporizador	<input type="text"/>
Agua para Instalaciones	<input type="text"/>	Nº Urinarios sin Temporizador	<input type="text"/>
Otros Servicios	<input type="text"/>	Nº WC con cisternas (sin fluxores)	<input type="text"/>

B) GRUPO DE PRESIÓN

Presión Alimentación (bar)	<input type="text"/>	Altura Edificio a suministrar (m)	<input type="text"/>
Nº Bombas	<input type="text"/>	Potencia Total (kW)	<input type="text"/>
Intervalo de Ajustes de Presión, (bar)	<input type="text"/> De <input type="text"/> A <input type="text"/>		

C) PROCEDENTE DE POZOS EXISTENTES

Nº Pozos	<input type="text"/>	Caudal Total (litros/s)	<input type="text"/>
Altura Agua (m)	<input type="text"/>	Calidad del Agua	<input type="text"/>
Salinidad Total (mg/l)	<input type="text"/>	Conductividad 20 °C (us/cm)	<input type="text"/>
Precisa Tratamiento	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Coste Anual (€)	<input type="text"/>

D) PROCEDENTE DE RÍOS, MANANTIALES, AGUAS PLUVIALES, ETC...

Total Caudal (m ³ /día)	<input type="text"/>	Origen	<input type="text"/>
Uso para Servicio	<input type="text"/>	Calidad del Agua	<input type="text"/>
Salinidad Total (mg/l)	<input type="text"/>	Conductividad 20°C (us/cm)	<input type="text"/>
Precisa Tratamiento	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Coste Anual (€)	<input type="text"/>

E) AGUA DE MAR POTABILIZADA

Tipo de Planta potabilizadora

<input type="checkbox"/> Ósmosis Inv/Evaporativa/Evaporiz.Multietapa/Compresión Vapor Vacío/Otros			
Total Caudal (m ³ /año)	<input type="text"/>	Calidad del Agua	<input type="text"/>
Salinidad Total (mg/l)	<input type="text"/>	Conductividad 20°C (us/cm)	<input type="text"/>
Precisa Tratamiento	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Coste Anual (€)	<input type="text"/>

F 15.4. TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Sedimentación	<input type="text"/>	Desinfección-Cloración	<input type="text"/>
Filtración	<input type="text"/>	Desodorización	<input type="text"/>
Desgasificación	<input type="text"/>	Intercambio Iónico	<input type="text"/>
Estabilización	<input type="text"/>	Ósmosis Inversa	<input type="text"/>
Uso para Servicio	<input type="text"/>	Coste Potabilización (€/m ³)	<input type="text"/>



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 16. ADAPTACIÓN A LA NORMATIVA VIGENTE. OTRAS TECNOLOGÍAS

F 16.1. ADAPTACIÓN DE LA SALA TÉCNICA A LA NORMATIVA VIGENTE

(Señalar con X donde se incumpla la Normativa)

Conceptos	X	Observaciones (1)
Faltan Esquemas, Cartel Informativo, Instrucciones Emergencia		
Faltan Elementos de Medida, Regulación y Control		
Faltan Placas Identificativas en Equipos y Elementos de Control		
Sistemas Contraincendios y Medidas de Seguridad Inadecuadas		
Ventilación Sala de Máquinas Inadecuada		
Puerta de Acceso Vestíbulo y/o Desagües No Adaptados		
Instalación Eléctrica en Sala de Calderas Inadecuada		
Incumplimiento Normativa en Canalizadores y Redes Distribución		
Incumple por Ubicación Conjunta Calderas y Maq. Frigorífica		
Incumple Normativa sobre Contadores de ACS		
Perturbación Zonas Normal Ocupación por Ruidos, Vibraciones		
Incumple Reglamento Electrotécnico Baja Tensión en disp. Electrónicos		
Incumple Normativa Depósitos Almacenamiento Combustibles		
Sala de Máquinas utilizada para usos ajenos		
Nivel de Ruido superior a lo establecido (dBA)		

(1) Considerar la concordancia entre F 6.1.- y F 8.1.- (calderas/quemadores y sistemas de producción/distribución de frío).

F 16.2. POSIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE COGENERACIÓN (en grandes instalaciones)

Posibilidad de Uso de Otros Combustibles No Utilizados	SI	NO
En caso afirmativo, Indicar el Tipo de Combustible		
Hay Espacio Físico para Instalar Equipo de Cogeneración	SI	NO
Distancia entre la Posible Ubicación al Centro de Transformación (Acometida Eléctrica) (m)		
Distancia entre la Posible Ubicación y la Sala de Máquinas (m)		

Guía de auditorías energéticas en centros docentes

F 16.3. POSIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS DE ABSORCIÓN (producción de frío centralizada)



Si existen Efluentes Recuperables, Indicar tipo:

Agua Sobrecaleñtada	<input type="checkbox"/>	Agua Refrigeración Motores	<input type="checkbox"/>
Condensados	<input type="checkbox"/>	Aceite Térmico	<input type="checkbox"/>
Gases de Escape	<input type="checkbox"/>	Extracción Aire Tratado	<input type="checkbox"/>
Vapor	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>

La Energía Térmica Recuperable es:

Residual / Gratuita

Posibilidad de Utilizar Energía Eléctrica para Equipos de Compresión:

SI NO

Caudal Efluente Térmico (m³/h) Temperatura Salida (°C)

Horario Emisión Efluentes:

Constante (mes a mes) Variable (mes a mes)

F 16.4. CENTROS CON SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE AGUA CALIENTE

Nº Unidades	<input type="text"/>	Potencia Total (kW)	<input type="text"/>
Tipo Almacenamiento	Total:	Parcial:	<input type="text"/>
Nº Tanques	<input type="text"/>	Volumen Total (l)	<input type="text"/>
Capacidad Total	<input type="text"/>	Capacidad Almacen (kWh/m ³)	<input type="text"/>



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 17. PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

F 17.1. IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DEL CENTRO DOCENTE

Tipo Combustible	Potencia Térmica Instalada	Emisión de Productos de Combustión por Unidad de Volumen (mg/m³)					
		Partículas Sólidas	SO ₂	NO _x	CO (en ppm)	CO ₂	HC volátiles
Identificación	kW						
Sólidos	< 500						
	500-1000						
	> 1000						
Líquidos	< 500						
	500-1000						
	> 1000						
Gaseosos	500-1000						
	1000-3000						
	> 3000						

Observaciones:.....
.....
.....
.....

F 17.2. NATURALEZA DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES

Aguas Residuales Domésticas (no fecales)	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Aguas Negras Fecales	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Aguas de Limpieza, Riegos, Vertederos	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Aguas Residuales procedentes de Instalaciones	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Aguas Residuales de Procesos Productivos	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
Aguas con Residuos Tóxicos	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO

**F 17.3. DESTINO DE LOS VERTIDOS**

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Red de Alcantarillado, Colectores | <input type="checkbox"/> |
| Estación Depuradora | <input type="checkbox"/> |
| Vertidos al Medio Ambiente | <input type="checkbox"/> |
| Vertidos a Fosa Séptica | <input type="checkbox"/> |

F 17.4. REGLAMENTACIÓN DEL VERTIDO (únicamente para cuando no se utiliza red de alcantarillado)

- | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Autorización conforme a lo dispuesto en Ley de Aguas | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO |
| Existe Reglamentación Municipal para Vertido a Colectores | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO |
| Autorización Municipal | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO |
| Importe del Canon de Vertido (€) | <input type="text"/> | |

F 17.5. CAUDAL Y CONDICIONES DEL VERTIDO (solamente para el caso de vertidos de aguas residuales al medio ambiente)

- | | | |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Caudal Total de Vertidos al Medio Ambiente (m ³ /año) | <input type="text"/> | |
| Carga Contaminante del vertido (unidades de contaminación) | <input type="text"/> | |
| Si no hay Red de Alcantarillado, T ^o máx. Aguas Vertido Térmico (°C) | <input type="text"/> | |
| Supera el 10% del Caudal Mínimo Circulante del Cauce Receptor | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO |

F 17.6. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO (en el caso de que exista en el Centro Docente)

- | | |
|---|--------------------------|
| Sistema Unitario (Una única red para evacuar todo tipo de Aguas Residuales) | <input type="checkbox"/> |
| Sistema Separativo (Dos redes independientes: aguas residuales y aguas pluviales) | <input type="checkbox"/> |



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

FICHA 18. OBSERVACIONES TÉCNICAS Y COMENTARIOS ACLARATORIOS

F 18.1. COMENTARIOS Y OBSERVACIONES APORTADOS POR LOS USUARIOS DEL CENTRO DOCENTE

F 18.2. INFORMACIÓN SOBRE AULAS, SALONES DE ACTOS Y SALAS DE CONFERENCIAS

En caso de que se produzcan reflejos en las pantallas o pizarras utilizadas que obliguen a cerrar persianas y, consecuentemente, a utilizar luz artificial, señalar:

Nº Pantallas Longitud Pantallas Altura Pantallas
Total Anual de Horas de Utilización de estas Salas

E 18.3. INFORMACIÓN SOBRE LA POSIBLE IMPLANTACIÓN DE TELEGESTIÓN

Indicar el grado de aceptación del Centro Docente (nueva infraestructura y material informático, formación de personal, etc.) para el supuesto de que fuera susceptible de implantar telegestión:

Positivo Negativo

Comentarios adicionales:

.....
.....

F 18.4. IMPRESIÓN GENERAL SOBRE LAS POSIBILIDADES DE AHORRO EN EL CENTRO DOCENTE

Elevadas Moderadas Escasas

Señalar el tipo de instalaciones que se consideren más susceptibles de ser mejoradas en términos de ahorro y eficiencia energética:

Construcción	<input type="checkbox"/>	Aislamientos	<input type="checkbox"/>	Vidrios	<input type="checkbox"/>
Calefacción	<input type="checkbox"/>	Refrigeración	<input type="checkbox"/>	A.C.S.	<input type="checkbox"/>
Iluminación	<input type="checkbox"/>	Suministro Eléctrico	<input type="checkbox"/>	Regulación y Control	<input type="checkbox"/>
E. Renovables	<input type="checkbox"/>	Telegestión	<input type="checkbox"/>	No procede	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>	Señalar	<input type="checkbox"/>		



F 18.5. ACLARACIONES Y COMENTARIOS RELATIVOS A LA CUMPLIMENTACIÓN DE LOS CUESTIONARIOS

F 18.6. AMPLIACIÓN COMO ANEXO



5 APARATOS DE MEDIDA A UTILIZAR EN EL DESARROLLO DE AUDITORÍAS ENERGÉTICAS EN CENTROS DOCENTES

En la correcta ejecución de una auditoría energética, la toma de datos reales de la instalación es absolutamente imprescindible, pues sólo así se puede llegar a tener un conocimiento fiable y verdadero, tanto de los parámetros técnicos, como de los de confort de la instalación.

Uno de los aspectos fundamentales de la auditoría energética es la realización de una foto o radiografía de las instalaciones y para ello es preciso medir, para poder conocer y posteriormente actuar. En la mayoría de los casos, se deberá establecer una campaña de mediciones, registro y posterior análisis de todos los datos, por lo que a cada aparato de medida se le asignaría un registro de todos los datos recogidos.

El grupo auditor debe llevar consigo una serie de equipos técnicos específicos para la realización de esta recogida de datos. A continuación se muestran los más relevantes, pudiéndose incluir otros en la lista si las necesidades de la auditoría así lo requieren; no obstante, se entiende que para el ámbito de los Centros Docentes, la colección de equipos de medida a continuación presentada abarca todas las solicitudes de una auditoría en este campo.

Analizador de redes

El analizador de redes es un aparato utilizado para medir, consignar y, usualmente, conservar, registros de los parámetros eléctricos más significativos de una instalación. Para un correcto funcionamiento del equipo y para obtener un conjunto global de mediciones de la instalación será necesario disponer de las pinzas voltmétricas y amperimétricas del equipo analizador de redes que se esté utilizando.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes



Foto 5.1. Analizador de redes (Fuente: PCE Ibérica).

Dentro de los parámetros de medida más significativos que se reconocen con el analizador de redes se distinguen los siguientes:

- Tensión (V).
- Intensidad (A).
- Potencia efectiva (kW).
- Potencia aparente (kVA).
- Potencia reactiva (kVAr).
- Factor de potencia ($\cos \varphi$).
- Ángulo de fase (°).
- Frecuencia (Hz).
- Valores máximos y mínimos de potencias e intensidades.

Mediante el estudio de los valores de estas características eléctricas, el equipo auditor tiene un reflejo fidedigno del estado de funcionamiento de la instalación, y la información obtenida del estudio de estos datos permite enfocar de manera inequívoca el camino de las acciones de mejora eléctricas a emprender a nivel de instalación.



Foto 5.2. Analizador de redes (Fuente: Amperis).

Así mismo, cabe destacar que los analizadores de redes serán más que suficientes para las necesidades de datos eléctricos requeridos en auditorías energéticas para edificios o locales de docencia, si bien para medidas más puntuales o específicas sería posible la utilización de tester o multímetros.

Pinzas ampermétricas

La pinza ampermétrica es un instrumento de medida que permite cuantificar la intensidad de corriente que circula a través de conductores activos sin la necesidad de interrumpir el normal funcionamiento del circuito.



Foto 5.3. Pinzas ampermétricas digitales (Fuente: Kyoritsu).

Mediante la utilización de pinzas ampermétricas se consigue medir de manera sencilla y rápida la intensidad de corriente circulante, ya sea ésta corriente continua o alterna. Aunque fundamentalmente se diseñan y utilizan para este propósito, es posible encontrar pinzas que incorporan también la posibilidad de medir otra serie de parámetros como, por ejemplo, la capacidad o la resistencia.



Luxómetro

El luxómetro es un aparato de medida utilizado para la medición de los niveles de iluminación en una zona determinada. Trabajan a través de una célula fotoeléctrica que recibe la intensidad lumínica y, tras transformarla en electricidad, muestra el resultado expresado en lux. Puede utilizarse tanto para mediciones de niveles de iluminación en espacios interiores como en el alumbrado de las zonas exteriores de los complejos docentes.



Foto 5.4. Luxómetro (Fuente: Extech).

En espacios interiores, tal y como se ha comentado, el luxómetro mide el nivel de iluminancia de un espacio, es decir, mide la cantidad de energía radiante medida en un plano de trabajo y expresada en lux. Este valor del nivel de iluminancia ha de estar por encima de un mínimo establecido por la norma UNE-EN 12464-1 en función del tipo de espacio y la actividad a realizar (en esta misma normativa se basa el Código Técnico de la Edificación, C.T.E.).



Foto 5.5. Luxómetro (Fuente: PCE Ibérica).



Termohigrómetro

Mediante la utilización de este equipo, tal y como su propio nombre indica, será posible conocer los valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%) del ambiente de los espacios interiores del Centro Docente que se esté auditando.



Foto 5.6. Termohigrómetro (Fuente: Dickson).

Esta medición de valores puede realizarse de manera puntual o directa, es decir, con la utilización directa del equipo por una persona, o bien de manera programada electrónicamente, pues varios de estos equipos permiten su adaptación y conexión a un puesto informático. De este modo, se consiguen grabaciones de larga duración sin necesidad de que haya una persona *in situ*, accediéndose además de manera remota y directa a los datos recogidos por el termohigrómetro.



Foto 5.7. Termohigrómetro (Fuente: PCE Ibérica).



Anemómetros

Son aparatos utilizados para medir la velocidad del aire y el caudal volumétrico del mismo. Estas mediciones resultan importantes a la hora de evaluar los sistemas de climatización y son fundamentales si se trata de los sistemas de ventilación presentes en los Centros Educativos.

Las principales familias de anemómetros disponibles son los de hilo caliente, rueda alada o bien de tipo hermético.



Foto 5.8. Anemómetro (Fuente: Nielsen-Kellerman).

No es extraño que este tipo de aparatos integren también las funciones de medición de temperatura y humedad, con lo cual se podría conseguir el registro de estos tres parámetros con la utilización de un único instrumento de medida.



Foto 5.9. Anemómetro (Fuente: BSRIA Instruments).



Caudalímetros

Tal y como su propio nombre indica, un caudalímetro es un instrumento utilizado para la medición de caudales de fluidos. La colocación usual de estos equipos suele realizarse en línea con la tubería por la que circula el fluido del cual se está midiendo su gasto másico o caudal.

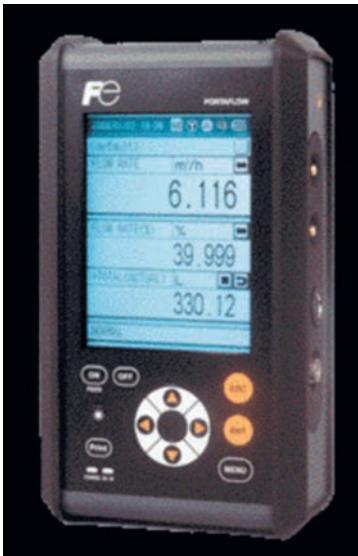


Foto 5.10. Caudalímetro ultrasónico portátil (Fuente: Fuji Electric Instruments).

Existe una amplia variedad y tipologías de caudalímetros, desde los más tradicionales, como son los mecánicos, hasta los más evolucionados de tipo eléctrico, electrónico o los que trabajan mediante ultrasonidos.

Manómetro

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. No obstante, la amplia mayoría de manómetros disponibles en el mercado son capaces de medir los valores de presión absoluta, vacío o presión diferencial, y son aplicables para la medición de estos valores tanto en el aire como en líquidos.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes



Foto 5.11. Manómetros digitales (Fuente: Leitenberger).

Medidor láser de distancias

La utilización de estos aparatos es muy útil en la obtención de distancias no facilitadas en los planos, así como para la medición de longitudes y cotas de espacios para el posterior estudio de posibles soluciones a aplicar en dichos espacios.



Foto 5.12. Medidor láser de distancias (Fuente: Leica).

La utilización de estos aparatos de medida da, como es evidente y obvio, unos resultados de una altísima fiabilidad, pues su tolerancia en

la medida es de un orden de magnitud de milímetros cuando miden magnitudes de metros.



Analizador de productos de combustión

La utilización de esta gama de equipos se antoja de gran importancia dentro del ámbito de las auditorías energéticas en Centros Docentes dado que, mayoritariamente, este tipo de dependencias puede cubrir sus necesidades de calefacción a través de calderas. Ello implica que un buen funcionamiento de las mismas redundará en un beneficio global del sistema y en un mejor comportamiento en términos de eficiencia energética de la instalación de calefacción en cuestión.

Dentro de los parámetros registrados por estos equipos se encuentran el propio rendimiento de la caldera, así como el registro de los valores relativos a O₂, CO o temperatura.



Foto 5.13. Analizador de gases de combustión (Fuente: Testo).

Mención especial dentro de esta gama de equipos de medida merece la utilización de los opacímetros, equipos que integran un sensor con el que se puede comprobar la visibilidad mediante la luz dispersada con las partículas y mediante el cual se es capaz de conocer la opacidad de los humos de combustión, parámetro que indica las emisiones a la atmósfera, así como el grado de funcionamiento relativo de la instalación.



Foto 5.14. Medidor de opacidad u opacímetro (Fuente: Testo).



Equipos para termografías

La termografía es un método de inspección y análisis basado en la obtención de imágenes de la distribución de la temperatura de los objetos. Esta práctica termográfica representa una importante ayuda a la hora de realizar una evaluación tanto de equipos (variaciones bruscas de temperaturas suelen ser una señal inequívoca de funcionamientos incorrectos) como de edificaciones (permitiendo ver el comportamiento térmico de cerramientos y huecos en los edificios).



Foto 5.15. Cámara de termografías (Fuente: NEC).

6

CONCLUSIONES DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LOS CENTROS DOCENTES DE LA COMUNIDAD DE MADRID



Los Centros Docentes deben presentar un elevado nivel de confort debido a las actividades que en ellos se realizan y a los largos períodos de tiempo que tanto el profesorado como el alumnado invierten en estas instalaciones. Los principales factores influyentes son: condiciones de climatización y ventilación, niveles de iluminación y confort en el uso de agua.

Así mismo, para el correcto desarrollo del proceso de aprendizaje hay que contar con los equipos informáticos, audiovisuales y de telecomunicación que sean precisos. Por último, también es común incluir equipos del ámbito de la restauración en los grandes Centros Docentes, que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar una correcta gestión energética, ya que son grandes consumidores de energía.

Será necesario establecer un equilibrio entre aspectos de presentación, diseño y ergonomía junto a criterios de ahorro energético.



Foto 6.1. Entrada al edificio de la facultad de Educación de la UCM.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Para ello, es necesario contabilizar y emprender acciones necesarias activas respecto a la gestión energética y de los recursos hídricos en el sector de la docencia, al estar íntimamente ligados estos factores con la calidad del servicio y su presentación frente al cliente.

Dentro de las medidas desarrolladas a lo largo de la presente Guía, se pueden destacar los siguientes resultados:

- Conseguir una reducción en el consumo energético y de los costes hídricos, mejorando la competitividad del sector.
- Menor coste de operación y mantenimiento, alargándose la vida útil de los equipos.



Foto 6.2. Vista general de la ETSI Minas de la UPM.

- Mejora de la eficiencia energética, adecuándose a la normativa vigente.
- Mejora de la imagen de los Centros, potenciando su sensibilización con el medio ambiente, así como la reducción de los niveles de CO₂, conseguida tras la implementación de las diferentes medidas.
- Mayor confort para los alumnos, incrementándose su rendimiento intelectual y nivel de satisfacción.
- Uso de nuevas tecnologías en sistemas de generación de frío y calor, así como en el uso de las energías renovables disponibles en la Comunidad de Madrid: solar, biomasa y geotermia de baja entalpía.

Todo uso de auditoría o gestión energética permitirá conocer el estado de las instalaciones y las posibilidades de mejora de las mismas.

A NEJO 1: GENERADORES ENERGÉTICOS EN CENTROS DOCENTES



CALDERAS

Las calderas son, probablemente, el generador energético más popular y conocido. Mediante su utilización se satisfacen las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria, y dada la amplia gama de calderas existentes, la cobertura que dan abarca la práctica totalidad de las demandas existentes, lo que permite encontrar calderas instaladas en pequeñas construcciones residenciales, así como en grandes complejos hoteleros, pasando por polideportivos y, evidentemente, en Centros Docentes.

Tradicionalmente el combustible empleado en las calderas era sólido (carbón) o líquido (gasoil), si bien los avances técnicos han evolucionado hacia la utilización de gas natural. El empleo de este combustible mejora el rendimiento de la caldera en unos valores del 3 al 5% por combustión a la par que hace que la caldera opere de manera más eficiente con el medio ambiente. La sustitución de calderas de carbón o gasoil se recomienda inequívocamente siempre que el aparato tenga aproximadamente 7 años, ya que el reemplazo por una caldera de gas producirá una mejora de la instalación con una tasa de retorno de la inversión no superior a los 5 años.

Dentro de esta tendencia hacia la mejora de rendimientos, actualmente, la práctica totalidad de fabricantes de calderas ofrecen equipos con rendimientos superiores al 90%, valor que se incrementa notablemente si se consideran calderas de baja temperatura o de condensación, en donde los valores de los rendimientos estacionales pueden alcanzar valores de hasta el 106%, calculados teniendo como referencia el PCI (poder calorífico inferior).



Foto A1.1. Caldera a gas en la ETSI Minas de la UPM.

Ahora bien, es necesario apuntar que, para realmente aprovechar este aumento en el valor del rendimiento de la caldera, es preciso contar con los equipos o unidades terminales adecuados que serán, por ejemplo, radiadores de alta eficiencia o sistemas de suelo, techo o paredes radiantes, pues trabajan a unas temperaturas que permiten a la caldera trabajar a un régimen tal que asegure ese aumento en el rendimiento mencionado.

Estos sistemas radiantes son de aplicación clara en Centros Docentes, pues permiten obtener unas condiciones de confort muy buenas a lo largo del tiempo dada la gran inercia térmica existente.

Una reforma importante es la utilización de sistemas de regulación de la temperatura de acuerdo con la temperatura exterior mediante válvula de tres vías y centralita de compensación, para satisfacer las necesidades térmicas en cada momento. Por ello, se recomienda realizar una regulación y control de la instalación mediante un sistema de gestión del edificio empleando sensores exteriores e interiores, al igual que unas adecuadas temperaturas de consigna. Así mismo, la técnica en quemadores de calderas ha avanzado mucho, sobre todo en los presurizados, siendo el conjunto caldera-quemador muy importante para aumentar el rendimiento de la instalación.

Con el fin de optimizar la producción de calor es necesario disponer de quemadores con escalonamiento de potencia y de generadores que se instalen para funcionar de forma escalonada según la potencia. En este aspecto, el nuevo RITE indica las actuaciones necesarias en cada uno de los casos.

Cuando la potencia térmica sea superior a 400 kW se suelen instalar dos o más generadores, debiéndose, además, prever un sistema de control automático de funcionamiento en secuencia de manera que se desconecte un generador si el otro puede cubrir la demanda instantánea de la instalación.



Foto A1.2. Instalación con varias calderas en la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

La ganancia en rendimiento para marchas fraccionadas de dos calderas en secuencia es del orden del 10 al 15% con respecto a la de una única caldera.

Los quemadores pueden ser de una etapa, de dos etapas o modulantes según la potencia de la caldera sea menor de 70 kW, de 70 a 400 kW o más de 400 kW.

Dadas las características de los edificios de docencia, es interesante estudiar la posibilidad de realizar una instalación multidisciplinar, integrando la utilización de diversas técnicas y equipos. En esta línea, un ejemplo puede ser el empleo de bombas de calor geotérmicas apoyadas por calderas de gas de condensación, cubriendo de esta forma el total de la demanda de climatización del Centro.

BOMBA DE CALOR

La bomba de calor es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un foco a otro, y según se requiera. La bibliografía sobre sus fundamentos técnicos, medios de absorción y receptores, modos operativos y rendimientos estacionales es amplia, por ello no se entrará en más detalle en esta Guía.

No obstante, se puede afirmar que, mediante su utilización, es posible satisfacer tanto las necesidades de frío como de calor según sean éstas requeridas, produciendo, además, un ahorro energético importante en las instalaciones de climatización del Complejo Docente estudiado.

De este modo, en áreas geográficas climatológicamente suaves, su empleo está más que justificado, ya que dan solución a la totalidad de las necesidades de climatización del Centro al ser máquinas reversibles, y, además, ahorran espacio y labores de mantenimiento si se compara con la posible solución tradicional, es decir, un equipo productor de calor para la climatización en invierno y otro productor de frío para los períodos estivales.



Foto A1.3. Máquina reversible: enfriadora y bomba de calor (Fuente: Ferroli).

Usualmente, las bombas de calor trabajan accionadas mediante energía eléctrica, si bien debe estudiarse la posibilidad de utilizar bombas de calor accionadas a gas, ya que ello permite reducir el gasto energético y utilizar el calor residual producido en el ciclo de funcionamiento para evitar la formación de hielo en el evaporador. A tal efecto, las bombas de calor eléctricas incorporan unas resistencias eléctricas y, cuando entran en funcionamiento, hacen decrecer de manera importante el COP de la bomba de calor.

El mejor rendimiento de la bomba de calor accionada con motores térmicos viene incrementado por la capacidad de modular el régimen de velocidad del motor para adaptarlo en cada caso a las necesidades de calor o frío, si bien precisa de personal formado específicamente para su correcto cuidado y mantenimiento.

También es interesante estudiar la posible incorporación de bombas de calor geotérmicas en aplicaciones de baja entalpía, debido a los importantes ahorros que produce la incorporación de este tipo de sistemas y su bajo impacto ambiental.

El coste de la instalación de una bomba de calor supera en más de un 40% al de una instalación de una caldera convencional, pero el coste de explotación es mucho menor, pudiendo amortizarse su utilización en menos de 3 o 4 años, periodo más que razonable teniendo en cuenta la vida útil estimada de un Centro de Docencia.

Tal y como ya se apuntó en el apartado anterior, es conveniente analizar la instalación de una bomba de calor en régimen bivalente alternativo junto con una caldera de baja temperatura, ya que, mediante este tipo de instalaciones «conjuntas», se consiguen unos muy buenos rendimientos.



Foto A1.4. Bomba de calor geotérmica para altas potencias (unidad central de energía Geozent® profi).

Es preciso reseñar, dado el sentido de la presente publicación, que la tecnología relativa a bombas de calor ha evolucionado considerablemente en un corto espacio de tiempo, con lo cual, si al realizar la auditoría de un Centro Docente existente se observa la instalación de este tipo de equipos, será preciso prestar atención al año de fabricación de los mismos, puesto que su sustitución puede ser una operación muy rentable dados los rendimientos muy superiores de los equipos actualmente disponibles. No obstante, la solución de cambio propuesta no ha de realizarse directamente, puesto que existen otra serie de posibilidades a tener en cuenta, como son la combinación de varios sistemas, pudiendo ser la bomba de calor parte de este nuevo sistema, ya que, como se ha comentado a lo largo de capítulos anteriores, el fin de una auditoría es dar soluciones globales que optimicen el total de la instalación del Complejo Docente en cada caso particular.

GRUPOS FRIGORÍFICOS

En los últimos años, los Centros Docentes están comenzando a ser grandes demandantes de frío, con lo cual la existencia de grupos frigoríficos en ellos será muy común. Se estima que un 40% del consumo de climatización en los Centros Docentes lo representa la refrigeración.

ción. Será menester en el desarrollo de la auditoría comprobar el estado de los mismos, así como su año de fabricación, tipo de compresor y la calidad de las tareas de mantenimiento realizadas. El parámetro operativo fundamental de estas máquinas es el EER (*Energy Efficiency Ratio*) que proporciona la eficacia frigorífica y que, como cabe imaginar, ha de ser lo más elevado posible pues en él se refleja el coste de cada frigoría conseguida por el equipo.

Dentro de las labores propias de auditoría energética a realizar en este tipo de máquinas se encuentran, en primer lugar, realizar una revisión del estado general de conservación de las mismas y, posteriormente, medir temperaturas y presiones en los puntos clave del circuito para conocer los valores de subenfriamiento y recalentamiento, y poder evaluar así el funcionamiento del grupo frigorífico.



Foto A1.5. Máquina enfriadora de Ferroli.

Al igual que se ha expuesto en el apartado de bombas de calor, la tecnología del frío se encuentra en constante evolución y las máquinas actuales poco tienen que ver con las instaladas una serie de años atrás. Por ello, si en un Centro Docente la antigüedad de los grupos frigoríficos es elevada, la opción de sustituir estos equipos, ya sea por otros grupos frigoríficos o bien por otra solución alternativa, ha de ser tomada muy en cuenta, ya que los rendimientos obtenibles superarán con creces a los de los grupos frigoríficos de cierta edad.

Evidentemente, el aspecto económico es fundamental para decidir acerca de la viabilidad de esta sustitución. No obstante, hay otra serie de factores a considerar y de posibilidades que deben ser planteadas y estudiadas detenidamente.





Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Las posibilidades que se han esbozado, específicamente son: máquinas frigoríficas por compresión, bombas de calor, utilización de energía eléctrica, uso de gas natural con aprovechamiento de los gases residuales o una aplicación de geotermia de baja entalpía.

Igualmente, existe la posibilidad de implantar cogeneración, lo cual conducirá a un enfriamiento por absorción con máquinas de bromuro o cloruro de litio e, incluso, se puede plantear la utilización de energía solar para producir frío mediante procesos de absorción.

Además de estas alternativas planteadas, el equipo auditor deberá tener presente el fraccionamiento de potencia existente en las centrales productoras de frío, así como la parcialización escalonada de su funcionamiento. Análogamente a lo explicado en el apartado referente a calderas, en el caso de tener dos equipos frigoríficos trabajando en paralelo, se deberá dotar de un sistema automático de regulación que impida el funcionamiento simultáneo de los dos equipos cuando la demanda sea baja y con uno de ellos se satisfagan las necesidades de frío.

El auditor debe de tener presente todas estas posibilidades o consideraciones y consultar con el asesor energético para buscar la solución más interesante en cada caso.

COGENERACIÓN

Los sistemas de cogeneración son sistemas mediante los cuales se consigue la producción simultánea de electricidad (o energía mecánica) y de energía térmica útil (calor) partiendo de un único combustible.

Para que la instalación de equipos de cogeneración tenga sentido, es necesario estudiar detenidamente cada caso, además de satisfacer unos requisitos mínimos. Éstos se cifran en funcionamientos anuales de más de 5.000 horas y, además, con unos consumos eléctricos igualmente muy elevados, del entorno de 2.000 MWh. Es por ello que su uso en edificios dedicados a la docencia estará muy reducido y únicamente será aplicable en los grandes edificios docentes que cumplan con los requisitos mencionados.

La cogeneración puede realizarse mediante la utilización de turbinas de gas o motores, ya sean de tipo Diesel u Otto. De ellos, el uso de

motores se recomienda para funcionamientos que no sean continuos, puesto que, si hay necesidades de realizar paradas y arranques, son más eficientes que las turbinas, cuyo uso se recomienda altamente en regímenes de funcionamiento continuados.



El fundamento de la cogeneración se basa en producir electricidad con estos equipos nombrados a la par que se realiza un aprovechamiento térmico de los desechos térmicos producidos por el funcionamiento de los mismos. Este aprovechamiento térmico apuntado puede ser utilizado bien para calentar directamente agua para calefacción o bien para producir frío utilizando una máquina de absorción. Así mismo, la energía eléctrica generada puede ser utilizada para autoabastecer las necesidades de consumo del edificio docente, con lo cual las ventajas que ofrecería la implantación de un sistema de cogeneración son variadas.

Cabe destacar que los residuos térmicos proceden de tres orígenes, con distintas temperaturas, como son los humos de la combustión, el agua de refrigeración y el aceite de lubricación. En numerosos casos no se aprovechan estos dos últimos y, sin embargo, su reutilización ofrece una serie de posibilidades muy interesantes desde el punto de vista energético.

Aun así, el rendimiento energético de la cogeneración es elevado y el impacto ambiental global es mucho menor que el de la generación eléctrica, bien sea en centrales convencionales o en centrales de ciclo combinado.

Como es evidente, el estudio económico debe de ser cuidadosamente tratado analizando posibles subvenciones, retorno de la inversión realizada y análisis del coste de su mantenimiento, pues son sistemas que requieren de inversiones elevadas, así como de unos planes de mantenimiento específicos.

GRUPOS ELECTRÓGENOS

Los grupos electrógenos son equipos capaces de generar electricidad mediante el movimiento de un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Su utilización es común cuando existe un déficit de generación eléctrica en la zona en cuestión, o bien cuando los cortes en el suministro eléctrico sean frecuentes.



Foto A1.6. Ejemplo de grupo electrógeno montado en cubierta.

La utilización de este tipo de grupos dota al centro de una cierta autonomía eléctrica, pues garantiza el suministro eléctrico en situaciones de falta de suministro o fallos de red. De este modo, los equipos tienen asegurado su normal funcionamiento durante un determinado lapso de tiempo al igual que se pueden mantener las condiciones de confort requeridas en el ámbito laboral. También quedan cubiertas las necesidades eléctricas en casos de emergencia mediante el empleo de estos grupos electrógenos. En la mayoría de los casos, los Centros Docentes estarán ubicados en zonas con un abastecimiento aceptable de todo tipo de servicios, con lo cual los fallos en el suministro eléctrico serán únicamente puntuales, si es que llegan a producirse.

La presencia de grupos electrógenos merece especial atención a la hora de evaluar eléctricamente la instalación, pues, si por reformas o modificaciones, el grupo electrógeno queda desfasado en relación al total de la instalación, su presencia puede perturbar el término de potencia reactiva, con lo cual el equipo auditor deberá, como se ha dicho, prestar atención a la posibilidad de que se produzca este hecho para subsanarlo rápidamente.

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El empleo de energías renovables, dada la situación energética actual, se antoja como imprescindible tanto por el ahorro energético que conllevan como por la reducción del impacto ambiental que su utilización significa.



Foto A1.7. Ejemplo de panel solar térmico fabricado por Ferroli.

Existen una gran cantidad de energías renovables, como son la energía solar, biomasa, biocarburantes, geotermia, hidráulica, eólica, etc. De todas estas energías renovables la energía solar térmica es, sin duda, la que parece más recomendable para la producción de agua caliente sanitaria. Por otro parte, el Código Técnico de la Edificación, en sus apartados HE-4 y HE-5, obliga a que en edificios de nueva construcción o en renovaciones importantes, y dentro de determinadas condiciones, se incluya energía solar térmica para la producción de ACS y, evidentemente, los edificios docentes no son una exclusión, si bien su consumo en agua caliente sanitaria será muy reducido dada la índole de las tareas y actividades desarrolladas en ellos.

El auditor energético deberá evaluar la situación del empleo de energías renovables, en este caso particular, solar térmica para producción de ACS, estudiando posibles mejoras y cerciorándose de que se cumplen los requisitos especificados en el Código Técnico de la Edificación (CTE) en términos de zona climática y de porcentaje mínimo de ACS a satisfacer con el empleo de energías renovables.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Los sistemas de energía solar fotovoltaica permiten la transformación de la energía contenida en la radiación solar en energía eléctrica a través de las denominadas células o paneles fotovoltaicos.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Dentro de las posibilidades de los sistemas fotovoltaicos existen dos grupos principales, los sistemas aislados (alejados de la red de distribución eléctrica) y los sistemas fotovoltaicos conectados a red, grupo en el que normalmente se ubicarán los Centros Docentes de la Comunidad de Madrid que incorporen sistemas de aprovechamiento fotovoltaico. La energía eléctrica generada a través de los sistemas fotovoltaicas podría servir para auto-gestionar la demanda (parcial o totalmente) del edificio, pero, sin embargo, lo usual en España ha sido inyectar esta energía eléctrica generada a la red, puesto que, en términos económicos, es más rentable exportar a red y cobrar estos kWh generados mientras se consume electricidad normalmente que consumir esta electricidad de origen fotovoltaico.



Foto A1.8. Ejemplo de instalación de energía solar fotovoltaica.

Así mismo, la producción de electricidad mediante instalaciones fotovoltaicas lleva aparejado una muy buena consideración energética en términos de obtener la certificación energética del edificio docente en cuestión, motivo que, unido al anterior, ha de estar presente en la mente del auditor cuando realice sus trabajos.

BIOMASA

El concepto de biomasa es muy extenso, pues incluye todo tipo de materia orgánica, ya sea ésta de origen animal o vegetal, y podrá estar formada, por tanto, de manera directa (fotosíntesis) o indirecta (digestión).



Foto A1.9. Pellets con calidad DIN+ de Enerpellet.

Las ventajas más significativas de la biomasa se centran en el ámbito medioambiental, pues se trata de una fuente de energía que no emite gases de efecto invernadero y no influye en el cambio climático, pues realiza un ciclo neutro en términos de CO₂, es decir, sus emisiones de CO₂ se equiparan a las absorbidas por el organismo vivo previo a la biomasa.

Dentro de los potenciales usos en un edificio de tipo docente que la biomasa puede tener, el más reseñable es el de la utilización de las denominadas calderas de pellets. Los pellets son pequeños cilindros obtenidos mediante el prensado de serrines o residuos reciclados de madera limpia, es decir, sin aditivos químicos. Mediante el empleo de estos equipos se pueden satisfacer las demandas de calefacción.

El equipo auditor debe evaluar la posibilidad de inclusión de esta fuente de energía puesto que, aparte de las características citadas, conlleva una consideración energética muy buena a la hora de obtener la certificación energética del edificio docente auditado.

GEOTERMIA DE BAJA ENTALPIA

Geotermia es, por definición, «la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie de la Tierra».

Dicha energía calorífica de la Tierra en la corteza terrestre procede de una energía acumulada en el núcleo de la misma, y de la desin-



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

tegración natural de isótopos radiactivos. Hasta una profundidad de unos 15 m, existen grandes influencias de las condiciones climáticas en la temperatura registrada en el subsuelo. A partir de ahí, la temperatura del subsuelo puede decirse que se estabiliza, pues sólo se incrementa unos 3 °C por cada 100 m (gradiente geotérmico). Cabe destacar que la geotermia de baja entalpía abarca hasta los 400 m de profundidad.

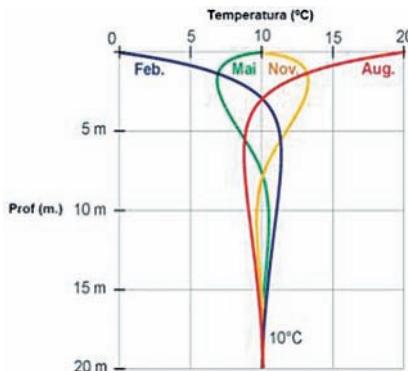


Figura A1.1. Diagrama típico de temperaturas y profundidades en Centroeuropa. (Fuente: BFE –Bundesamt für Energie).

Este recurso energético es la base de aplicación de una combinación entre calor y frío, de forma que el subsuelo almacene una determinada energía en verano, que podrá ser utilizada más adelante en invierno, y análogamente de manera inversa, completando el denominado ciclo geotérmico, desde una perspectiva energética sostenible.

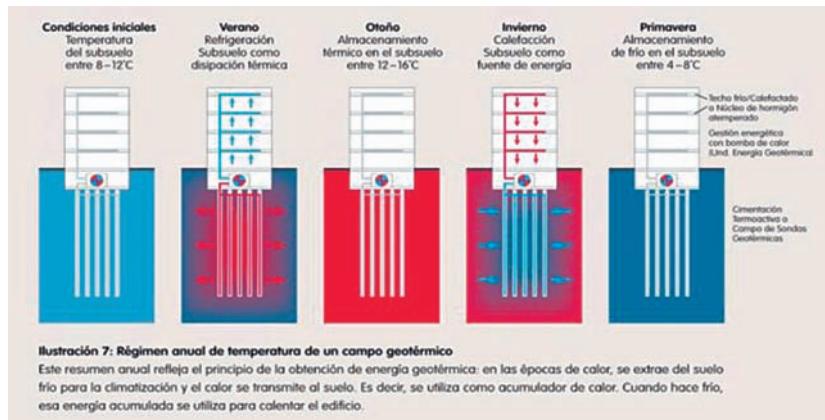


Figura A1.2. Régimen anual de temperaturas de un campo geotérmico (Fuente: Zent-Frenger).



De manera sintetizada, se puede resumir que, en todos estos sistemas, existirá la posibilidad de instalar sondas geotérmicas dentro de los mismos por las que circula un fluido caloportador energético (agua, con o sin anticongelante), capaz de absorber y transmitir dicha energía calorífica. La energía térmica necesaria para climatizar el edificio, tanto en calefacción como en refrigeración, es suministrada mediante una (o varias) bombas de calor que trabajan en unos ratios mínimos de 4 kW térmicos por cada kW eléctrico suministrado. Este rendimiento puede elevarse hasta 50 kW térmicos por cada kW eléctrico en el caso de «enfriamiento pasivo o free-cooling, en el que se aprovecha la temperatura del fluido de las sondas directamente para climatizar.

A modo de resumen, en la Fig. A1.3 se observan las diferencias de los distintos sistemas de climatización en relación a la energía de origen o primaria. Además, hay que añadir que los sistemas geotérmicos tienen un impacto ambiental mínimo, sin generación de gases de efecto invernadero ni CO₂.

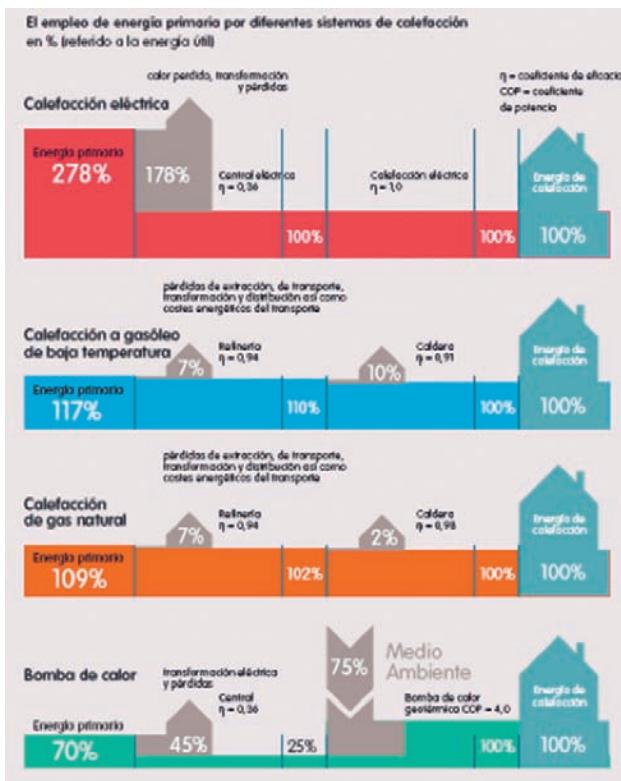


Figura A1.3. Empleo de energía primaria según el tipo de calefacción
(Fuente: Zent-Frenger).



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Como se ha apuntado, tanto las ventajas medioambientales como el ahorro energético y económico que trae aparejado esta forma de energía renovable conforman una técnica que debe ser considerada a la hora de proyectar y auditar edificios por la serie de ventajas que conlleva.

Otra posibilidad de aprovechamiento altamente viable en edificios es la cimentación termoactiva, consistente en activar energéticamente los pilotes necesarios para sustentar la edificación, basándose también en los principios de la geotermia de baja y muy baja entalpía.

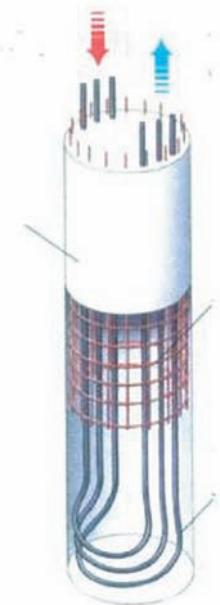


Figura A1.4. Pilote termoactivo (Fuente: Geoter).

A NEJO 2: CLIMATIZACIÓN DE CENTROS DOCENTES



El desarrollo de todas las actividades efectuadas por el cuerpo humano precisa de un aporte de energía exterior, fundamentalmente procedente de la alimentación. Efectivamente, esta energía química presente en ciertos materiales, bebidas y alimentos es aprovechada por el cuerpo humano a través de un conjunto de complejas reacciones de combustión alimentadas por oxígeno procedente a su vez de los procesos respiratorios. Este conjunto de reacciones encargadas de liberar esta energía química para su posterior utilización se denomina metabolismo y es el encargado de satisfacer las demandas energéticas de todos los subsistemas del organismo para su correcto funcionamiento. Esta demanda energética no hay que entenderla en términos de gastos energéticos especiales como podría ser la práctica deportiva, si no que en realidad el metabolismo se encuentra en constante funcionamiento, pues las funciones básicas para el mantenimiento de la vida precisan también de un aporte energético. Esta tasa mínima de funcionamiento metabólico es conocida como metabolismo basal.

Como es lógico, además de esta tasa metabólica basal se necesitarán una serie de aportes suplementarios que serían los encargados de satisfacer los gastos procedentes de actividades intelectuales y físicas que desarrolle el organismo y que se producen de manera continua en el ámbito docente. En el conjunto de estas acciones se desprende una cantidad importante de energía. Una pequeña cantidad de la misma es de naturaleza inercial, y procede de la realización de trabajos mecánicos puramente dichos, si bien el porcentaje casi total de energía se devuelve al medio en forma de energía térmica.

Esta energía térmica se cede al aire de la atmósfera por parte del cuerpo humano a una temperatura aproximada de 37 °C, que es la temperatura operativa en condiciones normales. Es posible que una pequeña



fracción de esta energía térmica se ceda por mecanismos de radiación, si bien la parte más importante de energía se entrega al medio en forma de calor sensible mediante convección por la piel. El resto de energía se entrega en forma de calor latente en el agua que se elimina por transpiración de la piel y de los tejidos que intervienen en la respiración.

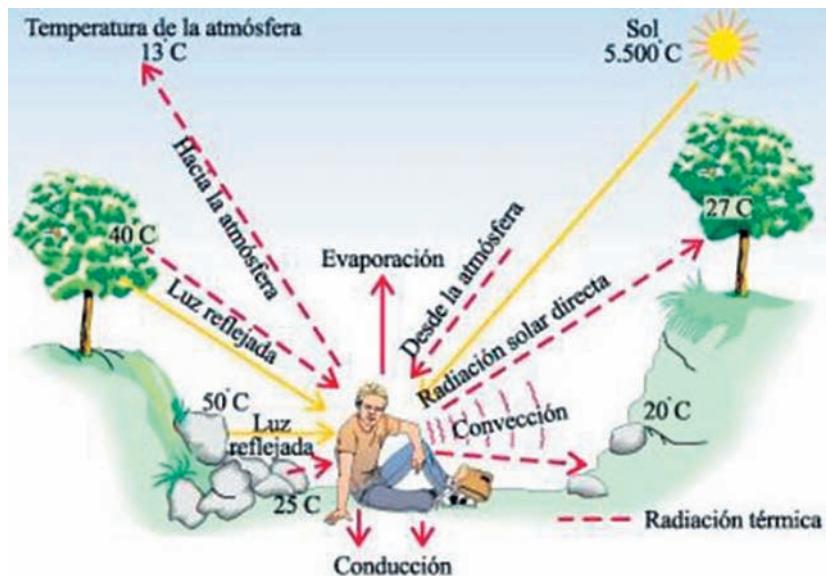


Figura A2.1. Intercambio térmico del hombre con el medio ambiente.

Para que este intercambio térmico se produzca de manera correcta han de satisfacerse una serie de condiciones mínimas. Así, para el caso de la cesión mediante radiación, es necesario que las superficies de alrededor del cuerpo estén lo suficientemente frías, de modo que, si la persona está cubierta por ropa, esta fracción de energía cedida por radiación prácticamente se anula. El calor latente precisa de unas condiciones de humedad determinadas, motivo por el cual la atmósfera circundante deberá tener unos valores de humedad relativa comprendidos entre el 30 y el 80% para que la evaporación sea suficiente sin desecar las partes del organismo expuestas. Por su parte, el calor sensible precisa que el aire atmosférico cumpla con un gradiente de temperaturas comprendido entre los 18 y los 28 °C para un correcto mecanismo de convección. Aunando todas las especificaciones descritas se puede afirmar que se dan las condiciones precisas para que el cuerpo humano realice sus actividades metabólicas con facilidad y bajo un grado de confort apropiado, que es el objetivo fundamental del presente anexo.



El metabolismo y su actividad son magnitudes medibles y cuantificables, para lo cual se ha ideado un índice, el *nivel metabólico* (NM), que viene expresado en *met*, siendo su equivalencia en el sistema internacional: $1 \text{ met} \approx 58,2 \text{ W/m}^2$. La superficie a que se refiere el *met* es la superficie exterior del cuerpo humano que está realizando la actividad. A falta de mejores datos, suele tomarse $1,6 \text{ m}^2$ para mujer y $1,8 \text{ m}^2$ para hombre. Una serie de valores del nivel metabólico que dan idea de su orden de magnitud se muestran a continuación.

- Persona durmiendo: 0,8 met.
- Persona sentada relajada: 1 met.
- Persona caminando: 3,4 met.
- Persona corriendo: 9,5 met.

Como se observa en los valores facilitados, el *met* define el consumo de energía de una persona de condiciones medias, necesaria para una actividad sedentaria, en ambiente confortable y con el aislamiento térmico proporcionado por la vestimenta apropiada. El ambiente confortable será próximo a 21°C de temperatura seca, 50% de humedad relativa y $0,2 \text{ m/s}$ de velocidad del viento.

En el párrafo anterior se ha introducido el concepto de aislamiento térmico, parámetro igualmente cuantificable y medible, en este caso por el denominado *índice de vestimenta* (IV), que viene expresado en *clo*, cuya equivalencia en unidades SI es la siguiente: $1 \text{ clo} \approx 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$ también referido a la superficie exterior del cuerpo humano al igual que el *met*. Como valores de referencia se suelen facilitar 1 *clo* para una temperatura de 20°C y 0,5 *clo* en el caso de tener 26°C .

Cuando la atmósfera presente en una determinada situación mantiene sus parámetros fuera del intervalo del confort, se hace necesario proveer artificialmente al ambiente de los medios necesarios para su recuperación. El conjunto de actividades para obtener estas condiciones convenientes en el interior de un local cerrado se denomina climatización. Estas actividades resultan necesarias cuando las condiciones climáticas de la zona se separan de forma continua de los límites marcados. Mediante la climatización se deberá proveer al local de las temperaturas húmedas y secas convenientes al igual que de los valores de humedad convenientes y la correcta velocidad de aire en el mismo.

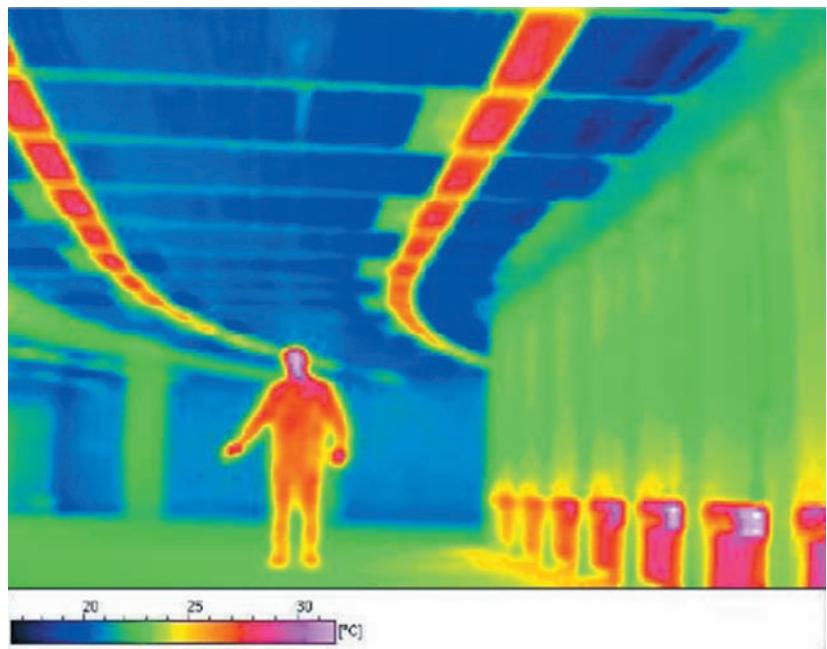


Figura A2.2. Termografía donde se puede apreciar el efecto térmico de los elementos de climatización (Fuente: Geoter).

Como es imaginable, en lugares muy fríos donde la temperatura ambiente puede bajar mucho de los 16 °C, el gradiente térmico presente retirará calor del cuerpo humano mucho más deprisa de lo que se puede generar y, por ello, será preciso calentar el aire para mantenerlo por encima de la temperatura mínima mencionada. No obstante, algo de esta diferencia térmica puede compensarse aumentando la actividad corporal, lo cual aumenta la generación de calor interna del organismo, si bien no es una situación sostenible en el tiempo por la fatiga y cansancio corporal que conlleva, además de otros factores fisiológicos. Otro método de compensación sería elevar el aislamiento térmico a través de la ropa aumentando ésta, si bien no se puede combatir una baja temperatura exterior por este método como es fácilmente entendible, al igual que tampoco es factible combatir estos valores bajos de temperatura a través del cerramiento de poros para evitar la transpiración y disminuir así la temperatura de la piel, que son las acciones que el propio organismo humano realiza para combatir esta situación térmica adversa.

Adicionalmente al factor térmico producido directamente por las condiciones exteriores, dentro de un local confluyen otra serie de

factores que influyen de manera determinante en las condiciones de confort y que, por ello, han de ser consideradas en la climatización. Alguna de estas circunstancias adicionales son la modificación del ritmo de la convección a causa de movimientos de aire o las radiaciones térmicas significativas que se produzcan en el propio interior del local.



Además, y tal como queda fijado en el Código Técnico de la Edificación (CTE) y en el RITE, es preciso realizar un aporte de aire fresco al local para renovar de manera constante el contenido de oxígeno y retirar los gases y partículas que hayan podido contaminar el aire del local por efecto de las actividades realizadas y la propia ocupación.

Como es lógico pensar, este aporte de aire exterior no puede ser realizado, en la mayoría de los casos, de forma directa al interior del local, puesto que el aire exterior precisará de un tratamiento previo, puesto que no cumplirá con las propiedades exigidas para un aire de interior en cuanto a calidad, composición o cantidad de partículas en suspensión.



Figura A2.3. Logotipos del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

En el ya mencionado RITE se definen unos índices que tratan de medir este bienestar térmico. Estos índices son el PMV (*Predicted Mean Vote*), el balance térmico del cuerpo humano (diferencia entre el calor emitido y el producido) y el PPD (porcentaje de personas insatisfechas).



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Estos índices clasifican en tres categorías el ambiente térmico que se denominan A, B y C según el porcentaje de personas insatisfechas y, como es evidente, se ha de tender a minimizar el número de personas en esta situación mediante un apropiado uso de las técnicas y posibilidades de climatización existentes.

Tabla A2.1. Escala de valores del PMV.

PMV POSITIVO	SENSACIÓN DE CALOR
3	Muy Caluroso
2	Caluroso
1	Ligeramente Caluroso
PMV POSITIVO	NEUTRALIDAD TÉRMICA
PMV NEGATIVO	SENSACIÓN DE FRÍO
-1	Fresco
-2	Ligeramente Frío
-3	Muy Frío

Para el dimensionamiento de los equipos de climatización a aplicar en edificios docentes es preciso centrar la atención y basarse en dos conceptos o parámetros fundamentales: la potencia de producción de calor para la climatización de invierno y la potencia de producción de frío para las épocas estivales. La consecución de valores de climatización que satisfagan las necesidades de cada estación o situación climatológica será el indicativo inequívoco de que dicha climatización es correcta.

Las potencias de los equipos de climatización deberán calcularse determinando previamente las cargas térmicas a superar tanto de calefacción como de refrigeración, de modo que un estudio riguroso de cargas se antoja indispensable para un buen proyecto de climatización. Estas cargas térmicas vienen determinadas por una serie de conceptos que se muestran a continuación:

- (a) las condiciones térmicas de la edificación,
- (b) la definición del ambiente a mantener en los locales climatizados,
- (c) los parámetros térmicos existentes en el ambiente exterior.

Las propiedades incluidas en (a) son de básica importancia. Una arquitectura adecuada a las condiciones meteorológicas del lugar

puede disminuir las cargas térmicas de invierno y verano en proporciones muy grandes, con la consiguiente disminución de la inversión en los equipos y en el coste económico y energético de su operación. En el extremo opuesto, una arquitectura no apropiada puede llegar a imposibilitar una determinada climatización. Con un estudio del local, y teniendo siempre presente la importancia de soluciones bioclimáticas, se puede ahorrar gran cantidad de energía. Además, habrán de tenerse siempre perfectamente presentes las condiciones explicitadas en el Código Técnico de la Edificación para su escrupuloso cumplimiento.



Foto A2.1. Sistema de protección solar instalado en la ETSI Minas de la UPM.

En términos generales, es posible afirmar que un correcto aislamiento de la edificación reducirá de manera significativa el gasto energético, tanto en frío como en calor. Otro aspecto fundamental de la climatización es el ambiente a mantener dentro del interior de los centros tal y como se explicitó en el apartado (b) y, evidentemente, ha de definirse atendiendo a los usos y hábitos específicos de la actividad a desarrollar en el interior de las dependencias climatizadas en conjunción con las imposiciones legales y normativas que sean de aplicación.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Así mismo, las condiciones climatológicas y ambientales recogidas en (c) han de ser analizadas minuciosamente mediante los registros tomados en los años consecutivos inmediatamente anteriores. En particular, se recomienda trabajar con una cifra en torno a los quince años para obtener un año medio, que se tomará como modelo de repetición en los años de vida útil de los equipos de climatización.

De este modo, se valora la potencia con que los equipos climatizadores deberán trabajar durante una hora de un día determinado y vendrá definida por los parámetros derivados de (a) y (b), y por las condiciones térmicas exteriores que para esa hora resulten en el año medio confeccionado. Es práctica usual que los equipos no se dimensionen con una potencia máxima capaz de atender las necesidades del intervalo horario más adverso que se considere, sino que, en cambio, se dejan fuera del dimensionado un cierto número de las horas de condiciones más extremas, lo cual permite dimensionar los equipos y satisfacer así las cargas térmicas únicamente en un porcentaje de horas determinado, siempre muy elevado, dejando fuera únicamente las denominadas cargas pico. El número de estas horas de los meses que definen las campañas de climatización de invierno y verano durante las cuales la temperatura seca exterior es más extrema que la máxima considerada en el diseño, expresado en porcentaje del total de horas de la campaña, se conoce como *nivel percentil del proyecto*, que se simboliza por NP.

Según la calidad que se desee para la instalación de calefacción, el nivel percentil de invierno se tomará del 99% o del 97,5%. En el primer caso, y para el supuesto de calefacción, se excluyen 22 horas del total de las 2.160 horas de los 90 días que incluyen los meses de diciembre, enero y febrero. Este valor aumenta hasta las 54 horas en el caso de trabajar con el segundo nivel de percentil propuesto. En el caso de instalaciones de refrigeración, se consideran niveles percentiles del 1%, 2,5% y del 5%, con lo que se excluyen 29, 73 o 146 horas del total de las 2.928 horas de los 122 días incluidos en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Cabe destacar, llegados a este punto, que la norma UNE 100-014 incluye los criterios para aplicar los distintos percentiles según el tipo de uso de los edificios y locales objeto del proyecto de climatización.



Foto A2.2. Vista parcial de la sala de calderas de la ETSI Minas de la UPM.

La instalación de climatización de un centro dedicado a actividades docentes tiene dos versiones diferenciadas a tener presentes. Una de ellas es la climatización de las zonas destinadas a ser utilizadas por los alumnos, como son aulas, salas de trabajo, etc., y la otra versión es la dedicada a cocinas y servicios auxiliares, donde será necesario evacuar humos mediante ventilaciones específicas y utilizar enfriadoras al igual que cocinas industriales con la consiguiente emisión térmica que su utilización provoca y que debe ser tratada.

A continuación se van a exponer una serie de consideraciones generales sobre los componentes básicos que una instalación típica de climatización ha de incluir:

- Un equipo productor de energía térmica, considerando la producción en un concepto generalizado que incluye tanto la producción de calor como la de frío.
- Un equipo terminal que intercambia el calor o el frío generado con el aire del local objeto de la climatización.
- Una red de distribución, ya sea de calor o frío, que conecta el equipo productor con el equipo terminal.



Foto A2.3. Aula principal de exámenes en la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM climatizada mediante sistema de absorción.

Tal y como se ha comentado, estos son los componentes básicos generales en toda instalación de climatización, si bien se antoja prácticamente imprescindible complementarlos con un sistema apropiado de instrumentación, programación, control y regulación que optimice el funcionamiento del sistema global. Igualmente, la inclusión de equipos humectadores y deshumectadores, al igual que de tratamiento de aire y agua, son prácticamente indispensables en la concepción de una instalación de climatización hoy en día.

Los equipos de producción de frío o calor más frecuentemente utilizados en los proyectos dentro del ámbito de la climatización de Centros Docentes se encuadran en las siguientes familias:

- Convertidores térmicos de electricidad por efecto Joule.
- Calderas que funcionan con diversos combustibles.
- Equipos que operan por condensación de gases en ciclos de compresión.
- Equipos que trabajan por evaporación de líquidos refrigerantes en ciclos de compresión.

Los equipos terminales son cambiadores de calor entre el caudal térmico transportado desde la producción y el aire del local a climatizar. Vienen determinados por el sistema térmico alimentador y, de manera

genérica, se engloban en la denominación de baterías, siendo fundamentalmente construcciones metálicas que conforman conducciones para la circulación del líquido transportador térmico, ya sea éste agua o refrigerante. Estas conducciones se integran en superficies extendidas, del tipo aletas o placas, para que se produzca una buena convección del aire que circula por el exterior de ellas y que la sensación aportada por la climatización sea la deseada en el interior del local.



Existe la posibilidad de realizar el transporte de aire con el propio aire del local, ya sea de manera total o parcial, con lo cual la batería quedaría ubicada en la misma sala de máquinas donde se localiza el equipo productor o bien en una sala intermedia dentro del recorrido total de transporte.

En estos casos el dispositivo encargado de introducir aire en el local recibe el nombre de equipo terminal. Este elemento suele ser una rejilla diseñada para proteger los conductos de aire contra la entrada de elementos extraños, como suciedad, basuras, insectos, etc., y que también sirve para facilitar la salida del aire y su distribución apropiada en toda la superficie del local a climatizar. Hay ocasiones en que la configuración de estos elementos se aparta mucho de la morfología de una rejilla y es entonces cuando reciben el nombre de difusores.



Foto A2.4. Sistema de distribución térmica en un aula de la Facultad de Educación de la UCM.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

En la red de distribución un fluido térmico transportará el calor o frío desde el equipo que lo produce hasta los equipos terminales. Las conducciones de transporte formarán una red que, a partir de uno o más distribuidores principales y por medio de ramales secundarios, alimentan los elementos finales del sistema. Las características técnicas de estas conducciones dependerán principalmente de las especificaciones del fluido caloportador que por ellas circule.

Cabe apuntar, llegados a este punto, la posibilidad existente de clasificar los sistemas de climatización de acuerdo a su forma de transporte o bien atendiendo a sus métodos de regulación.

Casi en todos los casos el procedimiento de climatización del Centro Docente consistirá en acondicionar el aire que contiene a las temperaturas seca y húmeda prefijadas sin pretender acciones sobre los materiales en el interior del Centro ni sus cerramientos.

De todas formas, la convención desde el aire del local acaba aproximando los materiales del cerramiento del local y los contenidos en su interior a la temperatura del propio aire. Esto es una ventaja desde dos puntos de vista: una diferencia importante de temperaturas entre el aire y los materiales del local lo hace incómodo para los ocupantes que percibirán esa diferencia de temperaturas por radiación o transmisión superficial según contempla el RITE en su apartado de Calidad de Aire. Además, la capacidad calorífica de los materiales constituye una inercia térmica que colabora con el sistema de climatización a mantener los parámetros del acondicionamiento.

Es interesante en climatización, como ya se apuntó en el capítulo introductorio de la presente publicación, contemplar la posibilidad de incluir conceptos de zonificación de espacios, es decir, considerar como zonas distintas las diferentes partes del Centro que pueden y, por ende, deben ser tratados de forma diferente dentro de una misma instalación de climatización, como pueden ser las distintas aulas o incluso los espacios destinados a servicios complementarios.

Atendiendo precisamente a este tratamiento zonal de la climatización y en conjunción con los equipos utilizados para ello, se llega a una de las clasificaciones más extendida en cuanto a tipos de climatización posible, teniendo dos grandes grupos, a saber:

- Climatización por sistemas *independientes*, en la que cada zona se trata con un equipo propio y separado del resto únicamente para ella.
- Climatización centralizada, si varias zonas se tratan mediante la misma instalación.



A continuación se describirán de manera somera las principales características de cada uno de los dos grandes grupos propuestos, con el fin de delimitar claramente los atributos de cada uno de ellos.

Dentro de los sistemas independientes se puede hacer a su vez una subdivisión de los mismos en sistemas *partidos* o *compactos*.

Se entenderá por *sistema independiente partido* todo aquel sistema de climatización que, dando servicio a una única zona, lo haga constando de una unidad interior y otra exterior. Dentro de la unidad exterior se dispondrán el compresor, la válvula de expansión y el condensador, que, a su vez, va equipado con un ventilador para la circulación de aire. En la unidad interior se dispone de un evaporador, un ventilador silencioso y también un filtro para la posterior circulación de aire en el local.

Cabe destacar que en estos sistemas las unidades interior y exterior estarán conectadas mediante líneas de refrigerante y que pueden separarse hasta unas distancias de 10 o 15 metros. Suelen construirse para satisfacer cargas de refrigeración de hasta 15 kW para locales ocupados. Además, la unidad interior puede equiparse adicionalmente con una resistencia eléctrica, de modo que entonces se suministraría también calefacción al local cuando la máquina funcione como bomba de calor.

Como se ha indicado, pueden construirse de forma que las dos baterías puedan intercambiar sus funciones accionando una válvula inversora del circuito a la salida del compresor.

El equipo entonces es una bomba de calor aire-aire que proporciona calefacción o refrigeración según se ordene. Este tipo de instalaciones dentro del campo de los Centros Docentes tendría su mayor rango de utilización en aulas independientes o pequeños centros o salones de dimensiones moderadas.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

El otro gran grupo de métodos de climatización independientes es el que corresponde a los sistemas independientes compactos, cuya característica principal es la de incorporar el ciclo frigorífico en una única caja, tal y como se muestra en la Fig. A2.4.

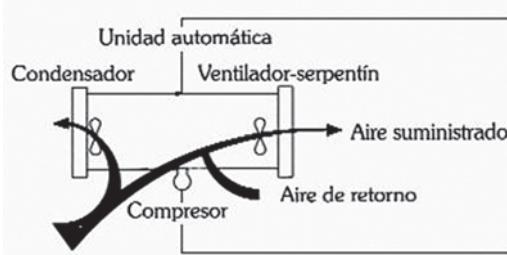


Figura A2.4. Sistema de expansión directa.

Estos sistemas compactos pueden ser, a su vez, de varios subtipos. Entre ellos, uno de los más habituales para pequeñas potencias son los sistemas aire-aire, en cuyo caso han de ser montados, obligatoriamente, en el cerramiento del Centro de acuerdo a la siguiente disposición: el condensador y su circulación de aire van del lado exterior mientras que en el lado interior se ubican el evaporador y su correspondiente circulación de aire.

Sin embargo, para grandes potencias se suele abandonar la configuración aire-aire para pasar a trabajar con sistemas agua-aire, lo cual permite su instalación en el interior del local, sacando al exterior el agua de condensación.

Existe otra posibilidad adicional, que es construir estos equipos como bombas de calor y equiparlas como sistemas del tipo agua-agua, de modo que se tiene así un equipo productor de frío o calor que necesitará de una serie de equipos terminales, así como de una red de distribución, según sea el modo de operación con el que se vaya a utilizar.

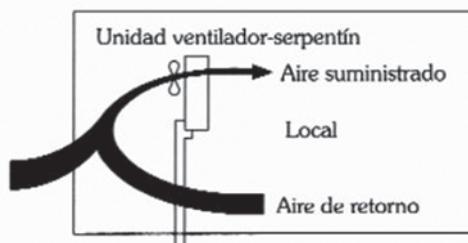


Figura A2.5. Esquema de sistema todo agua (Fuente: Geoter).

Una posibilidad interesante desde el punto de vista monetario por las ventajas económicas que conlleva, es la de sustituir el ciclo frigorífico por un proceso de saturación adiabática haciendo que el flujo de aire atraviese un filtro empapado. Con ello, el enfriamiento del Centro queda limitado por su temperatura húmeda, lo cual restringe enormemente su uso y practicidad, salvo en zonas de atmósfera muy seca. Es posible obtener alguna mejora operativa preenfriando el agua que alimenta el filtro por evaporación en un compartimento preparado a tal efecto, como puede ser, por ejemplo, una torre.



Como es fácilmente imaginable, el rango de utilización de los sistemas centralizados es el de las instalaciones docentes de gran tamaño, donde se tendrá, por norma general, un único equipo productor de frío o calor conectado mediante una red de distribución a los equipos terminales.

Cabe apuntar en este punto que, dentro del argot técnico, se conoce como sistemas todo agua a aquéllos en los que el fluido térmico distribuidor es el agua, mientras que por sistemas todo aire se entienden aquéllos en los que el aire del Centro se trata en la sala de máquinas y se emplea como fluido térmico.

Los sistemas agua-aire se alimentan térmicamente con agua procedente del equipo productor de energía, mediante cambiadores de calor intermedios situados estratégicamente que tratan el aire de las dependencias que constituyen subzonas atendidas de forma independiente.

A NEJO 3: ILUMINACIÓN EN CENTROS DOCENTES



Es norma habitual en la sociedad actual reconocer y aceptar la importancia vital de la enseñanza como tarea formativa de niños, adolescentes y adultos, siendo parte del derecho inalienable a la educación. Sin embargo, también es un hecho la escasa trascendencia que se la concede a las condiciones en las que se desarrolla este proceso educativo.

La realización del tipo de actividades que tienen lugar en un Centro Docente obliga a unas adecuadas condiciones térmicas y ambientales de confort, pero también a la consecución de unos niveles lumínicos adecuados, pues las consecuencias fisiológicas que se pueden derivar de la no obtención de éstos son, ciertamente, graves, puesto que involucran a la vista, sentido que nos brinda más y mejor información del mundo exterior.

Además, médica mente está contrastado que durante la etapa vital que va desde el nacimiento a la edad aproximada de 15 años la visión se modifica de manera importante, de modo que la iluminación juega un papel primordial en ella, pues es un agente clave en las actividades intelectuales de las personas durante toda su vida y determinante en el correcto crecimiento físico e intelectual.

Los Centros Docentes, como ya se ha comentado, requieren de una correcta gestión lumínica dada la naturaleza de las actividades, fundamentalmente intelectuales, que se realizan en su interior, así como el perfil de usuarios que albergan. En primer lugar, debe garantizar la realización de las actividades docentes en unas condiciones adecuadas de visibilidad, dentro de unos parámetros de bienestar psicológico y fisiológico. Simultáneamente, se debe compaginar dicho proyecto luminotécnico con criterios de eficiencia energética de la instalación, debido al elevado número de horas en funcionamiento de las mismas.



Foto A3.1. Vista general del aula de exámenes de la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM.

Por otra parte, el proyecto luminotécnico global ha de incluir también el tratamiento de las zonas comunes del Centro, así como de las áreas deportivas o zonas verdes, si las hubiera, junto con todo el sistema relativo a la iluminación exterior.

En las zonas específicas dedicadas a la docencia, como aulas o salas de audiovisuales y ordenadores, se deberán satisfacer elevados requerimientos tanto ergonómicos como luminotécnicos, proporcionando unas condiciones de visión que permitan una concentración en la tarea encomendada, disminuyéndose en la medida la fatiga, manteniendo una postura corporal relajada.

Los trabajos realizados en la auditoría energética, así como las acciones propuestas en ella dentro del ámbito de Centros Docentes, deberán contemplar aspectos de confort para el desarrollo intelectual, incorporando todas las posibilidades que brinda la luz natural, proyectadas desde un planteamiento de eficiencia energética.

Un aspecto a considerar en la iluminación de Centros Docentes es la luz natural, la cual tiene un doble aspecto a considerar. Por un lado, se sitúa la posibilidad de su empleo y utilización directa para dotar de niveles lumínicos adecuados a las distintas estancias o locales que dispongan de ella, evitando el empleo de luz artificial. Sin embargo, esta

luz natural también tiene su relevancia en términos térmicos, siendo preciso realizar una correcta gestión de la misma para no utilizar de manera ineficiente los recursos de climatización existentes.



Foto A3.2. Aprovechamiento de la luz natural en la ETSI Minas de la UPM.

Cuando la luz natural incide con una alta luminancia se produce un efecto de deslumbramiento, que en muchos «edificios inteligentes» es corregido automáticamente por sistemas de persianas, estores, etc., y que también tiene su importancia en términos térmicos, como ya se ha apuntado.

Dentro del proyecto de iluminación de un Centro Educativo intervienen diferentes aspectos, tales como color, textura de superficies fijas y móviles, elementos auxiliares, mobiliario, así como elementos de control y regulación que permitan alcanzar el máximo rendimiento en la instalación y en el desarrollo de la actividad docente y estudiantil.

El conjunto de aspectos de tipo ergonómico cobra relevante importancia dentro de la auditoría energética, donde los «usuarios» de esta actividad desempeñen una actividad intelectual durante largos períodos de tiempo al día.

La calidad de la iluminación está regulada por Normas en sus aspectos básicos, pero debe adaptarse tanto a los espacios como a los objetos a iluminar.



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

A la hora de evaluar el proyecto energético de la instalación se considera la aplicación de unos criterios tales como flujo y eficacia lumínosa, luminancia e iluminancia, uniformidades, deslumbramientos, etc., junto a los aspectos creativos y de análisis que exigen todas las diferentes zonas de estudio.

El presente anexo se ha redactado con el objetivo de clarificar los valores luminotécnicos a satisfacer en Centros Docentes de la forma que marca la normativa, así como la forma de concebir y gestionar los sistemas lumínicos de la manera más eficiente posible.

OPTIMIZACIÓN DE ALUMBRADO E ILUMINACIÓN EN CENTROS DOCENTES

Un entorno motivador siempre favorece la realización de actividades y este extremo se antoja fundamental en un Centro Docente, por la importancia de las tareas realizadas en él y por la propia idiosincrasia de sus usuarios, ya sean profesores o alumnos.

Es conocido que si el ambiente en las aulas es bueno, las clases son más divertidas y productivas, concordando así la atmósfera del Centro con el objetivo pedagógico. Como es evidente, la iluminación juega un papel clave en la consecución de este ambiente docente óptimo, pues influye, además de en la propia realización de las tareas y labores, en la calidad de uso del material docente, así como en un correcto desarrollo personal del alumno y unas buenas condiciones de trabajo para el personal docente.



Foto A3.3. Aspecto general de un aula en el C.E.I.P. Azorín de San Cristóbal de los Ángeles.

El alumbrado e iluminación de una determinada zona de un edificio docente se consigue mediante un número de luminarias de unas características determinadas situadas de forma que la iluminación y la calidad de luz sea la adecuada a la tarea visual a realizar en dicho local. Las cualidades que debe reunir una buena iluminación son:

- Proporcionar el nivel luminoso suficiente.
- No provocar deslumbramientos.
- Reproducir los colores adecuadamente.

El nivel luminoso óptimo depende de una serie de factores según la tarea visual que se vaya a realizar, entre los que cabe destacar: la magnitud de los detalles de los objetos que se trata de ver, la distancia de estos objetos al ojo del observador, los factores de reflexión de los objetos observados, el contraste entre los detalles y los fondos sobre los que se destacan, el tiempo empleado en la observación de los objetos, la velocidad de los objetos móviles, etc.

Así, a modo de ejemplo, se puede observar la iluminación «en niveles mínimos» que se tiene en las zonas de parking subterráneo de los Centros Docentes, así como de zonas que disponen de ganancia lumínica solar directa, donde realizar un aporte lumínico extraordinario a este tipo de zonas no supone más que incurrir en un gasto inútil al no estrictamente necesario para su normal funcionamiento.

Además, es conveniente tener en cuenta las siguientes circunstancias: en iluminaciones inferiores a 100 lux, se utilizará siempre alumbrado general; para iluminaciones comprendidas entre 100 y 1.000 lux, puede completarse el alumbrado general con un alumbrado individual o localizado, permanente o temporal, que permita alcanzar los valores de iluminación deseados; para iluminaciones superiores a 1.000 lux, el alumbrado del plano de trabajo habrá de ser localizado, lo que no excluye el necesario alumbrado general.

Como es evidente, sin una correcta iluminación no es posible ver correctamente, de modo que es preciso cuantificar unos niveles de iluminación, o iluminancia, que sean los adecuados para un correcto desempeño de las labores involucradas en la docencia.





Guía de auditorías energéticas en centros docentes

Así pues, la iluminancia determina la visibilidad de la tarea a efectuar, pues afecta a la agudeza visual, a la sensibilidad del contraste, a la capacidad de discriminación y a la eficiencia de acomodación del enfoque visual de acuerdo a la tarea que se esté realizando.

Por lo tanto, el nivel de iluminancia debe establecerse en función del tipo de actividad a realizar y su duración, de la distancia de percepción, de las condiciones ambientales y de la edad de los usuarios.

La Tabla A3.1. facilita una serie de valores mínimos y recomendados para la **iluminancia media horizontal**, medida en lux, para un plano útil horizontal situado a 0,85 m y teniendo como base una instalación de iluminación media.

Tabla A3.1. Valores de iluminación según las zonas existentes en un Centro Docente (Fuente: ANFALUM).

ZONA	RECOMENDACIONES PARA LA ILUMINACIÓN EN CENTROS DOCENTES
	ILUMINACIÓN (Ix)
HALL	
Alumbrado general	150-200
Recepción	300-500
ÁREAS DE CIRCULACIÓN	
Alumbrado diurno	150-200
Alumbrado nocturno	75-100
AULAS DE CLASE	
General	300-500
Pizarra (plano vertical)	300-500
LABORATORIOS	500-750
TALLERES	
Trabajo basto	300-500
Trabajo fino	500-750
DIBUJO	
Manual	500-750
Con ordenador	300-500
AULAS INFORMÁTICAS	300-500
SALAS DE PROFESORES	300-500

En cualquier caso, debe existir una uniformidad del nivel luminoso en toda la extensión del local dada por un factor de uniformidad definido como sigue:

$$F_U = \frac{E_{\min}}{E_{\text{med}}}$$



donde E_{med} significa iluminación media obtenida como la media aritmética de los niveles de iluminación en diferentes puntos del local y E_{\min} es la iluminación mínima análoga. Este valor debe ser mayor que 2/3 para conseguir una buena uniformidad y así evitar cambios bruscos de iluminación de la sala correspondiente.

Además, cabe destacar que, para el caso de iluminación vertical de pizarras, se debe satisfacer que la relación entre las iluminancias verticales mínima y media sea igual o superior a 1:1,15 y siempre teniendo en cuenta que, en una línea de 1,20 m sobre el suelo, la iluminancia media vertical en la pizarra ha de ser, como mínimo, la iluminancia media horizontal en la sala. Evidentemente, ha de cumplirse y verificarse la inexistencia de reflejos y brillos desde cualquier asiento y lugar del aula.



Foto A3.4. Iluminación de pizarra en la facultad de Educación de la UCM.

La misión de las luminarias es modificar la distribución luminosa de las lámparas desnudas, según las características deseadas de iluminación y, además, ocultar los manantiales luminosos de la visión directa del observador con objeto de evitar deslumbramientos. De-



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

ben tener una serie de cualidades de tipo óptico, de tipo eléctrico, de tipo térmico y de tipo mecánico, así como ciertas propiedades estéticas.

Las zonas comunes y deportivas son un conjunto de locales de relevante importancia para el desarrollo de las actividades que tienen lugar en los Centros de Enseñanza, motivo por el cual han de tener un tratamiento lumínico correcto, tanto desde el punto de vista operativo como desde el de la eficiencia energética de la instalación global.

De esta forma, se puede llegar a confeccionar una tabla análoga a la ya presentada para el interior de los Centros Docentes (ver Tabla A3.2).

Tabla A3.2. Valores de iluminación en zonas comunes de un Centro Docente (Fuente: ANFALUM).

ZONA	RECOMENDACIONES PARA LA ILUMINACIÓN EN CENTROS DOCENTES
	ILUMINACIÓN (Ix)
DEPORTES	
Fútbol, rugby, balonmano	100-150
Baloncesto, volleyball	200-300
GIMNASIO/POLIDEPORTIVO	300-500
RECREO AL AIRE LIBRE	50-75
ZONAS EXTERIORES	
Vigilancia	30-50
VESTUARIO	150-200
BOTIQUÍN	500-750
SERVICIOS	
Bar, cafetería	300-500
Comedor	200-300
COCINA	300-500

TECNOLOGÍA LUMÍNICA

En lo referente a la tecnología de tipo óptico se utilizan varios sistemas para modificar la distribución lumínosa de las lámparas, tales como: **difusores**, utilizando vidrios que dispersan la luz y evitan deslumbramientos; **reflectores**, utilizando superficies especulares para conseguir

una mayor intensidad en una dirección determinada; **refractores**, utilizando vidrios (prismas) para conseguir por efecto de refracción una determinada focalización del haz.



En lo que se refiere a las propiedades de tipo térmico, interesa que el calor producido por las lámparas sea disipado de la forma más eficaz posible para evitar temperaturas elevadas en dichas lámparas. Para ello, se precisa de una buena ventilación en el lugar donde se colocan las luminarias. Hoy en día existen procedimientos para aprovechar el calor disipado en alumbrado mediante un sistema constituido por conductos adecuados en la parte superior de las luminarias que recogen el aire caliente con extractores y lo envían a un intercambiador para su aprovechamiento posterior.

La elección de las lámparas es fundamental para obtener unas buenas condiciones de iluminación, mostrándose a continuación la clasificación más común de los tipos de lámparas:

- **Lámparas de incandescencia:** son las más baratas y con una gran gama de potencias. Se utilizan cuando el nivel luminoso es inferior a 200 lux y el número de horas de utilización anual es inferior a 2.000 horas. Tienen un rendimiento energético muy bajo y prácticamente su utilización en Centros de Enseñanza es residual.
- **Lámparas fluorescentes:** útiles cuando se precisan tonos blancos con colores neutros y fríos, y cuando se precisan más de 200 lux en el plano de trabajo. Son ampliamente utilizadas en alumbrado de Centros de Enseñanza, despachos, grandes superficies con techos no muy altos, etc.
- **Lámparas de descarga (vapor de Hg, Na, etc.):** se utilizan solamente en laboratorios, talleres y, en general, donde no importe mucho la calidad del color y se desee un buen rendimiento energético.

A continuación, en la Tabla A3.3 se muestra un listado de los tipos de lámparas más empleadas en Centros de Enseñanza, y que dan unas correctas características lumínicas el entorno docente:



Tabla A3.3. Tipos de lámparas recomendados en Centros Docentes
(Fuente: ANFALUM).

LÁMPARAS FLUORESCENTES	– Trifósforo
	– De luxe
	– Compactas de alto rendimiento (4 pitones)
	– Compactas de 2 pitones
	– Compactas de 4 pitones
	– Compactas con balasto incorporado
	– Compactas con balasto electrónico incorporado
LÁMPARAS HALÓGENAS	– 230 V con casquillo E27, E14
	– 230 V de dos casquillos
	– De bajo voltaje sin reflector
	– De bajo voltaje con reflector
	– De bajo voltaje con reflector de luz fría
LÁMPARAS DE HALOGENUROS	– Metálicos de casquillo unilateral
	– Metálicos de doble casquillo
	– De vapor de sodio a alta presión y color corregido
LÁMPARAS DE INDUCCIÓN	– De diferentes modelos y potencias

La altura de suspensión de los aparatos de alumbrado es una característica importante para un alumbrado correcto. En los locales de altura normal, tales como aulas, laboratorios, etc., la tendencia actual es situar los aparatos de alumbrado tan altos como sea posible, ya que, de esta forma, se disminuye considerablemente el riesgo de deslumbramiento y pueden separarse los focos luminosos, lo que permite disminuir el número de dichos focos.

El flujo luminoso para alcanzar un determinado nivel luminoso sobre una superficie de trabajo se obtiene fácilmente suponiendo una distribución totalmente uniforme de dicho flujo, mediante la expresión: $\phi = E \cdot A$.

Este flujo se obtiene a partir de las lámparas, pero éstas deben proporcionar un flujo mayor que el obtenido por esta expresión para tener en cuenta una serie de efectos que provocan una pérdida de flujo desde las lámparas hasta el plano de trabajo. Un efecto es el producido por el envejecimiento de la lámpara y por el ensuciamiento de las superficies, tanto de la luminaria como del local, que están relacionados con el grado de limpieza y mantenimiento del mismo. Este efecto se

recoge globalmente en un factor que se denomina de pérdida de luz (PL). Su valor está comprendido entre 0,6 y 0,8, según las condiciones de limpieza del local, siendo mayor cuanto mejores sean las condiciones de limpieza y mantenimiento del mismo.



Foto A3.5. Lámpara de halogenuros y de bajo consumo, respectivamente.

Otro efecto es debido a las condiciones del local en lo que se refiere a las calidades de las paredes, techo y suelo, dimensiones del local, situación de las luminarias respecto del techo y también, de forma significativa, del tipo de luminaria utilizada. Este efecto se recoge globalmente en un factor que, genéricamente, puede denominarse de aprovechamiento de la luz (AL). Su valor suele estar comprendido entre 0,3 y 0,6, normalmente. La estimación de este factor con precisión se obtiene aplicando los procedimientos establecidos en la norma correspondiente para el cálculo de alumbrado.

Por todo lo anterior, el flujo que deben proporcionar las lámparas, será:

$$\phi = \frac{E \cdot A}{(PL) \cdot (AL)}$$

El flujo proporcionado por todas las lámparas de la instalación puede obtenerse multiplicando el número de luminarias (**n**) por el de lámparas (**m**) que haya en cada luminaria y por el flujo lumínoso (ϕ_l) de cada lámpara. En consecuencia, se obtiene que:

$$n \cdot m \cdot \phi_l = \frac{E \cdot A}{(PL) \cdot (AL)}$$



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

de donde puede hallarse el número de luminarias y de lámparas conocidas las otras magnitudes.

Si p_i es la potencia absorbida por cada lámpara, la potencia eléctrica consumida por todas las lámparas será:

$$P = n \cdot m \cdot p_i$$

Se define un factor energético de alumbrado (F.E.A.) como la potencia consumida en alumbrado por unidad de superficie y vendrá dado por:

$$\text{F.E.A.} = \frac{P}{A} = \left(\frac{p_i}{\eta_i} \right) \cdot \frac{E}{(PL) \cdot (AL)} = \frac{E}{\eta_i \cdot (PL) \cdot (AL)}$$

siendo η_i el rendimiento de la lámpara utilizada. Este factor da una idea del consumo energético de la instalación de alumbrado, se mide en W/m^2 y debe ser lo menor posible.

En la Norma HE-3 se define un coeficiente denominado «valor de eficiencia energética de la instalación» que viene dado por:

$$\text{VEEI} = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

En la Norma se marcan unos valores que deben superarse según los tipos de local y su utilización.

El valor óptimo para una instalación determinada depende de varias magnitudes, tal como la «calidad de color» exigida en la tarea visual a realizar y de un índice denominado «índice del local» definido tal y como aparece en la Fig. A3.1.



Figura A3.1. Ilustración y tablas explicativas del cálculo del índice del local.

siendo «*a*» la anchura, «*b*» la profundidad y «*h*» la altura de las luminarias respecto del plano de trabajo del local correspondiente. Para índices de local superiores a 2, el valor del factor (F.E.A.) debe ser del orden de 2 W/m² por 100 lx y no debe ser superior a 2,3.



Con este factor puede tenerse una idea de si la energía consumida en iluminación debe reducirse cambiando el sistema de alumbrado, ya sea cambiando los tipos de lámparas, la distribución, los circuitos o regulando el nivel luminoso.

La gestión energética del alumbrado interior debe contemplar una serie de aspectos como son: el espacio que se está estudiando, la influencia de la luz natural, los tipos de lámparas y luminarias utilizadas, el sistema de regulación y control y, finalmente, la forma de explotación y el mantenimiento de la instalación. Todo ello conduce a establecer unas determinadas estrategias para el control de la iluminación.

Una primera medida de ahorro consiste en cambiar los tipos de lámparas por unas de mayor rendimiento. Si se desea dar un paso más, se deben cambiar las reactancias de los fluorescentes por las del tipo electrónico. Finalmente, si se quiere conseguir una optimización mayor, debe recurrirse al control de la intensidad luminosa según sea el nivel luminoso en cada momento, incluyendo un apagado automático cuando no haya personas en el local correspondiente.

Un procedimiento que puede reducir considerablemente el consumo energético de alumbrado es la utilización del alumbrado natural a través de las ventanas o dispositivos que tenga el edificio que permitan la entrada de luz del exterior. El procedimiento consiste en regular la intensidad luminosa con sensores que detecten el nivel luminoso en el plano de trabajo y actúen sobre el control de luces de carácter eléctrico. El sistema requiere una instalación especial, pero en algunos casos, dependiendo de la arquitectura del edificio, pueden conseguirse ahorros hasta del 50%.

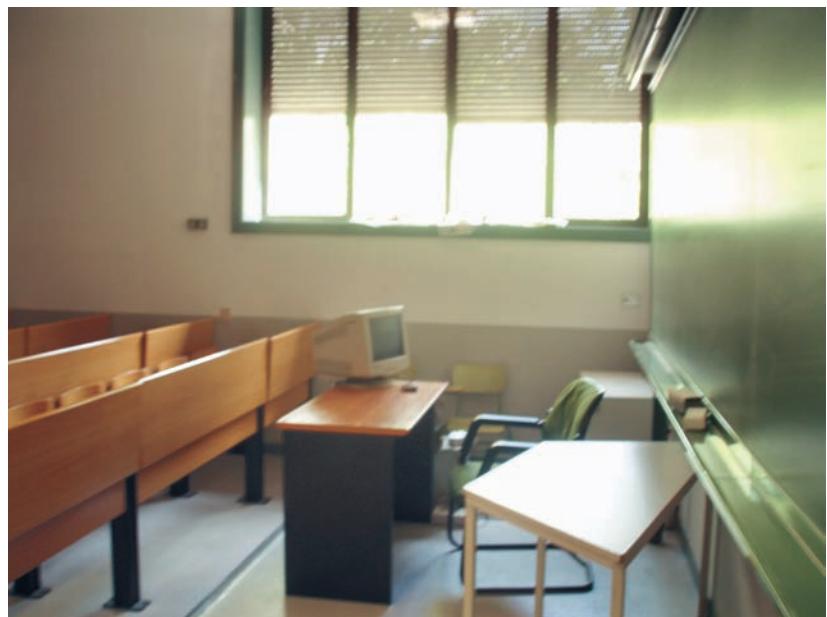


Foto A3.6. Aprovechamiento de la luz natural en un aula de la facultad de Educación de la UCM.

Como novedad dentro del CTE se contempla la obligación de elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación, de manera que se garantice el mantenimiento de los parámetros lumino-técnicos adecuados y de eficiencia energética.

Así mismo, dentro del CTE se incluye la necesidad de instalar un sistema de control básico unido a sistemas de detección de presencia en ciertas zonas, al igual que de sistemas de aprovechamiento de la luz natural.

Una de las prácticas tradicionalmente más extendida es la de limitar el sistema de control de alumbrado al propio cuadro eléctrico de la instalación, cosa que queda prohibida en la citada reglamentación, pues se insta como necesario el, al menos, instalar interruptores accesibles por zonas.

Antes de proseguir se antoja necesario definir, aunque sea someramente, el concepto de “controlar” el alumbrado. Pues bien, sencillamente se entiende por tal concepto, un sistema capaz de encender y apagar el alumbrado, así como de regular su flujo luminoso, de manera manual o bien automática.

Para realizar tal control, las lámparas, independientemente de su naturaleza, necesitan de un equipo auxiliar que las regule. En la Tabla A3.4 se muestran los equipos reguladores que se aplican a cada tipo de lámpara.



Tabla A3.4. Equipos reguladores.

TIPO DE LÁMPARA	REGULACIÓN
Fluorescente	Balasto Electrónico Regulable
Incandescente convencionales Halógenos 230 V	Reguladores o Dimmers
Halógenos incandescentes de bajo voltaje	Regulador especial adaptado al transformador
Conectada a transformador electrónico	Dimmers de entrada/salida de fase

Finalmente, el sistema de control en sí mismo es el que, mediante una serie de protocolos, se comunica con el equipo regulador para llevar a cabo las tareas de control. Evidentemente, existen multitud de protocolos de comunicación, pero en iluminación los más importantes por su especificidad y grado de utilización son el sistema 1-10 V (método analógico), DALI (*Digital Addressable Light Interface*) o DMX (*Digital Multiplexing*). Cada sistema tiene unas características propias que recomiendan su utilización en unos u otros casos y que deberán ser evaluadas por un auditor con formación específica de iluminación.



Figura A3.2. Logotipo del sistema DALI de gestión lumínica.

Como soluciones básicas a aplicar dentro de los edificios docentes se encuentra la inclusión en el sistema de control de sistemas de detección de presencia o de temporización, hecho que es de obligada aplicación en las zonas de uso esporádico, tal y como marca el apartado HE 3 en su apartado 2.2 del CTE. Dentro de una instalación docente, este hecho implica la obligación de instalar estos sistemas en



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc., pues son éstas el tipo de zonas a las que hace referencia la norma.

Otro nuevo aspecto a solventar en la mayoría de instalaciones es aquel referente a la necesidad de regular el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural en luminarias situadas a menos de 3 m de las ventanas y en todas las ubicadas bajo un lucernario. Para ello, se recomienda el uso de sensores y sistemas reguladores del tipo Luxsense, o similares, que incorporan una fotocélula acoplada a la lámpara y un sensor capaz de graduar y adecuar el flujo de la luminaaria en función del nivel de iluminación exterior.

Además de estas soluciones reseñadas a modo de ejemplo y que son de perfil básico, es posible, evidentemente, incluir soluciones de mayor sofisticación, como son los sistemas de control de tipo avanzado o Actulime o bien los sistemas de gestión integrales del alumbrado, sirvan como ejemplo los *light Master Modular*.

En definitiva, la correcta utilización y gestión del alumbrado será un aspecto a optimizar dentro de una auditoría de edificios de enseñanza, puesto que el coste total significa un porcentaje muy importante dentro del global de todos los costes.



A NEJO 4: FICHAS

I: ESQUEMA BÁSICO DE PRINCIPIO DE LA INSTALACIÓN DE CALOR DEL CENTRO DOCENTE

(Indicar, si es posible, los calibres de los elementos principales)

Dibujo del esquema (suficiente a mano alzada)

II: ESQUEMA BÁSICO UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL CENTRO DOCENTE

Dibujo del esquema (suficiente a mano alzada)



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

III: OPTIMIZACIÓN DE LA FACTURA ELÉCTRICA EN CENTROS DOCENTES

Hoja Nº	<input type="text"/>	(Cumplimentar una hoja por cada Acometida Exterior)
Fecha	<input type="text"/>	
Entidad	<input type="text"/>	(Nombre del Edificio o del Centro Docente)
Centro	<input type="text"/>	
Dirección	<input type="text"/>	Localidad <input type="text"/>
Provincia	<input type="text"/>	C.P. <input type="text"/>
Persona de Contacto	<input type="text"/>	
Teléfono/Fax	<input type="text"/>	email <input type="text"/>

Adjuntar Fotocopia de los Recibos de los últimos 12 meses y la Póliza de Abono

(Fotocopias Legibles y Completas)

III.1.- DATOS DE UTILIZACIÓN

Superficie Construida (m ²)	<input type="text"/>
Ocupación Media (personas)	<input type="text"/>
Temporadas de Bajo Uso (1)	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Calendario Bajo Uso	<input type="text"/> de <input type="text"/> a

III.2.- COMPAÑÍA ELÉCTRICA:

III.3.- N° SUMINISTRO:

III.4.- TIPO DE TARIFA:

Tensión Suministro (V)	<input type="text"/>
Tensión Útil entre Fases	<input type="text"/>

III.5.- ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LAS ACOMETIDAS

(Si hay varias, indicar la distancia, en metros, que las separa)

**III.6.- TRANSFORMADORES**

Nº Transformadores (de A.T.)	<input type="text"/>
Potencia por Transformador (kVA)	<input type="text"/>
Tensión Primario/Secundario (V)	<input type="text"/> / <input type="text"/>
Nº Transformadores en Conex.Permanente	<input type="text"/>

III.7.- GRUPO ELECTRÓGENO

Potencia (kVA)	<input type="text"/>
----------------	----------------------

III.8.- BATERÍA DE CONDENSADORES

Batería Número	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Marca	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potencia (kVAR)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Composición: Nº Escalones x kVAR	<input type="text"/> X	<input type="text"/> X
Factor de Potencia a que está regulada	<input type="text"/>	<input type="text"/>
C/K a que está regulada	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Relación Trafo/Intensidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Condensadores fijos en Transformadores	<input type="text"/> SI	<input type="text"/> NO
Sobretensiones o Caídas de Tensión	<input type="text"/> SI	<input type="text"/> NO
Armónicos en la Red	<input type="text"/> SI	<input type="text"/> NO

Observaciones:

III.9.- EQUIPOS DE MEDIDA

Energía	<input type="text"/> Activa	<input type="text"/> Reactiva
Marca	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modelo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nº Identificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sistema (T:Trifásico, M:Monofásico)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Número de Hilos	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Discriminación Horaria (2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tensión (V)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Intensidad (A)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Relación Trafo Intensidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Interruptor Horario (Reloj)	<input type="text"/> SI	<input type="text"/> NO
Existe Maxímetro	<input type="text"/> SI	<input type="text"/> NO



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

III.10.- ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN



(1) Se consideran periodos de bajo uso o vacaciones aquellos en los que las instalaciones están fuera de servicio en un porcentaje superior al 90%.

(2) Tipos de Discriminación Horaria:

- 0 Tarifa Nocturna
- 1 Simple Tarifa
- 2 Doble Tarifa
- 3 Triple Tarifa
- 4 Triple Tarifa y Discriminación Sábados y Domingos
- 4F Triple Tarifa y Discriminación Sábados, Domingos y Festivos
- 5 Discriminación Horaria Estacional

**III.11.- DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DIARIO**

(A cumplimentar por cada contador de Activa y Reactiva)

Hora de Lectura	Fecha de lectura:		
	Contador Activa		Contador Reactiva
	Punta	Llano	
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
01			
02			
03			
04			
05			
06			

III.12.- POTENCIA CONTRATADA (kW):

POTENCIA INSTALADA (kW)

Calefacción (kW)

Aire Acondicionado (kW)

Iluminación (kW)

Equipos (kW)

Otros (kW)

Total Potencia Instalada (kW)



IV: CONSUMO DE AGUA

IV.1.- CONSUMO DE AGUA Y SU COSTE EN EL CENTRO DOCENTE

Usuario			
Compañía Suministradora			
Nº Contrato (I)		Nº Contrato (II)	
Nº Contador (I)		Nº Contador (II)	
Diámetro Contador (I)		Diámetro Contador (II)	
Ubicación y Utilización del Consumo			

Punto de Abastecimiento	(I)		(II)	
	Consumo Agua (m ³)	Importe (€)	Consumo Agua (m ³)	Importe (€)
Suministro de Agua Canalizada Red Pública				
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Julio				
Agosto				
Septiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				
TOTAL Año 20__				
TOTAL Período:_____ (III) (*)				

(I) Acometida General.

(II) Acometida Servicio Contraincendio (o similar).

(III) En el caso de no disponer de datos del año completo, indicar número de meses.

(*) En el caso de haber más de dos acometidas (con contratos y facturas), añadir las fichas correspondientes.



IV.2.- TITULARIDAD DEL CONTRATO DE SUMINISTRO

Compañía Suministradora Consumo Anual (m³) Factura Anual (€)

IV.3.- ACOMETIDAS DE DISTRIBUCIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUA

Agua de Red Pública de Distribución	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Nº Acometidas	<input type="text"/>
Agua Canalizada de Otras Procedencias	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Nº Acometidas	<input type="text"/>
Si hay ambas modalidades, ¿el agua circula por conducciones distintas?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Acometidas exclusivamente realizadas para Uso Doméstico	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Dispone de Válvula de Retención	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?		
Existe Conducción de Evacuación de Aguas Utilizadas (Albañal)	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		

IV.4.- MODALIDAD DEL SUMINISTRO DE AGUA DE CONSUMO

Suministro por Contador	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Calibre del Contador (mm)	<input type="text"/>
Contador General	<input type="text"/>	Batería de Controladores	<input type="text"/>
Nº de Locales	<input type="text"/>	Nº de Contadores	<input type="text"/>
Suministro por Aforo	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Capacidad Total del Aforo Contratado (litros/día)	<input type="text"/>		
En caso de Suministros a varios en un mismo Inmueble			
Capacidad de la Batería de Aforos existentes (litros/día)	<input type="text"/>		
Hay depósitos de Reserva	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Nº de depósitos	<input type="text"/>
Capacidad Total de Reserva (litros)	<input type="text"/>		
Depósitos con Rebosadero	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?		
Rebosadero Conducido a Desagüe	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?		



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

IV.5.- INSTALACIONES RECEPTORAS

Instalación Interior con Aparato Descalcificador de Agua	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Ubicación del Aparato Descalcificador	<input type="text"/>		
Instalación Interior Dotada de Fluxores	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Nº de Fluxores en todo el Edificio	<input type="text"/>		
Tiempo Medio de Descarga(seg)	<input type="text"/>		
Instalación de Descarga (urinarios, etc.) dotada de Célula de Presencia	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Grifos:			
Nº Unidades Manuales	<input type="checkbox"/>	Nº Unidades Temporizadas	<input type="checkbox"/>
Nº Unidades Mezcladoras	<input type="checkbox"/>	Nº Unidades Caudal Excesivo	<input type="checkbox"/>
Nº Unidades con Fugas	<input type="checkbox"/>	Tipo de Tubería	<input type="checkbox"/>
Utilización de Grifos			
Lavabos	<input type="checkbox"/>	Urinarios	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>		
Circuitos Agua Enfriada:			
Reposición Agua Excesiva	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Hay fugas	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Circuitos Agua Caldera:			
Reposición Agua Excesiva	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Hay fugas	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Circuitos Agua Condensación:			
Tipo	<input type="checkbox"/> Abierto / <input type="checkbox"/> Cerrado	Caudal Total (m ³)	<input type="text"/>
Agua Tratada	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	Válvula Vaciado	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Hay Fugas	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		
Sistemas Contra incendios: Agua Almacenada en Aljibes para este uso (m³)			
<input type="text"/>			



V: ALTERNATIVAS EN LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS EN CENTROS DOCENTES

V.1.- VIABILIDAD DE INTEGRACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

(Recursos Energéticos Recuperables)

Identificación Combustible	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Unidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
P.C.I.	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cantidad Producida	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cantidad Consumida	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cantidad Recuperable	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

V.2.- ALTERNATIVA DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS ELECTRÓNICOS

Cogeneración	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Solar Fotovoltaica	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Otros (especificar)	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?

V.3.- ALTERNATIVA DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS HIDRÁULICOS

Mediante Aportaciones Naturales

Aguas Pluviales Embalsadas	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Pozos Existentes	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Aguas Subterráneas	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Aguas de Ríos, Manantiales	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Aguas de Embalses, Lagos	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Aguas Potabilizadas de Mar	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?

Mediante Aportaciones Por Recuperación

Depuración Aguas Residuales	<input type="checkbox"/>	Viabilidad Técnico-Económica	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Agua Desmineralizada y/o Desionizada procedente de Potabilizadora			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Agua de Lavado Procedente de Plantas de Tratamientos			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?
Agua de Condensación en baterías de Frío			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO ?

Mediante Suministros Exteriores (Indicar Fuente, Garantía de Suministro)



VI: ANÁLISIS DE LAS TERMOGRAFÍAS DEL CENTRO DOCENTE

(Únicamente para Edificios determinados, previamente asignados y de características especialmente relevantes)

VII: METEOROLOGÍA

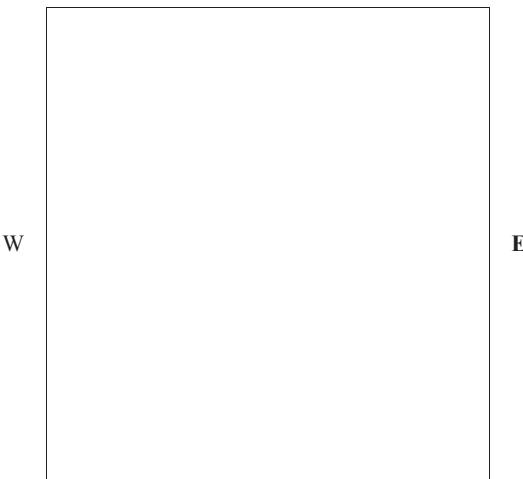
VII.1.- DATOS METEOROLÓGICOS Y CLIMATOLÓGICOS

(Si se tiene acceso a la información que se indica,
cumplimentar, señalando su Procedencia y Localización)

Tipo de Zona Climática	<input type="text"/>
Grados-Días Anuales ($T_b=15^{\circ}\text{C}$) ($^{\circ}\text{C}$)	<input type="text"/>
Pluviometría Media del Entorno (l/m^2 ó mm)	<input type="text"/>
Precipitación Máxima Registrada (l/m^2 ó mm)	<input type="text"/>
Velocidad Media Anual del Viento (m/s)	<input type="text"/>
Radiación Solar Global Anual (kWh/m^2)	<input type="text"/>
Presión Media de las Medias mensuales (mbar)	<input type="text"/>
Presión Máxima Anual Registrada (mbar)	<input type="text"/>
Fuente	<input type="text"/>
Estación Climatológica/Meteorológica	<input type="text"/>
Periodo Histórico registrado de Observación	<input type="text"/>

VII.2.- ORIENTACIÓN DEL CENTRO DOCENTE

N





VII.3.- ROSA DE LOS VIENTOS

VII.4.- TEMPERATURAS

(Expresar en °C)

	Media	Media Máx.	Media Mín.	Máxima Abs.	Mínima Abs.
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					

Periodo Analizado: _____



Guía de auditorías energéticas en centros docentes

VII.5.- HUMEDAD RELATIVA

(Expresar en %)

	Media de las Medias	Media de las Máximas Absolutas
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		

Periodo Analizado: _____

VIII.6.- EVAPORACIÓN MEDIA

(Expresar en mm)

Enero	<input type="text"/>	Julio	<input type="text"/>
Febrero	<input type="text"/>	Agosto	<input type="text"/>
Marzo	<input type="text"/>	Septiembre	<input type="text"/>
Abril	<input type="text"/>	Octubre	<input type="text"/>
Mayo	<input type="text"/>	Noviembre	<input type="text"/>
Junio	<input type="text"/>	Diciembre	<input type="text"/>
Total Evaporación Anual	<input type="text"/>	Periodo Analizado	<input type="text"/>

VIII.7.- MEDIA DE NÚMERO DE HORAS DE SOL

Enero	<input type="text"/>	Julio	<input type="text"/>
Febrero	<input type="text"/>	Agosto	<input type="text"/>
Marzo	<input type="text"/>	Septiembre	<input type="text"/>
Abril	<input type="text"/>	Octubre	<input type="text"/>
Mayo	<input type="text"/>	Noviembre	<input type="text"/>
Junio	<input type="text"/>	Diciembre	<input type="text"/>
Total Anual Horas de Sol	<input type="text"/>	Periodo Analizado	<input type="text"/>



