



Madrid
Ahorra
con Energía



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

Guía de Auditorías Energéticas en Centros Logísticos



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Madrid, 2012



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



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 ellas 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.

Depósito Legal: M. 35.307-2012

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.

28935 MÓSTOLES (Madrid)

Autores

Juan A. de Isabel García

Ingeniero Industrial por el ICAI
Director Gerente de GEOTER – Geothermal Energy S.L.

Mario García Galludo

Doctor Ingeniero Aeronáutico (UPM)
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 A LA AUDITORÍA ENERGÉTICA EN EL SECTOR LOGÍSTICO	11
2. CONCEPTOS GENERALES DEL SECTOR LOGÍSTICO	17
2.1. Impacto del sector logístico en la Comunidad de Madrid	22
2.2. Las zonas logísticas de la Comunidad de Madrid	22
3. GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR LOGÍSTICO	27
4. CONSIDERACIONES Y PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN	35
4.1. Trabajos preparatorios para la auditoría energética	42
4.2. Análisis previo y toma de datos de la instalación	43
4.3. Prediagnóstico y posibles soluciones	47
4.4. Toma de datos final in situ para un proyecto definitivo	48
4.5. Análisis de los datos recogidos y estudio de soluciones posibles	53
4.6. Clasificación general de auditorías energéticas	54
5. FICHAS JUSTIFICATIVAS DE PROCEDIMIENTO	57
FICHA 1. IDENTIFICACIÓN DEL CENTRO LOGÍSTICO	57
FICHA 2. DATOS DE UTILIZACIÓN Y CONSUMO	58
FICHA 3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL CENTRO LOGÍSTICO	60
FICHA 4. AGUA CALIENTE SANITARIA EN CENTROS LOGÍSTICOS	62
FICHA 5. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN. REGULACIÓN EN CENTROS LOGÍSTICOS	63
FICHA 6. CALDERAS. QUEMADORES	67
FICHA 7. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	70
FICHA 8. PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE FRÍO	74
FICHA 9. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN	77
FICHA 10. ASCENSORES. MONTACARGAS Y OTROS EQUIPOS	79



FICHA 11.	ALUMBRADO	81
FICHA 12.	ENERGÍA ELÉCTRICA. SUMINISTRO ELÉCTRICO	83
FICHA 13.	ABASTECIMIENTO Y SUMINISTRO DE AGUAS	85
FICHA 14.	ADAPTACIÓN A LA NORMATIVA VIGENTE Y CONSIDERACIÓN DE OTRAS TECNOLOGÍAS	87
FICHA 15.	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	89
FICHA 16.	OBSERVACIONES TÉCNICAS Y COMENTARIOS ACLARATORIOS	91
6.	CONCEPTOS GENERALES DE CONFORT Y CALIDAD DEL AIRE	93
6.1.	Confort térmico o ambiental	94
6.2.	Calidad del aire	96
7.	CONCLUSIONES GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA ACTIVA EN EL SECTOR LOGÍSTICO	103
	ANEXO 1: CLIMATIZACIÓN	107
	ANEXO 2: APARATOS DE MEDIDA	119
	Analizador de redes	119
	Pinzas amperimétricas	121
	Luxómetro	122
	Termohigrómetro	123
	Anemómetros	125
	Caudalímetros	126
	Manómetro	127
	Medidor láser de distancias	127
	Analizador de productos de combustión	128
	Equipos para termografías	129
	ANEXO 3: ALUMBRADO E ILUMINACIÓN	131
	Consideraciones sobre alumbrado e iluminación en centros logísticos	135
	Tecnología lumínica	137
	Introducción al mantenimiento preventivo de las instalaciones de alumbrado e iluminación en centros logísticos	145

P RÓLOGO

El sector logístico en la Comunidad de Madrid ha alcanzado un gran nivel de desarrollo en los últimos años y, actualmente, representa un campo de actividad muy importante dentro de la región. Como se hará referencia en diferentes apartados de la presente Guía, en el territorio autonómico se concentra cerca del 60% de los flujos internacionales de mercancías producidas en España y aproximadamente un 35% del flujo nacional, cifras que reflejan la relevancia de los centros logísticos en el cómputo global de la economía madrileña.

La localización geográfica privilegiada, tanto desde el punto de vista nacional como de puerta del sur de Europa, ser uno de los principales centros de actividad económica y de consumo, la articulación radial de la red ferroviaria y de carreteras, la diversidad de infraestructuras y el estar situada en uno de los ejes de desarrollo europeo, son algunos de los factores que hacen de la Comunidad de Madrid un lugar adecuado para la ubicación de centros logísticos.

Dado este marco de desarrollo, la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid consideran de interés publicar esta Guía de Auditorías Energéticas en el Sector Logístico con el objetivo de aportar un conjunto de ideas y soluciones encaminadas a conseguir ahorros energéticos, aumentando así los rendimientos operativos.

Con carácter general, la realización de auditorías energéticas constituye una herramienta para aumentar y mejorar la eficiencia energética, de forma que el conocimiento del consumo energético permita detectar qué elementos son los más significativos, identificando las posibilidades de ahorro y analizando la viabilidad técnica y económica de implantación de medidas.

Particularizando para el sector logístico, se deben tener en cuenta sus peculiares características en cuanto a diversidad de instalaciones, con demandas energéticas muy heterogéneas, como pueden ser oficinas, almacenes, comedores, garajes, vestuarios, etc. Se deberán estudiar, por lo tanto, las acciones prioritarias en cada caso que repercutan en mayores beneficios. En este sentido, parece razonable





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

pensar que la optimización de los sistemas térmicos, en los casos en los que éstos sean requeridos, puede ser un elemento clave en la búsqueda de un uso racional de los recursos energéticos. Del mismo modo, una mejora de los sistemas de iluminación existentes redundará en una menor demanda energética y el consiguiente ahorro económico. Por último, cabe destacar que siempre se debe valorar la implementación de soluciones basadas en energías renovables con el fin de disminuir la dependencia energética.

En definitiva, con la presente Guía se pretenden transmitir las ventajas productivas, económicas y medioambientales que supone la reducción del consumo energético, tanto en centros logísticos en fase de proyecto como en instalaciones ya existentes, así como complementar la amplia serie de publicaciones relacionadas con la eficiencia energética realizadas por la Comunidad de Madrid dentro de la campaña **Madrid Ahorra con Energía**.

Carlos López Jimeno

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

1

INTRODUCCIÓN A LA AUDITORÍA ENERGÉTICA EN EL SECTOR LOGÍSTICO



El objetivo fundamental con el que se concibe la presente Guía es el de aportar un conjunto de ideas y soluciones encaminadas a conseguir un ahorro energético en los centros logísticos de la Comunidad de Madrid. Con estas soluciones se conseguirá un aumento de los rendimientos operativos en el plano energético, alcanzando siempre, como es preceptivo, los valores requeridos de temperatura y humedad para cada una de las diferentes tipologías de instalación que se engloban dentro de este sector.

En términos generales, se puede asegurar que el sector logístico es uno de los pilares económicos y funcionales de la Comunidad de Madrid, ya que concentra aproximadamente el 60% de los flujos internacionales de mercancías producidas en España y, prácticamente, un 35% del flujo nacional. En términos económicos, el sector logístico madrileño aglutina más del 54% de la facturación total española dentro del sector del transporte de mercancías y operaciones logísticas.



Foto 1.1. Actuaciones en un centro de un gran operador logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter con permiso de Logista.



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Efectivamente, dentro del sector logístico es posible toparse con una gran diversidad de instalaciones cuyos requerimientos en aspectos energéticos son muy variables, de modo que cada una de ellas deberá ser atendida de modo particular para realizar las acciones que más beneficio provoquen en cada caso.

De esta forma, en el sector logístico las dependencias o instalaciones típicas que se pueden encontrar son:

- Almacenes, que pueden contener todo tipo de productos y, por ello, deben de tener posibilidad de cambiar sus condiciones climáticas según los productos depositados.
- Garajes o parkings, que, en el caso de ser subterráneos, deben de tener muy presente la evacuación de los gases de escape que generan los vehículos que ocupen sus plazas, así como la adecuación de sus niveles lumínicos o de alumbrado en el caso de que sean exteriores.
- Talleres, que pueden englobar un amplio abanico de posibilidades y deberán ser analizados en detalle dependiendo de las características concretas del caso de estudio.
- Hangares, que aunque serán motivo de control por las instituciones aeroportuarias, se deben indicar en ellos acciones transferibles a otros casos, como es la utilización de climatización mediante sistemas radiantes dada la elevada cota de cubierta y unas condiciones específicas de renovación y ventilación, actuando directamente en el gasto energético y el nivel de confort a los trabajadores.



Foto 1.2. Sede de un centro logístico modelo en la Comunidad de Madrid.
Fuente: Geoter con permiso de Logista.

- Oficinas, ya que, como es evidente, además de las dependencias típicas para mercancías y vehículos, el sector logístico también requiere de zonas de gestión y administrativas, de modo que han de ser igualmente consideradas para optimizar el aspecto energético maximizando el confort de los trabajadores.
- Zonas comunes para trabajadores; es usual encontrar dentro del sector logístico instalaciones que presentan zonas comunes, tales como cantinas, vestuarios, duchas, etc., que también deberán ser tenidas en cuenta a la hora de realizar un estudio energético global del sector.

Es evidente que, dadas las grandes superficies que se manejan dentro del sector, la correcta gestión de la iluminación y el alumbrado es relevante a la hora de gestionar el balance energético y económico de operación de estos centros, de modo que debe ser correctamente gestionado. La tendencia será la de emplear sistemas de iluminación y alumbrado durables y eficientes, maximizando el empleo de la propia luz natural y de lámparas de bajo consumo o de tipo LED.

Como ya se ha apuntado, el objetivo general es el de potenciar el ahorro energético manteniendo el confort térmico de los usuarios trabajadores dentro de los estándares marcados en normativa y las variables termohigrométricas de los almacenes y estancias destinadas a la manipulación y almacenamiento de mercancía. Cabe pensar que estas acciones siempre han de ir encaminadas a la sustitución o modificación de elementos de las instalaciones térmicas, energéticas o de iluminación, pero existe un vasto margen de mejora en el estudio y gestión de los propios elementos constructivos de las edificaciones logísticas, así como en las costumbres de uso y operación de las mismas.

De esta forma, un factor básico a tener presente es el horario de funcionamiento del centro logístico, ya que mediante la utilización de consignas adecuadas así como de una correcta regulación horaria, se pueden obtener resultados satisfactorios desde el punto de vista energético. Se trata, por tanto, de concienciar a trabajadores y usuarios en un empleo racional de los recursos, de modo que será preciso, en muchos casos, realizar labores de formación en este aspecto.





Foto 1. 3. Zonas de actuación en un centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter con permiso de Logista.

Otra de las consideraciones hace referencia a las características constructivas de las naves logísticas. En instalaciones en fase de proyecto se pueden adecuar orientaciones e incluir soluciones bioclimáticas que redundarán en una mejora evidente de la gestión energética de estas instalaciones. Asimismo, la correcta elección de cerramientos, vidrios y aislamientos podrán dotar a la edificación logística de unas características ventajosas desde el punto de vista energético, lo cual repercutirá en unas menores necesidades térmicas de operación y, por ende, en unos menores consumos.

En el caso de las naves logísticas ya existentes, esta variación puede no ser viable, pero sí que ha de ser objeto de estudio y consideración, ya que se trata de una reducción en origen de los consumos energéticos y de operación que la instalación logística presenta.

En ambos casos se ha de considerar la implementación de soluciones basadas en energías renovables, ya sea de tipo solar fotovoltaica, solar térmica, geotérmica e incluso instalaciones de cogeneración a distinta escala, con la idea de elevar la independencia energética tanto como sus valores de eficiencia energética.

A modo de resumen, por tanto, se presenta a continuación una Guía de Auditorías Energéticas en el Sector Logístico de la Comunidad de Madrid que pretende, como ya se ha comentado, realizar una compilación de las acciones y medidas potencialmente efectivas en la mejora de la gestión energética de las instalaciones del sector de referencia.



2

CONCEPTOS GENERALES DEL SECTOR LOGÍSTICO



En el presente capítulo se van a mostrar una serie de definiciones y conceptos que ilustran de manera clara los términos más relevantes dentro del sector logístico de nuestra región y su importancia tanto en el contexto madrileño como en el nacional.

Históricamente, existía una relación biunívoca entre empresas de transportes y operadores logísticos, siendo su objetivo el mero traslado de mercancías desde un punto «A» hacia otro «B». El sector logístico ha evolucionado enormemente desde esta concepción y ha sufrido una transformación completa, aunando diferentes procesos dentro de la globalidad de todo el sistema, tales como el desarrollo de sistemas informáticos, herramientas de información geográfica, automatización de almacenamiento y optimización del transporte en sí mismo

Dentro de las diferentes nuevas definiciones de «logística», se puede considerar en todos los casos una repercusión directa con el uso de energía primaria necesaria en dicha transformación y, por ende, la energía final involucrada durante el tiempo de todo su proceso, ya que «logística representa que las mercancías y productos adecuados lleguen al lugar destino, en la cantidad y momento correcto, satisfaciendo el nivel de servicio exigido por el cliente al menor coste posible». No será objeto de esta Guía el análisis energético durante todo su transporte y los diferentes modos existentes que, debido a su gran importancia, puede ser estudiado en detalle en otra bibliografía.



Foto 2.1. Zonas de trabajo en un centro logístico modelo de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter con permiso de Logista.

Si se toma como definición la desarrollada por CB Richard Ellis, la logística aglutina el conjunto de «servicios puente entre fabricantes de mercancías y clientes» y que incluye, además del propio transporte, las actividades de gestión de inventarios y pedidos, fraccionamiento de carga, almacenamiento, facturación, ensamblaje y empaquetado final. Es decir, se trata de un conjunto amplio de actividades en las cuales la importancia de un correcto análisis energético específico se antoja absolutamente necesario.

La repercusión en el coste de la partida de gastos fijos energéticos durante el período de almacenamiento será objeto de análisis de esta Guía, así como la metodología para reducir la misma a través de una herramienta denominada “auditoría energética”.

Hay diversos factores que han impulsado el fuerte desarrollo experimentado por esta actividad en los últimos años, tales como la globalización, la internacionalización de las empresas y el desarrollo de la filosofía *just-in time* en los procesos productivos.

La globalización económica ha conseguido que en la actualidad la mayoría de las actividades de producción, distribución y comercialización de mercancías sean consideradas como globales, siendo necesaria la interconectividad en un único mercado global.

La deslocalización acaecida en esta última época ha representado el traslado de una parte significativa de la actividad productiva tra-

dicional desde los países históricamente productores a nuevos países industrializados, donde los costes de producción (laborales, ambientales, etc.) son inferiores, de tal manera que, aun considerando los costes de transporte, el precio final al cliente es sensiblemente inferior.



Foto 2.2. Zonas de trabajo en un centro logístico modelo de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter con permiso de Logista.

En paralelo, se debe considerar la internacionalización de las empresas lo cual ha supuesto la creación de extensas redes logísticas internacionales, bien gestionadas por las propias multinacionales o externalizadas a operadores logísticos desarrollados en torno a ellas.

Es evidente, por tanto, que la logística es una de las actividades claves en un modelo de sociedad y mercados globalizados como el que actualmente existe.

La estrategia de producción según el modelo *just-in time* ha ayudado a la optimización de técnicas de gestión de stocks y su distribución a escala global.

Dentro del sector logístico, uno de los factores estratégicos en el desarrollo de la logística en un país es la presencia en su territorio de un *hub* o nudo de conexión de mercancías, actuando como catalizador de las actividades logísticas en su entorno. Su función no solamente permite el embarque o desembarque de mercancías para el territorio en que se asienta el *hub*, sino convertirse en un centro de distribución internacional a una escala mayor, como ejemplifica el aeropuerto de Madrid – Barajas y su repercusión en el consumo energético de toda nuestra región.





2.1. Impacto del sector logístico en la Comunidad de Madrid

El mercado logístico español es el quinto en el contexto europeo (en términos de volumen), mientras que internamente el sector representa ya casi el 21,70% del PIB y viene experimentando desde los años 90 importantes ritmos de crecimiento, ligados al desarrollo de la actividad logística en España en relación con los factores que se han comentado anteriormente. Considerando que, como se ha dicho, los niveles de externalización de la actividad logística española todavía son muy bajos con respecto a Europa, y, aún más, con respecto a EE.UU., el potencial de crecimiento del sector parece estar garantizado en el futuro inmediato, de modo que una correcta gestión energética de base redundará en una mayor competitividad del sector de forma inmediata.

Como ya se ha comentado en el capítulo introductorio, la Comunidad de Madrid absorbe casi el 60% de los flujos internacionales de mercancías producidos en España y, aproximadamente, el 33% de los nacionales, concentrando además el 54,1% de la facturación nacional en transporte de mercancías y operadores logísticos.

El 75% de las empresas de transporte y distribución nacionales e internacionales tienen su sede en la Comunidad de Madrid. La región es la mejor comunicada de la Península y la 5ª a nivel europeo.



Foto 2.3. Zonas de trabajo en un centro logístico modelo de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter con permiso de Logista

Madrid acoge el 21,55% de todos los puestos de trabajo que genera el sector en España y el 46,87% del PIB sectorial. De esta forma, la región madrileña se consolida como la principal plataforma logística del país, aunando su primera posición como primer centro de consumo español. Su localización geográfica en el centro peninsular y sus posibilidades de apertura como puerta de Europa para todos los movimientos de mercancías hacia el norte de África y América del Sur demuestran la gran importancia de dicho sector.

Madrid se encuentra interconectada con cualquier punto de la península a través de una gran red de infraestructuras de transporte, permitiendo su conexión con los principales puertos a través del Puerto Seco y de los intercambiadores modales del aeropuerto de Barajas.

Los grandes operadores y empresas logísticas requieren espacios específicamente diseñados para esta actividad. A modo de resumen, se presentan los requerimientos espaciales más importantes de las empresas logísticas, que deben ser asociados a su repercusión energética:

- Mayores necesidades de tamaño que la industria convencional, lo que implica parcelas más grandes, de hasta 30-50.000 m², subdivisibles en módulos de una superficie media comprendida entre 5.000 y 15.000 m².
- Alturas mínimas de 12 m para el almacenaje de productos y stocks de baja rotación.
- Anchuras de nave entre 25 y 60 m.
- Modulación de pilares en pórticos paralelos a las estanterías (aproximadamente 11-12 m) para 4 hileras de estanterías y pasillos de 3 m.
- Diafanidad.
- Iluminación cenital en los pasillos de las estanterías.
- Naves pasantes con doble fachada, que permitan trabajar en una u otra.
- Muelles de altura 1,1 m con plataformas niveladoras, abrigo y topes.
- Retranqueos de entre 13 y 25 m para permitir las maniobras de los camiones de carga y descarga en las playas de expedición y atraque.





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

- Red viaria generosa, con radios de giro amplios (de hasta 36 m), rotondas, etc.
- Existencia de servicios a los vehículos (gasolineras, talleres, lavado de vehículos y contenedores, áreas de aparcamiento, etc.) y transportistas (descanso, recreo, hoteles, restauración, etc.).
- Seguridad, vigilancia, recintos vallados, etc.
- Accesibilidad a las grandes redes de transporte e intermodalidad.

2.2. Las zonas logísticas de la Comunidad de Madrid

Alrededor de las grandes infraestructuras de uso exclusivo logístico de la Comunidad de Madrid se han desarrollado otras zonas logísticas con diferentes actividades, permitiendo un gran avance de infraestructuras viarias de alta capacidad su distribución dentro de la Región e incluso hacia las provincias limítrofes.

Existen tres grandes zonas dentro del sector logístico de la Comunidad de Madrid y que a continuación se exponen de manera someramente detallada.

La primera corona de «logística de proximidad» situada en el interior de la M40-M45. En esta zona se situarían las empresas de logística, almacenaje, distribución, etc., cuya actividad fundamental sería la paquetería, la alimentación o la distribución de productos con rotación de stocks muy elevada en los que el tiempo es un factor clave, buscando la reducción en los tiempos de distribución.

El tipo inmobiliario característico serían naves de 40-50 m de fondo, con muelles de carga en ambos lados y amplias superficies de carga y descarga (esenciales para las frecuentes operaciones de atraque), sin que la altura de las naves sea determinante (bastando unos 7 m de altura).

Las instalaciones de este tipo se encontrarían en Coslada, San Fernando, Leganés, Villaverde o Getafe.

La segunda corona de «logística de distribución regional» estaría situada entre la M45, la M50 y los límites de la Comunidad de

Madrid (excepto el arco noroeste, que no tiene apenas actividad logística). La actividad predominante en esta zona (aproximadamente el 70%) sería la distribución dentro de la Comunidad de Madrid, orientándose el resto a la distribución en otras comunidades cercanas.

El tipo de instalaciones sería muy variado, desde grandes polígonos consolidados donde conviven usos logísticos e industriales, a nuevas promociones logísticas exclusivas.

Como ejemplos pueden mencionarse los existentes en Ajalvir, Torrejón, Paracuellos, Fuenlabrada, Arganda, Rivas y Alcalá de Henares.

La zona logística de la tercera corona se situaría ya entre el borde de la Comunidad de Madrid y la Comunidad de Castilla La Mancha, considerándose idónea para los grandes operadores logísticos que necesitan mucho suelo a un precio más barato.

Entre los municipios con este tipo de orientación debe destacarse el tramo del Corredor del Henares situado en la provincia de Guadalajara: Azuqueca, Alovera o Cabanillas, a los que pueden sumarse Meco, Daganzo y Torres de la Alameda; y otro núcleo en el borde sur de la Comunidad en torno a la N-IV-Carretera de Toledo: Ciempozuelos, Seseña u Ocaña.

El tipo de inmueble en este caso serían las grandes naves con mucha altura para almacenar mercancías con mucha menor rotación.

El consumo específico energético se va a encontrar dentro de un amplio rango, debido a la gran diversidad de instalaciones mencionadas y a las actuaciones de gestión energética existentes. Si se toma como base de partida los consumos presentados en el documento del IDAE del 5/11/2003, «Sector de edificación», perteneciente a la estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2010, aparece la estructuración que se muestra en las siguientes figuras:





Consumo energético sector logístico Nueva edificación

■ Calefacción ■ Refrigeración ■ Vent.+Bombas ■ Iluminación

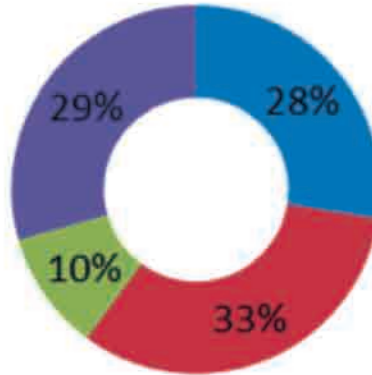


Figura 2.1. Consumo energético en el parque existente de instalaciones englobadas en el sector logístico.

Consumo energético sector logístico Parque existente

■ Calefacción ■ Refrigeración ■ Vent.+Bombas ■ Iluminación

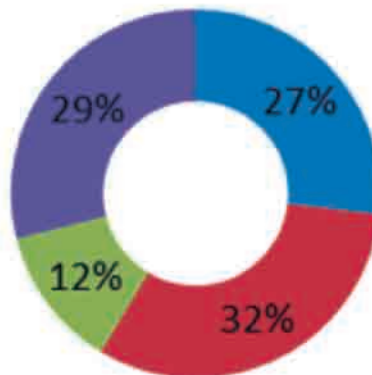


Figura 2.2. Consumo energético en instalaciones englobadas en el sector logístico.



Instalaciones sector logístico

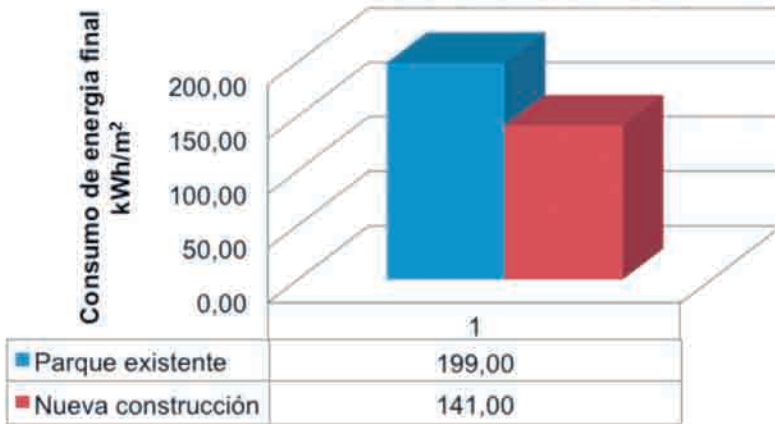


Figura 2.3. Comparativa consumo energético final instalaciones englobadas en el sector logístico.

Tomando una media entre todos los tipos de instalaciones (naves industriales, hangares, talleres, etc.), se llegaría a un ratio de 239,85 kWh/m².

Si este porcentaje se aplica a la superficie actualizada, se puede obtener un consumo de energía final de 1.055,34 GWh.

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

En el análisis energético se deben considerar, debido a su gran importancia energética, las siguientes grandes zonas logísticas:

- Mercamadrid.
- El Centro de transportes de mercancías de Madrid, CTM.
- El Centro de transportes de Coslada, CTC.
- El Centro de Almacenamiento, Distribución, Servicios e Industria (CADSI) de Getafe.
- La red logística de RENFE.
- El puerto seco de Coslada.
- El centro de carga aérea de Barajas.



- El Corredor del Henares.
- El polígono Cobo Calleja de Fuenlabrada y su importancia conexión asiática.

No se debe olvidar que toda acción relativa con la sostenibilidad dentro del parque de instalaciones del sector logístico mediante la mejora de la eficiencia energética, permitirá conseguir asimismo un incremento de la competitividad de dichas empresas y de la Comunidad de Madrid en su conjunto.



Figura 2.4. Plan de infraestructuras de la Comunidad de Madrid.

3

GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR LOGÍSTICO



El sector logístico es uno de los más relevantes operativa y estratégicamente en la región de Madrid. Por su situación geográfica dentro de la Península y sus numerosas infraestructuras, la Comunidad de Madrid es la principal región española en el negocio logístico. Es por ello que una correcta gestión de este sector en términos energéticos redundará de manera clara en el comportamiento global de la región, pudiendo elevar de forma fehaciente la competitividad de la misma.

Una correcta gestión energética, basada en una correcta utilización de los recursos y que aúne soluciones cabales, lógicas y capaces de integrar sistemas de alta eficiencia energética con, además, energías renovables, será la base para conseguir esta optimización del sector logístico en términos energéticos, es decir, una minoración del gasto unido a una mejora en la prestación de servicios.

En este punto es preciso definir asertivamente qué se entiende por el término gestión energética. Pues bien, mediante gestión energética se hace referencia a los servicios consistentes en el uso y explotación de sistemas de calefacción, climatización e instalaciones eléctricas presentes en los edificios, con la intención clara de optimizar su funcionamiento y, por ende, sus niveles de eficiencia energética.



Foto 3.1. Zona de instalaciones térmicas en cubierta. Fuente: Geoter.



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Es preciso, por tanto, desechar la idea de que toda acción de auditoría o gestión energética lleva aparejado una sustitución de equipos, ya que aunque estas acciones suponen teóricamente un sustancial ahorro, hay que estudiarlas en detalle, considerando el posible impacto de esta acción en el resto de instalaciones y el retorno de la inversión previsto.

Por tanto, la gestión energética ha de incluir tanto la sustitución de equipos como la adecuación de los existentes, así como la implementación de cualquier otro tipo de solución que mejore el funcionamiento del centro logístico auditado desde el punto de vista energético.

De esta forma, recursos que tradicionalmente han quedado olvidados y que pueden ser un gran aliado de una correcta gestión energética son la envolvente térmica del edificio y el aprovechamiento de la luz natural, aspectos que, por sí mismos, pueden llevar aparejados grandes ahorros tanto en climatización como en iluminación de las dependencias logísticas.

El actual Código Técnico de Edificación fija un conjunto de normativas que deben de cumplir los nuevos edificios y que afectan también a aquellos en los cuales se realicen importantes modificaciones. De acuerdo con este Código, la eficiencia energética de las instalaciones térmicas son también analizadas de una manera exhaustiva por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y, como es evidente, las labores de gestión y auditoría energética tienen que satisfacer los requerimientos expuestos en estas normativas vigentes.



Foto 3.2. Instalación de captadores solares térmicos para cumplimiento del CTE. Fuente: Geoter.

Otro aspecto relevante a la hora de evaluar la gestión energética de edificios es la componente humana. Por un lado porque las personas, es decir, el capital humano, es el capital más valioso de una empresa, no siendo una excepción los centros logísticos. Por los horarios tan amplios de funcionamiento que tienen estos centros, será preciso realizar una consideración de esta variable para, en todo momento, ser capaces, a través de una correcta gestión energética, de brindar las condiciones de confort térmico y lumínico requeridas por los trabajadores en cada momento de una forma energéticamente eficiente.

Es preciso recalcar que los ocupantes del centro logístico producen una fuente importante de calor en sí mismos, que, unida a la carga térmica de la iluminación y de la maquinaria o equipos existentes, añaden dificultad a una ya complicada gestión energética por la heterogeneidad climática de la región de Madrid. Es por ello que debe existir una óptima combinación entre el alumbrado, la ocupación de personas y las acciones energéticas que se realicen.

Ahondando en este tema, se recalca que tanto los equipos y sistemas existentes en el interior de los edificios como las personas que trabajan en ellos producen una fuente importante de calor.

La emisión de calor por ocupante puede ser del orden de 110 Wh, pudiendo variar según la persona esté sentada, andando o haciendo ejercicio, situación en la que puede llegar a emitir hasta 200 Wh, valores que llegan a ser muy relevantes en ciertas instalaciones logísticas, sobre todo en aquellas no automatizadas.

Debe, por tanto, existir una óptima combinación entre el sistema de iluminación, la ocupación de personas y la climatización de los diversos locales, principalmente en aquellos con gran movimiento humano.

Otro aspecto a considerar es la estratificación del aire caliente en la parte alta de los locales y que es más acentuado cuanto mayor sea la altura del mismo. De esta forma, la normativa exige que en locales con alturas superiores a 4 m se tenga en cuenta este fenómeno y se diseñe un sistema de difusión adecuado, situación considerada en la práctica totalidad de centros logísticos.

También es preciso tener en cuenta las posibilidades de ahorro existentes en el campo de la iluminación y el alumbrado, y su repercusión en el resto de sistemas del edificio, ya que, por ejemplo, una correcta





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

gestión lumínica tiene impacto directo en el sistema de climatización, pudiéndose evitar gastos innecesarios en la factura energética.



Foto 3.3. Instalación térmica de distribución en cubierta. Fuente: Geoter.

La gestión energética también debe considerar aspectos constructivos de las dependencias logísticas y, así, debe analizarse el aislamiento del edificio combinado con la inercia térmica del mismo, entendiendo por inercia térmica el comportamiento de un material o de una construcción con respecto a las variaciones de temperatura. El efecto combinado del aislamiento y la capacidad de acumulación térmica es la inercia del elemento constructivo.

La capacidad de acumulación térmica de una pared es una característica que depende del espesor de la pared, del calor específico del material y del peso específico de la misma, e indica su capacidad para almacenar calor. Esta inercia térmica es fundamental para mantener un buen confort evitando incómodas variaciones de temperatura, sobre todo de la noche al día.

Según como se construya el muro, la acumulación térmica varía. Si la parte más pesada del muro se pone en el exterior y por delante del material aislante, y después una delgada hoja hacia el interior, se tiene poca acumulación térmica.

Si el aislamiento es exterior y el muro pesado está detrás del aislamiento, se tiene mayor acumulación térmica. Un edificio con gran acumulación térmica tarda más en calentarse pero mucho en enfriarse; un edificio con poca acumulación tiene una rápida variación de temperatura de acuerdo con las condiciones exteriores.

Queda patente la relevancia de una buena adecuación de la envolvente térmica a la tipología y uso del edificio logístico, pues se trata de ahorros en origen, ya que el resto de facturas energéticas tienen su base en las características constructivas del edificio.

Otro aspecto relevante desde el punto de vista constructivo, y dadas las grandes extensiones de terreno que suelen abarcar las edificaciones logísticas, son las cubiertas. Dentro de ellas se plantean varias posibilidades, con objeto de optimizar las mismas energéticamente, bien como instalaciones fotovoltaicas que permitan una autogeneración, o bien mediante instalaciones de cubiertas bioclimáticas, que disminuyen la carga térmica existente en las mismas.

La colocación de cubiertas bioclimáticas de colores claros en lugares refrigerados y ventilar los espacios vacíos debajo de las cubiertas es una acción que debe tenerse en cuenta por los importantes ahorros energéticos que conlleva.

El último punto a tratar dentro de la gestión energética de edificios logísticos desde el punto de vista de los elementos constructivos es el que hace referencia a los vidrios y cerramientos exteriores. Estos elementos pueden ser un buen aliado en términos energéticos pero también pueden significar un dispendio absoluto si su calidad o gestión no son las adecuadas, ya que son una fuga energética prácticamente constante.

Analizados los cerramientos exteriores, se debe estudiar la posible colocación de persianas, o elementos semejantes, en ventanas en locales que estén climatizados y tengan radiación solar directa, para reducir precisamente los requerimientos de climatización en determinadas épocas del año.

Cuando las puertas den al exterior, se debe prever la instalación de dos puertas correderas que eviten la entrada del aire exterior en invierno, lo cual elevaría las necesidades de calefacción para mantener las condiciones de confort. Esta misma situación se produce





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

de manera respectiva en épocas calurosas. De esta forma, se debe evitar al máximo la colocación de puertas que den al exterior y que vayan equipadas con rendijas, ya que supone un constante ataque térmico al interior del edificio.



Foto 3.4. Sistema de renovación y control de la calidad del aire.
Fuente: Geoter.

La gestión energética debe también incluir aspectos relativos a la calidad del aire. Es claro que el edificio tiene que «respirar» y, por otra parte, debe proporcionar el confort adecuado a sus usuarios, gastando la mínima energía posible y siendo muy respetuoso con el medio ambiente.

La mezcla de aire exterior con aire de renovación conduce a un conjunto de actuaciones que deben ser muy bien analizadas por el gestor energético para llegar a unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas.

Con el fin de ahorrar energía, es posible encontrar edificios que utilizan poco aire exterior, lo que puede producir, en muchos casos, un efecto con denominación bastante nueva como es el «edificio enfermo» debido a la baja calidad del aire interior.

Sin embargo, no hay que situarse en el otro extremo y tender a edificios con totalidad de aire exterior, ya que, en general, conducen a un

mayor gasto energético sin solucionar en muchos casos los problemas de contaminación. Para ello, la normativa vigente en Europa hace hincapié en los sistemas de renovación y la salubridad de las personas.

Evidentemente, la utilización de aire exterior es precisa para regenerar la calidad ambiental de los ocupantes del centro logístico, siendo el mínimo legal de renovación de aire para que la calidad del mismo no disminuya por debajo de ciertos límites, de 8 metros cúbicos por persona y hora. A su vez, la normativa incluye las renovaciones según los distintos servicios a los que estén dedicadas las diversas habitaciones o espacios.

Existen sistemas de software con un control adecuado para mezclar diferentes tipos de aire y conseguir temperaturas y humedades adecuadas para cada caso, cuya inclusión en el sistema de gestión energética se antoja necesaria.

De esta forma, en verano la renovación de todo el aire interior por la madrugada es, sin duda, un ahorro energético importante. Al estar el aire exterior más fresco, se introduce en los edificios sin gasto de los equipos térmicos y sólo con el gasto energético ocasionado por el funcionamiento de los ventiladores y compuertas.



Foto 3.5. Sistema de iluminación en zonas comunes de oficinas de un centro logístico. Fuente: Geoter.



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

También debe tenerse en cuenta la posibilidad de utilización de técnicas pasivas en el movimiento del aire que conducen en muchos casos a ahorros substanciales de energía. El aire caliente tiene menos peso que el frío y asciende hacia el techo. Por ello, muchas veces se debe pensar que lo mejor es dejarlo salir con compuertas en la cubierta.

De esta forma, se concluye que la gestión energética del centro logístico ha de ser entendida de manera global, integrando todos y cada uno de los sistemas que lo integran y tratándolos de manera integral en busca de la optimización de su funcionamiento y de la maximización de la eficiencia energética de su conjunto.

4

CONSIDERACIONES Y PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN



La dependencia de fuentes energéticas fósiles es clara a día de hoy en la práctica totalidad de los ámbitos, no siendo el sector logístico una excepción. Esta dependencia energética es un fenómeno tradicional y es justamente la base del fomento de la eficiencia energética y las auditorías energéticas. Efectivamente, con la primera crisis del petróleo en los años 70 surgió el interés y la necesidad de promover acciones en pos de elevar los ratios de eficiencia energética a nivel global, con el propósito claro de disminuir el consumo.

Con las posteriores crisis energéticas se arraigó esta idea, además de sentarse las bases para incluir otro tipo de acciones, fundamentalmente encaminadas a la inclusión de energías renovables. Además, la problemática observada desde hacía ya varios años en torno al calentamiento global del planeta, así como los acuerdos alcanzados en el protocolo de Kyoto, hacen de la eficiencia energética, y por extensión de las auditorías energéticas, una herramienta básica en el actual panorama energético global y su correcta gestión.

De esta forma, puede realizarse una primera definición general del concepto de auditoría energética que sería «un proceso donde se estudia un edificio o instalación que consume energía e identifica oportunidades para reducir el consumo». Se trata de una definición algo abstracta y generalista, pero que sienta las bases de lo que se persigue con la realización de una auditoría: la reducción de consumos y, por tanto, el aumento de la eficiencia energética de la instalación auditada.



Foto 4.1. Dentro de transformación objeto de estudio en una auditoría de un centro logístico. Fuente: Geoter.

Es preciso ahondar y depurar la definición dada de auditoría energética, de modo que se ofrece la siguiente: «una auditoría energética es una herramienta de estudio, inspección, análisis y búsqueda de resultados a través de la cual se pretende caracterizar la dimensión energética objeto de estudio y optimizar su funcionamiento a través de la mejora de la eficiencia energética global».

Se incluyen aquí conceptos más específicos, dejando entrever las fases del proceso de auditoría y añadiendo además el concepto de globalidad, pilar fundamental para un correcto entendimiento y posterior gestión de la realidad energética de la instalación objeto de estudio.

La presente Guía tiene su campo de actuación en el sector logístico, un escenario muy amplio y heterogéneo pero de una importancia y una relevancia sumamente importantes en el tejido empresarial y económico tanto de la región de Madrid como del conjunto de España. Como es fácilmente comprensible, el sector logístico abarca una gran tipología de instalaciones, incluyendo edificios o dependencias de oficinas, zonas de almacén de muy distinta clase y tamaño, hangares, talleres, campas, zonas de *picking*, *handling*, espacios de aparcamiento, vestuarios, etc. Todas ellas presentan sus particularidades y de esta forma

han de ser tratadas, no siendo posible realizar una única auditoría con estrategias y métodos únicos para la totalidad del sector logístico. Será, por tanto, labor del equipo auditor adaptar su conocimiento y experiencia a la situación particular que presente la dependencia logística auditada, siempre desde un punto de vista técnico y profesional que asegure un buen desempeño de la auditoría y la consecución de mejoras en la variable energética de las instalaciones del sector logístico.



Foto 4.2. Zonas de distribución en una auditoría de un centro logístico.
Fuente: Geoter.

De cualquier modo, es posible definir las directrices básicas en las cuales se encaminarán las labores a desarrollar en una auditoría energética en el sector logístico, que son la sostenibilidad, el incremento de la eficiencia energética y el ahorro monetario. Es por ello que las labores de auditoría energética han de garantizar, por un lado, la obtención de todos los datos relevantes en términos energéticos de la instalación estudiada y, por otro, la toma de decisiones bajo una perspectiva ética y de maximización de beneficios para los gestores o propietarios de las instalaciones logísticas.

Es necesario, para la correcta ejecución de una auditoría energética, tener presentes una serie de pautas y consideraciones con carácter previo al desarrollo de la misma para que, una vez que el equipo auditor



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

entre en escena, pueda realizar sus tareas de forma eficiente y exitosa, de modo que se puedan proponer las soluciones que mejor se adapten.

Una vez expuesta esta problemática, con su compleja situación inherente, se va a intentar dar una definición de auditoría energética lo más completa, siendo: «las auditorías energéticas pueden definirse como estudios integrales mediante los cuales se analiza la situación energética en el edificio y las instalaciones que constituyen las instalaciones logísticas, comparando cambios, acciones y modificaciones con el objeto de obtener un conjunto armónico y óptimo de soluciones que conduzcan a un gasto energético menor, con una mejora de los servicios prestados, una mayor durabilidad de los equipos y un aumento en la sensación de confort de los usuarios y trabajadores de la instalación auditada».

La importancia de esta definición, además de las componentes técnicas, se centra en la inclusión de la variable humana, que es fundamental en cualquier ámbito en que se realice una auditoría energética, ya sea en el sector industrial (afectando a trabajadores), en el sector terciario (en el que atañe tanto a trabajadores como a usuarios) o en el sector residencial, donde se debe gozar de las mejores condiciones de confort en los hogares.

En esta línea se expresan multitud de organismos, empresas y asociaciones, como ASHRAE, la asociación americana de ingeniería de calefacción, refrigeración y climatización, mediante su máxima *people is first*. Es posible encontrar manifestaciones similares en organismos nacionales como el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) mediante sus campañas de sensibilización o desde la propia Comunidad de Madrid a través de sus campañas «Madrid Ahorra con Energía» y sus planes «Renove» de diversos tipos. Desde esta publicación se comparte este sentimiento y se entiende como un principio que debe prevalecer, puesto que las soluciones técnicas y los aspectos económicos siempre han de ir supeditadas al bienestar y aumento de calidad de vida de las personas que es la razón última de cualquier acción ingenieril.

Además de esta componente humana de relevancia innegable, ya se apuntó en la definición del término auditoría energética que se recogen conceptos de calado técnico, pues sólo a través de un conocimiento técnico sólido de las realidades energéticas auditadas y de las posibles soluciones disponibles es factible realizar un buen trabajo de auditoría energética. Además de esto, es preciso apuntar que una au-

ditoría energética recoge siempre entre sus principios el cumplimiento total de todas aquellas normativas aplicables a sus campos de actuación y, evidentemente, el aumento del compromiso medioambiental, con el propósito firme de eliminar todo impacto ambiental o bien minimizar aquellos que no sean evitables.

En este sentido, y dado el marco de aplicación de la presente Guía, se deberá prestar atención al cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE), así como del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y los aspectos de Certificación Energética de Edificios ya vigentes, sin olvidar cualquier otra ley o normativa que sea de aplicación en las medidas propuestas como conclusión de los trabajos de auditoría energética.

Realizando una pequeña recapitulación, es posible exponer que una auditoría energética es un proceso sistemático de acciones mediante las cuales, en primer lugar, se obtiene un conocimiento fiable del comportamiento energético de la instalación auditada, detectando los factores más relevantes y aquellos susceptibles de mejora, para, posteriormente, analizar, evaluar y exponer las posibilidades de ahorro y aumento de eficiencia considerando también el factor de la rentabilidad económica.

El concepto de auditoría energética es, como se puede imaginar, de una complejidad y dimensión importante, pudiéndose hacer, por tanto, numerosas diferenciaciones o clasificaciones dentro de ellas, realizándose al final del capítulo una caracterización de las mismas.



Foto 4.3. Zonas de renovación y climatización de naves en un gran centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter.





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Asimismo, 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 campo de actuación. A tal efecto, existe un listado detallado de empresas que realizan estas labores en la página web de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (www.fenercom.com). Este mismo organismo pone a disposición de los usuarios numerosas guías de ahorro, eficiencia y auditorías energéticas en distintos ámbitos, tanto empresariales como industriales o del sector terciario.

Como ya se ha apuntado al inicio del capítulo, en la realización de una auditoría energética es preciso tener presente el principio básico de que el objetivo primordial de la auditoría es el de dar soluciones totales a instalaciones globales, motivo por el cual es preciso entender cada tipología de instalación logística como un único sistema consumidor de energía. Únicamente desde esta concepción integral de los trabajos será posible obtener las soluciones más eficientes para las situaciones susceptibles de mejora que pudieran encontrarse, con la posibilidad, además, de priorizar entre ellas y de poder gestionar eficazmente los recursos y soluciones posibles.

Desde esta publicación se pretende desterrar la idea, comúnmente utilizada, de parcelar estancamente zonas e instalaciones en el estudio energético, dando soluciones parciales a las mismas, pues el hecho de realizar un tratamiento global permite una solución que, en la mayoría de los casos, será más eficiente que la obtenida por estos otros métodos parcelarios, evitando solapes o redundancias en las mejoras propuestas.

De esta forma, se reitera que la instalación logística auditada ha de ser considerada como un único gran consumidor, con objeto de lograr la plena integración de las soluciones y recursos disponibles con los potencialmente implementables.

Esta optimización en el uso de los recursos energéticos desemboca en la correcta ejecución de las soluciones propuestas en una auditoría energética, y se traduce en una instalación más eficiente, respetuosa con el medio ambiente y, evidentemente, de menor consumo, lo cual representa un ahorro económico en el gasto subsecuente, siendo éste, quizá, el aspecto más relevante desde el punto de vista práctico

para los inquilinos o administradores de los complejos residenciales objeto de auditoría energética.

En la realización de una auditoría energética en centros logísticos es preciso basarse en una serie de pilares o principios fundamentales de tipos general, que son los que se exponen a continuación:

- Introducción y/o aumento en la utilización de fuentes de energía renovables.
- Sustitución de fuentes de energía obsoletas o con sistemas de funcionamiento con baja eficiencia.
- Estudio detallado de las edificaciones, prestando especial atención a su envolvente y aislamiento térmicos.
- Estudio de las instalaciones y equipos existentes, realizando mediciones y registros de sus parámetros principales de funcionamiento.
- Evaluación de los parámetros térmicos, eléctricos y también de confort a satisfacer en las viviendas e instalaciones de los complejos residenciales.
- Correcta gestión de residuos y posible aprovechamiento de los mismos.
- 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.

La realización eficiente de una auditoría energética, con la multitud de tareas y trabajos que conlleva, va invariablemente ligada a una correcta planificación y coordinación de las actividades necesarias para su desarrollo. Únicamente de este modo será posible obtener una visión clara y real de la situación exacta de las instalaciones auditadas para poder proponer mejoras efectivas que eleven la eficiencia energética de las mismas, optimizando su funcionamiento y el ahorro económico.

Con el fin de facilitar esta planificación y de fijar los puntos más importantes a considerar a la hora de llevar a cabo una auditoría, se





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

facilitan una serie de fichas modelo (capítulo 5) cuya cumplimentación dotará de la información necesaria relativa al estado de las instalaciones auditadas. Los puntos principales sobre los que versan estas fichas a rellenar por el equipo auditor son los siguientes:

- Generalidades y análisis constructivo de las edificaciones integrantes del complejo residencial.
- Sistemas energéticos y eléctricos (productores y consumidores).
- Sistemas de climatización (calefacción y refrigeración).
- Sistemas de ventilación.
- Sistemas de iluminación.
- Situación en aspectos medioambientales.
- Situación en cuanto a normativa vigente.

A continuación, se va a exponer someramente un cronograma tipo o planning de trabajo para la realización de auditorías energéticas en instalaciones de logística.

4.1. Trabajos preparatorios para la auditoría energética

La realización de las actuaciones típicas de una auditoría energética «sobre el terreno» necesita de un importante trabajo previo sin el cual la propia auditoría está prácticamente abocada al fracaso. De este modo, es necesaria la realización de un trabajo previo administrativo que facilite el acceso a la información más relevante de la instalación auditada, así como de una primera visita técnica de carácter previo que proporcione un conocimiento general 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.

Para ello, es imprescindible haber realizado contactos con los profesionales encargados de la administración de las fincas objeto de estudio, con un doble fin:

- 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; y

- 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.

En estas labores iniciales y de carácter previo a la realización *in situ* de la auditoría energética, se incluyen la preparación tanto de las fichas de actuación que se rellenarán con datos reales recogidos en las visitas del equipo auditor a las instalaciones objeto de estudio, como la preparación de los equipos de medida necesarios para poder llevar a cabo estas labores.

Asimismo, se debe llevar a cabo un estudio exhaustivo de la instalación en términos de ubicación, climatología, infraestructuras, posibilidades de suministro energético, logística, legislación vigente, etc., con el fin de poder, posteriormente, proponer mejoras y/o soluciones que sean viables tanto desde el punto de vista técnico, como del administrativo e incluso social.

La ejecución de estos trabajos presupone la consecución de información suficiente para sentar las bases necesarias para acometer el proyecto de auditoría energética con unas posibilidades de éxito elevadas.

Sin embargo, es preciso reseñar que en multitud de ocasiones no se dispondrá de tal cantidad de información, y que tendrá que ser el equipo auditor, basado en su experiencia y formación, el que proporcione la misma o bien realice una evaluación estimativa de los datos no disponibles, siempre desde la perspectiva más real y basada en la ética profesional, que, como ya se ha expuesto, debe abanderar todo trabajo de este tipo y de cualquier otro que éste sea.

4.2. Análisis previo y toma de datos de la instalación

Es en esta fase de la auditoría cuando el equipo auditor se desplaza físicamente a la instalación logística objeto de estudio y obtendrá una percepción real del entorno y la ubicación de la instalación, así como de su propio estado de conservación y funcionamiento. Esta primera toma de contacto será de gran utilidad al equipo auditor, puesto que permitirá definir el enfoque a dar en la auditoría energética a realizar.

Con esta primera percepción *in situ* de la instalación ya se pueden sacar conclusiones acerca del estado general de la misma, tanto





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

de conservación, mantenimiento y funcionamiento, como del grado y magnitud de las acciones a emprender para asegurar los requerimientos técnicos de confort requeridos en el ámbito de aplicación de los trabajos de auditoría.



Foto 4.4. Bombas gemelas de bombeo de climatización para centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter.

Tal y como se ha comentado al inicio del capítulo, en este estadio de los trabajos únicamente se pretende obtener un conocimiento 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 como son los siguientes:

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.
- 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 (contador de energía y características, baterías de condensadores, contador 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 y características del combustible (P.C.I.).
- 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.
- 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 podrá 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.





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

- Del estudio de la calidad del agua se analizará la posible utilización de tratamientos de la misma, sobre todo en centros logísticos que proporcionen comidas.

Es preciso destacar que 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.

Mediante el estudio de estas características expuestas, el equipo auditor poseerá una idea bastante centrada acerca del sentido de las acciones a desarrollar, así como del alcance de las mismas, pues se tiene ya un conocimiento real de las debilidades, fortalezas (e incluso oportunidades) de la instalación auditada.



Foto 4.5. Depósito de inercia para centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter.

4.3. Prediagnóstico y posibles soluciones

Mediante el tratamiento y análisis de los datos obtenidos hasta este momento es posible tener una idea ciertamente completa de la situación energética y de funcionamiento de la instalación logística que se está auditando.

El estudio y análisis de la energía mediante la cual se cubren las demandas existentes en la instalación auditada es fundamental, ya que el suministro energético presente puede no ser único y tener muy diversa procedencia: eléctrica, de origen fósil, de productos derivados del petróleo, renovable, de procesos de recuperación, etc., pudiéndose evaluar la idoneidad o no del suministro actual existente para la instalación logística e introducir así nuevas soluciones que optimicen el mismo, si es viable.

Es en esta fase cuando se cuantificará también la eficiencia energética de las diversas áreas de la instalación logística en conjunto como una única instalación, calculando el ratio de consumo de energía por unidad de superficie construida: kWh/m². Este ratio podrá a su vez subdividirse por zonas, tipos de energía o cualquier otra que a los ojos del equipo auditor pueda ser interesante por la configuración o particularidades de la instalación logística que se esté auditando, que, como ya se ha comentado, conforman un espectro muy heterogéneo de instalaciones. De cualquier forma, siempre se tendrá presente el principio de considerar la instalación objeto de auditoría como un único gran consumidor de energía.



Foto 4.6. Zona de distribución objeto de estudio en una auditoría de un centro logístico. Fuente: Geoter.



Igualmente, se puede proceder a calcular y obtener el valor de la eficiencia de la iluminación de la instalación correspondiente estudiándola mediante el ratio de la potencia instalada por unidad de superficie construida: kW/m^2 ; también susceptible de ser particularizado, como el ratio energético de la manera antes explicada.

En esta fase de los trabajos el equipo auditor debe saber ya las posibilidades reales de ahorro de energía y las medidas a adoptar en el centro logístico así como el orden de magnitud de la inversión económica a afrontar para acometer estas acciones, pues dispone de toda la información relevante para este propósito.

4.4. Toma de datos final in situ para un proyecto definitivo

En esta fase de la auditoría, el equipo auditor recogerá de manera completa y precisa los datos de la instalación en cuestión, consiguiendo una “radiografía” de la misma, de sus sistemas y procesos con el fin de disponer así de manera clara y ordenada de la información necesaria para la realización del proyecto definitivo. A tal efecto, se deberá disponer de una serie de fichas cumplimentables en las que quedarán recogidos los datos más relevantes de la instalación. Estas fichas no son únicas ni existe un modelo predeterminado de ellas, sino que cada equipo auditor deberá confeccionar las que mejor se adapten a su modo de operación, pues, como es entendible, para una misma instalación puede haber tantas soluciones como equipos auditores (tanto en medios y modos de trabajo como en soluciones propuestas), si bien las deficiencias y soluciones más significativas permanecerán invariables.

Sea como fuere, a continuación se esbozan y facilitan los aspectos energéticos más importantes, imprescindibles en un buen trabajo de auditoría dentro del ámbito de los centros logísticos:

- i. Datos de carácter general:
 - Identificación del centro logístico (nombre y localización).
 - Contactos y datos de las personas responsables.
 - Número de edificios.
 - Tipología y uso de estos edificios.

- Estudio de las zonas comunes.
- Análisis de la ubicación y el entorno.

ii. Datos constructivos:

- Antigüedad de las edificaciones.
- Tipo y orientación de los edificios.
- Existencia de áreas verdes.
- 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.
- Análisis de las superficies acristaladas, estudiando las características de los vidrios y marcos utilizados y su comportamiento térmico.
- Inspección de los posibles puentes térmicos que puedan dar lugar a condensaciones.
- Análisis de puertas de entrada, zonas de acceso y, en general, cualquier espacio abierto 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 y ACS:

- Planos de instalaciones existentes.
- Tipo de sistema empleado (individual, colectivo).





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

- Estudio de las condiciones interiores (temperatura y humedad) y de las necesidades de calefacción.
- Análisis de la sala técnica o de calderas, superficie y estado de conservación.
- Datos del estado general de la instalación (equipos, aislamientos, tuberías) y del mantenimiento realizado.
- Estudio de los equipos productores de calor:
 - Recabar información sobre el tipo de equipo, año de fabricación, características técnicas, rendimiento nominal y fabricante.
 - Estudiar el tipo de instalación centralizada o de las instalaciones individuales, según el caso.
 - Conocer la temperatura de producción de calefacción y ACS.
 - 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 (radiadores, suelo radiante, etc.).
- Estudio de las distribuciones de agua y aire.
- Datos sobre chimeneas, recuperadores de calor, bombas de circulación, sistemas de regulación automática, equipos de apoyo eléctricos, etc.
- Estudio de calefacción y producción de ACS en zonas comunes y deportivas si las hubiera.

v. Datos de instalaciones de refrigeración:

- 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.



- Datos del estado general de la instalación (equipos, aislamientos, tuberías) y del mantenimiento realizado.
 - Estudio del equipo generador de frío:
 - Análisis de la naturaleza y tipo del equipo, obteniendo información sobre año de fabricación, características técnicas, rendimiento nominal y fabricante. (Especial atención si existen bombas de calor: analizar su estado y 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.
 - 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).
 - Estudio del estado de conservación de los elementos terminales.
- vi. Datos de instalaciones de iluminación interior:
- Tipo de iluminación existente.
 - Sistemas de control 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.
 - Estudio de sistemas de regulación de encendido.
 - Mediciones de los niveles lumínicos, en especial en garajes y zonas de uso esporádico.



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

- 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.
 - 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 del mismo.
- 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, especialmente en caso de existir piscinas.
- Análisis de las necesidades reales de consumo.
- Estudio de sistemas ahorradores de agua.

ix. Datos de sistemas especiales:

Dentro de los diversos sistemas especiales que se pueden llegar a encontrar en un centro logístico, cabe destacar los equipos de transporte de personas, fundamentalmente ascensores o sistemas

de ayuda para personas con movilidad reducida y, sobre todo, aquellos relativos al transporte y manipulación de mercancías.

De este modo, para el estudio de estos sistemas será preciso conocer:

- Estudio del número y tipo de ascensores instalados.
- Estudio del número y tipo de los montacargas.
- Estudio y tipo de otros elemento de elevación o movimiento de mercancías.
- Análisis del estado de conservación y mantenimiento.

Adicionalmente, puede ser interesante realizar un estudio acerca de la utilización de los aseos y vestuarios del personal trabajador del centro logístico, con especial atención a la inclusión o no de sensores de movimiento para accionamiento de luz, o secadores de manos eléctricos (cuyo ratio de rendimiento no es del todo eficiente), por citar algunos. Igualmente, la existencia de zonas comunes de reunión y de servicios dentro del centro logístico, como cantinas o cafeterías y restaurantes, puede hacer interesante su estudio pormenorizado en busca de posibles soluciones de ahorro energético.

4.5. Análisis de los datos recogidos y estudio de soluciones posibles

Con la relación de datos anteriormente descrita, se está en disposición de tener una idea clara y veraz sobre la situación real del complejo en el que se encuentra la instalación logística auditada desde el punto de vista energético.

Es evidente que 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 ciertamente amplio, de modo que se estima conveniente contar en el equipo auditor con especialistas expertos en cada uno de estos campos, o bien tener un asesoramiento externo en aquellos en que se crea necesario para obtener el mejor análisis y poder proponer la mejor respuesta a las necesidades detectadas.

No obstante, el estudio de posibles acciones, 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 del conjunto del complejo logístico. Así, este encargado o coordinador de equipo deberá tener un conocimiento completo y global de la realidad física, social y energética del centro logístico, así como del estado de conservación y funcionamiento de la instalación auditada.

4.6. Clasificación general de auditorías energéticas

En este último apartado del presente capítulo se va a exponer una clasificación general de los distintos tipos de auditoría energética que es posible encontrar. Cabe destacar que esta clasificación no es única y simplemente persigue proponer una. De este modo, es posible encontrar:

(a) Según variable temporal:

- Auditorías en fase de proyecto o diseño de la instalación o edificio.
- Auditorías en fase de ejecución del proyecto constructivo.
- Auditorías en fase de explotación, es decir, con el edificio en funcionamiento, y que son las más corrientes.

(b) Según el alcance de estudio:

- Auditorías parciales, cuando sólo se toman en consideración algunos sistemas del global de la instalación.
- Auditorías totales, cuando el campo de actuación es el total de la instalación o edificio.

(c) Según el propósito:

- Auditorías voluntarias, por iniciativa propia del cliente, ya sea por razones medioambientales, económicas, sociales, etc.
- Auditorías obligatorias, ya sea por la alta gerencia o por algún imperativo legal.
- Auditorías por certificación, con objeto de obtener la conformidad con respecto a alguna norma para conseguir una certificación (UNE).

(d) Según el campo de aplicación:

- Auditorías en el sector residencial.
- Auditorías en el sector industrial.
- Auditorías en el sector empresarial.
- Auditorías en el sector docente.
- Auditorías en el sector servicios.
- Auditorías en el sector primario, etc.

(e) Según la intensidad:

- Auditoría previa es aquella en la que únicamente se quiere definir la realidad energética de la instalación a modo de primera aproximación.
- Auditoría general. Se intensifica el estudio y se sugieren y proponen medidas específicas para mejorar el funcionamiento y la eficiencia energética de la instalación.
- Auditoría de inversión, fundamentalmente realizada por una empresa que, posteriormente, llevará la gestión energética de la instalación (empresa de servicios energéticos).



5

FICHAS JUSTIFICATIVAS DE PROCEDIMIENTO

FICHA 1. IDENTIFICACIÓN DEL CENTRO LOGÍSTICO

F 1.1. - DATOS GENERALES DEL CENTRO LOGÍSTICO

Nombre del Centro	
Empresa	
Denominación edificios a auditar	
Dirección	
Población	
Provincia	
Código Postal	

F 1.2. - PERSONAS DE CONTACTO EN EL CENTRO LOGÍSTICO

D.		Cargo		Tel.		email	
D.		Cargo		Tel.		email	
D.		Cargo		Tel.		email	

F 1.3. - DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre del Centro	
Fecha de visita	
Técnicos que realizan el cuestionario	





FICHA 2. DATOS DE UTILIZACIÓN Y CONSUMO

F 2.1. - CONSUMOS

	Año de referencia:						Año de referencia:				Año de referencia:			
	Electricidad (EE,kWh)						Combustible (1)				Combustible (1)			
Mediciones	Contador						Descarga/Contador				Descarga/Contador			
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														
ConsumoTotal														
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. - TIPOLOGÍA DEL CENTRO LOGÍSTICO AUDITADO

Número de edificios

Número aprox. de trabajadores

F 2.3. - HORARIOS DEL CENTRO LOGISTICO



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	SI	NO
Existe programador automático de arranque y parada por zonas de cada edificio	SI	NO
Existe programador automático de arranque y parada por zonas de la instalación	SI	NO
Existe programador automático de arranque y parada a horas fijas	SI	NO

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



FICHA 3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL CENTRO LOGÍSTICO

F 3.1. - DATOS GENERALES

CONSTRUCCIÓN

Antes de 1900 ☐
Entre 1900 y 1950 ☐
Después de 1950 ☐
Año _____

EDIFICACIÓN

Monumental ☐
Catalogada ☐
Normal ☐

SITUACIÓN

Aislada ☐
Entre medianeras ☐
Protegida por edificios ☐

F 3.2. - SUPERFICIES TRATADAS

CONSTRUCCIÓN

PLANTAS

SUPERFICIE (m²)

Sobre rasante	_____	_____
Bajo rasante	_____	_____
Total	_____	_____
Plantas garaje e instalaciones	_____	_____

Total superficie construida, m²: _____

Superficie calefactada, m²: _____

Superficie parcelada, m²: _____

Superficie refrigerada, m²: _____

Superficie ajardinada, m²: _____

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			SI NO	SI NO
Fachadas a patios abiertos			SI NO	SI NO
Medianeras descubiertas			SI NO	SI 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)			Calefactada	Refrigerada
Inclinada (2)			Calefactada	Refrigerada
Acristalada sobre patio			Calefactada	Refrigerada

Superficie de cubierta no aislada en contacto con un espacio tratado, m²:

¿Puede aislarse sin obra civil?: Sí / 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 (tabiquillos palomeros).

F 3.6. - MODIFICACIÓN DE PUERTAS DE ACCESO AL EDIFICIO

Sistema de puertas de acceso en vestíbulo principal (1)

Existen infiltraciones de aire y molestias para las personas SI NO

Hay posibilidad de modificar el sistema de puertas SI NO

Existe cortina de aire caliente por resistencias eléctricas SI NO

Potencia de estas resistencias eléctricas (kW)

Funcionamiento (horas/año)

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

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			
Estanqueidad de ventanas (1)	B R M	B R M	B R M
Dimensión de ventana l x h (metros)	x	x	x
Número de ventanas			
Mejora de la estanqueidad (2)			

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

(2) C: Con reforma parcial de carpintería; B: Con instalación de burletes; DV: Con instalación de doble ventana;

O: Otro sistema (indicarlo:)



FICHA 4. AGUA CALIENTE SANITARIA EN CENTROS LOGÍSTICOS

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 m ² : | _____ |
| Moqueta solar | ☐ | Superficie m ² : | _____ |
| 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 COMUNES DE A.C.S.

- | | |
|---|--|
| Lavabos/vestuarios: Nº grifos no temporizados | <input type="text"/> |
| Contadores de A.C.S. | <input type="text" value="SI"/> <input type="text" value="NO"/> |
| Consumo mensual medio de A.C.S. (m ³) | <input type="text"/> |
| Temperaturas de distribución (°C) | Pto.medio <input type="text"/> Pto. extremo <input type="text"/> |



FICHA 5. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN. REGULACIÓN EN CENTROS LOGÍSTICOS

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



F 5.5. - DISTRIBUCIÓN AGUA

Fachada o zonas			
Superficie (m ²)			
Emisor (clave)			
Bomba independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Circuito independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Regulación independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Función regulación	B M	B M	B M
Diámetro tubería (")			
Grado de dificultad	F D	F D	F D

F 5.6. - DISTRIBUCIÓN AIRE

Fachada o zonas			
Superficie (m ²)			
Circuito independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Regulación independiente	SI NO	SI NO	SI NO
Función regulación	B M	B M	B M
Retorno inferior / superior	I S	I S	I S
Nº difusores impulsión			
Conducto principal (m ²)			
Grado de dificultad	F D	F D	F D

F 5.7. - LOCALES CON TEMPERATURAS > 20 °C

Local			
Nº de locales			
ΔT (°C)			
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 (2)			
Nº unidades por local			
Diámetro tubería (")			
Tamaño conducción (")			
Grado de dificultad	F D	F D	F D



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

(2) A rellenar 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			
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 (2)			
Nº unidades por local			
Diámetro tubería (")			
Tamaño conducción (")			
Grado de dificultad	F D	F D	F D

(2) A rellenar según:

Tipo de instalación	Código	Reforma propuesta
W	C08	Instalar Interruptor Horario y Válvula Motorizada en Unidades Terminales
A	C09	Instalar Interruptor Horario y Compuertas en Conductos
W	C10	Instalar Detector de Presencia actuando sobre Sistema de Control Existente
W	C11	Instalar Detector de Presencia y Válvulas Motorizadas
A	C12	Instalar Detector de Presencia y Compuertas Motorizadas en Conductos



FICHA 6. CALDERAS. QUEMADORES

F 6.1. - CARACTERÍSTICAS DE LAS CALDERAS

Caldera número			
Sala de caldera (definir A,B,C)			
Servicio a que se dedica	C ACS O	C ACS O	C ACS O
Funciona todo el año: horas/año			
Funciona en Invierno: horas/temporada			
Servicio diario (de __ a __ horas)	/	/	/
Marca de la caldera			
Modelo de la caldera			
Tipo de funcionamiento (1)	N A R F	N A R F	N A R F
Potencia (kcal/h)			
Año instalación			
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: Fuera de Servicio

F 6.2. - CARACTERÍSTICAS DE LOS QUEMADORES

Marca / Modelo			
Potencia eléctrica ventilador (W)			
Año de instalación			
Tipo de combustible (2)			
Tamaño de boquilla (Gal/h) ó (l/h)			
Presión máxima de pulverización (bar)			
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)			

(2) CA: Carbón; GA: Gasóleo; FU: Fuelóleo; GN: Gas Natural; GM: Gas ciudad;

PC: Propano; O: Otros (especificar:)



F 6.3. - MEDIDAS

Caldera número			
Temperatura impulsión fluido (°C)			
Temperatura retorno fluido (°C)			
Presión fluido (caldera de vapor) (bar)			
Temperatura de humos (100% carga) (°C)			
Índice de opacidad (escala Bacharach)			
Temperatura ambiente (°C)			
Temperatura media exterior caldera (°C)			
Concentración O ₂ en humos (%)			
Concentración CO ₂ en humos (%)			
Concentración CO en humos (%)			
Concentración SO ₂ en humos (%)			
Concentración NO _x en humos (%)			
Rendimiento de la Combustión / Analizador (%)			

F 6.4. - DATOS ESPECÍFICOS

Caldera número			
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)			
Superficie frontal/Temp. superficial (m ² /°C)			
Superficie trasera/Temp. superficial (m ² /°C)			
Superficie envolvente/Temp. superficial (m ² /°C)			

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

**F 6.5. - DATOS COMUNES**

Regulación en secuencia de calderas	SI	NO
Impulsión de las calderas va a colector común	SI	NO
Existe interconexión de retornos	SI	NO
Estado sala calderas (limpieza, seguridad, iluminación)	B	M
Disponibilidad de espacio para otra caldera	SI	NO
Disponibilidad de espacio para otra chimenea	SI	NO
Periodicidad limpieza calderas (cada 6 meses, 1 año, > 1 año)		
Control y regulación de combustión (cada 3 meses, 6 meses, > 6 meses)		
Escalonamiento de quemadores en función de demanda	SI	NO
Válvula de presión diferencial	SI	NO
Centralita de regulación	SI	NO
Existe estación regulación y medida para suministro gas natural	SI	NO

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

	Nº Equipos en funcionamiento	Potencia total (kW)
Quemadores		
Bombas trasiego combinado		
Bombas primarias		
Bombas secundarias		

F 6.7. - MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Existe libro de mantenimiento	SI	NO
Existe contrato de mantenimiento	SI	NO
Empresa de mantenimiento		
Responsable instalaciones		
Fecha última limpieza caldera		
Fecha último control de combustión y regulación		
Gasto medio anual en averías y/o mantenimiento		



FICHA 7. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

F 7.1. - TIPO DE INSTALACIÓN TERMINAL

	Uds.	% S.R.
A.- Por Aire		
A1.- Por aire		
A2.- Equipos de ventana		
A3.- Grupos autónomos		
A4.- Bomba de calor		
A5.- Otros		
W.- Por Agua		
W1.- Fan-coils		
W2.- Evaporativos		
W3.- Bomba de calor		
O.- Otros		
O1.- Inductores		
O2.- Otros		

F 7.2. - ACONDICIONADORES DE VENTANA

Número de unidades				
Potencia eléctrica total frío (W)				
Potencia eléctrica total calor (W)				
Producción calor (1)	BE BC	BE BC	BE BC	BE BC
Nº cuadros eléctricos de alimentación				

(1) BE: Batería Eléctrica; BC: Bomba de Calor.

F 7.3. - HUMECTADORES ELÉCTRICOS (VAPORIZACIÓN TÉRMICA)

Existen por confort ambiental	SI	NO
Existen por requerimiento de un proceso	SI	NO
Pueden eliminarse	SI	NO
Puede reducirse la humedad relativa	SI	NO
Puede reducirse la humedad al 30%	SI	NO
Ajuste de HR actual (%)		
Ajuste de HR nuevo (%)		

Nº Humectadores de confort		Potencia eléctrica total (kW)	
Nº Humectadores de proceso		Potencia eléctrica total (kW)	



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 (m ²)			
Potencia (W) ó (kcal/h)			
Batería (EE) kW			
Pueden eliminarse SI/NO			
Tipo función V=Verano, T=Todo el año			
Sección conducción (m ²)			
Tipo retorno S=Superior, I=Inferior			

F 7.6. - LOCALES CON TEMPERATURAS < 25 °C

Local			
Nº de locales			
Δ T (°C)			
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 (2)			
Nº unidades por local			
Diámetro tubería (")			
Tamaño conducción (")			
Grado de dificultad	F D	F D	F D



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

(2) A rellenar 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

(3) A rellenar 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

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 frío número			
Sala de máquinas (definir A, B, C)			
Tipo de compresor (1)	A C H S Ab	A C H S Ab	A C H S Ab
Nº de compresores / potencia total (kW)	/	/	/
Sistema condensación (A: Aire; W: Agua)	A W	A W	A W
Marca / Modelo	/	/	/
Año de fabricación			
Tipo de refrigerante			
Potencia frigorífica (frigorías/hora)			
Potencia eléctrica total (kW)			
Nº etapas parcialización			
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 / m ³ aprox.	B M /	B M /	B M /
Temp. (°C) impulsión / Retorno circ. frío	/	/	/
Temp. (°C) 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			SI NO
Regulación en secuencia que escalone grupos s/demanda (parcialización potencia)			SI NO
Indicar cada cuánto tiempo se limpian los condensadores			3m 6m >1a
Indicar si hay filtros de agua en el circuito de condensación			SI NO

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



F 8.2. - TORRES DE ENFRIAMIENTO

Torre de enfriamiento número			
Tipo Ventilador / Envolverte (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: Centrifugo; 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 (frigorías/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



FICHA 9. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

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

Identificación de la zona			
Superficie tratada (m ²)			
Nº medio habitual de personas en el local tratado			
Equipo exterior (1)			
Horario servicio diario (de __ a __)			
Horario de servicio anuales (horas/año)			
Nº de equipos iguales en la zona			
Caudal de aire exterior ventilación por equipo (m ³ /h)			
Caudal de aire exterior impulsión por equipo (m ³ /h)			
Caudal de aire exterior de retorno por equipo (m ³ /h)			
Temperatura de salida aire impulsión (°C)			
Temperatura de salida aire retorno (°C)			
Nº aparatos regulación de equipos (2)			
Estado de regulación	B M	B M	B M
Potencia batería de calor (kW)			
Potencia batería de frío (kW)			
Dispone de humidificador (UTA)	SI NO	SI NO	SI NO
Alimenta a rejillas (3)			
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			

F 9.2. - VENTILADORES

(Equipos que sólo introducen Aire Exterior)

Identificación de la Zona			
Superficie tratada (m ²)			
Nº equipos iguales en la zona			
Horario servicio diario (de __ a __)			
Caudal (m ³ /h)			
Compuerta de aire exterior motorizada	SI NO	SI NO	SI NO
En caso negativo, nivel de dificultad de su instalación			
Nº aparatos de regulación en el equipo (1)			
Potencia unitaria del ventilador (W)			

(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			
Superficie tratada (m ²)			
Nº equipos iguales en la zona			
Horario servicio diario (de __ a __)			
Caudal extracción de aire por equipo (m ³ /h)			
Tipo ventilador (1)			
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: Centrífugo en caja; H: Helicoidal

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

F 9.4. - FAN-COILS

Identificación de la zona			
Superficie tratada (m ²)			
Nº equipos instalados en la zona			
Control de temperatura sobre Aire (A), Agua (W)			
Instalación en Suelo (S), Consola (C), Techo (T)			
Potencia unitaria batería (W)			
Válvula motorizada corte caudal			
Estado de la regulación	B M	B M	B M
Potencia unitaria ventilador (W)			

F 9.5. - RECUPERACIÓN DE CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN

(Caudal > 4 m³/s)

Identificación de la zona			
Nº equipos instalados en la zona			
Tipo de aparato introductor de aire (1)			
- Instalado a la intemperie	SI NO	SI NO	SI NO
- Caudal aire (m ³ /h)			
Tipo de aparato extractor de aire (2)			
- Instalado a la intemperie	SI NO	SI NO	SI NO
- Caudal aire (m ³ /h)			
Distancia entre equipos (m)			
Horario de servicio diario (de __ a __)			
Grado de dificultad de instalación	F D	F D	F D

(1) C. Climatizador; V: Ventilador

(2) S: Seta en tejado; C: Centrífugo en caja; H: Helicoidal.



FICHA 10. ASCENSORES. MONTACARGAS Y OTROS EQUIPOS

F 10.1. - CARACTERÍSTICAS DE LOS ASCENSORES

Nº grupos ascensores en oficinas			
Nº total ascensores en oficinas			
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 admitibles

F 10.2. - CARACTERÍSTICAS DE LOS MONTACARGAS

Nº grupos montacargas en el centro			
Nº total montacargas en el centro			
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



F 10.3. - OTROS ELEMENTOS DE ELEVACIÓN / MOVIMIENTO

Tipo de equipo			
Nº total de equipos			
Identificación equipo			
Fabricante equipo			
Modelo equipo			
Año instalación			
Estado general equipo	B M	B M	B M
Servicio diario (de __ a __ horas)			
Periodicidad mantenimiento			
Comentarios sobre el equipo:			



FICHA 11. ALUMBRADO

F 11.1. - DISTRIBUCIÓN

Nº total de cuadros de alumbrado		
Nº total de circuitos		
Observaciones:		

Hay contactores	SI NO	SI NO
En caso negativo, grado dificultad instalación		
¿Son independientes los circuitos de fuerza y alumbrado?	SI NO	SI NO

F 11.2. - ZONAS DE ALUMBRADO

- Procurar identificar las zonas de alumbrado de la misma forma a la utilizada usualmente por el Centro Logístico
- Estudiar un total de zonas que representen al menos un 80% del consumo eléctrico total de las instalaciones.
- Proceder a identificar todas las zonas de alumbrado que sean significativas e importantes en el centro logístico, numerándolas correlativamente.

Zonas (numerar correlativamente)			
Tipo de zona interior (Int) o exterior (Ext)			
Identificación de la zona			
Número de zonas [N]			
Superficie unitaria zona (m ²)			
Potencia unitaria zona (kW) [P]			
Tipo lámpara (1)			
Horas/año [H]			
Consumo eléctrico anual [N]x[P]x[H]			
Estudio específico de zona (2)			

(1) Ver Tabla de códigos de lámparas

(2) Tiene estudio específico si es zona interior y cumple:

Con alumbrado incandescente: $[H] > 500$ y $[N] \times [P] \times [H] > 6000$

Con alumbrado no incandescente: $[H] > 1000$ y $[N] \times [P] \times [H] > 12000$

Si procede realizar el estudio específico para una determinada zona, deberá cumplimentarse la ficha 11.3, identificando correlativamente las zonas de alumbrado según el número establecido en esta ficha 11.2.



F 11.3. - ESTUDIO ESPECÍFICO DE ZONAS

Identificación de la zona			
Iluminancia (lux)			
% Superficie con iluminación natural			
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)			
Tipo de difusor (4)			
Nº de luminarias			
Potencia unitaria por lámpara (W)			
Tiempo encendido servicio general (horas/día) (5)			
Tiempo encendido limpieza (horas/día) (5)			
Tiempo encendido vigilancia (horas/día) (5)			
Circuito independiente para limpieza	SI NO	SI NO	SI NO
Circuito independiente para vigilancia	SI NO	SI NO	SI NO
Tipo programación Encendido-Apagado (6)			
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)			
Flujo luminoso en la zona (lux/W)			
Eficacia luminosa lámpara actual (lumen/W)			

(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)

FICHA 12. ENERGÍA ELÉCTRICA. SUMINISTRO ELÉCTRICO

F 12.1. - TENSIÓN DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Baja tensión (Voltios)		Tarifa	
Alta tensión (Voltios)		Tarifa	
Compañía eléctrica suministradora			

F 12.2. - TENSIÓN DE UTILIZACIÓN (SERVICIO)

Entre fases (Voltios)		
Entre fases y neutro (Voltios)		

F 12.3. - POTENCIA MÁXIMA

Contratada baja tensión (kW)	
Contratada alta tensión (kW)	
Autoproducción (kW) (si procede)	
Potencia grupos electrógenos emergencia (kW) (si procede)	
Potencia grupos electrógenos continuidad (kW) (si procede)	

F 12.4. - TRANSFORMADORES (si procede)

Nº total existentes		En conexión permanente	
Potencia total (kVA)			
Potencia por transformador (kVA)			
Tensión primario/secundario (kV)			
Tensión de cortocircuito (%)			

F 12.5. - AUTOPRODUCCIÓN (si procede)

Cantidad (MWh):	Autoproducida	Consumida	Vendida
Sistema de generación			





F 12.6. - 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 mecánicos (ascensores, puertas automáticas, etc.)	
Otros equipos importantes (señalización, balizas, etc.)	

F 12.7. - INSTALACIÓN DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO

Si existen, indicar el nº de maxímetros instalados

Tipo de discriminación horaria en contador de energía activa

Contador de energía reactiva SI NO

Se producen sobretensiones o caídas de tensión SI NO

Batería automática de condensadores para compensar fdp

SI	Potencia (kVA)	
NO	Otros sistemas	SI NO



FICHA 13. ABASTECIMIENTO Y SUMINISTRO DE AGUAS

F 13.1. - ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS

A) CONSUMO DE AGUA DE RED PÚBLICA

Consumo de agua (m³/año) Consumo de agua de uso exterior (m³/año)
 Tipo de suministro Por contador Por aforo

B) CONSUMO Y ALMACENAMIENTO

A.C.S. Contraincendios Riegos
 Nº de aljibes Nº de depósitos Capacidad total (m³)

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 €/m³
 Abastecimiento €/m³ Depuración €/m³ Saneamiento

E) NECESIDAD REAL DE CONSUMO

Abastecimiento actual Suficiente Insuficiente

F 13.2. - SUMINISTRO DE AGUA PARA REFRIGERACION Y ACONDICIONAMIENTO

A) SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN (Instalación para mantenimiento de nivel de Tº a 15 ºC o inferior) QUE UTILICEN AGUA DE LA RED PÚBLICA EN CUALQUIER LOCAL DEL CENTRO LOGÍSTICO:

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 ºC o superior) QUE UTILICEN AGUA DE LA RED PÚBLICA EN CUALQUIER LOCAL DEL CENTRO LOGÍSTICO:

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

(1) Para reducir el consumo de agua: torre de refrigeración de agua, condensador de evaporación, economizador, etc.



F 13.3. - SISTEMA ACTUAL DE SUMINISTRO DE AGUA

A) DIRECTO POR PRESIÓN DE LA RED PÚBLICA

Consumo ($\text{m}^3/\text{año}$)		Coste anual (€)	
Calidad de agua			
Uso del servicio			
Agua de consumo		Nº grifos sin temporizador	
Agua para instalaciones		Nº urinarios sin temporizador	
Otros servicios		Nº WC con cisternas (sin fluxores)	

B) GRUPO DE PRESIÓN

Presión alimentación (bar)		Altura edificio a suministrar (m)	
Nº bombas		Potencia total (kW)	
Intervalo de ajustes de presión (bar)	De A		

C) PROCEDENTE DE POZOS EXISTENTES

Nº pozos		Caudal total (litros/s)	
Altura agua (m)		Calidad del agua	
Salinidad total (mg/l)		Conductividad 20 °C (us/cm)	
Precisa tratamiento	SI NO	Coste anual (€)	

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

Total caudal ($\text{m}^3/\text{día}$)		Origen	
Uso para servicio		Calidad del agua	
Salinidad total (mg/l)		Conductividad 20 °C (us/cm)	
Precisa tratamiento	SI NO	Coste anual (€)	

F 13.4. - TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Sedimentación		Desinfección-Cloración	
Filtración		Desodorización	
Desgasificación		Intercambio iónico	
Estabilización		Ósmosis inversa	
Uso para servicio		Coste potabilización (€/m ³)	



FICHA 14. ADAPTACIÓN A LA NORMATIVA VIGENTE Y CONSIDERACIÓN DE OTRAS TECNOLOGÍAS

F 14.1. - ADAPTACIÓN DE LA SALA TÉCNICA A LA NORMATIVA VIGENTE

(Señalar con X allí 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 contra incendios 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 y 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

F 14.2. - POSIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE COGENERACIÓN

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)		



F 14.3. - POSIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS DE ABSORCIÓN

(Producción de frío centralizada)

Si existen efluentes recuperables, indicar tipo:

Agua sobrecalentada		Agua refrigeración motores	
Condensados		Aceite térmico	
Gases de escape		Extracción aire tratado	
Vapor		Otros	

La energía térmica recuperable es:

Posibilidad de utilizar energía eléctrica para equipos de compresión:

Caudal efluente térmico (m³/h)

Temperatura salida (°C)

Horario emisión efluentes:

Constante (mes a mes)

Variable (mes a mes)

F 14.4. - CENTROS LOGÍSTICOS CON SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE AGUA CALIENTE

Nº Unidades		Potencia total (kW)	
Tipo almacenamiento	Total:		Parcial:
Nº tanques		Volumen total (l)	
Capacidad total		Capacidad almacén (kWh/m ³)	



FICHA 15. PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

F 15.1. - IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS DEL CENTRO LOGÍSTICO

Tipo combustible	Potencia térmica instalada	Emisión de productos de combustión por unidad de volumen (mg/m ³)					
		Partículas sólidas	SO ₂	NO _x	CO (en ppm)	CO ₂	HC volátiles
Sólidos	< 500						
	500-1000						
	> 1000						
Líquidos	< 500						
	500-1000						
	> 1000						
Gaseosos	500-1000						
	1000-3000						
	> 3000						

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

F 15.2. - NATURALEZA DE LOS VERTIDOS DE AGUA RESIDUALES

Aguas residuales domésticas (no fecales)	☐ SI	☐ NO
Aguas negras fecales	☐ SI	☐ NO
Aguas de limpieza, riegos	☐ SI	☐ NO
Aguas residuales procedentes de instalaciones	☐ SI	☐ NO

F 15.3. - DESTINO DE LOS VERTIDOS

Red de alcantarillado, colectores	☐
Estación depuradora	☐
Vertidos al medio ambiente	☐
Vertidos a fosa séptica	☐



F 15.4. - REGLAMENTACIÓN DEL VERTIDO

(Únicamente para cuando no se utiliza red de alcantarillado)

Autorización conforme a lo dispuesto en Ley de Aguas	☐ SI	☐ NO
Existe reglamentación Municipal para vertido a colectores	☐ SI	☐ NO
Autorización municipal	☐ SI	☐ NO
Importe del canon de vertido (€)		

F 15.5. - INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Sistema unitario (una única red para evacuar todo tipo de aguas residuales)	☐
Sistema separativo (dos redes independientes: aguas residuales y aguas pluviales)	☐



FICHA 16. OBSERVACIONES TÉCNICAS Y
COMENTARIOS ACLARATORIOS

F 16.1. - COMENTARIOS Y OBSERVACIONES
APORTADOS POR EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO
DEL CENTRO LOGÍSTICO

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

F 16.2. - INFORMACIÓN SOBRE LA POSIBLE IMPLANTACIÓN DE TELEGESTIÓN

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

Positivo ☐ Negativo ☐

Comentarios adicionales:

.....

.....

.....

.....

F 16.3. - IMPRESIÓN GENERAL SOBRE LAS POSIBILIDADES
DE AHORRO EN EL CENTRO LOGÍSTICO

Elevadas ☐ Moderadas ☐ Escasas ☐

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

Construcción	☐	Aislamientos	☐	Vidrios	☐
Calefacción	☐	Refrigeración	☐	A.C.S.	☐
Iluminación	☐	Suministro eléctrico	☐	Regulación y control	☐
E. renovables	☐	Telegestión	☐	No procede	☐
Otros	☐	Señalar			



**F 16.4. - ACLARACIONES Y COMENTARIOS RELATIVOS
A LA CUMPLIMENTACIÓN DE CUESTIONARIOS**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

F 16.5. - AMPLIACIÓN COMO ANEXO

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6

CONCEPTOS GENERALES DE CONFORT Y CALIDAD DEL AIRE



La calidad del aire presente en las diferentes instalaciones y dependencias existentes en la gran variedad de locales pertenecientes al sector logístico ha de ser, evidentemente, considerado.

De esta forma, el tratamiento que se da a la calidad del aire varía en función de la propia naturaleza de estos espacios, ya que dentro, del sector logístico, es factible encontrar desde naves de almacenamiento a garajes, talleres, pasando por oficinas y hasta zonas de aseos y vestuarios. Es obvio que el tratamiento de cada uno de ellos es diferente, ya que las concentraciones de CO y CO₂ que se pueden llegar a tener en garajes subterráneos precisan de un enfoque y un tratamiento de la calidad del aire muy diferente del que se debe realizar en zonas de oficinas o almacenes, aun teniendo en consideración que igualmente éstos son distintos entre sí también.

Las consideraciones y exigencias en materia de parámetros de confort y calidad de aire vienen recogidas en la normativa de aplicación en el marco regulatorio español, en concreto en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios, el cual se va a tratar de ver su aplicación dentro del sector logístico.

Dentro de los aspectos o parámetros que se recogen en la citada normativa, se encuentran la temperatura, humedad relativa, calidad de aire y renovación del propio aire interior, los cuales vienen tabulados y parametrizados dentro de unos rangos o valores de conformidad entre los que deben manejarse las citadas magnitudes. Por último, es evidente que el aire presente en cualquier dependencia del sector logístico, además de cumplir con estos requerimientos, ha de estar libre de cualquier sustancia dañina o nociva.



6.1. Confort térmico o ambiental

El concepto de bienestar térmico hace referencia a un estado de percepción subjetiva que expresa satisfacción en relación al ambiente térmico existente en la zona de ubicación del individuo.

Esta medición del grado de satisfacción de las condiciones ambientales de confort presentes en la zona o local objeto de estudio se pueden medir de diversas formas o empleando diversos indicadores o índices.

Uno de los índices más empleados es el PMV o Predicted Mean Vote, para cuya caracterización se emplean un total de 6 parámetros, de los cuales 4 hacen referencia a características ambientales y 2 se manejan con características propias de los usuarios. Así, entre los parámetros ambientales se valora la temperatura seca, la humedad relativa, la temperatura radiante media y la velocidad media del aire, mientras que los personales son el metabolismo y el grado de vestimenta.

Este índice manifiesta la opinión de un amplio número de personas sobre la sensación que sufren en una estancia prolongada en determinadas condiciones térmicas.

En el anejo correspondiente a climatización se volverá a incidir con algo más de detalle en este concepto, pero conviene conocerlo ya en este apartado de la Guía que trata, entre otros temas, del confort térmico y su caracterización.

Existe otro valor básico en la caracterización del bienestar térmico, que es el denominado balance térmico del cuerpo humano y cuya definición viene dada por la diferencia entre la producción interna de calor en las personas y las pérdidas o ganancias de calor respecto al ambiente que rodea a la persona. Este factor de gradiente o desigualdad térmica matemáticamente puede escribirse de la forma que sigue:

$$\Delta T = M - P$$

donde M es la producción de calor de la persona y P las pérdidas o ganancias con respecto al ambiente exterior.

Adicionalmente, se manejará un tercer índice de caracterización del grado de bienestar o confort ambiental del local objeto de estudio que es el denominado PPD o Predicted Percentage Dissatisfied, y que



facilita el número de personas insatisfechas con las condiciones ambientales del local, expresado en porcentaje.

Por supuesto que estos valores no son independientes y están relacionados entre sí, lo cual se expone de manera somera a continuación.

El PMV es, en esencia, función de la desigualdad térmica antes mencionada y se expresa como:

$$PMV = \Delta T \times 0,303 \times e + 0,036 \times M + 0,028$$

Cuando la desigualdad térmica es nula, es decir, el balance está equilibrado, el valor que arroja el PMV también es nulo. A este estado se le llama neutralidad térmica.

De igual manera, matemáticamente el porcentaje de personas insatisfechas es también función de valor PMV y esta relación viene expresada por:

$$PPD = 100 - 95 \times e - (0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2)$$

Llevando estas expresiones matemáticas interrelacionadas entre sí a un plano gráfico, se puede observar la relación entre ambos índices, que resulta ser de una forma como la que se muestra en la Fig. 6.1.

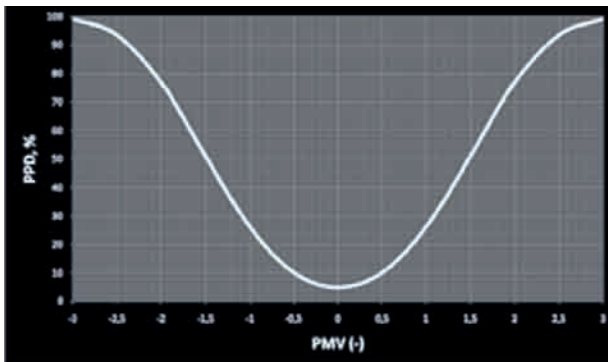


Figura 6.1. Relación gráfica entre el Predicted Mean Vote (PMV) y el Predicted Percentage Dissatisfied (PPD).

Asimismo, y teniendo en consideración esta relación entre ambos parámetros, se puede trazar o definir una zona de confort o bienestar térmico en función de estos dos parámetros, estimando que siempre, o prácticamente siempre, va a existir un mínimo del 5% de personas insatisfechas por definición.

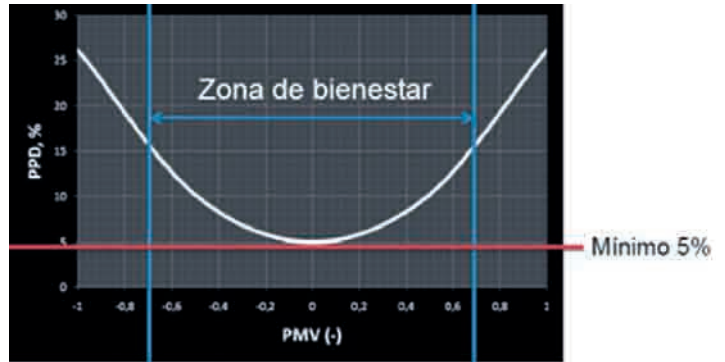


Figura 6.2. Definición de la zona de confort.

En la normativa española actualmente vigente, es decir, en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), se introduce otro concepto a tener en consideración que es el de la temperatura operativa. Ésta se define como la media aritmética entre la temperatura seca y la temperatura radiante presentes en el local objeto de estudio.

6.2. Calidad del aire

Para definir la calidad del aire es preciso manejar una serie de conceptos y exigencias de distinta índole, las cuales se van a exponer de manera somera, así como lo recogido en la actual normativa de aplicación en el marco regulatorio español en esta materia:

- Exigencia de calidad térmica en el ambiente.
- Exigencia de calidad del aire interior.
- Exigencia de calidad acústica.

Dentro del Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios, y en concreto en su apartado IT1.1.4.1.3, se indican un conjunto de normativas a cumplir con relación a la velocidad del aire en el interior de los edificios, dado que en las zonas ocupadas esta velocidad no debe superar valores que afecten a los límites del bienestar de los ocupantes.

Los valores admisibles de la velocidad media del aire según el RITE son:

- Difusión con mezcla para intensidad de turbulencia del 40% y PPD del 15%.

- Difusión por desplazamiento con intensidad de turbulencia del 15% y PPD menor del 10%.

En el estudio de la calidad del aire también influyen de una manera importante factores como son la temperatura del suelo, la asimetría de la temperatura radiante y el gradiente de temperaturas. Concretamente el gradiente vertical de temperaturas influye en el valor del PPD de forma que si supera los 2 °C por metro, sobrepasa el 5% recomendable de personas insatisfechas.

En cuanto a la temperatura del suelo en lugares utilizados frecuentemente por personas, es preciso apuntar que ésta debe estar comprendida entre 19 y 29 °C para reducir el porcentaje de personas insatisfechas con la apreciación de los pies fríos o calientes, fenómeno común en locales acondicionados de manera incorrecta.

El otro factor apuntado, es decir, la asimetría de la temperatura radiante, influye también en los valores que se obtienen del PPD y está ocasionado por las posibles diferencias de temperatura entre paredes del local.

En el estudio de la calidad del aire interior se deben distinguir dos ámbitos de aplicación diferentes, según se trate de edificios de tipo residencial o doméstico, o el resto de edificios.

Esta sección aplica a los edificios de viviendas, al interior de las mismas, a los almacenes de residuos, trasteros, aparcamientos y garajes, así como a los aparcamientos y garajes en los edificios de cualquier otro uso, considerándose éstos como las zonas de circulación de vehículos.

El documento básico (DB) del CTE tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de salubridad. Tanto el objetivo de dicho DB "Higiene, salud y protección del medio ambiente", como las exigencias básicas quedan establecidos en el artículo 13 de la parte I del CTE, dentro de la exigencia básica HS 3 "Calidad del aire interior".

Se indica claramente que la evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas, con carácter general, se deberá realizar por la cubierta del edificio, de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas.





Asimismo, dentro de esta misma sección HS 3, se define el siguiente procedimiento de verificación:

1. Cumplimiento de las condiciones establecidas para determinar los caudales de ventilación mínimos exigidos. (Tabla 2.1 – HS 3).

TABLA 6.1. Caudales mínimos de ventilación exigidos.

LOCALES	CAUDAL DE VENTILACIÓN MÍNIMO EXIGIDO EN l/s		
	Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Dormitorio	5		
Sala de estar	3		
Aseos y baños	—		15 por local
Cocinas	—	2	50 por local
Trasteros y zonas comunes	—	0,7	
Aparcamientos y Garajes	—		120 por local
Almacenes de residuos	—	10	

2. Cumplimiento de las condiciones generales de los sistemas de ventilación:
 - a. Ventilación para cada tipo de local: natural, mecánica o híbrida.
 - b. Condiciones particulares de los elementos de construcción:
 - i. Aberturas y bocas de ventilación.
 - ii. Conductos de admisión.
 - iii. Conductos de extracción para ventilación híbrida.
 - iv. Conductos de extracción para ventilación mecánica.
 - v. Aspiradores híbridos, aspiradores mecánicos y extractores.
 - vi. Ventanas y puertas exteriores.
3. Cumplimiento de las condiciones de dimensionado de los elementos de construcción previamente especificados.
4. Cumplimiento de las condiciones de los productos de construcción de dichos elementos.

5. Cumplimiento de las condiciones de construcción del apartado anterior.
6. Cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación de los mismos.

Los edificios dispondrán de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice una actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, según se especificará a continuación.

Es preciso apuntar a modo de inciso que las exigencias impuestas por el RITE sobre calidad de aire interior proceden de la norma UNE-EN 13779.

De esta forma, el aire interior (IDA) se clasifica en 4 categorías dependiendo de la naturaleza de las fuentes contaminantes y sus efectos sobre la calidad del aire. Se caracterizan las categorías del IDA de manera breve en la siguiente tabla:

TABLA 6.2. Caracterización del aire interior (IDA).

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
IDA 1	Calidad alta
IDA 2	Calidad media
IDA 3	Calidad moderada
IDA 4	Calidad baja (nunca se empleará, salvo casos especiales)

Para el cálculo se desarrollan los siguientes métodos que permiten determinar el caudal mínimo del aire de ventilación necesario:

- Método directo:
 - Por calidad del aire percibido (dp): basado en la percepción de sustancias olorosas. Es aplicable a recintos sin contaminantes que sean peligrosos para la salud y no sean perceptibles al olfato.
 - Por nivel de CO₂ (ppm): el anhídrido carbónico es un indicador de la emisión de bioefluentes humanos.
- Método indirecto:
 - Por tasa de aire exterior por persona (l/s): aplicable a recintos de ocupación humana típica, con un metabolismo de 1,2 met y donde no está permitido fumar.





— Por tasa de aire por unidad de superficie ($\text{l/s}\cdot\text{m}^2$): aplicable a recintos no diseñados para una ocupación humana permanente, como almacenes.

- Método de dilución: este método es válido para situaciones con emisiones conocidas de contaminantes específicos. En este caso se tienen que considerar los siguientes factores:

C: caudal volumétrico de aire de impulsión (m^3/s).

Q: caudal másico de la sustancia contaminante (mg/s).

Ca: concentración permitida en el ambiente (mg/m^3).

Ci: concentración en el aire de impulsión (mg/m^3).

Para cada uno de los contaminantes se debe calcular la tasa de ventilación que se necesita para diluir la sustancia contaminante:

$$C = QCa - Ci \times \epsilon_v$$

siendo ϵ_v la eficiencia de la ventilación.

Es importante recalcar que en caso de sustancias contaminantes peligrosas, es preferible controlar el origen de las mismas que recurrir a un método de dilución mediante ventilación.

Resumiendo los aspectos anteriores, en la Tabla 6.3 se indican los caudales mínimos de aire de ventilación.

TABLA 6.3. Caudales mínimos de aire de ventilación.

IDA	L/(s.persona) ‡	dp	ppm CO ₂ ‡‡	L/(s·m²)
1	20,0	0,8	+350	N.A.
2	12,5	1,2	+500	0,83
3	8,0	2,0	+800	0,55
4	5,0	3,0	+1.200	0,28

‡ para una actividad metabólica de 1,2 met.

‡‡ concentración por encima de la concentración en el aire exterior

Se establece, además, una correlación entre el aire interior (IDA) y el porcentaje de personas insatisfechas (PPD).

Para actividades metabólicas mayores que 1,2 met, se deberán calcular los nuevos caudales mínimos de ventilación multiplicando los valores de la primera columna por MET/1,2.



TABLA 6.4. Relación entre IDA y PPD.

IDA	PPD (%)
1	15
2	20
3	30

Es preciso apuntar que para obtener un PPD que sea considerablemente menor al 15% y, por tanto, concentraciones de CO₂ del orden de 500 ppm, es preciso emplear un sistema de tipo “todo aire” que trabaje diseñado para ser «todo aire exterior», es decir, con 5 o más renovaciones por hora.

TABLA 6.5. Aire exterior de ventilación según UNE-EN15251.

CATEGORÍA	PERSONAS L/(s·pers)	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DECORACIÓN		
		Polución muy baja	Polución baja	No polución baja
		L/(s·m²)	L/(s·m²)	L/(s·m²)
I	10	0,50	1,0	2,0
II	7	0,35	0,7	1,4
III	4	0,20	0,4	0,8

Los valores indicados en la primera columna representan los caudales necesarios para diluir las **EMISIONES DE LAS PERSONAS**. Los valores indicados en las otras tres columnas representan los caudales necesarios para diluir la contaminación debida a las **EMISIONES DE LOS MATERIALES**. El caudal total será la suma de los caudales necesarios para diluir la contaminación procedentes de las dos fuentes, personas y materiales (de construcción y decoración). La suma de los caudales de la primera y tercera columna representa el caudal indicado anteriormente para una densidad de ocupación de 10 personas/m².

El aire exterior ODA se clasifica a su vez en cinco apartados, dependiendo de las partículas sólidas y contaminantes que contiene.

TABLA 6.6. Caracterización del aire exterior (ODA).

ODA	DEFINICIÓN
1	Aire puro que puede contener partículas sólidas en suspensión de forma temporal.
2	Aire con altas concentraciones de partículas.
3	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.
4	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.
5	Aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Esta clasificación es muy importante a la hora de establecer el filtrado necesario según la normativa. Este filtrado depende de la calidad del aire exterior (ODA) y de los requerimientos de aire interior que se tengan.

En función del tipo del edificio se establece igualmente un aire de extracción adecuado.

El caudal mínimo del mismo es de 2 dm³/s por m² de superficie en planta.

Es posible, atendiendo a los conceptos expuestos, realizar la siguiente clasificación:

TABLA 6.7. Clasificación del aire de extracción (AE).

AE	NIVEL DE CONTAMINACIÓN	PROCEDENCIA
1	Bajo	Oficinas, aulas, salas de reuniones, escaleras, pasillos, etc.
2	Moderado	Restaurantes, habitaciones de hoteles, vestuarios, bares, almacenes, etc.
3	Alto	Aseos, saunas, cocinas, laboratorios químicos, imprentas, habitaciones destinadas a fumadores, etc.
4	Muy alto	Extracción de campanas de humos, aparcamientos, locales para manejo de pinturas, etc.

7 CONCLUSIONES GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA ACTIVA EN EL SECTOR LOGÍSTICO



El sector logístico es uno de los más importantes dentro de la región de Madrid, con una clara proyección internacional y un buen posicionamiento general. No obstante, y debido al constante aumento del precio de los recursos energéticos de los que se nutre, el sector está atravesando un momento difícil que requiere de acciones encaminadas al ahorro energético y el fomento de la competitividad del sector en su conjunto.



Foto 7.1. Robot de almacenaje en centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter.

Los empresarios englobados en el sector logístico se ven obligados a una racionalización de los consumos energéticos y resto de partidas que constituyen su gasto corriente, optimizando todos los sistemas



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

existentes para asegurar unas condiciones satisfactorias de confort, bienestar, salubridad en climatización y niveles mínimos en los sistemas de iluminación, acorde a normativa, sin olvidar, como ha sido enumerado a lo largo de esta Guía, todas las actuaciones en la envolvente de las edificaciones.

Como base de partida general será necesario establecer una política de ahorro energético, en la que se deberán contabilizar todos los consumos y emprender acciones necesarias activas dentro de una adecuada gestión energética e hídrica, para asegurar la competitividad y la subsistencia a largo plazo.

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

- Conseguir una reducción en el consumo energético y de los costes hídricos, mejorando la competitividad del sector.
- Disminuir los costes de operación y mantenimiento, alargándose la vida útil de los equipos.
- Optimizar la eficiencia energética, adecuándose a la normativa vigente.
- Plantear la utilización 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.
- Considerar sistemas centralizados de abastecimiento energético, tales como anillos de gas natural o el planteamiento en proyectos de nueva planta de "centrales térmicas de distrito".
- Utilizar todas las superficies existentes en cubiertas para la instalación de sistemas de energía fotovoltaica o térmica para potenciar un autoconsumo o su empleo en procesos industriales básicos.
- Inclusión activa de los trabajadores en el empleo racional de los recursos energéticos mediante labores formativas.
- Mejorar la imagen de las instalaciones, potenciando su sensibilización con el medio ambiente, así como la reducción de emisiones de CO₂ conseguidas tras la implementación de las diferentes medidas.

Conclusiones generales para la aplicación de la gestión energética activa en el sector logístico

Todo estudio de auditoría o gestión energética va permitir conocer el estado de las instalaciones y las posibilidades de mejora de las mismas, tanto de manera individual de una instalación, como colectiva en todo un parque logístico.



A

NEXO 1: CLIMATIZACIÓN



En la realización de actividades, cualesquiera que éstas sean, el cuerpo humano realiza un gasto energético y precisa, por tanto, de un aporte exterior para compensar esta pérdida de energía. Las necesidades energéticas y, por tanto, el aporte exterior necesario, serán mayores a medida que la intensidad de las actividades llevadas a cabo por el ser humano se incrementan, ya sean éstas de tipo físico, como actividades deportivas, o bien de tipo intelectual.

Aun en ausencia de actividades físicas de consideración, el cuerpo humano soporta un gasto energético para mantener las constantes vitales dentro de los parámetros adecuados para la vida.

Este funcionamiento básico se fundamenta en un conjunto de complejas acciones que se denomina mediante el término metabolismo, y en el cual se van aprovechando fracciones de la energía tomada para hacer operar a todos los aparatos, sistemas y subsistemas que constituyen el organismo viviente.

Dentro de este concepto de metabolismo, es preciso hacer referencia al metabolismo basal, que es la energía mínima necesaria para que una célula subsista. De este modo, se comprueba que incluso las funciones metabólicas esenciales precisan de energía para poder llevarse a cabo, tal es el caso de las personas que lamentablemente entran "en coma", estado en el cual no hay actividad física alguna pero, sin embargo, el cuerpo precisa de energía. Es evidente entonces que cualquier organismo precisa de un aporte constante de energía para la propia subsistencia.



Foto A1.1. Sistema de climatización en centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter.

Este metabolismo basal se puede calcular mediante las ecuaciones de Harris Benedict, en las cuales intervienen factores como sexo, estatura, peso y edad, expresándose en unidades de kilocalorías/hora.

La energía necesaria para la satisfacción de las necesidades del organismo se obtiene de la energía química contenida en ciertos materiales, alimentos y bebidas, de donde, mediante combustiones especiales alimentadas por oxígeno tomado principalmente de la atmósfera por la respiración, se libera la energía presente. Es importante recalcar la complejidad de estas acciones y la multitud de órganos y agentes involucrados.

Con objeto de medir la actividad metabólica, se ha establecido una magnitud, el *nivel metabólico*, *NM*, cuyas unidades son los *met*, siendo $1 \text{ met} \approx 58,2 \text{ W/m}^2$. Como puede observarse, el nivel metabólico viene especificado por unidad de superficie, estimándose como valores medios $1,6 \text{ m}^2$ y $1,8 \text{ m}^2$ en el caso de mujeres y hombres, respectivamente.

Se trata de una unidad que 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.

Tal y como se apunta en el capítulo correspondiente a confort térmico y calidad del aire, el ambiente confortable será próximo a 21 °C de temperatura seca, 50% de humedad relativa y 0,2 m/s de velocidad del viento, valores marcados por la normativa vigente en el momento de publicación de esta Guía.

Es preciso apuntar que se ha introducido el concepto de aislamiento térmico proporcionado por la vestimenta, característica que se evalúa mediante el *índice de vestimenta*, *IV*, para el que se ha establecido como unidad el *clo*, cuya equivalencia es $1 \text{ clo} \approx 0,155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, también referido a la superficie exterior del cuerpo humano. A 20 °C, el *IV* apropiado será de 1,3 clo, y a 26 °C es solamente de 0,5 clo.

Dentro de este intercambio térmico constante de los seres vivos, y en particular los humanos, con el ambiente, una parte de la energía se acabará consumiendo en desarrollar trabajos mecánicos, es decir, se entrega al medio ambiente en forma de energía inercial, pero la mayor parte se devuelve al medio ambiente en forma de energía térmica.

Es conocido que el cuerpo humano entrega esta energía térmica a una temperatura aproximada de 37 °C al medio que le rodea, que es el aire de la atmósfera. Esta entrega o cesión de energía se realiza mediante tres mecanismos fundamentales. Mediante radiación se entrega una pequeña fracción de energía siempre que exista suficiente diferencia térmica, es decir, que las superficies alrededor estén suficientemente frías, siendo prácticamente nula esta emisión cuando la persona está cubierta. Otra parte, más importante, se entrega mediante convección por la piel en forma de calor sensible. El resto 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.

Para el correcto intercambio térmico es necesario que las condiciones ambientales sean adecuadas para mantener un ritmo correcto, de modo que el aire no deberá estar a menos de 18 °C ni a más de 28 °C. Por su parte, el calor latente necesita una atmósfera con una humedad relativa apropiada que permita la suficiente evaporación sin producir una sequedad excesiva en las partes del organismo expuestas, para lo cual el valor de esta humedad relativa no deberá bajar del 30% ni superar el 80%. Quedan, por tanto, fijados los extremos de los límites de las condiciones ambientales en los cuales el metabolismo se realiza con éxito y facilidad, de modo que el cuerpo humano desarrolle sus actividades dentro de los parámetros de confort adecuados.





Foto A1 2. Temperatura de detalle en depósito de inercia en centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter.

Como es fácilmente imaginable, las condiciones ambientales de manera usual se encuentran fuera de estos límites marcados como intervalo de confort, siendo preciso y necesario proveer artificialmente los medios necesarios para la ubicación de estos parámetros en la franja definida. De este modo, el conjunto de actividades para obtener estas condiciones convenientes en el interior de un local cerrado se denomina climatización.

Es posible encontrar ubicaciones en las cuales el ambiente presenta de manera constante temperaturas bajas, por debajo de los 16 °C, momento en el cual el excesivo gradiente térmico existente retirará calor del cuerpo humano más rápidamente de lo que éste lo puede generar, y, por ello, será imprescindible proceder a climatizar el ambiente mediante calefacción para elevar la temperatura y posicionarla por encima de la temperatura mínima mencionada.

Esta situación puede mitigarse parcialmente con la realización de una mayor actividad corporal, lo cual aumenta la generación de calor, pero esta situación no puede mantenerse por mucho tiempo, debido a la inasumible fatiga física que conllevaría. También puede compensarse aumentando el aislamiento proporcionado por la ropa, aumentando el número de prendas o usándolas con ciertas propiedades aislantes, lo cual puede impedir la realización correcta de las labores cotidianas. No obstante, el mismo metabolismo colabora algo cerrando los poros, para evitar transpiración, y disminuyendo la temperatura de la piel.

De la misma forma, es posible tener un ambiente caracterizado por temperaturas altas, en las cuales el cuerpo humano tenderá a retirar

calor de manera más rápida, poniendo en funcionamiento los mecanismos que dispone para ello, dilatando los vasos sanguíneos, aumentando el flujo de sangre y, posteriormente, la sudoración, lo cual supone la necesidad de un aporte de líquidos y nutrientes extra para que el organismo no vea afectada su normal actividad.

Ahora bien, como ya se ha expuesto, la temperatura, siendo un factor clave a la hora de evaluar las características de confort de un local, no es el único, pues la humedad relativa o el movimiento de aire son igualmente factores determinantes en lo que se conoce como sensación térmica.



Foto A1.3. Zona de almacenamiento y producción en centro logístico de la Comunidad de Madrid. Fuente: Geoter.

Además, y tal como queda fijado en el 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.

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 producido) y el PPD (porcentaje de personas insatisfechas), los cuales se han tratado en el capítulo de la presente Guía correspondiente a confort térmico.

Recordando los conceptos de índice metabólico y grado de vestimenta, que vienen definidos según sigue:

- El índice metabólico, NM, que se mide en met y que expresa el consumo de energía de una persona en condiciones normales.
- El índice de vestimenta, IV, que se mide en clo e indica la influencia de la vestimenta en la emisión de calor,

es posible realizar una valoración de los parámetros *Predicted Mean Vote* (PMV) y *Predicted Percentage Dissatisfied* (PPD) para la sensación térmica experimentada por las personas, que se define según los rangos de valores de las magnitudes participantes como muestra la Tabla A1.1.

TABLA A1.1. Límites y unidades de magnitudes con relevancia en el confort térmico.

PARÁMETRO	LÍMITES	UNIDAD
Actividad metabólica	0,8 a 0,4	Met
Grado de vestimenta	0 a 2	Clo
Temperatura seca del aire	10 a 30	°C
Temperatura radiante media	10 a 40	°C
Velocidad del aire en zona ocupada	0 a 1	m/s
Humedad relativa	30 a 70	%

TABLA A1.2. 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

Es posible, además, establecer tres categorías para clasificar el ambiente térmico, denominadas A, B y C, representando el 6, 10 y 15% de



personas insatisfechas respectivamente, según queda contemplado en la gráfica de la Fig. A1.1.

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.

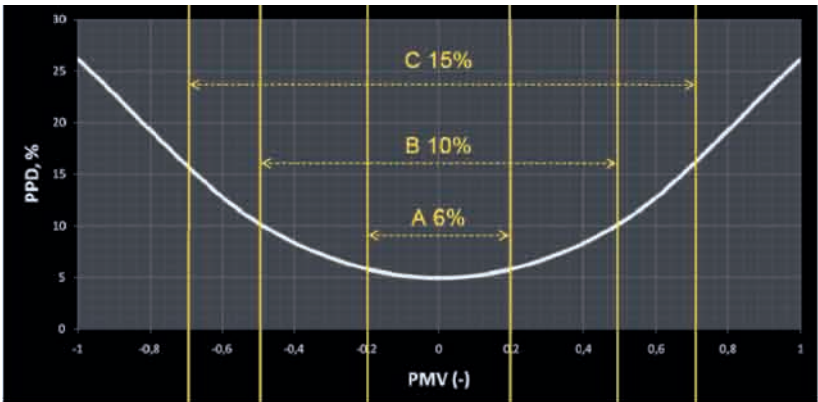


Figura A1.1. Categorías A, B y C en función de los valores del PPD.

La Norma UNE-EN 15251 designa a las categorías A, B y C, y las clases I, II, y III, respectivamente, resultando la Tabla A1.3.

TABLA A1.3. Norma UNE-EN 15251.

CATEGORÍA	CR1752	PPD (%)	DESCRIPCIÓN
I	A	<6	Nivel elevado, recomendado para espacios ocupados por personas muy sensibles y delicadas, como enfermos, niños, mayores, etc.
II	B	<10	Nivel normal; debería ser usado para edificios nuevos y reformas.
III	C	<15	Nivel aceptable, a usar para edificios existentes.
IV	no existe	>15	Valores fuera de los criterios de bienestar, que se pueden emplear durante un período limitado de tiempo.

En la normativa española actualmente vigente, es decir, en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), se introduce otro concepto a tener en consideración que es el de la temperatura operativa. Ésta se define como la media aritmética entre la temperatura seca y la temperatura radiante presentes en el local objeto de estudio.



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Con todos estos conceptos manejados en el presente Anejo se fija la obligación de cumplir los siguientes aspectos para obtener unos parámetros de confort ambiental correctos, y que tendrán que ser alcanzados mediante el proyecto de climatización:

- Para personas con actividad metabólica sedentaria de 1,2 met y grado de vestimenta 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno, con valores del PPD entre 10 a 15%, los valores de temperatura operativa y de humedad relativa (HR) deben ser:
 - En verano se considera de 23 a 25 °C de temperatura operativa y un valor entre el 45 y el 60% de HR.
 - En invierno el valor de la temperatura operativa se ha de mantener entre 21 y 23 °C, mientras que la HR oscilará del 40 al 50%.
- En condiciones extremas se pueden admitir unos valores de HR del 35% en invierno durante un corto periodo de tiempo.

En los proyectos de climatización, el dimensionamiento del equipo de climatización incluye dos parámetros básicos: la potencia de producción de calor para la climatización de invierno y la potencia de producción de frío para la climatización de verano.

Las potencias se deberán calcular determinando las cargas térmicas de invierno y de verano a superar en cada caso, siendo este el procedimiento más fiable. Estas cargas vienen determinadas por:

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

Como ya se ha ido apuntando a lo largo de la presente Guía, las propiedades incluidas en el apartado (a) son de básica importancia y tienen una incidencia directa en las necesidades térmicas de climatización del edificio a climatizar, pudiendo disminuirlas sobre el estándar si son correctas o aumentando estas necesidades de aporte de climatización si son características constructivas de bajo perfil. Así, el estudio de la envolvente térmica, los cerramientos y vidrios, así como la inclusión de soluciones bioclimáticas son clave para contar desde el origen con un edificio eficiente en términos energéticos.

El ambiente a mantener en los locales climatizados, según (b), será muy variable dependiendo del tipo de actividad que se realice en ellos, pues, como ya se ha visto, dentro del sector logístico la tipología de actividades y de locales es muy amplia. Es necesario realizar un estudio de la iluminación y alumbrado y su incidencia en el plano térmico, ya que, en ocasiones, su papel es relevante en estos términos.

Así mismo, es absolutamente necesario considerar los horarios de ocupación y uso. Siempre hay que considerar los pormenores de cada zona o local a lo largo de todas las épocas del año para poder dar respuesta a las necesidades térmicas de la instalación y cumplir con los requisitos de confort exigidos en un buen proyecto de climatización.

El estudio de las condiciones climatológicas exteriores se realiza con los registros de las observaciones meteorológicas de los cinco, diez o quince años consecutivos próximos anteriores, y se confecciona un año medio que se supondrá se va a repetir durante la vida útil del equipo. La potencia con que los equipos climatizadores deberán trabajar durante una hora de un día determinado quedará 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. 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, se excluyen 22 horas del total de las 2.160 horas de los 90 días que incluyen los meses de diciembre, enero y febrero. En el segundo, se excluyen un total de 54 horas.

Análogamente, en las 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.





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

A continuación, y de manera general, se exponen las generalidades de una instalación tipo de climatización y los elementos por los cuales estará formada, a saber:

- Un equipo productor de energía térmica, considerando la producción como un concepto generalizado que incluye la producción de calor y de frío.
- Un equipo terminal, que intercambia el calor o el frío generado con el aire del local a climatizar.
- Una red de distribución de calor o de frío, que conecta el equipo productor con el equipo terminal.

Es necesario apuntar que, además de estos elementos esenciales, es absolutamente imprescindible su integración e implementación junto con un sistema apropiado de instrumentación, control y programación, además de equipos humectadores y deshumectadores, así como de aquellos encargados del tratamiento y la depuración del aire y del agua.

Realizando una breve descripción de cada uno de los elementos básicos apuntados, es preciso señalar que los generadores térmicos (o equipos de producción de frío o calor) más comúnmente empleados en las instalaciones de climatización de cualquier tipo suelen ser:

- 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.

Será preciso, como es evidente, adecuar el tipo de generador a las necesidades reales de la instalación objeto de proyecto y prestar especial atención a las características operativas de estos elementos, en concreto a los valores de eficiencia energética y rendimientos que presentan, ya que es un factor clave a la hora de realizar la elección por su impacto en la operación futura global de la instalación.

Los equipos terminales son cambiadores de calor entre el caudal térmico transportado desde la producción y el aire del local a cli-

matizar. 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 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.

Pasando al siguiente elemento básico, es decir, la red de distribución, cabe señalar que, por su interior, 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. La calidad en la ejecución y los materiales de esta red de distribución, incluyendo protocolos operativos y de pruebas, es básico para asegurar un correcto funcionamiento futuro de la instalación de climatización.



A NEXO 2: APARATOS DE MEDIDA



En la correcta ejecución de una auditoría energética es precisa la utilización de diversos aparatos de medida para proceder a la toma de datos real de la instalación objeto de estudio. Mediante esta cuantificación de los parámetros de funcionamiento se puede llegar a tener un conocimiento fiable y verdadero, tanto de los parámetros técnicos, como de los de confort y utilización de las instalaciones que integran el complejo auditado.

Uno de los pilares básicos en la ejecución de la auditoría energética es la obtención de una imagen fiel del estado y funcionamiento 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.

Para esta labor de muestreo y toma de datos reales, el equipo auditor debe llevar consigo una serie de equipos técnicos específicos para la ejecución de las labores de recogida de datos. A continuación se muestran los equipos más relevantes y comúnmente empleados, pudiéndose incluir aquellos que se estimen necesarios por las especiales características que el proyecto pudiera tener. No obstante, considerando el tipo de instalaciones que usualmente integran los centros logísticos, se entiende que los aparatos aquí presentados son suficientes para cubrir con los requerimientos de la auditoría energética en este sector.

Analizador de redes

Se trata de un aparato utilizado para medir, consignar y, usualmente, conservar registros de los parámetros eléctricos más significativos de



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

una instalación. Para un correcto funcionamiento del equipo y obtener un conjunto global de mediciones de la instalación, será necesario disponer de las pinzas voltimétricas y amperimétricas del equipo analizador de redes que se esté utilizando.



Foto A2.1. Analizador de redes. Fuente: Kyoritsu.

Dentro de los parámetros de medida más significativos que se recogen con el analizador de redes se encuentran los siguientes:

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

A través del análisis y estudio de estos valores de los principales parámetros eléctricos, 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 A2.2. Analizador de redes. Fuente: Fluke.

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

Pinzas amperimétricas

Es un aparato de medida empleado para medir la intensidad de corriente que circula a través de conductores activos sin interferir ni interrumpir el normal funcionamiento del circuito o instalación.



Foto A2.3. Pinzas amperimétricas digitales. Fuente: Fluke.





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Con el empleo de pinzas amperimétricas es posible conocer de manera sencilla y rápida la intensidad de corriente circulante, ya sea esta corriente continua o alterna. Esencialmente, este equipo se concibe y utiliza para este propósito, si bien 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 un local o 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. Se trata de un aparato de relevancia en instalaciones logísticas, ya que los niveles lumínicos tanto de oficinas como de almacenes e instalaciones interiores ha de ser el adecuado por el elevado número de horas de utilización que tienen.



Foto A2.4. Luxómetro. Fuente: Testo.

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-I en función del tipo de espacio y la actividad a realizar (en esta misma normativa se basa el CTE).



Foto A2.5. Luxómetro. Fuente: Sauter.

Termohigrómetro

El empleo de este equipo de medida, tal y como la etimología de su nombre indica, permitirá conocer los valores de temperatura (°C) y humedad relativa (%) del ambiente de los locales, espacios, y estancias del complejo logístico que esté siendo objeto de auditoría energética.

Esta medición es especialmente relevante en aquellos centros logísticos que, dadas las características especiales de la mercancía que almacenen, precisen de mantener unas condiciones predeterminadas y exigentes de temperatura y humedad en sus instalaciones, como es el caso de los productos farmacéuticos, por ejemplo.





Foto A2.6. Termohigrómetro. Fuente: Ekotek.

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 A2.7. Termohigrómetro. Fuente: HTC.

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 de los edificios o complejos logísticos, así como de los de ventilación de los aparcamientos y zonas de almacenaje.

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



Foto A2.8. Anemómetro. Fuente: Chauvin Arnoux.

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 A2.9. Anemómetro. Fuente: DWIER.





Caudalímetros

Tal y como su propio nombre indica, un caudalímetro es un equipo de medida empleado para la cuantificación de caudales en la circulación 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 A2.10. 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.



Foto A2.11. Caudalímetro inline. Fuente: Geneq.

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.



Foto A2.12. 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.



Foto A2.13. Medidor láser de distancias. Fuente: Stanley.

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 dado que, mayoritariamente, las necesidades de calefacción se suelen cubrir a través de calderas. Ello implica que un buen funcionamiento de las mismas redunda 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 O_2 , CO o temperatura.

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 por 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 A2.14. Analizador gases de combustión. 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 sistemas, 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 A2.15. Cámara de termografía. Fuente: Fluke.



A NEXO 3: ALUMBRADO E ILUMINACIÓN



El propósito y desarrollo de las labores de auditoría energética pueden ser, como se ha expuesto en el capítulo correspondiente, de muy diversa índole y alcance. Es por ello que dentro de los potenciales campos de alcance de estos trabajos de estudio, análisis y propuestas de mejora de las instalaciones, el proyecto luminotécnico ha de ser tenido en cuenta como un agente importante dentro del conjunto global del proyecto.

Es más, en la mayoría de las ocasiones el campo del alumbrado y la iluminación es uno de los que mayores posibilidades de mejora presenta, hecho que viene provocado por el tradicional enfoque que se ha tenido hacia estas instalaciones y la poca atención que se ha dado, también de forma general, a su gestión y mantenimiento, reduciéndose en la mayoría de los casos a realizar labores puntuales de mantenimiento preventivo cuando la instalación así lo demandaba. En la parte final del presente anexo se exponen una serie de recomendaciones y pautas a implementar para mejorar la operatividad y durabilidad de los instalaciones lumínicas en relación a su mantenimiento.



Foto A3.1. Optimización de la utilización de la luz solar en un gran centro logístico. Fuente: Geoter.



Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

Por lo tanto, el estudio energético de cualquier instalación ha de incluir obligatoriamente el de la parte luminotécnica de la misma, puesto que los consumos asociados a ella, al igual que el potencial conjunto de ahorros y mejoras, son de alto impacto tanto en la propia instalación como en la mejora de las condiciones para los usuarios y trabajadores de la misma.

Una vez afirmada esta obligatoriedad de estudio, es preciso recalcar que partiendo de esta base es necesario entender el tipo de instalación que se está auditando y, en función de esto, graduar el énfasis e intensidad del estudio de la parte lumínica de la instalación. Así pues, una auditoría en el sector educativo deberá prestar mucha más atención a este campo que una, por ejemplo, en el ámbito de los complejos deportivos, con mucha mayor cantidad de espacios abiertos y menores requerimientos por normativa de niveles lumínicos que la instalación docente, donde la exigencia de niveles lumínicos es muy superior debido a las actividades de tipo cognitivo y educacional que se desarrollan en ellos.

No obstante, el estudio de la iluminación en el sector logístico es importante, puesto que en él se realizan multitud de actividades diferentes en espacios de muy distinta clase y dimensión, lo cual obliga a tener un conocimiento técnico relevante en áreas de iluminación para poder realizar un correcto trabajo de auditoría energética en este campo. Efectivamente, en el sector logístico se realizan actividades propias de trabajo en oficina, que tiene unos requerimientos lumínicos tasados por la normativa vigente, y que evidentemente han de ser satisfechos, además intentando que sea de la forma más eficiente posible. Además, en el sector logístico se incluyen instalaciones de tipo parking o aparcamiento subterráneo, en las cuales se deberán adecuar los niveles lumínicos para no provocar una sobreiluminación excesiva que únicamente llevará consigo un aumento de la factura asociada a este servicio, sin proveer ninguna mejora en la funcionalidad de los usuarios. Igualmente, cabe ser objeto de estudio las grandes áreas de almacén propias del sector logístico que, por sus grandes superficies y requerimientos lumínicos en función de las tareas que en ellos se realizan, deberán también ser estudiados de manera pormenorizada.

En términos generales, y tratando temas netamente energéticos, se suele evaluar el porcentaje del consumo energético en iluminación en torno al 20% del total, con lo cual queda evidenciada la importancia

y trascendencia en el conjunto del estudio energético y de las posibilidades de optimización y mejora que serán igualmente de relevancia.



Foto A3.2. Iluminación en zona de paso de oficinas en centro logístico.
Fuente: Geoter.

Así pues, será menester del equipo auditor tratar con profundidad el estado y posibles mejoras del proyecto luminotécnico de iluminación y alumbrado que exista en el complejo logístico para, en primer lugar, optimizarlo desde la variable social, es decir, provocando una mejora en el servicio, adaptando zonas y niveles lumínicos para que los usuarios disfruten de una correcta visión en todas las áreas del centro y, además, adecuar el proyecto luminotécnico a las bases de la eficiencia energética, puesto que estas instalaciones cuentan con altas tasas de utilización y horas de funcionamiento al día.

De esta forma, se entiende que el estudio dentro del ámbito luminotécnico ha de incluir el estudio tanto de la iluminación de zonas interiores como en zonas de oficinas, almacenes, vestuarios, parkings, etc., como del alumbrado de zonas exteriores tales como campas, aparcamientos, jardines, etc.

Los trabajos realizados en la auditoría energética, así como las acciones y modificaciones que de ella se deriven dentro del ámbito luminotécnico, deberán basarse en criterios de eficiencia energética y con-





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

fort visual, considerando además de forma relevante las posibilidades que ofrece el aprovechamiento de la luz natural por las ventajas comparativas que su uso lleva aparejado.

Ahondando en el concepto del aprovechamiento de la luz natural, es fundamental considerar una serie de conceptos a la hora de realizar el estudio de implementación del aprovechamiento directo de la luz natural en un edificio. En un primer lugar, se tiene 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, lo cual es ciertamente ventajoso. 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, pues esta luz natural puede elevar de manera desproporcionada las cargas térmicas en un local con la consiguiente necesidad de realizar un aporte extra de climatización en la citada estancia.



Foto A3.3. Iluminación en centro de control de centro logístico. Fuente: Geoter.

Existe además otra posible situación a la hora de realizar un aprovechamiento de la luz natural, y es el caso de que dicha luz natural incida sobre la estancia con una alta luminancia, momento en el cual

se produce un efecto de deslumbramiento totalmente desaconsejado. Es por ello que en la actualidad muchos "edificios inteligentes" cuentan con sistemas de accionamiento automático, como persianas, estores, etc. que corrigen este problema. Además, y tal y como se apuntó en el párrafo anterior, este "exceso" de luz tiene también su importancia en términos térmicos, de modo que debe ser tratado minuciosamente.

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.

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

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

Consideraciones sobre alumbrado e iluminación en centros logísticos

El objeto fundamental de la práctica totalidad de proyectos luminotécnicos es el de la consecución de un entorno agradable y adecuado para el usuario y las actividades que en él va a realizar. La heterogeneidad de espacios y actividades en el sector logístico es alta, tal y como se ha venido exponiendo a lo largo de la presente Guía, de modo que la adecuación de los niveles lumínicos será clave para que estas actividades se puedan llevar a cabo con un alto grado de satisfacción por todos los usuarios y desde un punto de vista eficiente en el plano energético.

El alumbrado e iluminación de una determinada zona de un complejo logístico se obtiene mediante la instalación de un número de luminarias de unas características determinadas y emplazadas de modo 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.

Es necesario, por tanto, adecuar de modo correcto los niveles de iluminancia, pues ésta determina la visibilidad de la tarea a efectuar, afectando 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. De esta forma, el proyecto lumínico ha de asegurar un correcto diseño y posterior implementación para satisfacer estos requerimientos.

De esta forma, y a modo de ejemplo, se puede observar la iluminación «en niveles mínimos» que se tiene en las zonas de parking subterráneo, puesto que no es necesario dotar de mayor nivel al ir los vehículos con las luces de cruce encendidas. También se puede nombrar aquellas zonas que disponen de ganancia lumínica solar directa, en las cuales 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 cotidianas.

El nivel de iluminancia debe, por tanto, establecerse en función del tipo de actividad a realizar y su duración, de la distancia de percepción, de las condiciones ambientales y de las características de los usuarios.

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 del local objeto de estudio.

Como ya ha sido objeto de comentario, la heterogeneidad de zonas y espacios que integran un complejo logístico hacen preciso un estudio pormenorizado de cada uno de ellos, adecuando niveles lumínicos y su correcto tratamiento para no incurrir en dispendios económicos y energéticos innecesarios.

Tecnología lumínica

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

En lo referente a las de tipo óptico, se utilizan varios sistemas para modificar la distribución luminosa de lámpara, 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.

Como ya se ha apuntado, la variable térmica es relevante a la hora de estudiar el sistema de iluminación. Así pues, dentro de sus propiedades interesa que el calor producido por las lámparas sea disipado de la forma más eficaz posible para evitar temperaturas elevadas. 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:

- **Lámparas de incandescencia.** Son 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 logísticos 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 utilizados en alumbrado de 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.

En la Tabla A3.1 se muestra un listado de los tipos de lámparas más comúnmente empleados en proyectos lumínicos usuales, con sus características más relevantes.

TABLA A3.1. Tipos de lámparas.

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

Fuente: ANFALUM.

Una de las características más importantes para un alumbrado correcto es la altura de suspensión de los aparatos de alumbrado. En los locales de altura normal, 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 percepción. Un efecto es el producido por el envejecimiento de la lámpara, 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 con-





condiciones de limpieza del local, siendo mayor cuanto mejores sean las condiciones de limpieza y mantenimiento del mismo.

Además de esta pérdida de luz, hay otro efecto que debe ser considerado y es el debido a las condiciones del local en lo que se refiere a las calidades de paredes, techo y suelo, sus dimensiones, la situación de las luminarias respecto del techo y también de forma significativa del tipo de luminaria utilizado. 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 en los casos denominados normales. La estimación de este factor con precisión se obtiene aplicando los procedimientos establecidos en la norma correspondiente para el cálculo de alumbrado.

De esta forma, y por efecto de todo lo anterior, el flujo que deben proporcionar las lámparas será el obtenido mediante la siguiente expresión, que es una corrección de la inicialmente propuesta:

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

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 luminoso (ϕ_l) de cada lámpara. En consecuencia, se obtiene que:

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

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

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

$$P = n \cdot m \cdot p_l$$

Este valor es de alta relevancia a la hora de auditar instalaciones de tipo logístico puesto que las unidades de iluminación presentes serán muy numerosas. Uno de los factores clave es el tipo de lámparas empleadas, y es por ello que desde las administraciones nacionales



y regionales se aboga por el uso de lámparas de bajo consumo, que proporcionan la misma intensidad lumínica pero con unos consumos mucho más contenidos, aspecto que tal y como se puede ver en la Tabla A3.2 conlleva unas posibilidades importantes de ahorro.

TABLA A3.2. Comparativa de consumos entre lámparas.

LÁMPARA INCANDESCENTE	LÁMPARA DE BAJO CONSUMO
40 W	9 W
60 W	11 W
75 W	15 W
100 W	20 W

Fuente: APIEM.

Se quiere aprovechar esta publicación para incidir una vez más en la importancia de un uso responsable de la energía y, en particular, de la iluminación mediante su propia utilización responsable al igual que mediante el uso de lámparas de última tecnología. Esta labor de concienciación es global y se lleva a cabo por parte de administraciones en todo el mundo. De esta forma, son actuaciones ejemplarizantes las llevadas a cabo por IDAE a nivel estatal y la propia comunidad de Madrid a nivel regional, existiendo ejemplos de actuaciones en pos de esta optimización del parque lumínico en toda Europa al igual que en el resto del mundo, como es el caso del Plan Luz Sustentable emprendido por la Secretaría de Energía del Gobierno de México, lo cual da idea clara de la importancia de este tipo de actuaciones de sustitución de lámparas de baja eficiencia.

Volviendo al plano teórico de la tecnología lumínica, se define un factor energético de alumbrado (F.E.A.) como la potencia consumida en alumbrado por unidad de superficie:

$$F.E.A = \frac{P}{A} = \left(\frac{P_l}{\phi}\right) \cdot \frac{E}{(PL) \cdot (AL)} = \frac{E}{\eta_l \cdot (PL) \cdot (AL)}$$

Siendo η_l el rendimiento de la lámpara utilizada. Este factor da una idea del consumo energético de la instalación de alumbrado y se mide en W/m², debiendo ser lo menor posible.

Dentro del CTE, en concreto en su documento básico de ahorro de energía y en el apartado HE-3, se define un coeficiente denominado



"valor de eficiencia energética de la instalación" que viene dado por:

$$VEEI = \frac{P \cdot 322}{S \cdot E_m}$$

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, como la "calidad de color" exigida en la tarea visual a realizar o del "índice del local" definido de la siguiente manera:



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 de 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%.

En el marco regulatorio actual 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 luminotécnicos 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, actuación 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 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 automática.

Para realizar tal control, las lámparas, independientemente de su naturaleza, necesitan de un equipo auxiliar que las regule. A continuación, en la Fig. A3.2 se muestra un cuadro sintético de los equipos reguladores que se aplican a cada tipo de lámpara



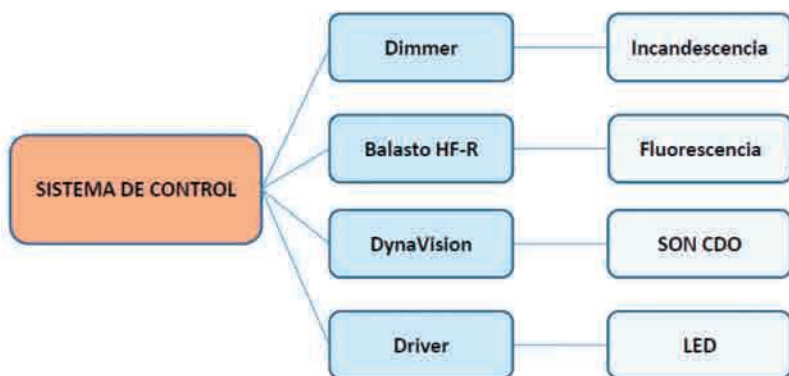


Figura A3.2. Equipos reguladores en función del tipo de lámpara.

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*). Lógicamente, 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.

Entre las soluciones básicas a aplicar 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, este hecho implica la obligación de instalar estos sistemas en aseos, pasillos, escaleras, aparcamientos, etc. pues son estas el tipo de zonas a las que hace referencia la norma.

Otro nuevo aspecto a solventar en la mayoría de instalaciones es el 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 la ventana y en todas ubicadas bajo un lucernario. Para ello, se recomienda el uso de sensores y sistemas reguladores del tipo Luxsense o similares que incorporan un fotocélula acoplada a la lámpara y un sensor capaz de graduar y adecuar el flujo de la luminaria 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 un centro logístico puesto que el coste total significa un porcentaje muy importante dentro del global de todos los costes.

Introducción al mantenimiento preventivo de las instalaciones de alumbrado e iluminación en centros logísticos

Tal y como se apuntó al inicio del anexo, se van a proponer de manera somera una serie de pautas e ideas a desarrollar en el mantenimiento preventivo de las instalaciones de iluminación y alumbrado en el sector logístico.

El mantenimiento preventivo necesita de una correcta gestión en términos de programación y periodicidad para que sea ciertamente efectivo. Debe tener en cuenta una serie de factores específicos de la instalación lumínica, como son tipo de lámparas existentes, vida media, depreciación luminosa temporal de las mismas, ensuciamiento de las luminarias en función de su ubicación, grado de contaminación atmosférica, verificación y estado de los cuadros eléctricos, costumbres de uso, programación de horarios de funcionamiento, etc.

El mantenimiento preventivo de este tipo de instalaciones deberá de tener una programación definida en la cual se incluya la periodicidad en las operaciones a realizar dentro del abanico de las acciones de mantenimiento preventivo. Así, de este modo se distingue:

- Lámparas:
 - Reposición en instalaciones con funcionamiento permanente, es decir, 24 horas diarias. Para este tipo de instalaciones se estima una necesidad de cambio de entre 1 y 2 años.
 - Reposición en instalaciones con funcionamiento reducido. Se programa la sustitución entre 2 y 4 años.





Guía de auditorías energéticas en centros logísticos

- Luminarias:
 - Limpieza del sistema óptico y cierre (reflector, difusor). Se programa en intervalos de 1 a 2 años.
 - Control de las conexiones y la oxidación a realizar con cada cambio de lámpara que se efectúe.
 - Control de los sistemas de fijación igualmente con cada cambio de lámpara realizado.
- Equipos auxiliares:
 - Verificación de sistemas de regulación del nivel luminoso, tales como balastos o similares a realizar con una periodicidad de 6 meses, es decir, dos verificaciones anuales.
 - Reposición masiva de equipos auxiliares (balastos, arrancadores, condensadores, etc.). Se realizará cada 8 o 10 años.
- Centros de mando y medida:
 - Control del sistema de encendido y apagado de la instalación a realizar con una periodicidad de 6 meses.
 - Revisión y verificación de las protecciones a realizar una vez al año.
 - Revisión del armario de mando y control con una frecuencia anual.
 - Control del sistema global de puesta a tierra de la instalación una vez al año.
 - Comprobación del aislamiento de conductores a realizar cada dos años.
- Instalación eléctrica:
 - Medida de la alimentación de la instalación con frecuencia de 6 meses.
 - Medida del factor de potencia a realizar una vez cada seis meses.
 - Revisión de las tomas de tierra de la instalación con periodicidad anual.
 - Verificación y control del sistema global de conexionado a tierra de la instalación con intervalos anuales.

- Comprobación del aislamiento de conductores a realizar en periodos bianuales.
- Soportes:
 - Control de la corrosión tanto interna como externa cada año.
 - Revisión de los soportes de acero galvanizado en primera instalación cada 10 años.
 - Revisión de soportes de acero galvanizados ya existentes cada 5 años.
 - Revisión de soportes de acero no galvanizado cada tres años.





Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



IDAIE
Instituto para el Desarrollo
Industrial y Energético