

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Explotación y Prospección de Minas



TESIS DOCTORAL

**POSIBILIDADES DEL AHORRO Y LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS
RENOVABLES PARA LA REDUCCIÓN DE GASES
DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR
COMERCIAL**

PROGRAMA DE DOCTORADO INTERUNIVERSITARIO:

"Dirección de Proyectos"

Autor: D. Juan Carlos Ríos Fernández

Directora: Dra. Nieves Roqueñí Gutiérrez

Codirector: Dr. Jorge Loredo Pérez

Oviedo 2015

**RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL**

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: POSIBILIDADES DEL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR COMERCIAL	Inglés: POSSIBILITIES OF ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY AND USE OF RENEWABLE ENERGY TO REDUCE GREENHOUSE GASES IN THE COMMERCIAL SECTOR
2.- Autor	
Nombre: JUAN CARLOS RIOS FERNANDEZ	DNI/Pasaporte/NIE:
Programa de Doctorado: Dirección de proyectos (Interuniversitario)	
Órgano responsable: EXPLOTACION Y PROSPECCION DE MINAS	

RESUMEN (en español)

La producción y el uso de energía se han convertido en el centro de los debates ambientales, políticos y económicos a nivel internacional por su contribución a la emisión de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático.

El sector comercial forma parte de los sectores denominados difusos a efectos del cumplimiento de los objetivos de reducción de gases de efecto invernadero, que Europa se marcó como del 10% para el año 2020, en el Paquete Clima y Energía. Dentro del sector comercial, el conjunto de establecimientos tipo supermercado presentan uno de los índices más altos de consumo de energía por metro cuadrado de todos los sectores comerciales e industriales.

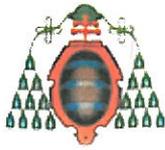
El objetivo que se persigue en la tesis doctoral es analizar las instalaciones y sistemas utilizados más comúnmente en supermercados y grandes superficies comerciales, y conocer sus consumos energéticos y las posibilidades tecnológicas que puedan ser aplicadas para conseguir un uso más eficiente de los mismos y el consiguiente ahorro energético, trasladando las propuestas de actuación a un modelo que fomente el desarrollo sostenible en el sector comercial y cuantifique la repercusión de la actividad sobre el efecto invernadero. Se muestra además que el ahorro energético no es solo una necesidad ambiental sino que también repercute directamente sobre los costes del producto y de explotación de las cadenas de supermercados.

En la tesis se evalúa la incidencia que la reducción del consumo energético y otras medidas como la posible aplicación de diferentes fuentes de energías renovables, producen en el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo la sostenibilidad y repercutiendo en los costes de explotación y en la mejora de la productividad y por lo tanto en los resultados finales.

Para ello, la tesis realiza un análisis de todas las instalaciones consumidoras de energía en una infraestructura comercial considerada como modelo, profundizando en la forma en la que se utiliza la energía y en su gestión, partiendo de un estudio de casos de centros comerciales seleccionados al efecto, en los que se realizaron auditorías energéticas y medioambientales para extraer conclusiones sobre medidas de actuación.

Se evalúan actuaciones y medidas correctoras existentes en el mercado, así como innovaciones tecnológicas, como el aprovechamiento energético de los calores residuales procedentes de las diferentes instalaciones del supermercado, y buenas prácticas aplicables al sector comercial que sean susceptible de ser utilizadas tanto en la fase de construcción y selección de equipamientos como en la fase de explotación de las superficies comerciales.

Se incluye así mismo una evaluación coste-beneficio de las actuaciones, que sirva de apoyo a la toma de decisiones de aquellos encargados de la explotación de



supermercados y grandes superficies comerciales que se planteen contribuir a la mitigación del cambio climático, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero ligados al uso de la energía en sus establecimientos.

RESUMEN (en Inglés)

The production and use of energy have become the focus of environmental, political and economic debates internationally for his contribution to the emission of greenhouse gases that cause climate change.

The commercial sector is part of the so-called diffuse sectors for the purposes of meeting the targets for reducing greenhouse gases that Europe has set as 10% by 2020, Climate and Energy Package. Within the commercial sector, the entire supermarket type establishments have one of the highest rates of energy consumption per square meter of all commercial and industrial sectors.

The objective pursued in the dissertation is to analyze the facilities and systems most commonly used in supermarkets and department stores, and know their energy consumption and technological possibilities that can be applied to achieve a more efficient use of them and therefore energy saving, moving the action proposals to a model that promotes sustainable development in the commercial sector and quantify the impact of the activity on the greenhouse effect. It also shows that energy saving is not only an environmental necessity but also a direct impact on product costs and operating supermarket chains.

The thesis evaluates the impact that the reduction of energy consumption and other measures such as the possible use of different sources of renewable energy produced in the emissions of greenhouse gases, promoting sustainability and impacting operating costs and in improving productivity and therefore in the final results.

For this, the thesis makes an analysis of all energy consuming equipment in a commercial model considered infrastructure, exploring the way energy is used and its management, based on a case study of the effect selected shopping centers , where energy and environmental audits were conducted to draw conclusions about performance measures.

Actions and corrective measures in the existing market and technological innovations such as the energy use of the residual heat from the various facilities of the supermarket, and best practices applicable to commercial sector that are likely to be used both at the stage of evaluating construction and choice of equipment and the operational phase of the stores.

One cost-effectiveness of the actions that will support the decisions of those responsible for the operation of supermarkets and department stores that arise contribute to mitigating climate change by reducing emissions of greenhouse evaluation further includes emissions linked to energy use in their establishments.

Agradecimientos.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis doctoral ha podido ver la luz gracias a la ayuda y el apoyo de algunas personas a las que quiero mostrar mi más profundo agradecimiento.

A mi directora de tesis. La Doctora Nieves Roqueñí Gutiérrez por su motivación y muestras de ánimo constantes durante estos años de trabajo. Y a mi codirector. El Doctor Jorge Loredo Pérez por aceptar acompañarme en este laborioso empeño.

A mi familia. Mis hijas Carmen, Marta y María Ríos Antuña por comprender con una sonrisa las horas que les he robado a su compañía. Y en especial a mi esposa y cómplice en la vida María Antuña Casal, sin quien nada de ésto hubiese sido posible.

Muchísimas gracias a todos.

Agradecimientos.

Para mi esposa e hijas.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

**POSIBILIDADES DEL AHORRO Y LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS
RENOVABLES PARA LA REDUCCIÓN DE GASES
DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR
COMERCIAL**

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE TABLAS

Índices.

ÍNDICE GENERAL:

1. INTRODUCCIÓN	pág.: 21
1.1. Objetivo.....	pág.: 23
1.2. Motivación.....	pág.: 27
1.3. Planteamiento del problema. Hipótesis.....	pág.: 29
1.4. Metodología.....	pág.: 31
1.5. Contenido de la Tesis. Resumen de los capítulos.....	pág.: 32
2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO	pág.: 37
2.1. Introducción.....	pág.: 41
2.1.1. Primera Conferencia Mundial sobre el Clima.....	pág.: 42
2.1.2. La Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro.....	pág.: 42
2.1.3. La primera Conferencia de las Partes.....	pág.: 43
2.1.4. El Protocolo de Kioto.....	pág.: 44
2.1.5. La Cumbre Internacional sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo.....	pág.: 45
2.1.6. La Conferencia de Bali.....	pág.: 45

Índices.

2.1.7. Los acuerdos de Copenhague.....	pág.: 45
2.1.8. Los acuerdos de Cancún.....	pág.: 46
2.1.9. La Conferencia de Durban.....	pág.: 46
2.1.10. La Conferencia de París.....	pág.: 47
2.1.11. El Objetivo 20-20-20 de la Unión Europea.....	pág.: 47
2.1.12. Objetivos en la lucha contra el cambio climático para el año 2050.....	pág.: 50
2.2. La preocupación de la sociedad por el cambio climático..	pág.: 50
2.3. El concepto de Eficiencia Energética y la reducción de emisiones de GEI en el sector comercial.....	pág.: 51
3. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y PRODUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR COMERCIAL.....	pág.: 53
3.1. Análisis del sector comercial, consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero.....	pág.: 55
3.2. Impacto económico y consumo energético del sector terciario o de servicios.....	pág.: 61
3.3. Tipos de formato de establecimiento en el comercio minorista.....	pág.: 65
3.4. El consumo energético en el comercio minorista de alimentación.....	pág.: 72

Índices.

3.5. El consumo energético en los comercios tipo supermercado.....pág.: 76

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RELACIÓN A LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL LOCAL O EDIFICIO COMERCIAL.....pág.: 83

4.1. Aplicación de la normativa de la edificación al ahorro de energía, dependiendo del tipo de establecimiento comercial.....pág.: 87

4.2. Consideraciones encaminadas al ahorro de energía mediante un adecuado diseño del comercio.....pág.: 89

4.2.1. Conseguir una adecuada envolvente térmica.....pág.: 89

4.2.2. Soluciones encaminadas a aprovechar la luz natural.....pág.: 93

4.2.3. Actuaciones sobre ventanales y superficie acristalada.....pág.: 93

4.2.4. Tonalidad de las paredes y techos.....pág.: 94

4.2.5. Evitar las entradas al establecimiento enfrentadas.....pág.: 94

4.2.6. Reducir el volumen a climatizar.....pág.: 95

4.2.7. Aislamiento térmico del obrador de pan.....pág.: 95

4.2.8. Evitar la colocación de elementos elevadores....pág.: 95

Índices.

4.2.9. Destinar parte de la superficie de la cubierta para la colocación de sistemas de condensación y energías renovables.....pág.: 96

4.2.10. Analizar la posibilidad del uso de otras energías renovables para la generación de electricidad.....pág.: 96

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL.....pág.: 99

5.1. Reducción del consumo energético en el alumbrado comercial.....pág.: 105

5.2. Estrategias de ahorro y eficiencia energética.....pág.: 108

5.2.1. Reducción de la demanda de energía por el aprovechamiento de la luz natural.....pág.: 109

5.2.2. Mantenimiento de lámparas y luminarias limpias.....pág.: 113

5.2.3. Diseño de la instalación eléctrica con fases independientes.....pág.: 114

5.2.4. Utilización de detectores de presencia o pulsadores temporizados en zonas de ocupación ocasional o restringida.....pág.: 114

5.2.5. Utilización de programadores de horario de encendido y apagado y detectores lumínicos para el encendido de los rótulos publicitarios.....pág.: 131

Índices.

5.2.6. Utilización de elementos de control y regulación
(utilización de balastos electrónicos)pág.: 133

5.2.7. Adecuar la contratación eléctrica a las necesidades
reales de consumo.....pág.: 136

5.2.8 Detectar y eliminar zonas de exceso de
iluminación.....pág.: 136

5.2.9. Utilización de lámparas de bajo consumo y alta
eficiencia.....pág.: 136

**6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES FRIGORÍFICAS EN EL
SECTOR COMERCIAL.....pág.: 183**

6.1. Introducción.....pág.: 187

6.2. Medidas para la reducción del consumo energético del frío
industrial en un establecimiento comercial.....pág.: 188

6.2.1. Ubicación de la sala de máquinas.....pág.: 189

6.2.2. Aislamiento para evitar pérdidas caloríficas.....pág.: 189

6.2.3. La elección del fluido refrigerante.....pág.: 191

6.2.4. La diferenciación de los sistemas frigoríficos en
función de las temperaturas de servicio.....pág.: 194

6.2.5. El empleo de válvulas de expansión electrónica y
sistemas de condensación flotante.....pág.: 195

Índices.

6.2.6. La utilización de sistemas de evaporación flotante.....	pág.: 195
6.2.7. La limitación automática del número de desescarches o desescarcho inteligente.....	pág.: 196
6.2.8. La incorporación de variadores de frecuencia para compresores y condensadores.....	pág.: 196
6.2.9. La importancia del mantenimiento de la instalación frigorífica.....	pág.: 197
6.3. Cálculo del ahorro energético conseguido, en una instalación frigorífica comercial y periodo de amortización aplicando medidas de ahorro en el consumo de energía.....	pág.: 198
6.4. La implantación de los muebles frigoríficos cerrados en los supermercados.....	pág.: 200
6.5. Conclusiones a la aplicación de las mejoras descritas....	pág.: 202
6.6. Aprovechamiento de los calores residuales del proceso frigorífico.....	pág.: 203
7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL.....	pág.: 205
7.1. Introducción.....	pág.: 209
7.2. Estrategias de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación de un establecimiento comercial.....	pág.: 210

Índices.

7.2.1. Mejoras en el diseño del establecimiento para reducir su demanda energética.....	pág.: 210
7.2.2. Correcta regulación de los equipos de climatización.....	pág.: 212
7.2.3. Control de los periodos de funcionamiento.....	pág.: 214
7.2.4. Aprovechamiento de la entalpía del aire exterior.....	pág.: 214
7.2.5. Instalación de recuperadores de calor.....	pág.: 216
7.2.6. Aprovechamiento energético del aire caliente residual, procedente de las centrales de frío industrial, para aumentar el rendimiento de las máquinas de climatización.....	pág.: 216
7.2.7. La tecnología inverter en los equipos de climatización.....	pág.: 217
7.2.8. Un correcto mantenimiento de la instalación.....	pág.: 218
7.3. Alternativa al sistema tradicional de climatización de un supermercado y aumento de la eficiencia.....	pág.: 219
7.3.1. Análisis de una instalación tradicional de climatización y ventilación de un supermercado, con máquinas de conductos.....	pág.: 232
7.3.2. Instalación de climatización y ventilación de un supermercado, empleando máquinas de alta eficiencia energética con sistema Inverter.....	pág.: 236

Índices.

7.3.3. Análisis de los resultados obtenidos.....pág.: 240

7.3.4. Ahorro obtenido.....pág.: 243

8. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE CALORES RESIDUALES Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR COMERCIAL.....pág.: 249

8.1. Aprovechamiento energético de calores residuales.....pág.: 253

8.1.1. Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de frío industrial.....pág.: 253

8.1.2. Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de climatización.....pág.: 256

8.1.3. Aprovechamiento energético del calor residual del vapor producido por los hornos de la panadería.....pág.: 257

8.2. Utilización de energías renovables en el sector comercial.....pág.: 267

8.2.1. La solar térmica.....pág.: 267

8.2.2. La solar fotovoltaica.....pág.: 269

8.2.3. La eólica.....pág.: 271

8.2.4. La biomasa.....pág.: 272

8.2.5. La geotermia.....pág.: 275

8.2.6. La aerotermia.....pág.: 276

Índices.

8.2.7. Principales inconvenientes para la instalación de fuentes de energía renovables en el sector comercial.....pág.: 277

8.2.8. Compra de energía eléctrica procedente exclusivamente de fuentes de energía renovables.....pág.: 278

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....pág.: 279

10. CONCLUSIONES.....pág.: 287

11. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.....pág.: 297

12. BIBLIOGRAFÍA.....pág.: 301

Índices.

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Consumo de energía final del sector terciario español, por provincias (2007).....pág.: 59

Figura 2. Cadenas comerciales dominantes en España, según formato de establecimiento.....pág.: 71

Figura 3. Irradiancia Global Media en España en el periodo 1983-2005 (kWh/m²día).....pág.: 109

Figura 4. Iluminación de un supermercado.....pág.: 140

Figura 5. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de carnicería y charcutería de un supermercado.....pág.: 151

Figura 6. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de panadería de un supermercado.....pág.: 151

Figura 7. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de frutería de un supermercado.....pág.: 152

Figura 8. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de pescadería de un supermercado.....pág.: 152

Figura 9. Iluminación de la zona de almacenes de un supermercado.....pág.: 160

Figura 10. Iluminación de los vestuarios y aseos públicos de un supermercado.....pág.: 163

Figura 11. Iluminación de los cuartos de instalaciones de un supermercado.....pág.: 166

Índices.

Figura 12. Iluminación de la oficina de un supermercado..... pág.: 169

Figura 13. Esquema de funcionamiento de un sistema Free-Cooling, con sus compuertas.....pág.: 215

Figura 14. Diseño de climatización tradicional para un supermercado.....pág.: 221

Figura 15. Diseño de climatización de alta eficiencia energética para un supermercado.....pág.: 222

Figura 16. Esquema de funcionamiento de una central de frío industrial con desescarche por gas caliente.....pág.: 254

Figura 17. Esquema de funcionamiento de un recuperador de calor.....pág.: 256

Figura 18. Detalle de montaje del contador de kcal/kWh colocado en los hornos de pan de un supermercado.....pág.: 261

Figura 19. Esquema de principio del sistema de aprovechamiento energético del calor residual de los hornos de pan de un supermercado.....pág.: 262

Figura 20. Producción energética solar térmica acumulada en el periodo 2010-2020 en España.....pág.: 269

Figura 21. Potencial de la energía solar fotovoltaica en Europa.....pág.: 270

Figura 22. Residuos de plantas de distribución alimentaria (t/año) en España.....pág.: 273

Índices.

ÍNDICE DE GRÁFICOS:

Gráfico 1. Porcentajes del PIB español, por sectores económicos (1965-2009).....pág.: 55

Gráfico 2. Evolución de la población española ocupada, por sectores de actividad (1900-2010).....pág.: 56

Gráfico 3. Evolución sectorial de la población ocupada en España (1900-2006).....pág.: 57

Gráfico 4. Consumo de energía final, por actividades, en España (2011).....pág.: 58

Gráfico 5. Consumo de energía final en el sector servicios en España (2011).....pág.: 58

Gráfico 6. Consumo de energía final del sector terciario por subsectores (2011).....pág.: 59

Gráfico 7. Distribución de las emisiones GEI por grupos SNAP (2009).....pág.: 60

Gráfico 8. Consumo mundial de energía, en el sector comercial, según su uso.....pág.: 64

Gráfico 9. Evolución de ventas de productos de gran consumo en España según el tipo de tienda.....pág.: 67

Gráfico 10. Evolución del número de tiendas entre 1998 y 2004 en España.....pág.: 68

Índices.

Gráfico 11. Consumo de energía eléctrica en tiendas de conveniencia de 80 m² a 280 m² de sala de ventas.....pág.: 72

Gráfico 12. Consumo de energía eléctrica en supermercados de 280 m² a 1.400 m² de sala de ventas.....pág.: 73

Gráfico 13. Consumo de energía eléctrica en supermercados e hipermercados de 1.400 m² a 5.000 m² de sala de ventas.....pág.: 73

Gráfico 14. Consumo de energía eléctrica en hipermercados de 5.000 m² a 10.000 m² de sala de ventas.....pág.: 74

Gráfico 15. Variación en el consumo de energía eléctrica en 2.570 tiendas de retail alimentario del Reino Unido con una sala de ventas entre 80 m² y 10.000 m².....pág.: 75

Gráfico 16. Porcentajes de demanda de energía en un supermercado de Almería.....pág.: 77

Gráfico 17. Porcentajes de demanda de energía en un supermercado de Burgos.....pág.: 77

Gráfico 18. Distribución del consumo energético en un supermercado de tamaño medio/grande.....pág.: 81

Gráfico 19. Depreciación del flujo luminoso de las luminarias en función del tipo de ambiente.....pág.: 114

Gráfico 20. Temperatura vs tiempo, que compara el funcionamiento de un climatizador inverter con otro tradicional.....pág.: 218

Índices.

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. El comercio español dentro de la UE.....	pág.: 62
Tabla 2. Superficie bruta alquilada a centros comerciales dentro de la UE.....	pág.: 63
Tabla 3. Formatos de comercio minorista según su superficie.....	pág.: 66
Tabla 4. Evolución de las ventas de productos de gran consumo en 2005.....	pág.: 69
Tabla 5. Número de hipermercados y tipos de supermercados, porcentaje de superficie y variación anual, en el año 2012 en España.....	pág.: 70
Tabla 6. Número de hipermercados y supermercados, superficie total en el año 2012 en España y porcentajes de crecimiento.....	pág.: 71
Tabla 7. Reparto de los consumos eléctricos anuales por m ² de superficie útil de establecimiento y porcentajes, en un supermercado de tamaño medio/grande.....	pág.: 80
Tabla 8. Consumo eléctrico de un supermercado.....	pág.: 106
Tabla 9. Consumo de las lámparas de fluorescencia empleando balastos electrónicos.....	pág.: 134
Tabla 10. Consumo de las lámparas de fluorescencia empleando balastos electromagnéticos.....	pág.: 134

Índices.

Tabla 11. Comparación de características técnicas y costes de diferentes tipos de lámparas.....pág.: 139

Tabla 12. Ahorros conseguidos con la sustitución de la iluminación tradicional de un supermercado por led y periodos de amortización de la inversión.....pág.: 179

Tabla 13. Potencial de calentamiento atmosférico (PCA) de los fluidos frigoríficos más empleados en refrigeración comercial.....pág.: 192

Tabla 14. Temperaturas recomendables en invierno y verano para tiendas y comercios.....pág.: 212

Tabla 15. Temperaturas recomendables en invierno y verano para supermercados en zonas del interior peninsular y en zonas costeras.....pág.: 213

Tabla 16. Cálculos de cargas en un supermercado para condiciones térmicas habituales.....pág.: 224

Tabla 17. Cálculos de cargas en un supermercado para condiciones térmicas extremas.....pág.: 225

Tabla 18. Capacidades de refrigeración de los equipos utilizados en el sistema de climatización tradicional (Tentrada: 20-45 °C)..pág.: 226

Tabla 19. Capacidades de calefacción de los equipos utilizados en el sistema de climatización tradicional (Tentrada: -10-15 °C)....pág.: 227

Tabla 20. Capacidades de refrigeración de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 130-100%).....pág.: 228

Índices.

Tabla 21. Capacidades de refrigeración de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 90-60%).....pág.: 229

Tabla 22. Capacidades de calefacción de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 130-100%).....pág.: 230

Tabla 23. Capacidades de calefacción de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 100-80%).....pág.: 231

Tabla 24. Datos obtenidos por el contador de kcal/kWh colocado en un horno de panadería de un supermercado.....pág.: 263

Tabla 25. Potencial accesible de biogas obtenido de la distribución alimentaria, por comunidades autónomas españolas en el periodo 2011-2020.....pág.: 274

Tabla 26. Tabla de análisis comparativo de la inversión necesaria, el periodo de amortización y los ahorros obtenidos con la aplicación de las diferentes medidas de mejora de la eficiencia energética en un comercio tipo supermercado.....pág.: 283

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

1.2. Motivación

1.3. Planteamiento del problema. Hipótesis

1.4. Metodología

1.5. Contenido de la Tesis. Resumen de los capítulos

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO

El cambio climático es uno de los fenómenos que más repercusiones ambientales, sociales y económicas está generando en los últimos años. La lucha contra esta amenaza se ha convertido en un objetivo prioritario para los gobiernos y en el mayor reto ambiental de la historia de la humanidad.

Los registros de temperatura constatan un aumento desde el año 1850 de 0,76 °C. La causa principal de este calentamiento se atribuye a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) fruto de la actividad humana, en especial del desarrollo industrial y el cambio en los hábitos de vida del último siglo.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) asevera en su Informe de Síntesis, Cambio Climático 2007, que sin medidas encaminadas a la reducción de las emisiones de GEI, la temperatura media del aire aumentará entre 1,8 °C y 4 °C.

Este aumento de la temperatura provocaría consecuencias muy graves, como aumento del nivel del mar, viéndose afectadas zonas costeras e islas, escasez de alimentos y de agua potable, desaparición de ecosistemas naturales y fenómenos meteorológicos adversos, como se detalla en el informe sobre la economía del cambio climático o informe Stern.

Según el Observatorio de la Sostenibilidad en España, "las interacciones entre el cambio climático y la salud humana son múltiples y complejas, pudiendo sintetizarse en:

Introducción.

a) Cambios en la morbi-mortalidad en relación con la temperatura.

b) Efectos en la salud relacionados con eventos meteorológicos extremos (tornados, tormentas, huracanes y precipitaciones extremas).

c) Contaminación atmosférica y aumento de los efectos en salud asociados.

d) Enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua.

e) Enfermedades transmitidas por vectores infecciosos y por roedores. (Patz et al. 2000).

Para luchar contra la amenaza que el cambio climático significa, es necesario una modernización de los sistemas productivos y cambios en las políticas de gestión de las empresas, encaminadas a la reducción de las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero).

El compromiso de la Unión Europea con este objetivo ha llevado a la puesta en marcha de medidas concretas, en sus estados miembros.

Fruto de estos compromisos, España deberá reducir sus emisiones en los sectores difusos, es decir, los servicios, la agricultura, los hogares, los residuos y el transporte en un 10% en el año 2020 respecto al nivel de emisiones del año 2005.

Introducción.

De esta manera la reducción de emisiones contaminantes en el sector comercial resulta además de una exigencia, una oportunidad de modernización del sector, mediante la incorporación de equipamientos más eficientes y una gran ocasión de mejorar la competitividad de las empresas y de incrementar el nivel de beneficio, fruto del ahorro en el consumo de energía.

La presente tesis identificará las diferentes alternativas en cuanto a la construcción y desarrollo de un centro comercial (supermercado), encaminadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, como fruto del menor consumo de energía. Para ello se valorará el coste de las medidas adoptadas y su beneficio económico y social.

El actual Código Técnico de la Edificación (CTE) fija un conjunto de normativas que deben cumplir los nuevos edificios y que afectan también a aquellos en los cuales se realicen importantes modificaciones o rehabilitaciones. De acuerdo con este código, la eficiencia energética de las instalaciones térmicas debe ser analizada de una manera exhaustiva por el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE). Las medidas propuestas en este trabajo, mejorarán las exigencias mínimas de la normativa en vigor.

Se realizará un estudio integral en el que se analizará la situación energética del centro, tanto del edificio bajo el punto de vista de su envolvente, como de las instalaciones que abastecen al mismo, comparando cambios, acciones y modificaciones encaminadas a reducir su gasto energético, mejorando los servicios prestados y optando por los equipos de mayor durabilidad y eficiencia, teniendo siempre presente el confort de los clientes y la máxima atención al impacto ambiental producido.

Introducción.

Como la mayor parte de los establecimientos comerciales se sitúan en locales en edificios de viviendas, la aplicación de los sistemas de energías renovables tradicionales, se ven limitados por la obtención de permisos por parte de las Comunidades de Propietarios. Por tal motivo, se ha optado por plantear en su lugar nuevas tecnologías de alta eficiencia energética en los generadores de frío/calor de los comercios y en la iluminación. Tanto por requerimientos de carácter técnico-económico como por los de concienciación social y medioambiental.

Algunas de las tecnologías de mejora de la eficiencia energética planteadas, han sido desarrolladas, probadas y cuantificadas por el autor en comercios reales, presentándose los resultados como parte de la presente tesis doctoral.

1.2. MOTIVACIÓN

España presenta una gran vulnerabilidad a las consecuencias del cambio climático, en especial a la regresión de su costa, el aumento de los periodos de calor, la erosión del suelo y la reducción de sus recursos hídricos y ecosistemas.

La tendencia al aumento en el nivel de emisiones de GEI a la atmósfera, ha sido alcista en España hasta el año 2006, sin embargo la reducción experimentada en los últimos años no es suficiente para cumplir con los compromisos adoptados en el Protocolo de Kioto, que fijan reducciones del 15% de estas emisiones, con respecto a los índices del año 1990. Para ello resulta indispensable adoptar medidas en los sectores no industriales o no regulados, como el comercial.

La necesidad de desarrollar una adecuada estrategia energética en el sector comercial, se ve reforzada por el aumento en los precios de la electricidad, que en los últimos años ha significado una merma de los beneficios de las empresas.

Con una antigüedad media de los comercios españoles superior a los 10 años, la capacidad de mejora en la eficiencia energética de estos centros, adoptando medidas como las que aquí se expondrán, es muy amplia.

Al gran impacto sobre el medio ambiente, causado por el sector comercial como emisor de Gases de Efecto Invernadero, fruto de su alto consumo energético, hay que añadir el efecto de los refrigerantes comúnmente utilizados tanto para la refrigeración como para la climatización.

Introducción.

Sólo los sistemas de refrigeración de los supermercados españoles emiten anualmente 630.000 Kg de compuestos fluorados de efecto invernadero o, equivalentemente, 2.080 millones de Kg de CO₂, según datos del Clúster de Eficiencia Energética de Cataluña. Para dar una idea de este impacto basta decir que esta emisión de gases tiene el mismo efecto contaminante que 1.300.000 automóviles o, lo que es lo mismo, más que todos los coches de la Comunidad de Madrid (según el Censo de Población y Viviendas, 2001, del INE).

La creciente concienciación ambiental de los consumidores ha provocado que la adopción de medidas que signifiquen mejoras sobre el medio ambiente, se haya convertido en una ventaja competitiva para las empresas, dentro de un entorno empresarial y social cada vez más complejo. Fruto de estos nuevos hábitos de consumo, que se preocupan por la sostenibilidad mediambiental, se ha comenzado a acuñar el término marketing verde o eco-marketing.

Los comercios y empresas del sector de la distribución pueden contribuir de forma determinante a reducir el impacto en el cambio climático, llevando a cabo acciones voluntarias que ayudan a ahorrar dinero, mejoran la productividad y disminuyen las emisiones de GEI.¹

¹. Según el Manual de Cálculo y Reducción de Huella de Carbono en el Sector del Comercio del Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE).

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. HIPÓTESIS

El consumo de energía final del sector servicios (comercio, hotelero y oficinas) alcanzó en el año 2010 en España más del 11% del consumo total de energía. El consumo energético medio de energía final en edificios terciarios es de 0,025 tep/m²·año según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).

La competitividad de las empresas dependerá cada vez más del nivel de eficiencia energética alcanzado, es decir, la competitividad será mayor en la medida en que los consumos de energía por unidad de servicio prestado sean menores.

Una vez analizado el ámbito de actuación posible, el estudio de la tesis se ha realizado sobre el sector comercial y más concretamente sobre un segmento del comercio minorista, como es el de los establecimientos comerciales de retail alimentario tipo supermercado. Esta elección se justificará más adelante durante el desarrollo de la tesis.

El sector comercial, y más concretamente los supermercados, tiene un gran potencial de ahorro, por cuanto que son establecimientos que consumen energía durante largos periodos de tiempo y de muy diversas maneras (calefacción, refrigeración, iluminación, etc.).

Si bien este sector muestra un gran interés por el ahorro y la eficiencia energética, así como por el uso de energías renovables, aún queda mucho camino que recorrer para alcanzar niveles óptimos.

Introducción.

La factura eléctrica de los supermercados en España supera los 1.300 millones de euros, según el CEEC (Clúster de Eficiencia Energética de Cataluña), repartidos principalmente entre refrigeración (~55%), climatización y ventilación (~17%), hornos (~5%) e iluminación (~20%). Este consumo es, de hecho, el gasto más importante de los supermercados y su reducción se ha convertido en un objetivo primordial.

Esta distribución de consumos se ajustará con la demanda real promedio medida en distintos supermercados del norte de España, parametrizando el consumo en relación a la superficie y a los usos de los locales a los que será de aplicación las medidas propuestas en la tesis.

1.4. METODOLOGÍA

Con la presente tesis doctoral se pretende exponer las soluciones técnicas que mejores resultados presentan hoy en día, junto con desarrollos tecnológicos propios, fruto del trabajo continuo en el sector del project management, la construcción, el diseño y la gestión del mantenimiento de instalaciones en supermercados que el autor de esta tesis ha desarrollado durante más de diez años.

Se presentan las características más importantes de un supermercado "tipo", analizando los consumos asociados a las diferentes secciones y usos del mismo, proponiendo medidas de ahorro y eficiencia energética. Se valora la repercusión de tales medidas en la disminución del consumo de energía y en la reducción de gases de efecto invernadero y se realiza un estudio coste-beneficio de cada medida propuesta, comparando alternativas y proponiendo una tabla de ayuda a la toma de decisiones para reformas o nuevas construcciones de supermercados.

Estas medidas permitirán reducir el consumo energético en los establecimientos comerciales y las emisiones equivalentes de CO₂ (Protocolo de Kioto, 1997).

Las soluciones adoptadas se centran en las áreas de mayor consumo: la envolvente térmica de los locales comerciales y edificios donde se sitúan los supermercados, la refrigeración, la climatización, los obradores y la iluminación. Estas actuaciones deben ser revisadas periódicamente, haciendo un seguimiento y evaluación de las mismas. Igualmente debe involucrarse a la Dirección, el Departamento Financiero/Contable, el Departamento Técnico y todo el personal de la empresa, por la repercusión de las medidas a implantar.

Introducción.

1.5. CONTENIDO DE LA TESIS. RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS

La tesis se desarrolla en capítulos cuyos contenidos se resumen a continuación.

Capítulo 1. Introducción.

En este capítulo se incluye el objetivo que se busca con esta tesis, la motivación que ha llevado a realizarla, el planteamiento del problema analizado, la hipótesis y metodología de trabajo que se ha aplicado en el desarrollo de la misma y un resumen de los capítulos que contiene.

Capítulo 2. Contextualización de la sensibilización ambiental en materia de cambio climático.

Expone la evolución por el interés medioambiental y en concreto por el cambio climático en los últimos años por parte de la sociedad, los compromisos adquiridos por los estados y el concepto de eficiencia energética.

Capítulo 3: Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

Presenta la importancia que el sector comercial tiene en el actual panorama económico mundial y la repercusión que el desarrollo de su actividad tiene en el consumo de energía y sobre el medio ambiente.

Capítulo 4: Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

Detalla diferentes medidas relacionadas con el diseño arquitectónico y el empleo de energías renovables, encaminadas a reducir el consumo de energía en los establecimientos comerciales.

Capítulo 5: Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Desarrolla diferentes alternativas enfocadas a reducir el consumo energético de las instalaciones de iluminación. Obteniendo datos reales de los ahorros económicos, en el consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero, obtenidos mediante el análisis de un supermercado tipo en el que se han aplicado dichas medidas.

Capítulo 6: Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones frigoríficas en el sector comercial.

Se exponen las medidas de reducción del consumo energético motivado por la necesidad de refrigeración y congelación de los productos distribuidos en los comercios de alimentación, con un análisis particularizado de los ahorros conseguidos en una instalación tipo a la que se le aplicaron las medidas descritas.

Capítulo 7: Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Detalla las estrategias de ahorro en el consumo eléctrico de las instalaciones de climatización y ventilación. Realizando un análisis detallado de los resultados económicos y mediambientales obtenidos con la sustitución de una instalación tradicional de climatización y ventilación comercial, por una instalación de alta eficiencia energética, en base a los datos reales de la reforma de un supermercado. Algunas medidas han sido desarrolladas por el autor de esta tesis y probadas su eficiencia, presentándose por primera vez.

Capítulo 8: Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Expone los métodos de aprovechamiento de los calores residuales que se originan en los procesos de generación de frío industrial, climatización y elaboración de pan en los comercios de alimentación, para reducir el consumo de energía del establecimiento. Algunas de las propuestas presentadas han sido desarrolladas por el autor de esta tesis y aplicadas en comercios reales. También se presentan las energías renovables empleadas actualmente en el sector comercial con ejemplos de utilización en supermercados reales, detalle de los principales inconvenientes para su instalación y las posibilidades de compra de energía procedente en exclusiva de fuentes de energía renovables.

Introducción.

Capítulo 9: Discusión de resultados obtenidos con las medidas de mejora de la eficiencia energética.

En este capítulo se han presentado todas las medidas de mejora de la eficiencia energética analíticamente y se ha realizado una comparativa de los resultados con el uso de tablas resumen, en función de diferentes aspectos, que permiten fácilmente examinar la relación coste/beneficio obtenida por la aplicación de cada medida, tanto desde el punto de vista económico, como medioambiental y de facilidad de implantación.

Capítulo 10: Conclusiones.

Presenta las conclusiones más importantes que se pueden extraer de los capítulos anteriormente expuestos.

Capítulo 11: Bibliografía.

Recoge los libros, artículos y documentación técnica consultada durante la realización de la tesis.

Introducción.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 2:

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO

2.1. Introducción

2.1.1. Primera Conferencia Mundial sobre el Clima

2.1.2. La Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro

2.1.3. La primera Conferencia de las Partes

2.1.4. El Protocolo de Kioto

2.1.5. La Cumbre Internacional sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo

2.1.6. La Conferencia de Bali

2.1.7. Los acuerdos de Copenhague

2.1.8. Los acuerdos de Cancún

2.1.9. La Conferencia de Durban

2.1.10. La Conferencia de París

2.1.11. El Objetivo 20-20-20 de la Unión Europea

2.1.12. Objetivos en la lucha contra el cambio climático para el año 2050

2.2. La preocupación de la sociedad por el cambio climático

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

2.3. El concepto de Eficiencia Energética y la reducción de emisiones de GEI en el sector comercial

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El aumento del deterioro medioambiental que sufre el planeta, unido al crecimiento de los problemas inherentes al mismo, como el cambio climático, ha supuesto un cambio en la sensibilidad mundial sobre los temas energéticos.

Según el informe *Acción de la Unión Europea contra el Cambio Climático* realizado por La Comisión Europea, la temperatura media del planeta ha aumentado 0,76 °C desde los tiempos preindustriales y este aumento de temperatura se está acelerando, según el Cuarto Informe de Evaluación de 2007 (AR4, por sus siglas en inglés) realizado por el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)¹. Además, el nivel del mar ha subido dos veces más rápido entre 1993 y 2003 que en las tres décadas anteriores. El origen de estos cambios son las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el ser humano. Si no se toman medidas para limitar estas emisiones en el futuro, la temperatura media de la Tierra podría incrementarse entre 1,8 °C y 4 °C en este siglo y, en el peor de los casos, llegar a aumentar hasta 6,4 °C, según las previsiones del AR4.

¹ El IPCC es un grupo internacional de expertos sobre temas relacionados con el cambio climático, cuyos informes y estudios constituyen la información científica y técnica más reconocida a nivel mundial.

En 1958 el científico estadounidense Charles David Keeling realizó las primeras mediciones de CO₂ en la atmósfera, en el observatorio Astronómico de Mauna Loa en Hawái, detectando concentraciones elevadas de este gas en una zona con el aire especialmente limpio. Keeling continuó con sus mediciones, constatando que las concentraciones de CO₂ estaban aumentando.

La sociedad internacional comenzó entonces a preocuparse ante la confirmación de que las masas de vegetación y los océanos no eran capaces de absorber los gases que se estaban produciendo y emitiendo a la atmósfera.

Surgen en este contexto internacional, las Cumbres Climáticas organizadas por la ONU, para buscar soluciones y alcanzar acuerdos encaminados a reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

2.1.1. Primera Conferencia Mundial sobre el Clima

La Conferencia Mundial desarrollada en 1979 en Ginebra, alentaba a los diferentes países a tomar medidas para evitar los cambios que el hombre estaba ocasionando sobre el clima. Se comenzó de esta manera a considerar el cambio climático como un problema real para el hombre y el planeta.

2.1.2. La Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, tuvo lugar en 1992 en Río de Janeiro y en ella se avanzó en el concepto de desarrollo sostenible, que había

sido acuñado por primera vez en el año 1987 dentro del informe Brundland encargado por la ONU.

Basándose en la Declaración alcanzada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano que tuvo lugar en 1972 en Estocolmo se acordó "el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar ". (Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo).

" Para alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente debe ser parte del proceso de desarrollo y no puede ser considerado por separado ". (Principio 4 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo).

En la Conferencia se desarrollaron una serie de acciones dentro del denominado Programa 21, para avanzar en la consecución internacional de un desarrollo sostenible.

2.1.3. La primera Conferencia de las Partes

La primera COP o Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, tuvo lugar en Berlín en 1995. De ella surgió el denominado Mandato de Berlín, en el que se imponía un periodo de análisis de dos años para que los 120 estados firmantes, elaboraran un catálogo de medidas para

luchar contra el cambio climático y se estableciesen límites específicos de emisiones de GEI.

2.1.4. El Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto sobre cambio climático fue un acuerdo internacional, firmado y ratificado por los países más industrializados a excepción de Estados Unidos que no lo ratificó y Canadá que lo abandonó en 2011.

Tuvo por objetivo reducir las emisiones de los GEI, que causan el calentamiento global, en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones del año 1990.

La Unión Europea ratificó el Protocolo, reconociendo la necesidad de adoptar medidas que redujeran el cambio climático. Como ayuda para que los estados miembros alcanzasen los acuerdos adquiridos, la Comisión Europea en su *Comunicación sobre la dimensión energética del cambio climático*, desarrolló un paquete de medidas entre las que se dió especial protagonismo a las energías renovables.

Se adquirió conciencia del problema de dependencia energética dentro de la Unión Europea y se reconoció la necesidad de reducir los niveles de consumo energético, intentando mantener los niveles de bienestar.

2.1.5. La Cumbre Internacional sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo

La cumbre celebrada en 2002 en Johannesburgo, sirvió para que el protocolo de Kioto tomara impulso y significó la incorporación de la sociedad civil al dialogo sobre el cambio climático ya que por primera vez se incorporaron a las cumbres sobre el clima, las asociaciones empresariales y organizaciones no gubernamentales.

2.1.6. La Conferencia de Bali

El proceso de negociación internacional que se desarrolló en Bali en 2007, tuvo como objetivo prorrogar el Protocolo de Kioto más allá del año 2012. También se analizaron los problemas que estaban surgiendo para cumplir los acuerdos alcanzados y lograr una aplicación definitiva y plena del Protocolo.

2.1.7. Los acuerdos de Copenhague

La Conferencia de las Partes de la Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, que tuvo lugar en el año 2009 en Copenhague, concluyó con un acuerdo para limitar a 2 °C el aumento de la temperatura global, la creación de una lista con objetivos para reducir las emisiones de GEI en los países desarrollados y atenuarlas en los países en vías de desarrollo para el año 2020, la voluntad de generar una transferencia tecnológica entre países y fijar una financiación hasta el año 2020 para la adopción de estas medidas.

La mayoría de los países emisores de gases de efecto invernadero se adherieron al pacto, entre ellos China y EE.UU.

2.1.8. Los acuerdos de Cancún

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático desarrollada en Cancún en el año 2010, se adoptaron una serie de acuerdos para facilitar la aplicación de medidas de protección del medio ambiente por parte de los países en vías de desarrollo.

Se aumentaron las inversiones de los países industrializados para potenciar proyectos ambientales y desarrollos tecnológicos de reducción de emisiones de GEI en los países en desarrollo y se dispuso la creación de un registro con las acciones mediambientales adoptadas en estos países, la financiación necesaria y la transferencia tecnológica facilitada.

2.1.9. La Conferencia de Durban

En la Conferencia anual de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, COP 17, que se celebró en el año 2011 en Durban, Sudáfrica, se ratificó un nuevo plazo para el desarrollo del Protocolo de Kioto, desde el año 2013 hasta el año 2017 o 2020. Dejando para la futura Conferencia Climática de la ONU, que se celebraría en el año 2012 en Qatar, el definir los nuevos objetivos de reducción de emisiones de GEI.

Se puso en marcha una hoja de ruta para la adopción de acuerdos vinculantes, en la reducción de emisiones, no solo en los estados desarrollados sino aplicable a todos los países. Para ello se creó el denominado Fondo Verde, que pondría a disposición de los países en vías de desarrollo 100.000 millones de dólares anuales, para facilitar la consecución de las medidas ambientales acordadas y paliar las consecuencias del cambio climático en los países menos desarrollados.

2.1.10. La Conferencia de París

En el momento de terminar esta tesis se estaba a la espera de los acuerdos que se alcanzarán en la Cumbre que tendrá lugar en diciembre de 2015 en París. Los países de la Unión Europea tratarán de conseguir un acuerdo global de reducción de emisiones contaminantes del 50% para el año 2050.

2.1.11. El Objetivo 20-20-20 de la Unión Europea

En el año 2008 la UE adoptó una serie de medidas que integraban la energía y el cambio climático, marcándose unos ambiciosos objetivos para el año 2020, que se conocen como los objetivos o estrategia 20-20-20 y que incluyen:

- La reducción de un 20% en las emisiones de GEI respecto a las del año 1990. Este porcentaje puede verse aumentado hasta un 30% en virtud de que otros países emisores se comprometan, mediante un acuerdo mundial sobre el clima, a reducir también su nivel de emisiones. Incluye la

reducciones del 10% en las emisiones generadas por los sectores difusos respecto al año 2005, entre los que se encuentra el comercial.

- Reducir un 20% el consumo de energía y aumentar la eficiencia energética. Para ello las administraciones públicas deberán desarrollar políticas encaminadas a incentivar el uso más racional y eficiente de la energía.
- Satisfacer el 20% del consumo de energía mediante las energías renovables.

En el año 1990 las emisiones totales de CO₂ equivalente de gases de efecto invernadero en España fueron de 288.193 kt CO₂ eq., según dato del "Inventario de gases de efecto invernadero en España. Serie 1990-2013. Sumario de Resultados", del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. Por lo tanto una reducción del 20% equivaldría a 57.638,6 kt CO₂ eq.

En el año 2005 las emisiones generadas por los sectores difusos fueron de 269.006,3 kt CO₂ eq., según el "Análisis de datos de emisiones de CO₂ en España. Entidades sujetas a la Directiva europea 2003/87/CE. Periodo 2008-2012", de la Fundación Empresa & Clima. Por lo tanto una reducción del 10% equivaldría a 26.900,6 kt CO₂ eq. Si las repartimos entre los 15 años de los que disponemos para conseguirlo, obtenemos una necesidad de reducir las emisiones en 1.793,4 kt CO₂ eq./año.

Cabe señalar que como se detalla en la Guía para el Cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la Oficina Catalana del Cambio Climático, "cuando hablamos de gases de efecto invernadero (GEI) nos referimos a CO₂ equivalente (CO₂ eq),

que incluye los seis gases de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)".

Con la adopción de estas medidas, la Unión Europea se situó a la cabeza mundial de las acciones encaminadas a reducir el cambio climático.

La Comisión Europea presentó en el año 2010 un comunicado denominado "Energy 2020. A strategy for competitive, sustainable and secure energy" en el que se definió la estrategia en política energética para los estados miembros hasta el año 2020, incluyendo los siguientes aspectos:

- Los estados miembros de la UE tendrán una sola voz en la política energética a nivel mundial.

- Se considera prioritario fomentar el ahorro de energía, con especial incidencia en los sectores de la edificación y el transporte, por ser de los que mayor potencial de ahorro presentan en su consumo.

- Desarrollo de un mercado europeo de la energía con infraestructuras energéticas propias.

- Potenciar consumidores más activos, proponiendo medidas para la comparación de proveedores y precios y la simplificación de la facturación energética.

- Situar a la UE como líder en la innovación y las tecnologías relacionadas con la energía, mediante la puesta en marcha de

Contextualización de la sensibilización ambiental en materia de cambio climático.

proyectos concretos relacionados con el ahorro energético en las zonas urbanas, los biocarburantes, el almacenamiento de energía y las nuevas tecnología para las redes eléctricas inteligentes.

2.1.12. Objetivos en la lucha contra el cambio climático para el año 2050

Se pretende alcanzar a nivel mundial, una reducción de emisiones de GEI del 50%. El compromiso de los estados miembros de la UE y otros países desarrollados para el año 2050, es reducir sus emisiones de GEI entre un 80-95% respecto a los niveles de emisiones del año 1990.

Con esta medida se pretende limitar a menos de 2 °C el aumento de la temperatura media del aire, fruto del calentamiento global y reducir los índices de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a valores inferiores a los 450 ppm.

2.2. LA PREOCUPACIÓN DE LA SOCIEDAD POR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Recientemente han sido publicados los resultados del análisis elaborado por el Think Tank estadounidense Pew Research Center, en base a más de 40.000 personas entrevistadas en 40 países diferentes de todos los continentes.

Constatándose que la preocupación por el cambio climático y sus consecuencias negativas es actualmente el principal objeto de

preocupación mundial. Situándose a la cabeza de las preocupaciones de la población en 19 de los 40 países analizados.

Esta concienciación resulta mayor en los países de América Latina y del África Subsahariana, seguidos de los países asiáticos. Ésto puede deberse a que en estas regiones, la sociedad ya percibe directamente las consecuencias negativas derivadas del cambio climático.

Sin embargo en ningún país de América del Norte o Europa, la preocupación por el cambio climático logra desplazar a la mayor preocupación por la crisis económica o el terrorismo.

Resulta interesante destacar que de los países europeos analizados, España se sitúa en el primer lugar por número de personas a las que les preocupa el cambio climático.

2.3. EL CONCEPTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR COMERCIAL

La eficiencia energética es la capacidad de reducir el consumo de energía necesario para el desarrollo de una actividad o servicio, sin disminuir la calidad ni el nivel de confort dado a los usuarios.

Por lo tanto una mejora en la eficiencia energética de una instalación comercial, se traduce en una disminución en el consumo energético, una reducción de los costes de servicio, un aumento de

la productividad y un menor nivel de emisiones de gases de efecto invernadero.

El dióxido de carbono o CO₂, es un gas presente en la atmósfera que se genera por la respiración de los seres vivos y la fermentación, pero también por los procesos de combustión de cualquier sustancia que contenga carbono, como el carbón y los hidrocarburos. Su contenido en la atmósfera ha aumentado alarmantemente en la era industrial, fruto de la acción del hombre.

Una de las características de este gas es la de dejar pasar la radiación solar de baja longitud de onda, calentando la superficie de la tierra y después absorber parte de la energía térmica emitida por el planeta con frecuencias de onda mayores. De este modo, se forma una capa alrededor de la tierra que evita que el calor generado se evacúe y por lo tanto provoca un aumento de la temperatura del planeta. Este efecto es conocido como «efecto invernadero».

Existen otros gases de efecto invernadero como el metano, el óxido nitroso, el vapor de agua, el ozono o los compuestos clorofluorocarbonados o CFCs. Resultando relevante el empleo en el sector comercial de gases fluorados de efecto invernadero en las instalaciones de climatización y frío industrial, especialmente en las más antiguas.

El sector comercial representa un foco muy importante de emisiones de GEI, fruto de la combustión energética no industrial. Y por lo tanto la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera debe de ser un objetivo prioritario tanto para alcanzar los compromisos medioambientales de los estados como para el desarrollo de una responsabilidad social corporativa, fruto de una cultura empresarial de respeto y sensibilización con el medio ambiente.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 3:

ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y PRODUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR COMERCIAL

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

3. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y PRODUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR COMERCIAL

3.1. Análisis del sector comercial, consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero

3.2. Impacto económico y consumo energético del sector terciario o de servicios

3.3. Tipos de formato de establecimiento en el comercio minorista

3.4. El consumo energético en el comercio minorista de alimentación

3.5. El consumo energético en los comercios tipo supermercado

3. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y PRODUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SECTOR COMERCIAL

3.1. IMPACTO ECONÓMICO Y CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR TERCIARIO O DE SERVICIOS

El sector terciario, también denominado sector servicios, está formado por las actividades económicas dedicadas a ofrecer bienes y servicios al consumidor. El sector terciario aglutina las actividades de los subsectores administrativo, comercio, hotelero y hostelero, sanitario y educativo.

Se trata de un sector muy heterogéneo que tiene en el comercio el subsector con mayor repercusión económica y de empleo.

La evolución, en las últimas décadas, de la economía española, corre pareja a la tendencia del resto de la Unión Europea y sitúa al sector terciario como el más importante de la economía nacional con un incremento constante en el PIB español desde el 31% en el año 1965 hasta el 71% en el año 2009.



Gráfico 1. Porcentajes del PIB español, por sectores económicos (1965-2009).

Fuente: A. Badiola Sánchez. Universidad de Cantabria.

http://www.evocacion.es/files/html/1431751/recursos/la/U11/pages/recursos/143175_P149/es_carcasa.html

La creciente repercusión del sector terciario, se traduce también en el porcentaje de personas ocupadas, como se aprecia en la siguiente gráfica.

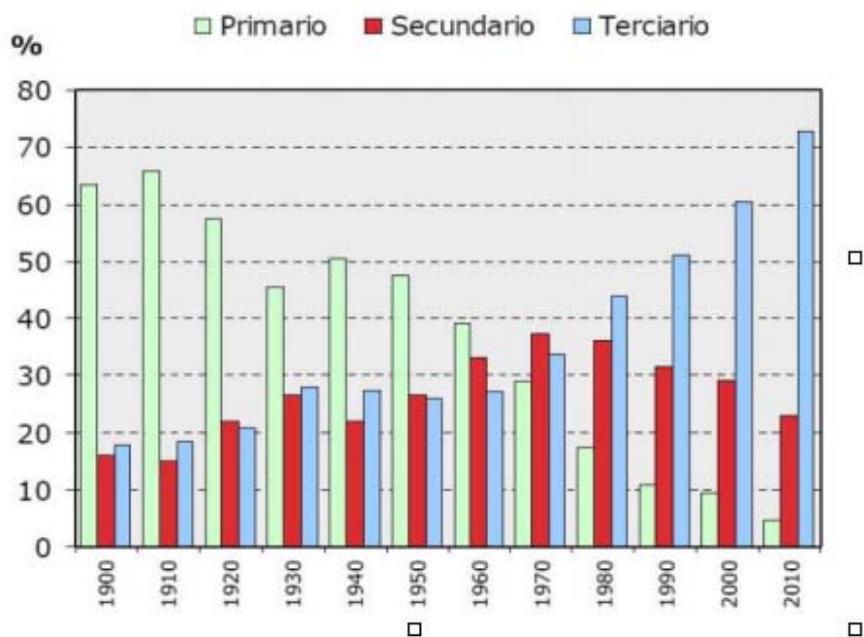


Gráfico 2. Evolución de la población española ocupada, por sectores de actividad (1900-2010). Fuente: INE. <http://wp.me/p1sDel-qb>.

A principios del siglo XX el sector predominante en España era el primario y el sector terciario al igual que el secundario no alcanzaban el 20% de la tasa total de empleo. Durante las décadas posteriores, el sector servicios aumentó en número de trabajadores hasta superar, a partir de la década de los ochenta, a los otros dos sectores económicos. En la actualidad presenta una tasa de empleo superior al 70% y una previsión continuada de crecimiento en puestos de trabajo.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

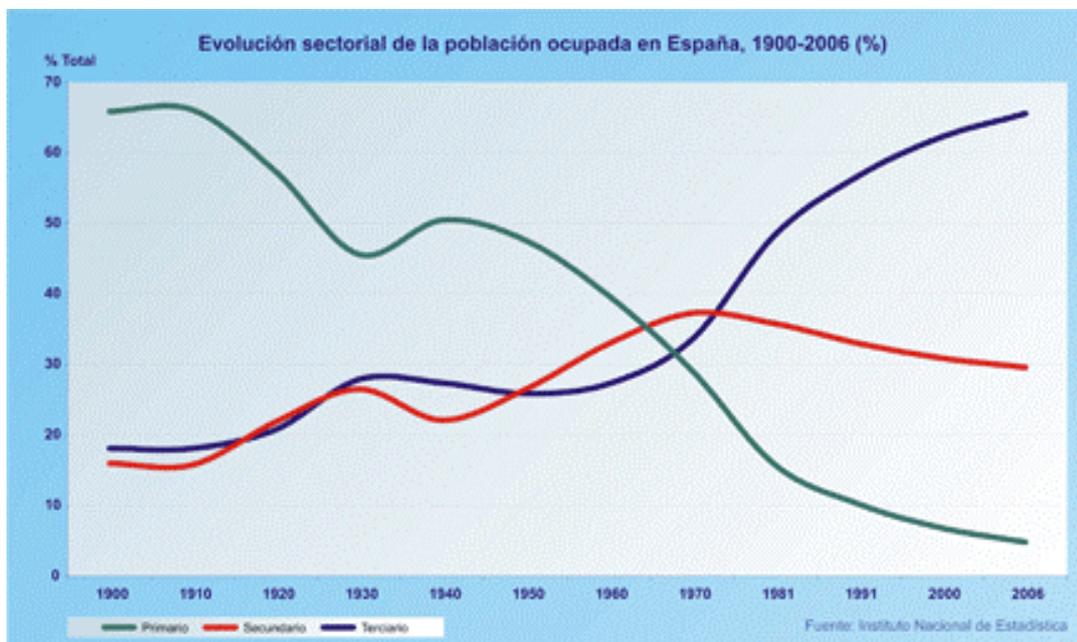


Gráfico 3. Evolución sectorial de la población ocupada en España (1900-2006). Fuente: J. A Luengo (2011). "La importancia del sector servicios en la actual economía española" basándose en datos del INE.

Según fuentes del Instituto Nacional de Empleo español (INE), dentro del sector terciario el subsector del comercio es el que más personas ocupa con un porcentaje del 38,4% en el año 2006.

La relevancia del sector terciario también se traduce en elevados consumos de energía. El consumo energético del sector servicios supera el 11% del consumo total de energía en España y se distribuye en satisfacer las necesidades de iluminación, calefacción, aire acondicionado, agua caliente sanitaria y equipamiento, según se detalla en los siguientes gráficos.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

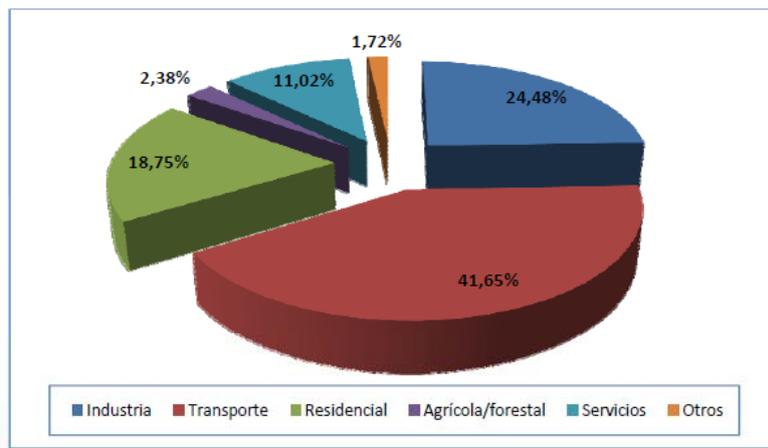


Gráfico 4. Consumo de energía final, por actividades, en España (2011).
Fuente: Instituto Tecnológico de Galicia en su "Guía de ahorro y eficiencia energética en el sector servicios" basándose en datos de Eurostat.

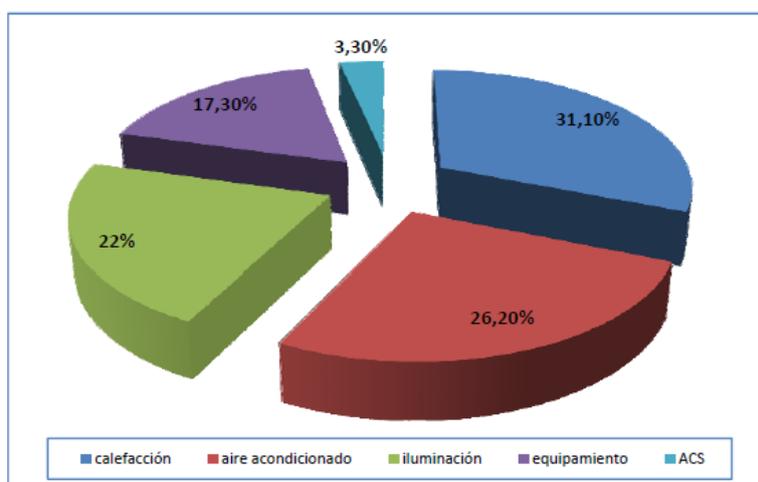


Gráfico 5. Consumo de energía final en el sector servicios en España (2011).
Fuente: Instituto tecnológico de Galicia en su "Guía de ahorro y eficiencia energética en el sector servicios" basándose en datos de Eurostat.

El consumo energético del sector terciario analizado por provincias, constata que Madrid tiene los consumos más elevados, previsiblemente por la importancia del subsector administrativo, seguida de Barcelona y otras provincias con una alta repercusión turística, como las situadas en el levante y sur peninsular.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

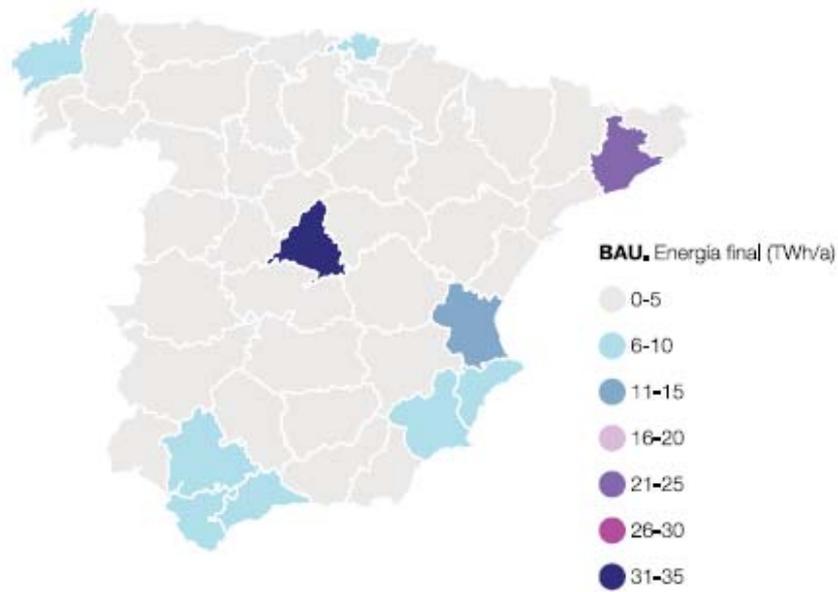


Figura 1. Consumo de energía final del sector terciario español, por provincias (2007). Fuente: Informe energía 3.0 (2011) de Greenpeace.

Dentro del sector terciario, el subsector comercial es el que más energía consume, solamente superado por la energía que precisan las instalaciones del subsector administrativo.

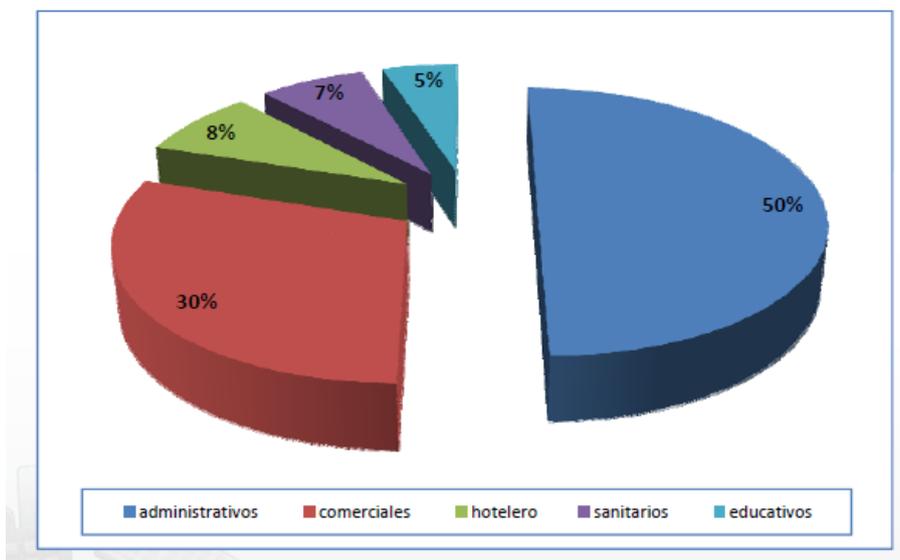


Gráfico 6. Consumo de energía final del sector terciario por subsectores (2011). Fuente: Instituto tecnológico de Galicia en su "Guía de ahorro y eficiencia energética en el sector servicios" basándose en datos de Eurostat.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

Dentro del inventario nacional de emisiones de GEI, el subsector comercial pertenece a la categoría SNAP 02, que incluye a la combustión estacionaria no industrial y engloba a los sectores servicios, agrario y residencial. En el año 2009 este grupo produjo el 7,7% del total de emisiones de GEI en España, según datos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

DISTRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES GEI POR GRUPOS SNAP. AÑO 2009

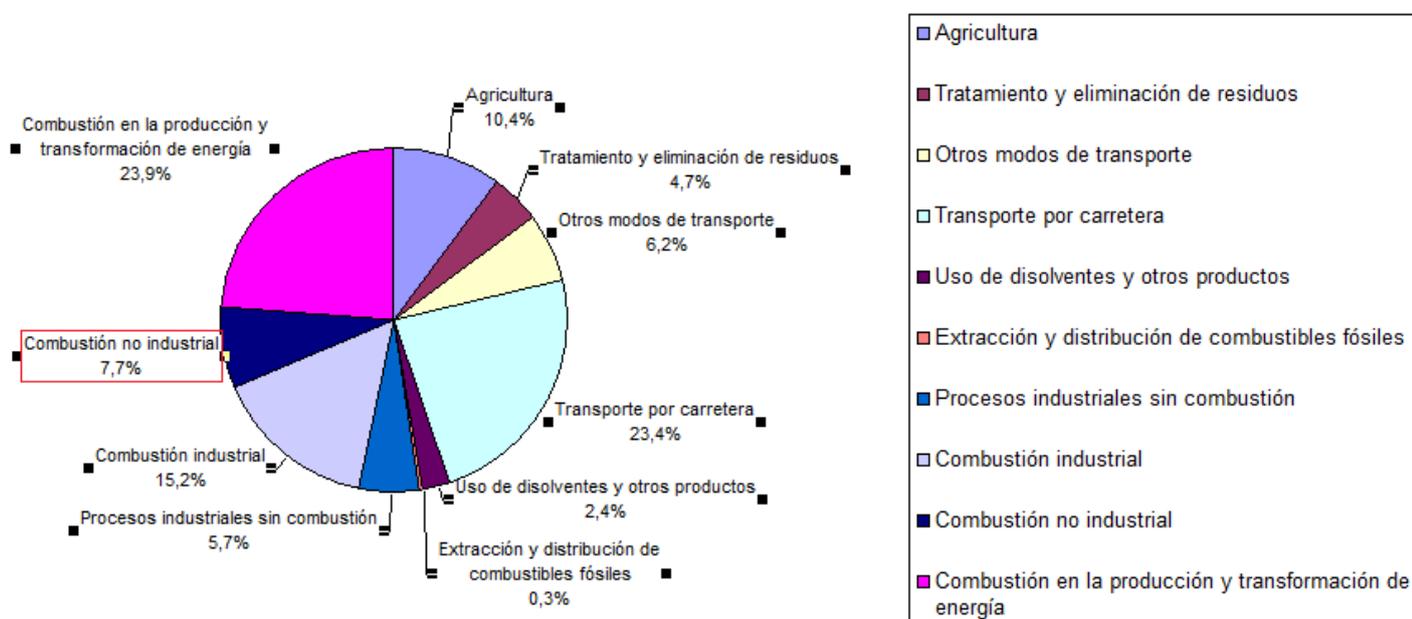


Gráfico 7. Distribución de las emisiones GEI por grupos SNAP (2009).
Fuente: Informe "Huella de carbono y compras públicas" (2011) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

3.2. IMPACTO ECONÓMICO Y CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR TERCIARIO O DE SERVICIOS

El sector comercial engloba las actividades económicas de compra y venta de bienes y servicios. Se divide en comercio minorista y comercio mayorista. Siendo el comercio minorista aquel en el que el comprador es el usuario final del bien o servicio que adquiere y comercio mayorista cuando la actividad comercial es realizada entre el fabricante o un intermediario de éste y el comerciante minorista.

A nivel mundial, la facturación de las 20 mayores empresas de la distribución comercial, alcanzó en el año 2004 los 921.000 millones de euros. En ese mismo año el PIB español fue de 837.557 millones de euros, según datos del Instituto Nacional de Estadística.

En Europa más del 30% de las empresas, pertenecen al sector comercial, de ellas más del 90% son pequeñas y medianas empresas y generan el 11% del PIB de la Unión Europea.

En España el sector comercial genera el 12,1% del PIB total de la economía española.

La suma del personal ocupado en el año 2005, por las tres principales compañías de distribución comercial (El Corte Inglés, Mercadona y Carrefour), superó los 176.000 empleados y juntas facturaron más de 34.000 millones de euros, según datos del observatorio de corporaciones transnacionales IDEAS.

El comercio minorista representa 1/3 del total del volumen comercial en España, da empleo a 1 de cada 10 españoles y 2 de cada 10 jóvenes y constituye, por sí solo, el 5,3% del PIB total

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

español, según datos para el año 2013, facilitados por el Ministerio de Economía y Competitividad de España.

Dentro de la UE-15, España se sitúa en el segundo lugar por número de empresas dedicadas al comercio minorista y en el cuarto lugar por el número de trabajadores en estas actividades, con más de 1.830.471 empleados en el año 2010 y una facturación de 240.652 millones de euros.

	Nº Empresas	Proporción nº empresas/UE-15	Población (miles)	Nº empresas/ 1.000 hab.	Nº empleados	Nº empleados por empresa	Nº empleados comercio minorista/ Nº empleados economía	Facturación (mill €)
Alemania	275.330	10,85%	82.218	3,3	2.878.893	10,5	7,4	420.166,7
Austria	41.306	1,63%	8.319	5,0	346.620	8,4	8,5	53.111,6
Bélgica	76.253	3,00%	10.667	7,1	316.694	4,2	7,1	80.240,0
Dinamarca	23.143	0,91%	5.476	4,2	299.584	12,9	10,5	43.191,2
España	510.006	20,09%	45.283	11,3	1.830.471	3,6	9	240.652,0
Finlandia	23.077	0,91%	5.300	4,4	162.098	7,0	6,4	34.932,7
Francia	400.617	15,78%	64.004	6,3	N.D	N.D	N.D	421.176,5
Grecia	N.D	N.D	11.214	N.D	N.D	0,0	0	n.d
Irlanda	21.919	0,86%	4.401	5,0	231.265	10,6	11	38.065,3
Italia	669.893	26,39%	59.619	11,2	1.911.419	2,9	8,2	315.655,3
Luxemburgo	3.006	0,12%	484	6,2	22.745	7,6	11,2	12.534,4
Países Bajos	76.269	3,00%	16.405	4,6	795.041	10,4	9,3	102.170,1
Portugal	164.687	6,49%	10.618	15,5	454.498	2,8	8,7	47.586,6
Reino Unido	194.731	7,67%	61.192	3,2	3.106.926	16,0	10,6	395.154,0
Suecia	58.502	2,30%	9.183	6,4	309.763	5,3	6,7	61.462,6
UE-15	2.538.739	100,00%	394.383	6,4	12.666.017	5,0		2.266.099,0

Tabla 1 . El comercio español dentro de la UE.

Fuente: Elaborado por la Confederació de comerç de Catalunya a partir de datos de La distribución comercial en España en 2010. MITYC.

España presenta tasas de superficie comercial de 227 m² por cada 100 habitantes, superiores a países como Alemania o Italia pero todavía inferiores a la media de la Unión Europea y por lo tanto con capacidad de crecimiento.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

PAÍS	SBA en m² por 100 hab.
Suecia	386
Irlanda	356
Luxemburgo	355
Países Bajos	341
Austria	322
Dinamarca	300
Finlandia	292
Portugal	268
Reino Unido	254
Francia	247
España	227
Italia	209
República Checa	200
Polonia	182
Alemania	162
Bélgica	113
Grecia	50
Media UE-27	235
Media UE-15	241

Tabla 2. Superficie bruta alquilada a centros comerciales dentro de la UE.
Fuente: Elaborado por la Confederació de comerc de Catalunya a partir de datos de La distribución comercial en España en 2010. MITYC.

La importancia del sector también se traduce en un elevado consumo de energía, que en el año 2014 alcanzó a nivel mundial los 8,42 PWh, según datos del IPCC Working Group III Contribution to AR5.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

La distribución del consumo de energía en el sector comercial mundial, según el uso al que se destina, refleja que la climatización de los espacios y la generación de frío son las áreas que más energía consumen, seguidas por la iluminación.

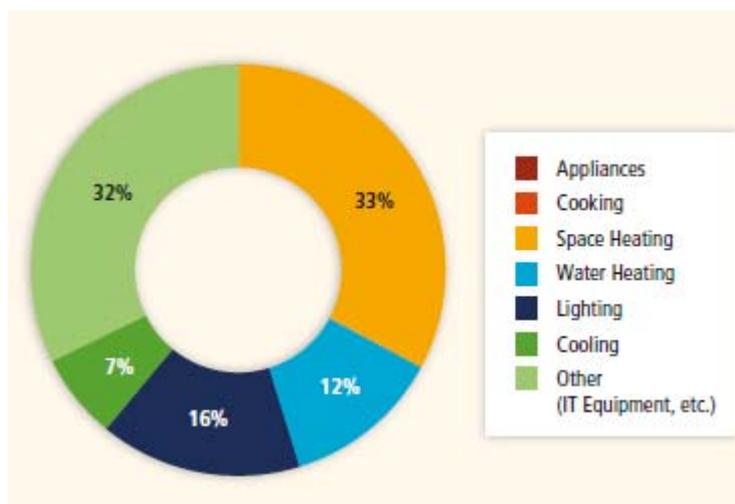


Gráfico 8. Consumo mundial de energía, en el sector comercial, según su uso.
Fuente: IPCC Working Group III Contribution to AR5. (2014) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Chapter 9, Buildings. IEA 2013.

El impacto del comercio en España, también se traduce en elevados consumos de energía y por lo tanto en una gran generación de gases de efecto invernadero. El consumo de energía dentro del sector comercial español supuso en el año 2013, 15.880 GWh, según fuentes del MINETUR/IDAE.

3.3. TIPOS DE FORMATO DE ESTABLECIMIENTO EN EL COMERCIO MINORISTA

La distribución comercial ha sufrido en las últimas décadas importantes cambios en el formato de los establecimientos, en especial en el comercio minorista, definiéndose los siguientes tipos de establecimientos comerciales, en función de su superficie de exposición y venta de producto:

- *Autoservicio y comercio tradicional*: son dos tipos de comercios de pequeña superficie de venta, ya que no acostumbran a superar los 100 m², especializados en productos de primera necesidad como productos frescos de carne, charcutería, pescadería o frutería. Suelen estar regentados por los dueños del negocio, a diferencia de los supermercados e hipermercados que tienen personal contratado.

- *Supermercado*: establecimiento comercial situado dentro de las ciudades, con un tamaño de superficie de venta entre 100 y 2.500 m², vende bienes de consumo y primera necesidad como alimentación, productos de limpieza, higiene, droguería, etc.

- *Hipermercado*: establecimiento comercial situado en la periferia de las ciudades, por lo que el cliente de este tipo de establecimientos suele necesitar desplazarse en algún tipo de vehículo. Presenta un tamaño de superficie de venta superior a 2.500 m² y además de bienes de consumo y primera necesidad vende otros productos como textil, electrónica, electrodomésticos, etc y suele combinar sus servicios con otro tipo de actividades como la hostelería.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

TIPO DE COMERCIO	SUPERFICIE DE EXPOSICIÓN Y VENTA m ²
Autoservicio y comercio tradicional	< 100
Supermercado pequeño	100 - 399
Supermercado mediano	400 - 999
Supermercado grande	1.000 - 2.499
Hipermercado	> 2.500

Tabla 3. Formatos de comercio minorista según su superficie.
Fuente: Boletín de Información Comercial Española, agosto de 2011. MITYC

El modelo de hipermercado surge en Francia en los años 60 como reflejo de las grandes cadenas de establecimientos tipo descuento, existentes en Estados Unidos y de la mano de compañías francesas se introduce una década después en España, construyéndose el primer hipermercado en la provincia de Barcelona. Este tipo de establecimientos supuso una importante modificación de los hábitos de compra de la sociedad española, viviendo una rápida expansión durante las décadas ochenta y noventa del siglo pasado.

En la actualidad se encuentra en un momento de retroceso en favor de otros modelos comerciales, debido a los hábitos de consumo que benefician a los establecimientos de proximidad y al desarrollo de políticas medioambientales y proteccionistas del comercio minorista, que ponen duras trabas a la implantación de establecimientos de más de 2.500 m² de superficie de venta.

El modelo de autoservicio o supermercado surge en Estados Unidos a mediados de la primera década del siglo veinte, como un tipo de establecimiento en el que el cliente se abastecía directamente de los productos y los trabajadores del establecimiento tenían que reponer los productos y cobrar a los clientes. A finales de los años cincuenta el Ministerio de Comercio Español, pone en marcha un proyecto de modernización del comercio interior, implantando en todo el territorio nacional autoservicios de capital público. Pocos años después, en 1959, abre sus puertas en Barcelona el primer supermercado de capital privado del país, desde entonces el número de supermercados no ha hecho más que crecer y constituye el canal de venta más importante en España.

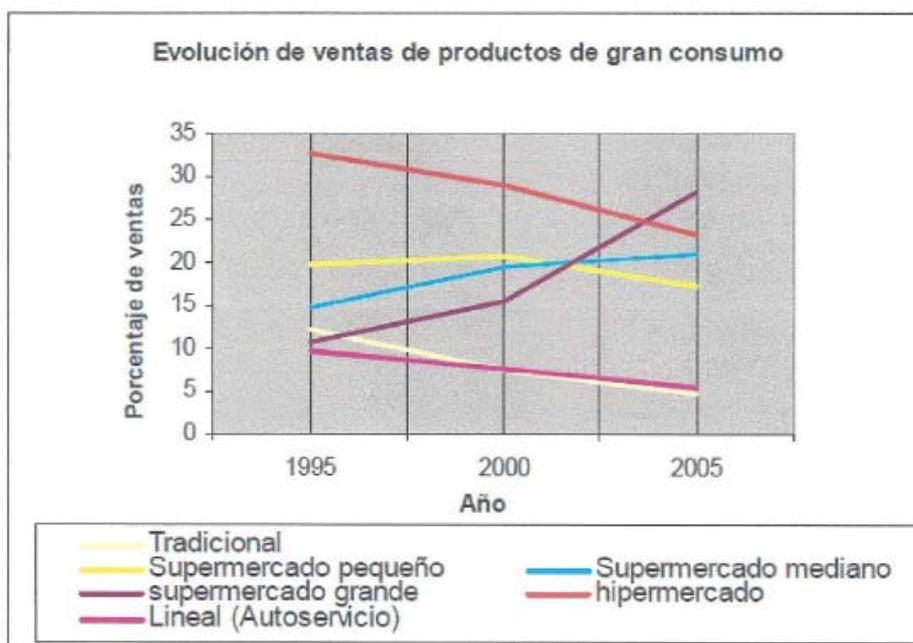


Gráfico 9. Evolución de ventas de productos de gran consumo en España según el tipo de tienda. Fuente: Nielsen.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

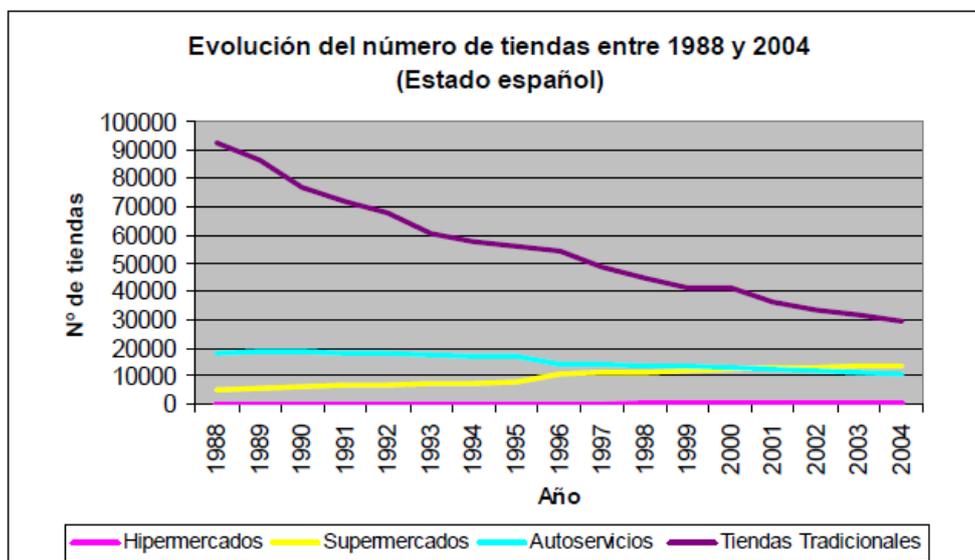


Gráfico 10. Evolución del número de tiendas entre 1988 y 2004 en España.
Fuente: Nielsen.

Según datos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en su informe sobre la distribución comercial en España en 2005, se constata que el comercio tradicional y el formato autoservicio han perdido cuota de mercado, disminuyendo sus ventas a la mitad en tan solo una década. Igualmente el formato de supermercado pequeño ha disminuido su interés por parte del consumidor, pero con variaciones de poco más del 2%.

Sin embargo, los supermercados medianos y grandes fueron los grandes beneficiarios, con un crecimiento en el caso de los supermercados de tamaño grande cercano al 170% del porcentaje de ventas.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

	Porcentaje de ventas en 1995	Porcentaje de ventas en 2000	Porcentaje de ventas en 2005
Comercio tradicional	12,2 %	7,4 %	4,8 %
Autoservicio	9,6 %	7,7 %	5,3 %
Supermercado pequeño	19,8 %	20,8	17,3 %
Supermercado mediano	14,8 %	19,6 %	21,1 %
Supermercado grande	10,8 %	15,5 %	28,3 %
Hipermercado	32,8 %	29 %	23,2 %

Tabla 4. Evolución de las ventas de productos de gran consumo en 2005.
Fuente: Informe sobre la distribución comercial en España en 2005 elaborado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Los establecimientos tipo supermercado se han consolidado principalmente por la proximidad del servicio prestado a los consumidores, una alta variedad de productos ofertados y una buena calidad de los mismos junto con una acertada política de precios.

En la actualidad el formato de hipermercados y supermercados presenta la siguiente tendencia, según el estudio realizado para el año 2012, por la compañía multinacional de análisis de mercados Nielsen:

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

	Número de establecimientos	% Variación del número de establecimientos con respecto al año anterior	% Superficie	% Variación de la superficie con respecto al año anterior
Hipermercados	418	=	17%	- 0,2%
Supermercados grandes	3.172	+ 3,7%	38%	+ 4,1%
Supermercados medianos	4.876	+ 0,7%	28%	+ 0,7%
Supermercados pequeños	8.481	+ 0,4%	17%	- 0,1%

Tabla 5. Número de hipermercados y tipos de supermercados, porcentaje de superficie y variación anual, en el año 2012 en España. Fuente: Nielsen.

Los establecimientos que más han aumentado su presencia son los supermercados de tamaño medio y grande, en especial los que disponen de una superficie de exposición y venta de producto comprendida entre 1.000 m² y 2.499 m², con un crecimiento del 3,7% en el año 2012. Se aprecia también una tendencia continuista, en los últimos años, de disminución de la presencia de hipermercados y establecimientos de superficie inferior a 400 m², en favor de los supermercados medios y grandes que constituyen el 66% de la superficie total para este tipo de actividad comercial, con un incremento del 4,8% de superficie comercial durante el periodo 2012.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

	Supermercados e hipermercados	Incremento anual %
Número	16.947	1,2
Superficie total	11 millones de m ²	1,6

Tabla 6. Número de hipermercados y supermercados, superficie total en el año 2012 en España y porcentajes de crecimiento. Fuente: Nielsen.

En la siguiente clasificación se posicionan las cadenas comerciales dominantes en España, en año 2012, según los formatos de establecimiento:



Figura 2. Cadenas comerciales dominantes en España, según formato de establecimiento. Fuente: Estudio de canal de distribución "Supermercados en España" elaborado por la Oficina Comercial de Chile en Madrid-ProChile basándose en datos de Kantar Worldpanel (2012).

Los estudios y análisis de la presente tesis se han realizado sobre los establecimientos tipo supermercado mediano y grande, por suponer más de la mitad del comercio minorista de primer consumo en España.

3.4. EL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL COMERCIO MINORISTA DE ALIMENTACIÓN

La clasificación realizada para el comercio minorista de alimentación en comercio tradicional o tiendas de conveniencia, autoservicios, supermercados e hipermercados, es válida también para clasificar el consumo de energía por superficie de sala de ventas.

En el artículo "Energy consumption and conservation in food retailing", realizado por S.A. Tassou, Y. Ge, A. Hadawey, y D. Marriott, se analizan los valores de consumo de energía eléctrica en función de la superficie de la sala de ventas (no incluye almacenes, vestuarios, cuartos de instalaciones, etc) de diferentes establecimientos de venta de alimentación al por menor, del Reino Unido, obteniéndose los siguientes resultados:

El consumo de energía eléctrica, analizados 640 establecimientos del Reino Unido, con una superficie de la sala de ventas entre 80 m² y 280 m², presenta valores comprendidos entre 600 kWh/m²año y 2.900 kWh/m²año.

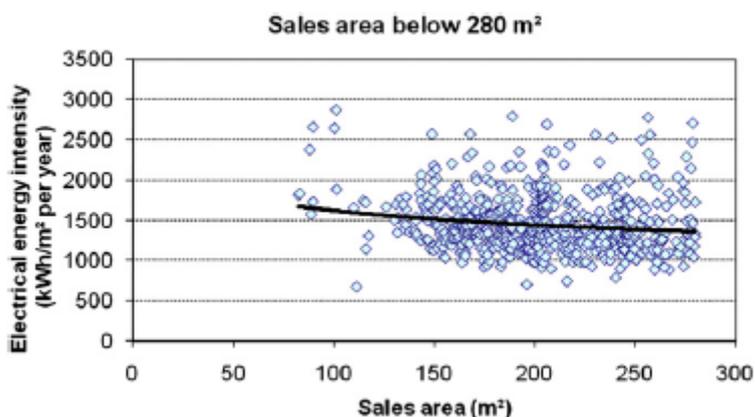
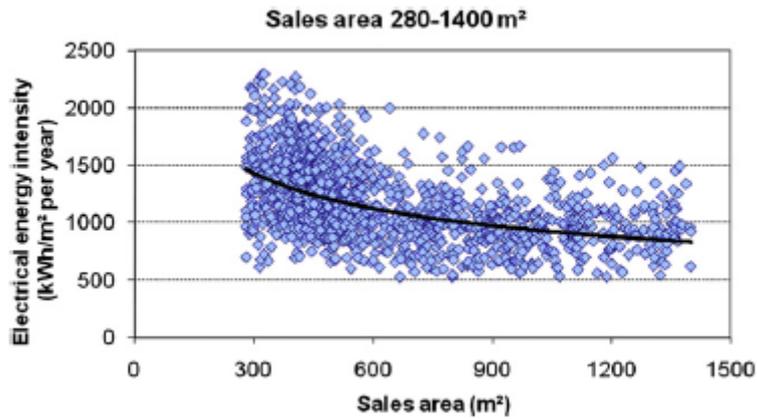


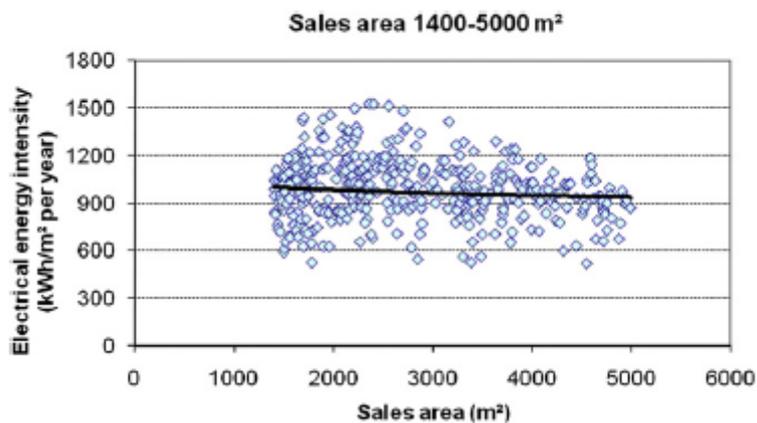
Gráfico 11. Consumo de energía eléctrica en tiendas de conveniencia de 80 m² a 280 m² de sala de ventas. Fuente: S.A. Tassou, Y. Ge, A. Hadawey, y D. Marriott.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

El consumo de energía eléctrica, analizados 1.360 supermercados en el Reino Unido, con una superficie de la sala de ventas entre 280 m² y 1.400 m², presenta valores comprendidos entre 550 kWh/m²año y 2.400 kWh/m²año.



Analizados 420 supermercados e hipermercados del Reino Unido, con una superficie de la sala de ventas entre 1.400 m² y 5.000 m², presenta valores de consumo de energía eléctrica comprendidos entre 500 kWh/m²año y 1.600 kWh/m²año.



Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

En el caso de los hipermercados del Reino Unido, con una superficie de la sala de ventas entre 5.000 m² y 10.000 m², el consumo de energía eléctrica, analizados 150 establecimientos, presenta valores comprendidos entre 450 kWh/m²año y 1.190 kWh/m²año.

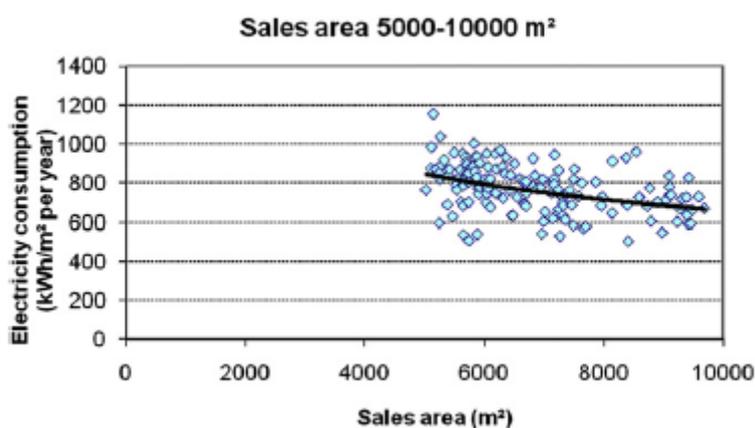


Gráfico 14. Consumo de energía eléctrica en hipermercados de 5.000 m² a 10.000 m² de sala de ventas. Fuente: S.A. Tassou, Y. Ge, A. Hadawey, y D. Marriott.

Las variaciones en el consumo de energía eléctrica con respecto a la superficie de venta de los comercios, puede explicarse por el alto consumo de energía necesario para la refrigeración y congelación de parte de los productos que se venden en los establecimientos de retail alimentario. Por esta razón y debido a que los establecimientos con menor superficie de venta disponen de muebles frigoríficos autónomos o de motor incorporado, los consumos de energía son muy elevados en relación a su superficie.

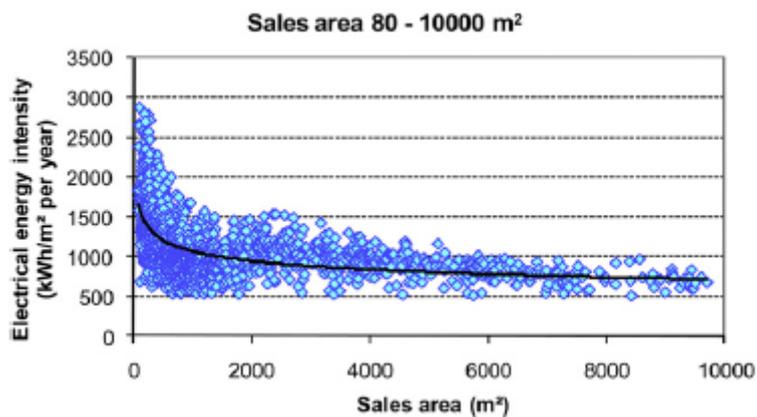
En los supermercados de tamaño medio o grande, el frío industrial se encuentra centralizado y el consumo energético disminuye considerablemente en relación con la superficie de venta del establecimiento.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

En los hipermercados, la venta de productos alimentarios que necesitan frío industrial para su conservación, es similar a la de los supermercados mas grandes y por lo tanto el aumento en el consumo se debe principalmente a la mayor superficie iluminada.

Como el consumo eléctrico de la iluminación artificial, resulta mucho menor en relación al consumo de la instalación frigorífica, los hipermercados presentan los consumos de energía más bajos, en relación a su superficie de venta, de todos los establecimientos analizados. Siendo esta minoración mayor cuanto mayor es la superficie del hipermercado.

En la siguiente gráfica resumen, se aprecia la disminución del consumo eléctrico por metro cuadrado de superficie comercial a medida que el tamaño del establecimiento aumenta. Siendo estos decrecimientos más acusados en los formatos de comercio de menor tamaño a medida que aumenta su superficie y manteniéndose en un consumo anual por m^2 de valor medio estable para los establecimientos tipo hipermercado.



A partir de los resultados de este estudio, se puede afirmar que al analizar un tipo de supermercado comprendido en un rango determinado de superficie comercial, existe una homogeneidad grande en el tipo de procesos que demandan energía y en los modelos de consumo ligados al servicio prestado. Por esta razón las conclusiones que se extraigan sobre las medidas de ahorro y eficiencia energética a aplicar en un establecimiento, serán generalizables y útiles para ese tipo de segmento y deberían ser adaptables si cambia el tamaño de superficie del comercio.

3.5. EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS COMERCIOS TIPO SUPERMERCADO

El continuo crecimiento en el número de supermercados, ha ido parejo al aumento en el consumo de energía, ya que los estilos de vida actuales demandan una mayor presencia, en estos establecimientos, de productos congelados y refrigerados, lo que requiere de mayores instalaciones de frío industrial, la necesidad de presentar de forma atractiva el producto ha hecho reforzar la intensidad de iluminación de estos locales y además las reglamentaciones se han adaptado para favorecer el confort de los usuarios, creciendo el uso de la climatización.

El comercio minorista de alimentación y en especial los supermercados, presentan los consumos de energía más elevados en relación a la superficie comercial, debido principalmente a la necesidad de refrigeración de una gran cantidad de los productos que ofrecen. Obteniéndose valores de consumo de energía eléctrica en función de la superficie útil del establecimiento, comprendidos entre 440-600 kWh/m²año, dependiendo de las condiciones climatológicas en las que se ubique el establecimiento.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

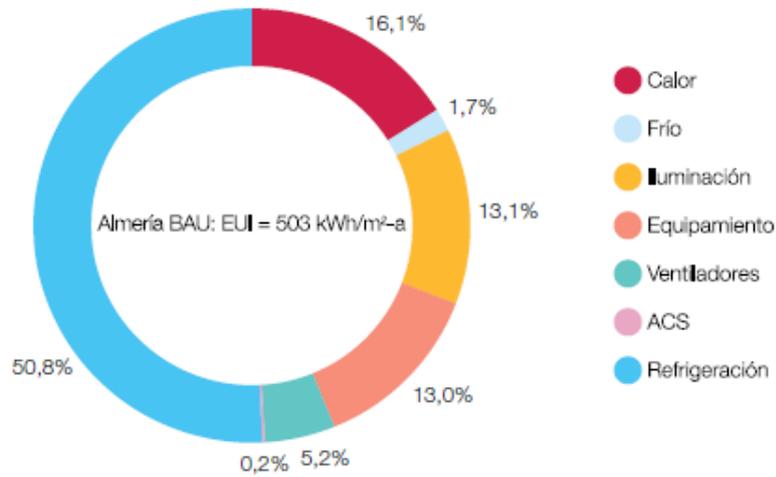


Gráfico 16. Porcentajes de demanda de energía en un supermercado de Almería. Fuente: Informe energía 3.0 (2011) de Greenpeace.

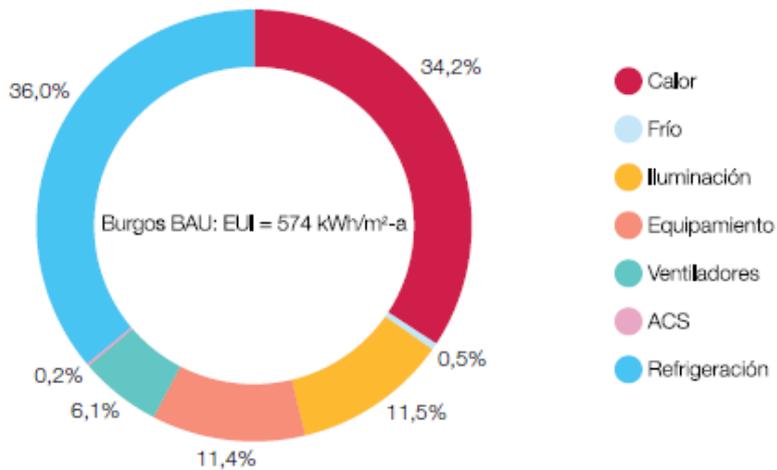


Gráfico 17. Porcentajes de demanda de energía en un supermercado de Burgos. Fuente: Informe energía 3.0 (2011) de Greenpeace.

En España las condiciones climatológicas afectan al reparto de la demanda energética entre la climatización (calor y frío), la iluminación y la refrigeración o frío industrial, como se observa en los gráficos 16 y 17. En un supermercado situado en el norte los consumos energéticos relacionados con la calefacción y la

iluminación son mayores que en un establecimiento situado en el sur español, donde los consumos por la climatización de verano o el frío industrial serán más importantes.

Prácticamente la totalidad del consumo de energía en un supermercado corresponde a la energía eléctrica y este consumo se reparte principalmente entre las instalaciones de iluminación, climatización y ventilación, frío industrial, hornos de panadería y agua caliente sanitaria.

- *La instalación de iluminación:* la iluminación del establecimiento resulta muy importante a la hora de presentar los productos que se venden de manera atractiva, suelen utilizarse diferentes tonalidades de luz en función del producto que se quiera resaltar, en especial en los productos frescos (carnes, pescados y frutas) y juega un papel muy importante como aspecto decorativo y de marketing a la hora de crear ambientes agradables que favorezcan las compras.

- *La instalación de climatización:* junto con la iluminación, la climatización (calefacción y aire acondicionado) es esencial a la hora de crear una sensación de confort al cliente y conseguir que éste permanezca más tiempo en el establecimiento y por lo tanto realice una compra mayor.

- *La instalación de ventilación:* las exigencias legales en cuanto a la ventilación de los locales comerciales y el evitar ambientes sobrecargados o con olores, hace imprescindible el empleo de la ventilación forzada con alimentación eléctrica.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

- *La instalación de frío industrial:* los cambios en los hábitos de consumo ha hecho que en los últimos años la demanda de productos elaborados aumente y con ellos la demanda de frío industrial para su conservación.

- *La instalación de agua caliente sanitaria:* en la mayoría de los supermercados el suministro de agua caliente a las diferentes secciones, vestuarios y aseos, se realiza a través de termos eléctricos, con el consiguiente consumo de energía.

- *La instalación de panadería:* en algún comercio pequeño y en la práctica totalidad de los supermercados de tamaño medio y grande y en los hipermercados, se suele elaborar pan y otros productos de panadería y pastelería a partir de masas congeladas. Se ha convertido en una tendencia al alza que genera altos consumos de energía, principalmente por el uso de hornos y fermentadoras eléctricas.

En el mencionado artículo "Energy consumption and conservation in food retailing", se establecen como porcentajes de consumo de energía eléctrica en un supermercado tipo del Reino Unido, dependientes entre otros factores del tipo de formato de establecimiento, prácticas comerciales o del mix de productos a la venta, un 15%-25% para la iluminación, 30%-60% para el frío Industrial y un 25% para la climatización, ventilación y panadería.

A continuación se detalla el análisis promedio de consumos de electricidad, realizado para esta tesis en más de medio centenar de supermercados de tamaño medio y grande situados en el norte de España.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

	Consumos anuales/superficie útil kWh/m ² año	Porcentaje %
Iluminación	131,15	29,68
Frío Industrial	218,99	49,55
Climatización y Ventilación	30,12 + 5,86	8,14
Panadería	42,22	9,55
Agua caliente sanitaria	1,79	0,41
Enchufes	7,11	1,61
Otros	4,70	1,06

Tabla 7. Reparto de los consumos eléctricos anuales por m² de superficie útil de establecimiento y porcentajes, en un supermercado de tamaño medio/grande.
Fuente: Elaboración propia empleando datos de supermercados reales.

Como se aprecia en el siguiente gráfico, el consumo más alto con valores próximos al 50%, se debe a las necesidades de refrigeración del producto, situándose en segundo lugar el consumo de electricidad por parte de la iluminación del establecimiento.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

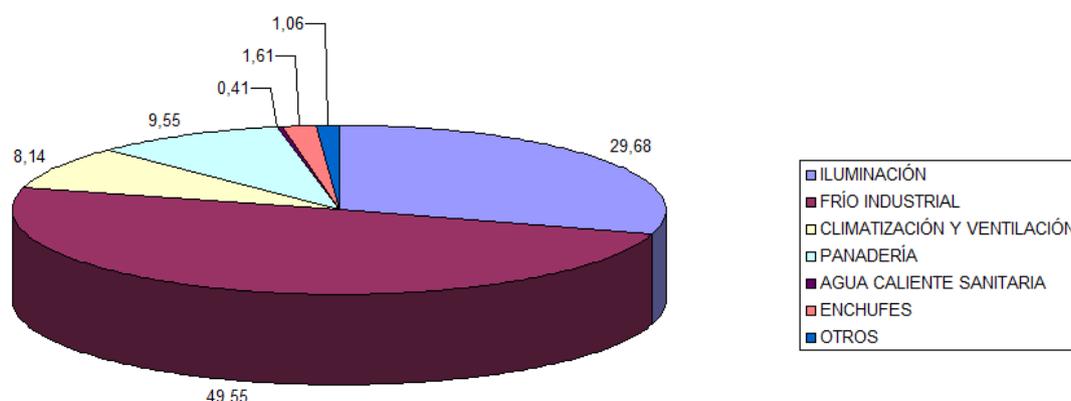


Gráfico 18. Distribución del consumo energético en un supermercado de tamaño medio/grande. Fuente: Elaboración propia empleando datos de supermercados reales.

El incremento de los precios de la energía, con subidas de un 81% en sólo diez años, según un análisis realizado por FACUA en el año 2012 y la creciente competencia empresarial, han aumentado el interés en los últimos años por la adopción de medidas de eficiencia energética en el comercio.

La creciente sensibilidad medioambiental de los consumidores, favorece que la adopción de medidas de ahorro y eficiencia energética puedan suponer una importante ventaja competitiva y de diferenciación para los supermercados que adopten estas mejoras.

Con la implantación de medidas, como las propuestas en esta tesis, evitando malas prácticas que suponen derroches importantes de energía y adaptando o sustituyendo las antiguas instalaciones por diseños y equipos más eficientes, se consigue una gran capacidad de ahorro en el consumo energético de los supermercados y mayores márgenes de beneficio para las empresas.

Análisis del consumo de energía y producción de gases de efecto invernadero del sector comercial.

Teniendo en cuenta el gran número de establecimientos comerciales de este tipo que existen en la actualidad y con una tendencia de crecimiento constante, la capacidad de ahorro de energía consumida y de disminución de gases de efecto invernadero, fruto de la generación de energía eléctrica, es enorme, contribuyendo de forma determinante a la reducción del impacto producido por el cambio climático.

Además, la posibilidad de beneficiarse de los diferentes programas de subvenciones nacionales, para aumentar la eficiencia energética en instalaciones industriales y comerciales, permite reducir los periodos de amortización de la inversión económica necesaria para la implantación de las diferentes mejoras.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 4:

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RELACIÓN A LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL LOCAL O EDIFICIO COMERCIAL

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RELACIÓN A LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL LOCAL O EDIFICIO COMERCIAL

4.1. Aplicación de la normativa de la edificación al ahorro de energía, dependiendo del tipo de establecimiento comercial

4.2. Consideraciones encaminadas al ahorro de energía mediante un adecuado diseño del comercio

4.2.1. Conseguir una adecuada envolvente térmica

4.2.1.1. Consideraciones sobre el aislamiento térmico de los suelos

4.2.1.2. Consideraciones sobre el aislamiento térmico de paredes o cerramientos verticales

4.2.1.3. Consideraciones sobre el aislamiento térmico de cubiertas

4.2.2. Soluciones encaminadas a provechar la luz natural

4.2.3. Actuaciones sobre ventanales y superficie acristalada

4.2.4. Tonalidad de las paredes y techos

4.2.5. Evitar las entradas al establecimiento enfrentadas

4.2.6. Reducir el volumen a climatizar

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

4.2.7. Aislamiento térmico del obrador de pan

4.2.8. Evitar la colocación de elementos elevadores

4.2.9. Destinar parte de la superficie de la cubierta para la colocación de sistemas de condensación y energías renovables

4.2.10. Analizar la posibilidad del uso de otras energías renovables para la generación de electricidad

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RELACIÓN A LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL LOCAL O EDIFICIO COMERCIAL

4.1. APLICACIÓN DE LA NORMATIVA DE LA EDIFICACIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA, DEPENDIENDO DEL TIPO DE ESTABLECIMIENTO COMERCIAL

La actual normativa de la edificación introduce desde el año 2006, con la publicación del Código Técnico de la Edificación, importantes medidas encaminadas al ahorro de energía. Estas exigencias se plasman en el Documento Básico DB-HE de Ahorro de Energía, que establece reglas y procedimiento tendentes a conseguir ahorrar energía en la utilización de los edificios.

La sección HE 1, del Documento Básico HE, trata la limitación de la demanda energética, obligando a que se tenga en cuenta a la hora de diseñar un edificio que:

"Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos"¹.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

¹. según aparece en el DB-HE del Código Técnico de la Edificación.

La Escuela Superior de Ingeniería de Sevilla, señala que las construcciones diseñadas con la aplicación de esta normativa consiguen ahorros en el consumo de energía de entre un 15% y un 35%, con respecto a las construcciones a las que se les aplicó la normativa técnica anterior.

Por lo tanto, es necesario distinguir entre los edificios y locales comerciales anteriores a la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación y los establecimientos cuyo diseño constructivo ha tenido en cuenta la normativa actual.

También es necesario considerar que las exigencias en el diseño arquitectónico del establecimiento, marcadas por el DB-HE son de aplicación a los edificios comerciales de nueva construcción, pero no a los comercios que se implanten en locales comerciales dentro de un edificio existente, por ejemplo en un edificio de viviendas, una nave industrial o un centro comercial y que suelen ser la mayoría de los supermercados.

Esta normativa también es de aplicación en las rehabilitaciones de edificios, por ejemplo naves que se acondicionen como un establecimiento comercial, pero solo si su superficie útil es superior a 1.000 m² y se sustituye más del 25% del total de sus cerramientos, aspectos que en la mayor parte de las ocasiones no se suelen presentar.

Se presentan a continuación una serie de medidas encaminadas a reducir la demanda energética del local comercial, como contenedor de instalaciones y servicios, a través del diseño de

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

una construcción más sostenible o de la incorporación de medidas de ahorro en las reformas de adecuación de los locales existentes.

En conjunto estas medidas no representan un encarecimiento importante del local y sin embargo contribuyen de forma importante a reducir el consumo de energía a lo largo de la vida del centro comercial.

4.2. CONSIDERACIONES ENCAMINADAS AL AHORRO DE ENERGÍA MEDIANTE UN ADECUADO DISEÑO DEL COMERCIO

La ubicación más habitual para un establecimiento comercial tipo supermercado, suele ser un local comercial situado en la planta baja o planta baja y sótano -1 de un edificio, normalmente destinado a viviendas en sus plantas superiores y edificios exentos o naves industriales. Como se trata de acondicionamientos de locales dentro de un edificio existente, no es de aplicación las exigencias normativas del Documento Básico HE, sin embargo resulta necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones constructivas, si lo que se desea es reducir el consumo de energía ocasionado por la transmisión de calor entre el comercio y su entorno y aprovechar la fisonomía del local o edificio comercial para aumentar la eficiencia energética del establecimiento.

4.2.1. Conseguir una adecuada envolvente térmica

Resulta imprescindible un correcto aislamiento térmico de la envolvente del edificio o local comercial, incluyendo paredes, suelo, techo y puertas, que favorezca el control de la transmisión de calor.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

De esta manera se evitarán los consumos innecesarios de energía del sistema de climatización, para mantener la temperatura en el interior del establecimiento dentro de unos parámetros admisibles de confort, debido a las pérdidas de calor en invierno y al aumento de la refrigeración en verano.

España se encuentra entre los países de la Unión Europea que más energía desperdicia, por falta de un adecuado aislamiento térmico de sus edificios.

4.2.1.1. Consideraciones sobre el aislamiento térmico de los suelos:

Dependiendo del tipo de establecimiento comercial, la consideración en cuanto al aislamiento de los suelos es diferente. En los locales comerciales situados en edificios de viviendas u otros usos compartidos, el aislamiento térmico puede conseguirse a la vez que se realiza la exigencia de aislar acústicamente el local, mediante un suelo flotante.

Por lo tanto, con una adecuada selección de los aislantes acústicos utilizados, se puede conseguir, sin realizar una inversión económica adicional, un correcto aislamiento térmico del suelo sobre el que se implante el comercio, bien sea un forjado o directamente sobre el terreno.

Una solución eficaz consiste en el empleo de lana de roca de alta densidad y espesor aproximado de 20 mm, junto con láminas de polietileno, bajo un suelo flotante de hormigón armado, resistente a las altas cargas que se generan en este tipo de establecimientos.

En el caso de que la actividad ocupe por completo un edificio destinado únicamente a su uso comercial, en ocasiones los suelos no se aíslan, cuando la normativa no lo exige, por tratarse de reformas en edificios existentes. Sin embargo, ya que la temperatura del suelo puede ser muy inferior a la del establecimiento, las pérdidas de calor son importantes.

En edificios carentes de aislamiento térmico, las pérdidas de calor a través del suelo se sitúan en el entorno del 20%, por lo que es recomendable un cierto nivel de tratamiento, mediante el uso de aislantes térmicos, como el poliestireno extruido, colocado en la solera del establecimiento.

4.2.1.2. Consideraciones sobre el aislamiento térmico de paredes o cerramientos verticales:

Al igual que en el caso de los suelos, la necesidad de disponer de un adecuado aislamiento de las paredes del establecimiento, en especial cuando se encuentran en contacto con otros locales comerciales o viviendas, debe estudiarse conjuntamente con la necesidad de aislamiento acústico del establecimiento.

La solución más habitual, consiste en la realización de un trasdosado interior de fábrica de ladrillo o paneles de yeso laminado, con la colocación de un material aislante en la cámara que se crea entre el trasdosado y la hoja exterior del cerramiento, evitando interrupciones en la colocación del aislante térmico y el trasdosado, debidas a la presencia de elementos estructurales como pilares.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

El análisis compartido de las características térmicas y acústica, a la hora de escoger un material aislante, es imprescindible para seleccionar la opción más económica.

Las soluciones constructivas más recomendables, equilibrando los motivos económicos en la construcción y la alta eficiencia energética, incluyen como aislante principal a la lana de vidrio con espesores en torno a los 50 mm y cuando las condiciones son de alta humedad por posibles filtraciones de agua, suciedad o altas cargas, el empleo de lana de roca de 50 mm de espesor o poliestireno extruido de 40 mm de espesor.

4.2.1.3. Consideraciones sobre el aislamiento térmico de cubiertas:

Las cubiertas son un punto crítico en la eficiencia energética de una construcción, ya que son las primeras zonas por donde tiende a escapar el calor en invierno, y donde más radiación solar se recibe en verano.

Por esta razón es conveniente limitar estas pérdidas con tratamientos en las cubiertas existentes, que en algunas ocasiones y dependiendo de las condiciones de las mismas, puede significar la sustitución integral de la cubierta por otras con aislamiento térmico integrado.

En otras ocasiones cuando la cubierta presenta roturas o fisuras, con filtraciones de agua de lluvia, pero no se puede o no se quiere sustituir por una nueva, uno de los sistemas que mejores resultados térmicos proporciona, en especial en cubiertas ligeras, consiste en la aplicación por la cara exterior de la cubierta, de 50 mm

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

de aislamiento térmico de espuma de poliuretano y terminación mediante aplicación de pintura rígida con protección solar.

También da buenos resultados, cuando la cubierta se encuentra en buenas condiciones pero carece de aislamiento térmico, la disposición sobre el falso techo del establecimiento de paneles de lana mineral de al menos 50 mm de espesor.

4.2.2. Soluciones encaminadas a provechar la luz natural

La colocación de lucernarios o paneles translúcidos en las cubiertas de las naves y el acristalamiento de parte de las fachadas, ocasiona importantes ahorros en el consumo de energía de los sistemas de iluminación, sobre todo cuando se combina con sistemas de encendido como los que se describen en el capítulo referente al ahorro en la iluminación.

Además, la sensación de confort que se consigue con la iluminación natural, aumenta el bienestar de los clientes y empleados del centro.

4.2.3. Actuaciones sobre los ventanales y parte acristalada

El aprovechamiento al máximo de la luz natural, tiende a que se creen grandes zonas de ventanales, principalmente en los accesos a los comercios. Los sistemas de doble acristalamiento reducen a la mitad la pérdida de calor con respecto a un acristalamiento sencillo. También se aconsejan las carpinterías con rotura de puente térmico.

En las zonas de mayor irradiación solar debe considerarse la utilización de vidrios con filtros solares que reducen la radiación solar con mayor carga térmica, por la presencia de componentes que reflejan o absorben parte de la energía térmica y la utilización constructiva de elementos estáticos generadores de sombras como voladizos o dinámicos como toldos o cortinas. En la actualidad existen sistemas combinados de elemento dinámicos con sensores de luz que regulan los niveles de apertura o cierre en función de la intensidad luminosa exterior.

4.2.4. Tonalidad de las paredes y techos

Las tonalidades claras en paredes y techos, disipan el calor de la radiación solar. Ésta es una medida que puede verse afectada por la necesidad de identificar el establecimiento con los colores corporativos, pero debe tenerse en cuenta en las zonas más cálidas, para evitar incrementar la necesidad de climatización.

4.2.5. Evitar las entradas al establecimiento enfrentadas

Cuando el comercio tiene varias entradas y la distancia entre las mismas no es demasiado grande, la disposición de las puertas de acceso en la misma dirección, ocasiona problemas de corrientes de aire que penalizan el consumo del sistema de climatización, reducen la sensación de confort térmico y ocasionan problemas en el cierre de las puertas, en especial cuando se trata de puertas automáticas. Por lo que resulta más aconsejable situar las puertas de acceso en diferentes direcciones o si no es posible, utilizar vestíbulos previos con doble puerta.

4.2.6. Reducir el volumen a climatizar

Se deben evitar las estancias con alturas superiores a los 3,5 metros, ya que se aumenta las necesidades de climatización, por lo que los equipos deben de ser de mayor potencia y por lo tanto de mayor consumo. En la mayor parte de las normativas locales, que afectan al diseño de los establecimiento comerciales, la altura mínima del patio público es de 3 metros, por lo que una altura entre 3 y 3,5 metros cumple sobradamente las exigencias legales y decorativas del establecimiento.

4.2.7. Aislamiento térmico del obrador de pan

Resulta necesario realizar un aislamiento de las paredes de la panadería, que se encuentran en contacto con otras secciones del comercio o con otros locales adyacentes, de otra forma el calor que se desprende de los hornos, puede ocasionar molestias a vecinos o aumentar las necesidades de ventilación y climatización dentro del establecimiento.

De igual manera, es necesario aislar los techos del obrador de panadería, cuando el establecimiento se encuentra en un local comercial de un edificio de viviendas o con otros establecimientos en su planta superior, para lo cual resulta muy útil la construcción de falsos techos con aislante térmico y cámara de aire.

4.2.8. Evitar la colocación de elementos elevadores

Cuando por las características del local comercial, se disponga de varias plantas, resulta más eficiente energéticamente diseñar el

establecimiento teniendo en cuenta la posibilidad de evitar instalar ascensores o montacargas, ya que precisan de abundante consumo eléctrico para su funcionamiento. Para ello se situará en las plantas sótano las estancias destinadas a salas de máquinas, cuartos de instalaciones y limpieza, vestuarios y aseos no accesibles.

4.2.9. Destinar parte de la superficie de la cubierta para la colocación de sistemas de condensación y energías renovables

Durante las fases de diseño, debe tenerse en cuenta la posibilidad de disponer de espacio en las cubiertas de los comercios, para situar componentes que permitan aprovechar las energías renovables, como paneles solares para calentar el agua que se consume en el centro (energía solar térmica) o colocar componentes de los sistemas de climatización y frío industrial con condensación axial, que reducen en gran medida la necesidad de consumo de energía eléctrica de estos sistemas.

Cuando se dispone de una importante superficie de cubierta, se debe analizar la conveniencia de instalar paneles para generar energía solar fotovoltaica para el consumo del centro o sobre todo para conectarla y venderla a la red, ya que resulta generalmente más rentable.

4.2.10. Analizar la posibilidad del uso de otras energías renovables para la generación de electricidad

En los últimos años también comienzan a aplicarse, energías como la geotermia de baja entalpía, en especial en hipermercados. Esta tecnología genera muy pocos gases de efecto invernadero ya

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

que reduce el consumo energético del sistema de climatización, ya que utiliza sondas geotérmicas por las que circula un fluido capaz de absorber y transportar la energía térmica que toma del subsuelo, utilizándola para climatizar el comercio.

Otra de las formas alternativas que se han utilizado puntualmente, es la obtención de energía a partir de calderas de biomasa, existiendo aplicaciones experimentales que obtienen gas metano de los residuos orgánicos generados por los restos de alimentos en mal estado que se producen en el comercio.

También se están empleando, en especial en países del norte de Europa, con alta sensibilidad medioambiental, pequeños aerogeneradores para la obtención de electricidad, que en la mayoría de los casos se utiliza para la iluminación de zonas del supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en relación a la envolvente térmica del local o edificio comercial.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 5:

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL

5.1. Reducción del consumo energético en el alumbrado comercial

5.2. Estrategias de ahorro y eficiencia energética

5.2.1. Reducción de la demanda de energía por el aprovechamiento de la luz natural

5.2.1.1. Cálculo del ahorro generado por el empleo de sensores lumínicos para controlar el encendido de la iluminación en zonas próximas a ventanales

5.2.1.2. Cálculo del ahorro generado por el empleo de sensores lumínicos para controlar el encendido de la iluminación en zonas con lucernarios

5.2.2. Mantenimiento de lámparas y luminarias limpias

5.2.3. Diseño de la instalación eléctrica con fases independientes

5.2.4. Utilización de detectores de presencia o pulsadores temporizados en zonas de ocupación ocasional o restringida

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

5.2.4.1. Cálculo del ahorro generado por el empleo de sistemas de control en el apagado de la iluminación

5.2.5. Utilización de programadores de horario de encendido y apagado y detectores lumínicos para el encendido de los rótulos publicitarios

5.2.6. Utilización de elementos de control y regulación (utilización de balastos electrónicos)

5.2.7. Adecuar la contratación eléctrica a las necesidades reales de consumo

5.2.8 Detectar y eliminar zonas de exceso de iluminación

5.2.9. Utilización de lámparas de bajo consumo y alta eficiencia

5.2.9.1. Lámparas CFL (bombillas de bajo consumo)

5.2.9.2. Los LED

5.2.9.2.1. Comparación de consumos y costes entre led y otro tipo de lámparas

5.2.9.2.2. Estudio de implantación de la iluminación LED en un supermercado.:

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

5.2.9.2.2.1. Sustitución de la iluminación en el patio público y accesos al supermercado

5.2.9.2.2.2. Sustitución de la iluminación en zonas de venta de productos frescos y elaborados

5.2.9.2.2.3. Sustitución de la iluminación en los almacenes y cuarto de basura y limpieza (zona de almacenes)

5.2.9.2.2.4. Sustitución de la iluminación en los aseos públicos y vestuarios del personal

5.2.9.2.2.5. Sustitución de la iluminación en los cuartos de instalaciones (sala de máquinas de climatización y/o frío industrial, centro de transformación y cuarto eléctrico)

5.2.9.2.2.6. Sustitución de la iluminación en la oficina

5.2.9.2.2.7. Sustitución de la iluminación en los rótulos publicitarios

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

5.2.9.2.2.8. Sustitución de la iluminación de emergencia y señalización

5.2.9.2.2.9. Sustitución de la iluminación de las estanterías

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL

5.1. REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL ALUMBRADO COMERCIAL

En un establecimiento comercial, el consumo de energía por parte del alumbrado supone el 25% de la energía total. Como se puede ver en la siguiente tabla, que corresponde a los consumos eléctricos en una superficie comercial tipo supermercado.

El consumo eléctrico en la iluminación del establecimiento se reparte de la siguiente manera:

- Patio Público: 67%.
- Iluminación puntual de muebles y zonas de exposición: 7%.
- Secciones de productos frescos (carnicería, charcutería, panadería, pescadería y frutería): 15%.
- Almacenes, cuartos de limpieza y basuras: 2%.
- Salas de instalaciones: 1,5%.
- Vestuarios y aseos públicos: 2%.
- Entrada al establecimiento: 0,5%.
- Alumbrado publicitario o rótulo: 4%.
- Alumbrado de emergencia y señalización: 1%.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACION (CÁLCULO DE CARGAS) -MEDIANA SUPERFICIE COMERCIAL (SUPERMERCADO)-			
RECEPTOR	POTENCIA W	UDS.	TOTAL W
C.S.M.P. Frio Industrial	61.202	1	61.202
C.S.M.P. Punto Caliente	65.800	1	65.800
Ventilación	2.118	1	2.118
Extractor sala de máquinas	550	1	550
Climatización	57.628	1	57.628
Termo ACS	1.600	3	4.800
Secamanos	1.800	5	9.000
TC Cajas	500	7	3.500
Scanner	300	8	2.400
Central de incendios	500	2	1.000
TC 2P+T/ 16 A - Oficina	1.200	1	1.200
TC Arcón Pescadería	1.200	1	1.200
TC 2P+T/ 16 A - Sala	2.000	1	2.000
TC 3P+T/ 16 A - Carnicería-Charcutería	4.000	1	4.000
TC Pikolina	1.100	1	1.100
Turnos	150	5	750
Básculas	150	6	900
Mosquiteros	150	5	750
Puerta acceso	750	2	1.500
Persiana acceso	750	2	1.500
Alumbrado Rótulo exterior	1.440	2	2.880
Alumbrado Fluorescente 116 W Sala Ventas	140	331	46.340
Alumbrado Fluorescente 116 W Secciones	140	22	3.080
Alumbrado Fluorescente 116 W Obradores	140	4	560
Alumbrado Fluorescente 116 W Almacenes	140	8	1.120
Alumbrado Fluorescente 116 W C.Basuras y C.limpieza	140	2	280
Alumbrado Fluorescente 116 W Sala de Máquinas	140	4	560
Alumbrado Fluorescente 116 W Centro Transformación	140	2	280
Alumbrado Fluorescente 116 W Cuarto Eléctrico	140	1	140
Alumbrado Fluorescente 116 W Vestuarios	140	5	700
Alumbrado Halógeno 54 W Vestuarios	66	2	132
Alumbrado Fluorescente 116 W Aseos Públicos	140	2	280
Alumbrado Halógeno 54 W Aseos Públicos	66	2	132
Alumbrado Foco Halógeno 70 W Secciones	85	83	7.055
Alumbrado Foco Halógeno 70 W Bodega	85	9	765
Alumbrado Foco Halógeno 70 W Perfumería	85	16	1.360
Alumbrado Halógeno 54 W Entrada	66	9	594
Alumbrado Fluorescente estanterías 2x36 W	90	33	2.970
Emergencia + Señalización Fluorescente	6	101	606
POTENCIA TOTAL PREVISTA			292.732

Tabla 8. Consumo eléctrico de un supermercado.

Fuente: Elaboración propia.

En todo establecimiento comercial, la iluminación de las zonas de exposición del producto que se vende resulta un elemento destacado dentro de las políticas de marketing, por lo que las soluciones de eficiencia energética en la iluminación deben tener en cuenta los niveles de iluminación exigidos, junto con los criterios de racionalidad en el uso de la energía.

La implantación de sistemas de ahorro energético en la iluminación de un establecimiento comercial, debe realizarse en base a tres aspectos fundamentales:

a) *La instalación eléctrica*: es necesario diseñar la instalación de forma que se sectoricen eficazmente las diferentes áreas de consumo eléctrico del centro. Ésto permite encendidos diferenciados en función de las necesidades de cada zona del comercio.

b) *Los sistemas de control de encendido y apagado de la iluminación*: este apartado está íntimamente ligado a un diseño de la instalación eléctrica sectorizado por usos. El control de los tiempos de encendido, sustituyendo los tradicionales interruptores por detectores de presencia o temporizadores, que facilitan el apagado de la iluminación cuando no se encuentra ninguna persona en el área iluminada, resulta imprescindible actualmente.

c) *Las lámparas y luminarias*: es muy importante la selección del tipo de tecnología que mejor se adapte a las necesidades comerciales. Aspectos como la vida útil, el flujo luminoso de las lámparas y luminarias, la potencia eléctrica consumida y el color de la luz, son aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar la iluminación.

5.2. ESTRATEGIAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

A continuación se desarrollan los diferentes puntos a tener en cuenta para conseguir un aumento de la eficiencia energética y un importante ahorro en el consumo eléctrico y en la generación de CO₂.

El siguiente estudio se realizará para un establecimiento comercial tipo supermercado. Los datos obtenidos son fruto de la experiencia acumulada durante más de una década como ingeniero en el diseño, construcción y mantenimiento de establecimientos comerciales y son extrapolables a la mayor parte de los supermercados existentes en Europa. Este modelo de supermercado se cataloga como mediano/grande establecimiento comercial, con una superficie construida que no supera los 2.500 m² y una superficie de exposición y venta al público, cercana a los 1.500 m².

El estudio contempla el tipo de establecimiento comercial más extendido a nivel nacional, superando el 40% de la cuota del mercado. En la actualidad el número de supermercados de este tipo en España supera los 8.000 establecimientos y su tendencia es a crecer en los próximos años, en detrimento del comercio tradicional y los establecimientos de menos de 100 m², cuyo número sigue disminuyendo y los hipermercados con una superficie de exposición y venta al público de más de 2.500 m², con un crecimiento mucho menor.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

5.2.1. Reducción de la demanda de energía por el aprovechamiento de la luz natural

El método más eficaz de reducción del consumo eléctrico en la iluminación de un comercio, es el aprovechamiento de la luz natural, para ello y siempre teniendo en cuenta la repercusión en el consumo eléctrico de la climatización, se debe tener presente el disponer de:

- amplios ventanales.
- lucernarios en las cubiertas de los locales y naves comerciales.
- Conducción de luz natural a través de fibra óptica o sistemas de espejos.

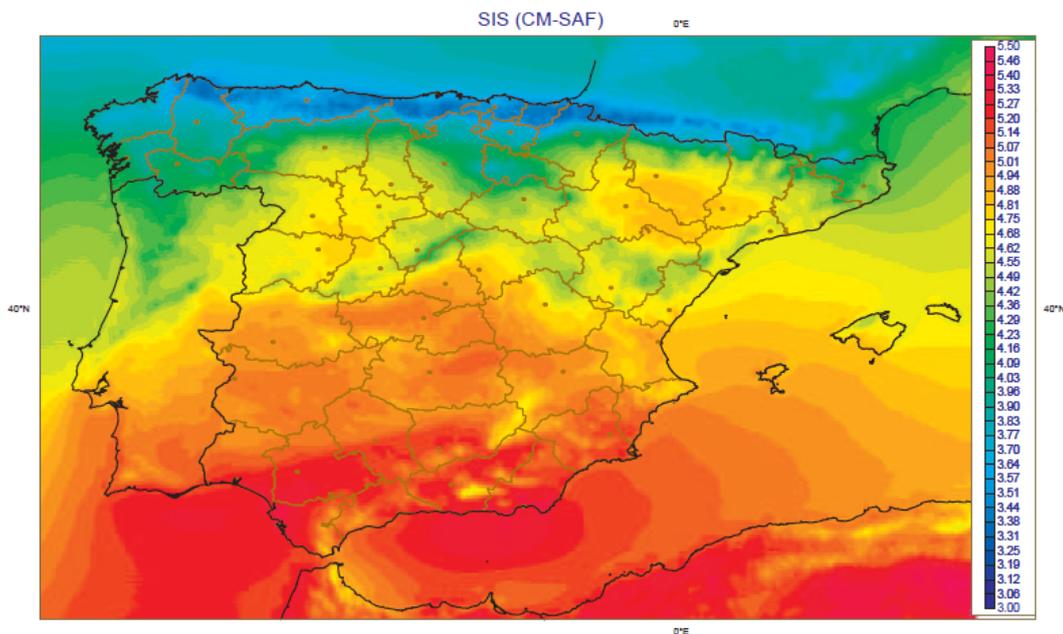


Figura 3. Irradiación Global Media en España en el periodo 1983-2005 (kWh/m²día).
Fuente: EUMETSAT.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

La incidencia de la luz natural será diferente dependiendo del instante y ubicación geográfica del comercio. En la figura 3 se observan los diferentes niveles de irradiancia de la luz natural en la geografía peninsular. Siendo la irradiancia la potencia incidente de la luz natural por unidad de superficie.

La colocación de sensores con células fotoeléctricas, regulados en función del nivel de iluminación necesario para cada zona del establecimiento comercial, permite que la iluminación artificial se complemente o sea sustituida por la luz natural.

5.2.1.1. Cálculo del ahorro generado por el empleo de sensores lumínicos para controlar el encendido de la iluminación en zonas próximas a ventanales:

Las zonas con mayor aprovechamiento de la luz natural son las próximas a los ventanales, las puertas de acceso al establecimiento y las situadas debajo de lucernarios. El ahorro en el consumo eléctrico varía en función de la fisonomía del establecimiento comercial.

En establecimientos situados en locales comerciales de edificios de viviendas, la luz natural permite que las primeras líneas de luminarias del patio público, situadas próximas a los ventanales y puertas de acceso al establecimiento, permanezcan apagadas en periodos variables en función de la época del año, pero cuantificables en un promedio de 4 horas diarias. Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de estas luminarias es de 4-5 luminarias por cada 100 m² de superficie de exposición y venta al público.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Esto se traduce, según el ejemplo del establecimiento comercial tipo, detallado más adelante en el punto 5.2.9.2.2, en el siguiente ahorro:

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	64	8.960	4	35.840

Los supermercados abren al público 306 días al año, por lo tanto, la Potencia Total ahorrada anualmente = 35,84 kWh/día x 306 días/año = 10.967,04 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico sería de:

$$10.967,04 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 1.425,72 \text{ € /año.}$$

Disminución de la producción de CO₂ equivalente, que incluye la cantidad total de Gases de Efecto Invernadero:

Los valores oficiales emitidos por el órgano competente en esta materia que es la Comisión Nacional de Energía (CNE) y que aparecen en las facturas eléctricas son de 0,34 kgCO₂/kWh.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 10.967,04 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 3.728,79 \text{ kgCO}_2/\text{año.}$$

Como la inversión que se requiere para la colocación de los sensores, es de unos 990 euros, el periodo de amortización será de:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

$$990 \text{ €} / 1.425,72 \text{ €/año} = 0,67 \text{ años.}$$

5.2.1.2. Cálculo del ahorro generado por el empleo de sensores lumínicos para controlar el encendido de la iluminación en zonas con lucernarios:

El aprovechamiento de la luz natural en un edificio comercial con lucernarios distribuidos homogéneamente ocupando 1/4 de la superficie de la cubierta, suficiente para no penalizar el consumo de las instalaciones de climatización, ha permitido ahorros de un 15% en el consumo eléctrico de la iluminación en un establecimiento implantado en Asturias. La inversión requerida para el control del encendido/apagado de la iluminación del patio público, con la colocación de sensores con células fotoeléctricas, es de 2.800 euros para la superficie de 1.400 m² del supermercado tipo objeto de estudio. Trasladados estos datos:

$$\text{Potencia Total ahorrada anualmente} = 266.343,01 \text{ kWh/año} \times 15/100 = 39.951,45 \text{ kWh/año.}$$

El ahorro en consumo eléctrico sería de:

$$39.951,45 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 5.193,69 \text{ €/año.}$$

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 39.951,45 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 13.583,49 \text{ kgCO}_2/\text{año.}$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$2.800 \text{ €} / 5.193,69 \text{ €/año} = 0,54 \text{ años.}$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

En un establecimiento como el analizado, en el que se coloquen sensores lumínicos para controlar el encendido de la iluminación tanto en las zonas próximas a ventanales como en las zonas de lucernarios, los ahorros obtenidos serían los siguientes:

Potencia total ahorrada anualmente = 10.967,04 kWh/año + 39.951,45 kWh/año = 50.918,49 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico sería de:

1.425,72 € /año + 5.193,69 €/año = 6.619,41 €/año.

Ahorro en la producción de CO₂ = 3.728,79 kgCO₂/año + 13.583,49 kgCO₂/año = 17.312,28 kgCO₂/año.

5.2.2. Mantenimiento de lámparas y luminarias limpias

Resulta muy importante realizar una correcta limpieza de luminarias y lámparas, ya que la acumulación de suciedad reduce considerablemente los niveles de iluminación.

Como se aprecia en el gráfico 19, incluso en ambientes muy limpios, con el paso del tiempo la acumulación de suciedad reduce el porcentaje de flujo luminoso con respecto al de la instalación inicial.

De esta manera transcurrido 10 años, el flujo luminoso se verá reducido en un 30%, respecto al nivel inicial, si la iluminación se encuentra en un ambiente moderadamente sucio y un 50% en un ambiente sucio.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

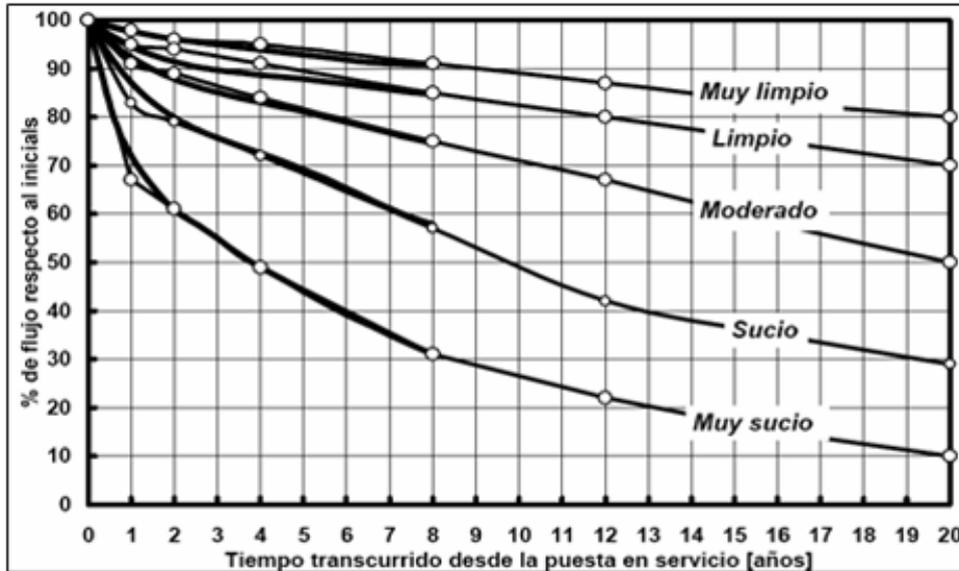


Gráfico 19. Depreciación del flujo luminoso de las luminarias en función del tipo de ambiente. Fuente: Van Dusen (trazo fino) y la IESNA (trazo grueso).

5.2.3. Diseño de la instalación eléctrica con fases independientes

Un diseño por fases con circuitos eléctricos independizados, permite disponer de unas zonas encendidas y otras apagadas en función de la intensidad de luz natural que pueda penetrar en cada momento en el local. Resultando imprescindible cuando se dispone de sensores lumínicos para el control del encendido de las luces por zonas.

5.2.4. Utilización de detectores de presencia o pulsadores temporizados en zonas de ocupación ocasional o restringida

Para evitar el consumo innecesario de energía, resultan muy útiles los detectores de presencia, que mantienen la luz encendida únicamente cuando se detectan personas en la estancia y los

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

pulsadores temporizados, que permiten regular el tiempo de encendido de las luminarias.

Existen en el mercado detectores de presencia que además realizan una gestión de la intensidad lumínica, no encendiendo las luces cuando la intensidad de luz natural resulta suficiente en la estancia en la que se encuentran.

Aunque estos sistemas no se pueden emplear en las zonas del comercio con mayor consumo en iluminación, como son el patio público y las secciones de productos frescos, ya que la iluminación debe ser constante, hay otras zonas en las que resultan de gran interés, como las siguientes:

a) Zonas de ocupación ocasional:

- Almacenes.
- Cuarto de basuras.
- Cuarto de limpieza.
- Vestuarios.
- Aseos públicos.
- Obradores de carnicería, pescadería y panadería.
- Cuarto eléctrico.
- Pasillos de evacuación.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

b) Zonas de ocupación restringida:

- Salas de máquinas de frío industrial y climatización.
- Centro de transformación.

5.2.4.1. Cálculo del ahorro generado por el empleo de sistemas de control en el apagado de la iluminación:

a) *En los almacenes:*

Los establecimientos comerciales mantienen la luz de los almacenes encendida durante todo el horario comercial, ya que el uso de estos recintos es constante. Sin embargo, la presencia de personal en ellos, no es continua. Se ha cuantificado que al menos durante un 25% del horario laboral del comercio los almacenes no se usan y según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en esta zona es de 1 luminaria por cada 200 m² de superficie útil de supermercado.

Por lo tanto, como el consumo eléctrico en los almacenes de nuestro supermercado modelo es de:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	10	1.400	13	18.200

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia Total consumida anualmente = 18,20 kWh/día x 306 días/año = 5.569,20 kWh/año.

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = 5.569,20 kWh/año x 75/100 = 4.176,90 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 5.569,20 kWh/año - 4.176,90 kWh/año = 1.392,30 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

1.392,30 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 181 €/año.

Incremento de coste de la instalación motivado por la sustitución de pulsadores por detectores de presencia: 10 euros unidad. Como tenemos 6 detectores, el incremento de coste de la instalación será de:

6 x 10 € = 60 €.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

60 € / 181 €/año = 0,33 años.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 1.392,30 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 473,38 kgCO₂/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

b) En el cuarto de basura:

El uso de este cuarto está muy ligado al uso de los almacenes, por lo que podemos asimilar también que durante el 25% del horario laboral del comercio, el cuarto de basura no se usa. Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima una luminaria en esta zona.

Por lo tanto:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	1	140	13	1.820

Potencia Total consumida anualmente = 1,82 kWh/día x 306 días/año = 556,92 kWh/año.

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = 556,92 kWh/año x 75/100 = 417,69 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 556,92 kWh/año - 417,69 kWh/año = 139,23 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

139,23 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 18,10 €/año.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

10 € / 18,10 €/año = 0,55 años.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 139,23 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 47,34 kgCO₂/año.

c) En el cuarto de limpieza:

Este cuarto se usa durante las labores de limpieza del comercio, posteriores a la apertura al público (2 horas) y labores de mantenimiento anteriores a su apertura (1 hora) y de mantenimiento durante el horario comercial (1 hora). En total el número de horas de uso real del cuarto de limpieza se cuantifica en:

2+1+1 = 4 horas.

Sin embargo como ocurre con el resto de cuartos con ocupación ocasional, la iluminación permanece encendida durante las 13 horas de apertura del comercio. Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima una luminaria en esta zona.

Por lo tanto:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	1	140	13	1.820

Potencia Total consumida anualmente = 1,82 kWh/día x 306 días/año = 556,92 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Utilizando sistemas de control en el apagado de la iluminación:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	1	140	4	560

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = $0,56 \text{ kWh/año} \times 306 \text{ días/año} = 171,36 \text{ kWh/año}$.

Ahorro energía eléctrica anual = $556,92 \text{ kWh/año} - 171,36 \text{ kWh/año} = 385,56 \text{ kWh/año}$.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$385,56 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 50,12 \text{ €/año}$.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$10 \text{ €} / 50,12 \text{ €/año} = 0,2 \text{ años}$.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = $385,56 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 131,09 \text{ kgCO}_2/\text{año}$.

d) En los vestuarios:

El uso de los vestuarios puede cuantificarse en 30 minutos para cada uno de los dos turnos de trabajo del supermercado y otra

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

hora por el uso ocasional del mismo, por parte de los empleados del centro. En total 2 horas. Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en esta zona es de 1 luminaria por cada 200 m² de superficie útil de supermercado.

Por lo tanto, como el consumo eléctrico en los vestuarios es de:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	7	980	13	12.740
66	2	132	13	1.716

Potencia Total consumida anualmente = 14,46 kWh/día x 306 días/año = 4.423,54 kWh/año.

Utilizando sistemas de control en el apagado de la iluminación:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	7	980	2	1.960
66	2	132	2	264

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = 2,22 kWh/año x 306 días/año = 680,54 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Ahorro energía eléctrica anual = 4.423,54 kWh/año - 680,54 kWh/año = 3.742,99 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

3.742,99 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 486,59 €/año.

Como tenemos 9 detectores, el incremento de coste de la instalación será de:

9 x 10 € = 90 €.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

90 € / 486,59 €/año = 0,18 años.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 3.742,99 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 1.272,62 kgCO₂/año.

e) En los aseos públicos:

El uso de los aseos públicos es muy escaso, reduciéndose a un máximo de 2 horas al día. Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en esta zona es de 1 luminarias por cada 300 m² de superficie útil de supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Por lo tanto, como el consumo eléctrico en los aseos públicos es de:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	2	280	13	3.640
66	2	132	13	1.716

Potencia Total consumida anualmente = 5,36 kWh/día x 306 días/año = 1.638,94 kWh/año.

Utilizando sistemas de control en el apagado de la iluminación:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	2	280	2	560
66	2	132	2	264

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = 0,824 kWh/año x 306 días/año = 252,14 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 1.638,94 kWh/año - 252,14 kWh/año = 1.386,79 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$1.386,79 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 180,28 \text{ €/año.}$$

Como tenemos 3 detectores, el incremento de coste de la instalación será de:

$$3 \times 10 \text{ €} = 30 \text{ €.}$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$30 \text{ €} / 180,28 \text{ €/año} = 0,17 \text{ años.}$$

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 1.386,79 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 471,51 \text{ kgCO}_2/\text{año.}$$

f) En los obradores de carnicería, pescadería y panadería:

En los obradores de la carnicería, pescadería y panadería se preparan los productos para su venta en las secciones. Estas salas son usadas por los mismos empleados que atienden al público en las secciones y su ocupación no supera el 50% del horario laboral del trabajador. Por lo tanto para los dos turnos, la ocupación de los obradores es de $2 \times (8 \text{ horas}/2) = 8 \text{ horas al día}$.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en estas zonas es de 1 luminaria por cada 500 m² de superficie útil de supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El consumo eléctrico en los obradores de carnicería, pescadería y panadería es de:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	4	560	13	7.280

Potencia Total consumida anualmente = 7,28 kWh/día x 306 días/año = 2.227,68 kWh/año.

Utilizando sistemas de control en el apagado de la iluminación:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	4	560	8	4.480

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = 4,48 kWh/año x 306 días/año = 1.370,88 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 2.227,68 kWh/año - 1.370,88 kWh/año = 856,80 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

856,80 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 111,38 €/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Como tenemos 3 detectores, el incremento de coste de la instalación será de:

$$3 \times 10 \text{ €} = 30 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$30 \text{ €} / 111,38 \text{ €/año} = 0,27 \text{ años}.$$

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 856,80 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 291,31 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

g) En el cuarto eléctrico:

La ocupación del cuarto eléctrico se limita a las labores de encendido y apagado en la apertura y cierre del supermercado por parte del encargado del comercio, que no superan los 15 minutos. Pero como ocurre con otras estancias de ocupación ocasional, la iluminación suele ser constante durante las horas de apertura del establecimiento.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima una luminaria en cada cuarto eléctrico.

El consumo eléctrico en el cuarto eléctrico es de:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	1	140	13	1.820

Potencia Total consumida anualmente = 1,82 kWh/día x 306 días/año = 556,92 kWh/año.

Utilizando sistemas de control en el apagado de la iluminación:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	1	140	0,4	350

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = 0,35 kWh/año x 306 días/año = 107,10 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 556,92 kWh/año - 107,10 kWh/año = 449,82 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

449,82 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 58,48 €/año.

Como tenemos 1 detector, el incremento de coste de la instalación será de 10 €.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

10 € / 58,48 €/año = 0,17 años.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 449,82 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 152,94 kgCO₂/año.

h) En los pasillos de evacuación:

Los pasillos de evacuación comunican con las salidas de emergencia del comercio y solo se usan en caso de emergencia. Por este motivo, resulta especialmente interesante el empleo de dispositivos que permitan el encendido automático de las luces cuando detecten presencia en los mismo y mantengan apagada la iluminación cuando no se usen.

i) En las salas de máquinas de frío industrial y climatización y en el centro de transformación:

Se trata de zonas de ocupación restringida al personal de mantenimiento y a la empresa suministradora del servicio eléctrico. Por lo tanto aunque la ocupación es muy limitada, en numerosas ocasiones la iluminación no se apaga. Después de analizar más de medio centenar de establecimientos, se detectó que en aproximadamente un 10% la luz de estas zonas se encontraba encendida sin tener ocupación.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Para calcular los posibles ahorros de colocar sistemas de control del apagado de la iluminación, se han analizado partes de mantenimiento de los equipos ubicados en las salas de máquinas, obteniendo que estas salas no se usan más de 25 horas al mes o una hora diaria.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, en estas zonas se estima una luminaria por cada 300 m² de superficie útil de supermercado.

El consumo eléctrico en las salas de máquinas y centro de transformación es de:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	6	840	13	10.920

Potencia Total consumida anualmente = 10,92 kWh/día x 306 días/año = 3.341,52 kWh/año.

Utilizando sistemas de control en el apagado de la iluminación:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	6	840	1	840

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia Total consumida anualmente, utilizando sistemas de control de apagado = $0,84 \text{ kWh/año} \times 306 \text{ días/año} = 257,04 \text{ kWh/año}$.

Ahorro energía eléctrica anual = $3.341,52 \text{ kWh/año} - 257,04 \text{ kWh/año} = 3.084,48 \text{ kWh/año}$.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$3.084,48 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 400,98 \text{ €/año}$.

Como tenemos 3 detectores, el incremento de coste de la instalación será de 30 €.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$30 \text{ €} / 400,98 \text{ €/año} = 0,01 \text{ años}$.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = $3.084,48 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 1.048,72 \text{ kgCO}_2/\text{año}$.

En un establecimiento como el analizado, en el que se coloquen sistemas de control del apagado de la iluminación en todas las estancias con ocupación ocasional, los ahorros obtenidos serían los siguientes:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia total ahorrada anualmente = 1.392,30 kWh/año + 139,23 kWh/año + 385,56 kWh/año + 3.742,99 kWh/año + 1.386,79 kWh/año + 856,80 kWh/año + 449,82 kWh/año + 3.084,48 kWh/año = 11.437,97 kWh/año.

Ahorro en consumo eléctrico = 181 € /año + 18,10 € /año + 50,12 € /año + 486,59 € /año + 180,28 € /año + 111,38 € /año + 58,48 € /año + 400,98 € /año = 1.486,93 € /año.

Ahorro en la producción de CO₂ = 473,38 kgCO₂/año + 47,34 kg CO₂/año + 131,09 kgCO₂/año + 1.272,62 kgCO₂/año + 471,51 kgCO₂/año + 291,31 kgCO₂/año + 152,94 kgCO₂/año + 1.048,72 kgCO₂/año = 3.888,91 kgCO₂/año.

5.2.5. Utilización de programadores de horario de encendido y apagado y detectores lumínicos para el encendido de los rótulos publicitarios

No es necesario que los rótulos comerciales, situados en el exterior del comercio, permanezcan encendidos si la presencia de luz natural es abundante. Se deben colocar en los cuadros eléctricos programadores que permitan variar el horario de encendido y apagado dependiendo de la estación del año o mejor aún, detectores de la intensidad lumínica ambiental que enciendan los rótulos cuando haya poca luz y los apaguen cuando la intensidad de luz sea suficiente.

La utilización de estos sistemas evita tener encendidos los rótulos cuando la intensidad de luz natural hace que no se aprecie la iluminación artificial de los mismos. Como la intensidad de luz natural

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

depende de las condiciones climatológicas, resulta imposible programar los encendidos de una manera eficiente.

Estudiado el empleo de estos sistemas en varios supermercados, los ahorros medios obtenidos fueron del 30% del consumo eléctrico de la iluminación de los rótulos de un comercio.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en los rótulos es de 6-7 luminarias por cada 200 m² de superficie útil de supermercado.

Para nuestro supermercado tipo se traduce en:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
45	4x8x2	2.880	2,5	7.200

Potencia Total consumida anualmente = 7,20 kWh/día x 306 días/año = 2.203,20 kWh/año.

Con el empleo de programadores de horario de encendido y apagado y detectores lumínicos:

Potencia Total consumida anualmente = 2.203,20 kWh/año
70/100 = 1.542,24 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 2.203,20 kWh/año - 1.542,24 kWh/año = 660,96 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$660,96 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 85,92 \text{ €/año.}$$

El coste de la instalación de estos sistemas de control de encendido asciende a 300 euros:

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$300 \text{ €} / 85,92 \text{ €/año} = 3,5 \text{ años.}$$

Ahorro en la producción de CO₂ = 660,96 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 224,73 kgCO₂/año.

5.2.6. Utilización de elementos de control y regulación (utilización de balastos electrónicos)

Los balastos son elementos que forman parte de algunas luminarias que utilizan lámparas de fluorescencia, lámparas de vapor de sodio mercurio o lámparas de haluro metálico. Se utilizan para mantener estable el flujo de corriente.

La sustitución de los tradicionales balastos electromagnéticos de las lámparas de tubos fluorescentes por balastos electrónicos, reducirá el consumo energético del propio balastro, que para lámparas fluorescentes como las instaladas en el supermercado analizado de 2x58 W, se traduce en ahorros de 16 W y para las lámparas con fluorescentes de 2x36 W supondrá un ahorro de 12 W en el consumo.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACION CON BALASTRO ELECTRÓNICO -MEDIANA SUPERFICIE COMERCIAL (SUPERMERCADO)-				
RECEPTOR	POTENCIA	CONSUMO BALASTRO	UDS.	TOTAL
Alumbrado Fluorescente 2x36 W Rótulo Exterior	72	6	32	2.496
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Sala Ventas	116	8	331	41.044
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Secciones	116	8	22	2.728
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Obradores	116	8	4	496
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Almacenes	116	8	8	992
Alumbrado Fluorescente 2x58 W C.Basuras y C.limpieza	116	8	2	248
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Sala de Máquinas	116	8	4	496
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Centro Transformación	116	8	2	248
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Cuarto Eléctrico	116	8	1	124
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Vestuarios	116	8	5	620
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Aseos Públicos	116	8	2	248
Alumbrado Fluorescente estanterías 2x36 W	72	6	33	2.574
POTENCIA TOTAL PREVISTA				52.314

Tabla 9. Consumo de las lámparas de fluorescencia empleando balastos electrónicos. Fuente: Elaboracion propia.

CONSUMO ELÉCTRICO DE LA INSTALACION CON BALASTRO ELECTOMAGNÉTICO -MEDIANA SUPERFICIE COMERCIAL (SUPERMERCADO)-				
RECEPTOR	POTENCIA	CONSUMO BALASTRO	UDS.	TOTAL
Alumbrado Fluorescente 2x36W Rótulo Exterior	72	18	32	2.880
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Sala Ventas	116	24	331	46.340
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Secciones	116	24	22	3.080
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Obradores	116	24	4	560
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Almacenes	116	24	8	1.120
Alumbrado Fluorescente 2x58 W C.Basuras y C.limpieza	116	24	2	280
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Sala de Máquinas	116	24	4	560
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Centro Transformación	116	24	2	280
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Cuarto Eléctrico	116	24	1	140
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Vestuarios	116	24	5	700
Alumbrado Fluorescente 2x58 W Aseos Públicos	116	24	2	280
Alumbrado Fluorescente estanterías 2x36 W	72	18	33	2.970
POTENCIA TOTAL PREVISTA				59.190

Tabla 10. Consumo de las lámparas de fluorescencia empleando balastos electromagnéticos. Fuente: Elaboracion propia.

Por lo tanto el empleo de balastos electrónicos tendría en el supermercado analizado un ahorro de:

$$61.680 \text{ W} - 54.810 \text{ W} = 6.870 \text{ W}.$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia Ahorrada W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
6.870	13	89.310

Ahorro energía eléctrica anual = 89,31 kWh/día x 306 días/año
= 27.328,86 kWh/año.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

27.328,86 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 3.552,75 €/año.

El incremento de coste por la instalación de balastos electrónicos, en lugar de los tradicionales electromagnéticos es de 10 euros por lámpara.

Como tenemos 414 lámparas, el incremento de coste será de:

414 x 10 € = 4.140 €.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

4.140 € / 3.552,75 €/año = 1,17 años.

Ahorro en la producción de CO₂ = 27.328,86 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 9.291,81 kgCO₂/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

5.2.7. Adecuar la contratación eléctrica a las necesidades reales de consumo

Se deben revisar los contratos de suministro de energía eléctrica, adecuándolos a las necesidades reales, asimilando lo más posible la potencia consumida a la potencia contratada, comparando las diferentes tarifas de las distintas compañías eléctricas.

5.2.8. Detectar y eliminar zonas de exceso de iluminación

La intensidad lumínica y el índice cromático deben ser tenidos en cuenta para que los productos que se venden en los supermercados tengan una apariencia natural y apetecible de cara al cliente del establecimiento, pero para ello no es necesario acudir al despilfarro y al exceso en la iluminación.

Se debe realizar un estudio detallado de cada sección para que la iluminación sea la necesaria sin caer en el exceso.

5.2.9. Utilización de lámparas de bajo consumo y alta eficiencia

5.2.9.1. Lámparas CFL (bombillas de bajo consumo):

Las lámparas compactas fluorescentes o CFL tienen una vida útil de entre 8.000 y 10.000 horas y ahorran más energía que las tradicionales halógenas o incandescentes, porque sus pérdidas de calor son menores.

5.2.9.2. Los LED:

Las lámparas de diodos emisores de luz o lámparas led, constituyen la última novedad en cuanto a iluminación de bajo consumo. Debido a un mayor rendimiento energético de este tipo de dispositivos, los consumos son mucho menores que con el resto de tipos de lámparas existentes en el mercado. Además la vida útil de los led es mucho mayor, unas 50.000 horas y los residuos que generan durante su fabricación y eliminación, posterior a su uso, es menor que con cualquier otro tipo de lámpara.

El tener una vida útil mayor hace que los gastos de mantenimiento, por sustitución de las lámparas sean menores. Además los led tienen mayor intensidad luminosa que otras fuentes lumínicas, aún cuando presenten el mismo flujo luminoso. Esto es debido a que el haz es de menor ángulo de apertura, concentrándose más la luz.

La iluminación led no transmite calor al ambiente. Este factor resulta muy importante en zonas de mucha iluminación, ya que el aumento de la temperatura ocasiona incrementos en los consumos eléctricos de los sistemas de climatización. Además los led no emiten luz ultravioleta o infrarroja, consideradas dañinas para los ojos.

En los últimos años la proliferación de este tipo de iluminación ha sido muy grande, llegando al mercado productos led de muy baja calidad, que no cumplen con las mejoras energéticas que ofrecen. Resulta por lo tanto muy importante la selección de un tipo de producto de calidad, que tenga etiqueta energética, ensayos testados y si es posible de marcas de prestigio que garanticen las características técnicas del mismo.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

5.2.9.2.1. Comparación de consumos y costes entre led y otros tipos de lámparas:

Lámpara	Potencia W	Flujo luminoso lm	Eficiencia luminosa lm/W	Vida útil h	Consumo de energía kWh/1000 h	Euros/hora
Incandescente	40	420	10,50	1.000	40	$5,20 \times 10^{-3}$
	60	700	11,67	1.000	60	$7,80 \times 10^{-3}$
Halógena	42	630	15	2.000	42	$5,46 \times 10^{-3}$
	54	850	16,04	2.000	53	$6,90 \times 10^{-3}$
	70	1.200	17,14	2.000	70	$9,10 \times 10^{-3}$
CFL o Bajo consumo	15	970	64,67	8.000 - 10.000	15	$1,95 \times 10^{-3}$
	20	1.320	66	10.000	20	$2,60 \times 10^{-3}$
	33	2.150	65,15	20.000	33	$4,29 \times 10^{-3}$
Fluorescente T5	35	3.050	87,14	18.000	35	$4,55 \times 10^{-3}$
	54	4.350	80,56	18.000	54	$7,02 \times 10^{-3}$
Fluorescente T8	36	2.400	66,67	15.000	36	$4,68 \times 10^{-3}$
	58	4.450	82,76	15.000	58	$7,54 \times 10^{-3}$
Foco led	13	640	49,23	50.000	13	$1,69 \times 10^{-3}$
	31	1.900	61,29	50.000	31	$4,03 \times 10^{-3}$
Tubo led	14,5	1.600	110,34	50.000	14,5	$1,89 \times 10^{-3}$
	22	2.000	90,91	50.000	22	$2,86 \times 10^{-3}$
	25	3.100	124	50.000	25	$3,25 \times 10^{-3}$
Carril led	45	4500	100	50.000	45	$5,85 \times 10^{-3}$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

	80	8000	100	50.000	80	$10,40 \times 10^{-3}$
--	----	------	-----	--------	----	------------------------

Tabla 11. Comparación de características técnicas y costes de diferentes tipos de lámparas. Fuente: Elaboración propia según datos de catálogos de iluminación de Philips, Osram, Sylvana y Sharp.

Del análisis de la tabla 11 se puede concluir que para el mismo nivel de flujo luminoso las lámparas con mayor eficiencia luminosa son las basadas en tecnología led, y entre ellas los tubos.

A la hora de analizar el número de puntos de luz por superficie es necesario hacer distinciones en función del uso al que se dedica el local o zona a iluminar y las horas de funcionamiento.

El mayor ahorro se obtendría con la utilización de iluminación eficiente tipo led en la zona de patio público del supermercado, por la gran concentración de puntos de luz y el alto número de horas de funcionamiento.

5.2.9.2.2. Estudio de Implatación de la iluminación LED en un supermercado:

El análisis se realiza para el supermercado tipo que se está estudiando en este capítulo, con una superficie construida que no supera los 2.500 m^2 y una superficie de exposición y venta al público, inferior a 1.500 m^2 .

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

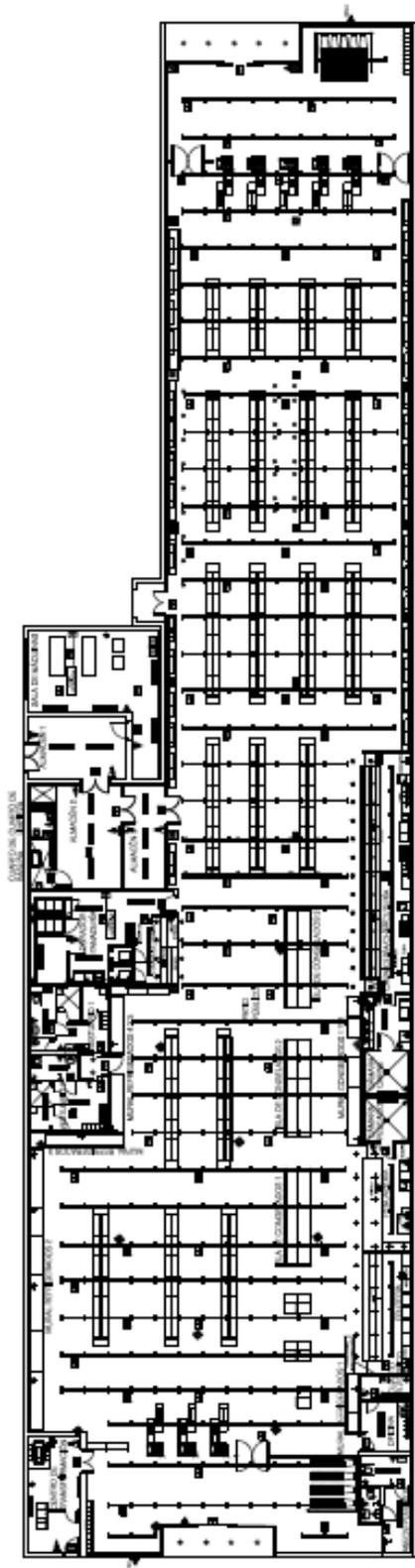


Figura 4. Iluminación de un supermercado. Fuente: Elaboracion propia.

Como se aprecia en la figura, el supermercado presenta varias zonas claramente diferenciadas en su uso y por lo tanto con un consumo en iluminación diferente. Estas zonas son:

- *Patio público y accesos al supermercado*: está formado por el área en el que el cliente realiza su compra, la línea de cajas y los accesos al supermercado. Ocupa aproximadamente un 80% de la superficie del supermercado, según análisis realizados en establecimientos reales. Se trata pues de una de las zonas más relevante en cuanto al tipo de iluminación, ya que el producto expuesto debe encontrarse perfectamente iluminado, para captar la atención del cliente. Es también la zona que presenta un mayor consumo eléctrico en cuanto a la iluminación.

- *Zonas de venta de productos frescos y elaborados*: son las zonas de venta de la carne, charcutería, pescadería y panadería, donde el cliente dispone de personal del supermercado para facilitarle la compra. Ocupa aproximadamente un 8% de la superficie del supermercado, según análisis realizados en establecimientos reales. En estas zonas la iluminación presenta diferentes tonalidades en función del tipo de producto que se ilumina, así se utilizan tonalidades de luz rosa para iluminar las carnes, luz blanca para la charcutería y frutería, luz tostada para la panadería y luz blanca hielo para la pescadería. Estas zonas suelen realzar la iluminación con focos orientados directamente al producto, para hacerlo más atractivo al cliente. Algunas de estas áreas disponen de obradores para la elaboración o preparación del producto, en estas zonas de trabajo la iluminación se reduce considerablemente respecto al área de venta.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

- *Zona de almacenes y cuartos de limpieza y basura:* son áreas de acceso restringido a los trabajadores del centro, donde la iluminación debe ser la precisa para desempeñar el trabajo con seguridad y los medios de control de encendido y apagado son muy importantes para no tener estas áreas iluminadas cuando no hay nadie en ellas. Ocupa aproximadamente un 4% de la superficie del supermercado, según análisis realizados en establecimientos reales.

- *Zonas de cuartos de instalaciones:* son la sala de máquinas de climatización y/o frío industrial, el centro de transformación y el cuarto eléctrico. Se trata de áreas de acceso restringido a las empresas adjudicatarias de las labores de mantenimiento de las instalaciones del centro comercial. Ocupa aproximadamente un 4% de la superficie del supermercado, según análisis realizados en establecimientos reales. Como en el caso de los almacenes, la iluminación debe ser la necesaria para que el trabajo en ellas se realice con seguridad, pero es muy importante controlar el apagado de la iluminación cuando no hay personas en ellas.

- *Zona de vestuarios y aseos públicos:* son zonas de uso ocasional, no siendo necesario que permanezcan encendidas de manera continuada, durante la apertura del centro. Ocupa aproximadamente un 3% de la superficie del supermercado, según análisis realizados en establecimientos reales. Resulta muy importante disponer de la iluminación necesaria y del control del apagado de las mismas cuando ya no hay nadie usando estas estancias.

- *Zona de oficina:* en esta zona la necesidad de iluminación es constante, por la presencia de trabajadores durante la mayor parte del horario de apertura del establecimiento. Ocupa aproximadamente

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

un 1% de la superficie del supermercado, según análisis realizados en establecimientos reales.

- *Alumbrado de emergencia del supermercado*: se trata de la iluminación de emergencia y señalización de todo el supermercado. Está constituido por los bloques autónomos de alumbrado automático de seguridad que marca la ley.

A continuación realizaremos el estudio sobre las ventajas de la sustitución de la iluminación tradicional por iluminación led, en cada una de las zonas descritas. Ésto nos permitirá valorar independientemente el impacto de cada una de ellas y facilitará datos individualizados en el caso de no contemplarse la necesidad de modificar toda la iluminación del supermercado.

5.2.9.2.2.1. Sustitución de la iluminación en el patio público y accesos al supermercado:

A. Sala de ventas: esta zona está iluminada con pantallas fluorescentes de 2x58 W, con balastro electromagnético y situadas en filas separadas 2,20 metros, dispuestas perpendicularmente a las gondolas que exponen el producto. Superando así los 6.000 lúmenes de flujo luminoso y con un consumo eléctrico de 140 W.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en esta zona es de 15-17 luminarias por cada 100 m² de superficie útil de supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	331	46.340	13	602.420

Los supermercados abren al público 306 días al año, por lo tanto:

Potencia Total consumida anualmente = 602,420 kWh/día x 306 días/año = 184.340,52 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y la disposición de las luminarias, el resultados es el siguiente:

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
80	331	26.480	13	344.240

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 344,24 kWh/día x 306 días/año = 105.337,44 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 184.340,52 kWh/año - 105.337,44 kWh/año = 79.003,08 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado tradicional del patio público, constituido por pantallas de fluorescentes por luminarias tipo led, ahorramos un 43% del consumo eléctrico es esta zona.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$79.003,08 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 10.270,40 \text{ €/año.}$$

Debemos tener en cuenta que la tecnología led es más cara que la tradicional, por lo que los periodos de amortización de la inversión son determinantes para valorar si además de motivos medioambientales, el decantarse por la tecnología led se traduce en ahorros reales.

Incremento de coste por la instalación de luminarias led: 100 euros por luminaria.

Como en el patio público tenemos 331 luminarias, el incremento de coste de las luminarias led será de:

$$331 \times 100 \text{ €} = 33.100 \text{ €.}$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$33.100 \text{ €} / 10.270,40 \text{ €/año} = 3,22 \text{ años.}$$

Es importante tener en cuenta que la vida útil de las luminarias led está garantizada para 50.000 horas, frente a la vida útil de la iluminación fluorescente que está garantizada para 15.000 horas y sin degradación lumínica para 7.000 horas. Por lo tanto los gastos de mantenimiento motivados por la sustitución de los tubos fluorescentes se reducen considerablemente.

Como la vida útil de la luminaria led es de 50.000 horas y al año permanecen encendidas 13 h/día x 306 días = 3.978 horas/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

La vida útil del led será de 50.000 horas / 3.978 horas = 12,57 años.

Resultando muy corto el periodo de amortización del producto led en relación a su vida útil, haciendo interesante económicamente la sustitución de la tecnología fluorescente por tecnología led.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 79.003,08 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 26.861,05 kgCO₂/año.

B. Zona de Perfumería y Bodega: la iluminación de estas zonas esta complementada por focos halógenos de 85 W de consumo.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en esta zona es de 1-2 luminarias por cada 100 m² de superficie útil de supermercado.

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
85	25	2.125	13	27.625

Potencia Total consumida anualmente = 27,63 kWh/día x 306 días/año = 8.453,25 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias, el resultado es el siguiente:

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
31	25	775	13	10.075

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 10,08 kWh/día x 306 días/año = 3.082,95 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 8.453,25 kWh/año - 3.082,95 kWh/año = 5.370,30 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado tradicional de la zona anterior a los mostradores, constituido por focos halógenos por focos de leds, ahorramos un 63,5% del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$5.370,30 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 698,14 \text{ €/año.}$$

Incremento de coste por la instalación de luminarias led: 80 euros unidad.

Como tenemos 25 luminarias, el incremento de coste de las luminarias led será de:

$$25 \times 80 \text{ €} = 2.000 \text{ €.}$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

$$2.000 \text{ €} / 698,14 \text{ €/año} = 2,86 \text{ años.}$$

Como la vida útil de la luminaria led del foco es de 50.000 horas y al año permanecen 13 h/día x 306 días = 3.978 horas/año.

La vida útil del led del foco led será de 50.000 horas / 3.978 horas = 12,57 años.

Por lo tanto, el periodo de amortización es corto y la inversión resulta rentable.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 5.370,30 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 1.825,90 kgCO₂/año.

C. *Los accesos al supermercado:* están iluminados con halógenos de 66 W de consumo.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias en esta zona es de 4-5 luminarias por cada entrada al establecimiento.

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
66	9	594	13	7.722

Potencia Total consumida anualmente = 7,72 kWh/día x 306 días/año = 2.362,93 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias el resultados es el siguiente:

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
13	12	156	13	2.028

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 2,03 kWh/día x 306 días/año = 620,57 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 2.362,93 kWh/año - 620,57 kWh/año = 1.742,36 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado tradicional de la zona anterior a los mostradores, constituido por focos halógenos por focos de leds, ahorramos un 74% del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$1.742,36 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 226,51 \text{ €/año.}$$

Incremento de coste por la instalación de luminarias led: 8 euros por unidad de lámpara led y 50 euros por luminaria colocada.

Como tenemos 12 luminarias, el incremento de coste de las lámparas led será de:

$$12 \times 8 \text{ €} = 96 \text{ €.}$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Y colocamos tres luminarias más, que en el caso de la instalación con alumbrado halógeno, para no disminuir el nivel de luz, luego.

$$3 \times 50 \text{ €} = 150 \text{ €}.$$

Por lo tanto el incremento total en el coste será de:

$$96 \text{ €} + 150 \text{ €} = 246 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$246 \text{ €} / 226,51 \text{ €/año} = 1,09 \text{ años}.$$

Como la vida útil de la lumiraria led del foco es de 50.000 horas y al año permanecen 13 h/día x 306 días = 3.978 horas/año.

La vida útil del led será de 50.000 horas/3.978 horas = 12,57 años.

Por lo tanto, el periodo de amortización es corto y la inversión resulta rentable.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 1.742,36 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 592,40 kgCO₂/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

5.2.9.2.2.2. *Sustitución de la iluminación en las zonas de venta de productos frescos y elaborados:*

Estas zonas presentan tres tipos difentes de iluminación:

A. *Las zonas tras-mostradores:* donde se encuentra el empleado que atenderá al cliente y cuya iluminación es similar al patio publico. Está iluminada con pantallas fluorescentes de 2x70 W de consumo, superando los 6.000 lúmenes de flujo luminoso.



Figura 5. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de carnicería y charcutería de un supermercado. Fuente: Elaboracion propia.

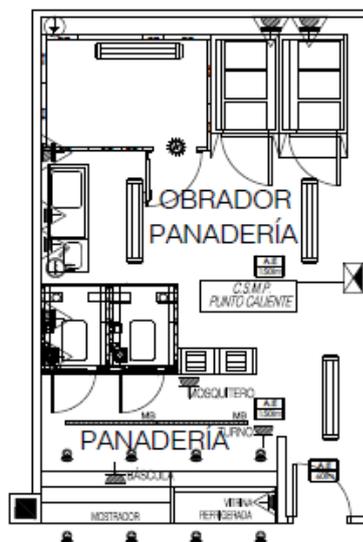


Figura 6. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de panadería de un supermercado. Fuente: Elaboracion propia.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

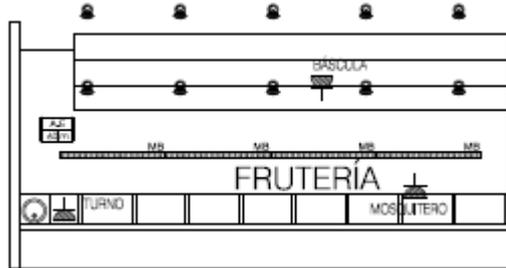


Figura 7. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de frutería de un supermercado. Fuente: Elaboracion propia.



Figura 8. Iluminación de la zona de tras-mostradores de la sección de pescadería de un supermercado. Fuente: Elaboracion propia.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de las mencionadas luminarias en estas zonas es de 1 luminaria por cada 100 m² de superficie útil de supermercado.

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	18	2.520	13	32.760

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia Total consumida anualmente = 32,76 kWh/día x 306 días/año = 10.024,56 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias, el resultado es el siguiente:

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
80	18	1.440	13	18.720

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 18,72 kWh/día x 306 días/año = 5.728,32 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 10.024,56 kWh/año - 5.728,32 kWh/año = 4.296,24 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado tradicional de la zona de mostradores, constituido por pantallas de fluorescentes, por luminarias tipo carril de leds, ahorramos un 43% del consumo eléctrico en esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

4.296,24 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 558,51 €/año.

Incremento de coste por la instalación de luminarias led: 100 euros unidad.

Como en el patio público tenemos 18 luminarias, el incremento de coste de las luminarias led será de:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

$$18 \times 100 \text{ €} = 1.800 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$1.800 \text{ €} / 558,51 \text{ €/año} = 3,22 \text{ años}.$$

Como la vida útil de la lumiraria led es de 50.000 horas y al año permanecen encendidas 13 h/día x 306 días = 3.978 horas/año.

La vida útil del led será de 50.000 horas / 3.978 horas = 12,57 años.

Como ya hemos visto, el periodo de amortización del producto led en relación a su vida útil resulta muy corto, haciendo interesante económicamente la sustitución de la tecnología fluorescente por led.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 4.296,24 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 1.460,72 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

B. *Las zonas anteriores a los mostradores de las secciones y zonas de droguería y bodega:* donde se sitúan los focos con diferentes tonalidades de luz, en función del producto que iluminan. Están iluminadas con focos halógenos de 85 W de consumo, superando los 6.000 lúmenes de flujo luminoso. Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de dichas luminarias en estas zonas es de 4 luminarias por cada 100 m² de superficie útil de supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
85	83	7.055	13	91.715

Potencia Total consumida anualmente = 91,72 kWh/día x 306 días/año = 28.064,79 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias, el resultados es el siguiente:

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
31	83	2.573	13	33.449

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 33,45 kWh/día x 306 días/año = 10.235,39 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 28.064,79 kWh/año - 10.235,39 kWh/año = 17.829,40 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado tradicional de la zona anterior a los mostradores constituido por focos halógenos, por focos de leds, ahorramos un 63,5% del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

17.829,40 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 2.317,82 €/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Incremento de coste por la instalación de luminarias led: 80 euros unidad.

Como tenemos 83 luminarias, el incremento de coste de las luminarias led será de:

$$83 \times 80 \text{ €} = 6.640 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$6.640 \text{ €} / 2.317,82 \text{ €/año} = 2,86 \text{ años}.$$

Como la vida útil de la lumiraria led del foco es de 50.000 horas y al año permanecen 13 h/día x 306 días = 3.978 horas/año.

La vida útil del led del foco led será de 50.000 horas / 3.978 horas = 12,57 años.

Por lo tanto, el periodo de amortización es corto y la inversión resulta rentable.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 17.829,40 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 6.062 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

C. *Las zonas de los obradores de panadería, carnicería, pescadería y frutería:* se trata de zonas destinadas a la elaboración y preparación para la venta del producto en las secciones. Además de la sustitución de las luminarias, resulta muy interesante la colocación de detectores de presencia para mantener la iluminación de estas zonas apagada cuando no hay nadie en ellas.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Estas salas están iluminadas con pantallas estancas de fluorescencia de 2x70 W de consumo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, se estima que el número de dichas luminarias en estas zonas es de 1 luminaria por cada 500 m² de superficie útil de supermercado.

Constatando que en los supermercados de menor tamaño no existe zona de preparación en frutería, ni obrador de pescadería, disponiendo al menos de una luminaria para cada uno de los obradores de panadería y carnicería.

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	4	560	13	7.280

Potencia Total consumida anualmente = 7,28 kWh/día x 306 días/año = 2.227,68 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias, el resultados es el siguiente:

Potencia por luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
80	4	320	13	4.160

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 4,16 kWh/día x 306 días/año = 1.272,96 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Ahorro energía eléctrica anual = 2.227,68 kWh/año - 1.272,96 kWh/año = 954,72 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado tradicional de la zona de los obradores de las secciones, consistente en pantallas de fluorescentes estancas, por luminarias estancas de leds, ahorramos un 42,86 % del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico sería de:

$954,72 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 124,11 \text{ €/año.}$

Incremento de coste por la instalación de luminarias led: 100 euros unidad. Como tenemos 4 luminarias, el incremento de coste de las luminarias led será de:

$4 \times 100 \text{ €} = 400 \text{ €.}$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$400 \text{ €} / 124,11 \text{ €/año} = 3,22 \text{ años.}$

Como la vida útil de la lumiraria led es de 50.000 horas y al año permanecen 13 h/día x 306 días = 3.978 horas/año.

La vida útil de las luminarias led será de 50.000 horas / 3.978 horas = 12,57 años.

En este caso el periodo de amortización del producto led es muy inferior a su vida útil, por lo que resulta rentable la sustitución de la tecnología halógena por led. Además hay que tener en cuenta la reducción del mantenimiento, debido a la sustitución de los

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

fluorescentes fundidos y que la vida de los fluorescentes es de 15.000 horas, más de tres veces inferior a la vida de la luminaria led.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 954,72 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 324,60 kgCO₂/año.

El ahorro económico y de producción de CO₂ aumentaría a más del triple con la colocación de detectores de presencia en los obradores. Conseguiríamos así que las luces solo permaneciesen encendidas en los periodos en que se esté trabajando en los obradores, evitando que por descuido no se apague la luz al salir de estas estancias.

5.2.9.2.2.3. Sustitución de la iluminación en los almacenes y cuarto de basura y limpieza (zona de almacenes):

Estas zonas están iluminadas con pantallas fluorescentes de 2x70 W de consumo y el control del encendido y apagado se realiza normalmente mediante interruptores, quedando en muchas ocasiones las luces encendidas sin haber personal del supermercado en estas salas, lo que ocasiona un consumo innecesario de energía eléctrica.

Como se ha mencionado anteriormente, se estima que el número de dichas luminarias en estas zonas es de 1 luminaria por cada 200 m² de superficie útil de supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

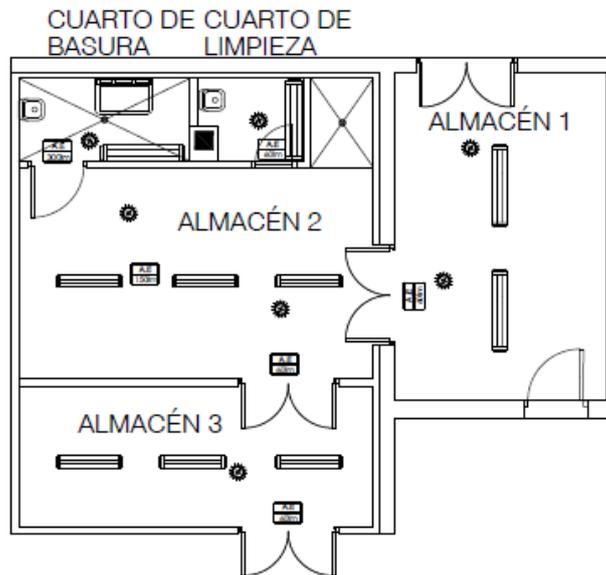


Figura 9. Iluminación de la zona de almacenes de un supermercado.

Fuente: Elaboración propia.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	10	1.400	13	18.200

Potencia Total consumida anualmente = 18,20 kWh/día x 306 días/año = 5.569,20 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias el resultados es el siguiente:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
50	14	700	13	9.100

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 9,10 kWh/día x 306 días/año = 2.784,60 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 5.569,20 kWh/año - 2.784,60 kWh/año = 2.784,60 kWh/año.

Ahorramos un 50% del consumo eléctrico en esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$2.784,60 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 362 \text{ €/año.}$

Incremento de coste por la instalación de luminarias led:

Como tenemos 14 x 2 Tubos led, el incremento de coste de las lámparas led será de 25 € por tubo, luego::

$14 \times 2 \times 25 \text{ €} = 700 \text{ €.}$

Y debemos sumarle las dos lámparas que se colocan de más con respecto a la instalación con fluorescencia tradicional, para mantener el nivel de iluminación.

$2 \times 150 \text{ €} = 300 \text{ €.}$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El periodo de amortización en esta inversión será de:

1.000 € / 362 €/año = 2,76 años.

Como ya hemos visto anteriormente, el periodo de amortización del producto led en relación a su vida útil, resulta muy corto, haciendo interesante económicamente la sustitución de la tecnología fluorescente por led.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 2.784,60 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 946,76 kgCO₂/año.

Igualmente, el ahorro económico y de producción de CO₂ aumentaría a más del triple con la colocación de detectores de presencia en los obradores. Conseguiríamos así que las luces solo permaneciesen encendidas en los periodos en que se esté trabajando en los almacenes.

5.2.9.2.2.4. Sustitución de la iluminación en los aseos públicos y vestuarios del personal:

Estas zonas están iluminadas con pantallas fluorescentes de 2x70 W de consumo y luces empotradas halógenas de 66 W, para las estancias más pequeñas.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de las mencionadas luminarias en estas zonas es de 1 luminaria por cada 200 m² de superficie útil de supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

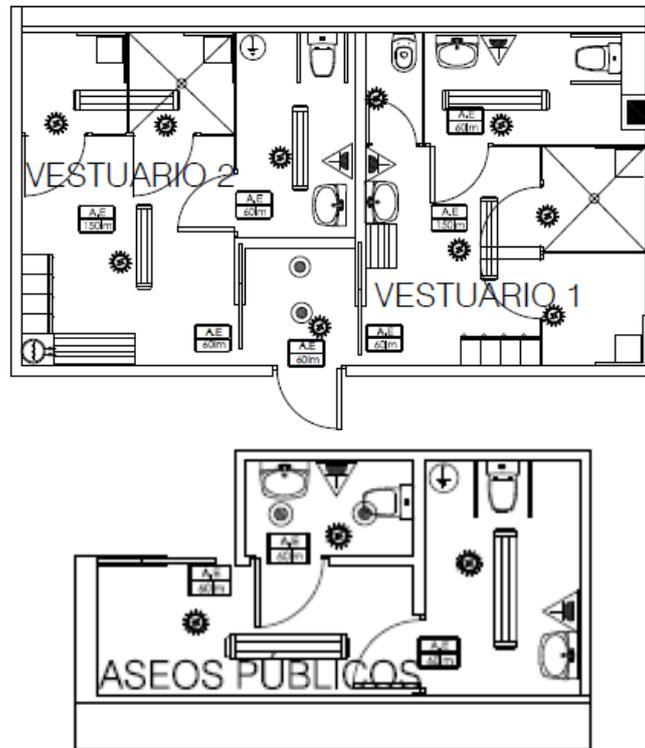


Figura 10. Iluminación de los vestuarios y aseos públicos de un supermercado. Fuente: Elaboración propia.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	7	980	13	12.740
66	2	132	13	1.716

Potencia Total consumida anualmente = 14,46 kWh/día x 306 días/año = 4.423,54 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias el resultados es el siguiente:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
50	10	500	13	6.500
13	3	39	13	507

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 7,01 kWh/día x 306 días/año = 2.144,14 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 4.423,54 kWh/año - 2.144,14 kWh/año = 2.279,40 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado tradicional de los vestuarios y aseos públicos, constituido por pantallas de fluorescentes y halógenos empotrables, por luminarias tipo led de tubo y empotrables, ahorramos un 51,5% del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$2.279,40 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 296,33 \text{ €/año.}$$

Incremento de coste por la instalación de luminarias led:

Como tenemos 10 x 2 Tubos led de 25 W, con un coste de 25 € por tubo y 3 lamparas led de 13 W, con un coste de 8 € por lámpara. El incremento de coste de las lámparas led será de:

$$10 \times 2 \times 25 \text{ €} = 500 \text{ €.}$$

$$3 \times 8 \text{ €} = 24 \text{ €.}$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Y debemos sumarle las tres lámparas que se colocan de más con respecto a la instalación con fluorescencia tradicional y el empotrable extra de 13 W, para mantener el nivel de iluminación.

$$3 \times 150 \text{ €} = 450 \text{ €}.$$

$$1 \times 50 \text{ €} = 50 \text{ €}.$$

Por lo tanto el incremento total en el coste será de :

$$500 \text{ €} + 24 \text{ €} + 450 \text{ €} + 50 \text{ €} = 1.024 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$1.024 \text{ €} / 296,33 \text{ €/año} = 3,46 \text{ años}.$$

Como la vida útil del led será de 12,57 años, resulta muy corto el periodo de amortización del producto led en relación a su vida útil, haciendo interesante económicamente la sustitución de la tecnología fluorescente por led.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 2.279,40 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 775 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

En éstas, como en otras zonas de uso ocasional resulta muy interesante la sustitución del tradicional control del encendido y apagado de la iluminación mediante interruptores, por detectores de presencia.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

5.2.9.2.2.5. *Sustitución de la iluminación en los cuartos de instalaciones (sala de máquinas de climatización y/o frío industrial, centro de transformación y cuarto eléctrico):*

Estas zonas están iluminada con pantallas fluorescentes de 2x70 W de consumo. Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de las mencionadas luminarias en estas zonas es de 1 luminaria por cada 300 m² de superficie útil de supermercado. Con un mínimo de 1 luminaria en el cuarto eléctrico y otra en la sala de máquinas. En los establecimientos de menor tamaño no existe centro de transformación.

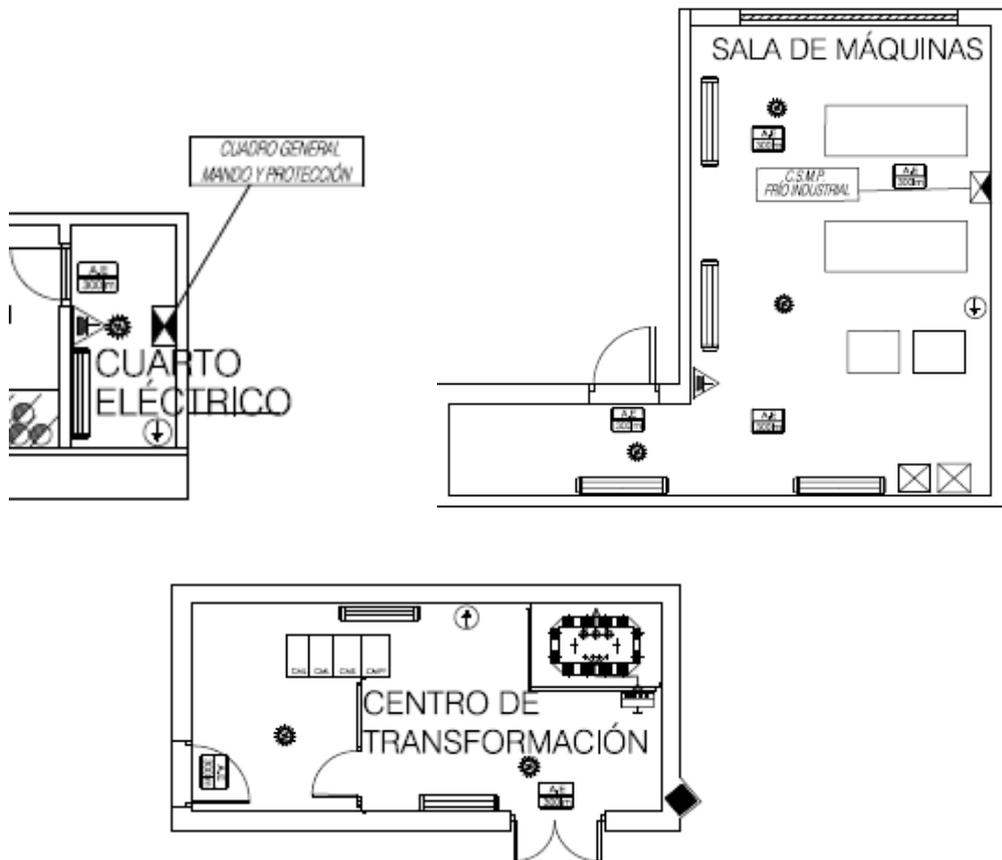


Figura 11. Iluminación de los cuartos de instalaciones de un supermercado.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	7	980	13	12.740

Potencia Total consumida anualmente = 12,74 kWh/día x 306 días/año = 3.898,44 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias, el resultado es el siguiente:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
50	10	500	13	6.500

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 6,5 kWh/día x 306 días/año = 1.989 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 3.898,44 kWh/año - 1.989 kWh/año = 1.909,4 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado por luminarias tipo led de tubo, ahorramos un 49% del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

1.909,4 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 248,22 €/año.

El incremento de coste de las luminarias led será de:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Como tenemos 10x2 Tubos led de 25 W, el incremento de coste de las lámparas led será de:

$$10 \times 2 \times 25 \text{ €} = 500 \text{ €}.$$

Y debemos sumarle las tres lámparas que se colocan de más con respecto a la instalación con fluorescencia tradicional, para mantener el nivel de iluminación.

$$3 \times 150 \text{ euros} = 450 \text{ €}.$$

Por lo tanto el incremento total en el coste será de :

$$500 \text{ €} + 450 \text{ €} = 950 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$950 \text{ €} / 248,22 \text{ €/año} = 3,83 \text{ años}.$$

Como la vida útil del led será de 12,57 años, resulta muy corto el periodo de amortización del producto led, en relación a su vida útil, haciendo interesante económicamente la sustitución de la tecnología fluorescente por led.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 1.909,4 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 649,20 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

En estas zonas resulta especialmente interesante, la sustitución del tradicional control del encendido y apagado de la iluminación, mediante interruptores, por detectores de presencia.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Al tratarse de zonas con periodos bajos de ocupación y con un uso restringido a empresas subcontratadas por la propiedad del establecimiento, para realizar las labores necesarias de mantenimiento en las instalaciones, la posibilidad de que la iluminación permanezca encendida sin necesidad, resulta muy grande.

5.2.9.2.2.6. Sustitución de la iluminación en la oficina:

Estas zonas están iluminadas con pantallas fluorescentes de 2x70 W de consumo. Las oficinas de todos los supermercados analizados eran de pequeño tamaño disponiendo de una única luminaria.



Figura 12. Iluminación de la oficina de un supermercado.

Fuente: Elaboracion propia.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
140	1	140	13	1.820

Potencia Total consumida anualmente = 1,82 kWh/día x 306 días/año = 556,92 kWh/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led y en este caso, con un ligero aumento del flujo luminoso y número de luminarias. Debido a las características de la lámpara led y necesario para no reducir las condiciones de iluminación conseguidas con la fluorescencia, el resultado es el siguiente:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
50	2	100	13	1.300

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 1,3 kWh/día x 306 días/año = 397,80 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 556,92 kWh/año - 397,80 kWh/año = 159,12 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado por luminarias tipo led de tubo, ahorramos un 28,57% del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

159,12 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 20,69 €/año.

Como tenemos 4 Tubos led de 25 W, el incremento de coste de las lámparas led será de:

4 x 25 € = 100 €.

Y debemos sumarle la lámpara que se coloca de más con respecto a la instalación con fluorescencia tradicional, para mantener el nivel de iluminación.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

$$1 \times 150 \text{ €} = 150 \text{ €}.$$

Por lo tanto el incremento total en el coste será de :

$$100 \text{ euros} + 150 \text{ euros} = 250 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$250 \text{ €} / 20,69 \text{ €/año} = 12,08 \text{ años}.$$

Como la vida útil del led es de 12,57 años, se aproxima al periodo de amortización de la inversión, por lo tanto la sustitución de la iluminación tradicional por iluminación led en esta zona, tiene una rentabilidad muy baja.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 159,12 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 54,10 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

5.2.9.2.2.7. Sustitución de la iluminación en los rótulos publicitarios:

El tipo de rotulación publicitaria más utilizada consiste en plafones retroiluminados con fluorescencia, colocados en las fachadas del establecimiento. Requieren de 4 fluorescentes de 45 W de consumo por unidad y metro de longitud de rótulo. La longitud media de un rótulo publicitario es de 8 metros en cada una de las entradas al establecimiento. De esta manera, para nuestro supermercado con doble entrada:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
45	4x8x2	2.880	2,5	7.200

Como se ha mencionado anteriormente, se estima que el número de luminarias en los rótulos publicitarios es de 6-7 por cada 200 m² de superficie útil de supermercado.

Potencia Total consumida anualmente = 7,2 kWh/día x 306 días/año = 2.203,2 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por tubos led, manteniendo el flujo luminoso o como en este caso aumentándolo ligeramente, el resultado es el siguiente:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
25	4x8x2	1.600	2,5	4.000

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 4 kWh/día x 306 días/año = 1.224 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 2.203,2 kWh/año - 1.224 kWh/año = 979,2 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado de fluorescencia del rótulo por tubos led, ahorramos un 44,44% del consumo eléctrico en esta zona.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$979,2 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 127,30 \text{ €/año.}$$

El incremento de coste de los tubos led será de 30 euros:

$$64 \times 30 \text{ €} = 1.920 \text{ €.}$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$1.920 \text{ €} / 127,30 \text{ €/año} = 15 \text{ años.}$$

Como la vida útil del led será de 50.000 horas, es decir la vida útil en nuestra instalación sería de $50.000 / (2,5 \times 306) = 65$ años, la inversión es recuperable, pero en un periodo de tiempo muy largo.

También hay que tener en cuenta que la vida útil de los tubos fluorescentes se reduce a 15.000 horas, incrementando el coste por mantenimiento de la instalación.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 979,2 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 332,93 \text{ kgCO}_2/\text{año.}$$

5.2.9.2.2.8. Sustitución de la iluminación de emergencia y señalización:

Está constituido por los bloques autónomos de alumbrado permanente con fluorescentes de 6 W de consumo.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de luminarias de emergencia y señalización es de 5 luminarias por cada 100 m² de superficie útil de supermercado.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
6	101	606	24	14.544

Potencia Total consumida anualmente = 14,54 kWh/día x 365 días/año = 5.308,56 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led, manteniendo el flujo luminoso y disposición de las luminarias el resultados es el siguiente:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
3	101	303	24	7.272

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 7,27 kWh/día x 365 días/año = 2.654,28 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 5.308,56 kWh/año - 2.654,58 kWh/año = 2.654,28 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado por luminarias de emergencia tipo led, ahorramos un 50% del consumo eléctrico es esta zona.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

$$2.654,28 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ €/kWh}) = 345,06 \text{ €/año.}$$

El incremento de coste de las luminarias led será de 5 euros:

$$101 \times 5 \text{ €} = 505 \text{ €.}$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$505 \text{ €} / 345,06 \text{ €/año} = 1,46 \text{ años.}$$

Como la vida útil del led es de 50.000 horas/(365x24 horas/año) = 5,7 años, el periodo de amortización resulta corto en relación a su vida útil, haciendo interesante económicamente la sustitución de la tecnología fluorescente por led.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 2.654,28 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 902,46 \text{ kgCO}_2/\text{año.}$$

5.2.9.2.2.9. Sustitución de la iluminación de las estanterías:

Las estanterías para la exposición del producto están iluminada con pantallas fluorescentes de 2x45 W de consumo.

Según valores obtenidos por el análisis de varios establecimientos, se estima que el número de las mencionadas luminarias en estas zonas es de 4-5 luminaria por cada 300 m² de superficie útil de supermercado.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
90	33	2.970	13	38.610

Potencia Total consumida anualmente = 38,61 kWh/día x 306 días/año = 11.814,66 kWh/año.

Si sustituimos la iluminación tradicional por led y mantenemos similar el flujo luminoso, el resultados es el siguiente:

Potencia luminaria W	nº luminarias	Potencia Total W	funcionamiento horas/día	Potencia Total diaria Wh/día
44	40	1760	13	22.880

Potencia Total consumida anualmente, utilizando led = 22,88 kWh/día x 306 días/año = 7.001,28 kWh/año.

Ahorro energía eléctrica anual = 11.814,66 kWh/año - 7.001,28 kWh/año = 4.813,38 kWh/año.

Con la sustitución del alumbrado por luminarias tipo leds de tubo, ahorramos un 41% del consumo eléctrico es esta zona.

El ahorro en consumo eléctrico será de:

4.813,38 kWh/año x (0,13 €/kWh) = 625,74 €/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

El incremento de coste de las luminarias led será de:

Como tenemos 80 Tubos led de 22 W, con un coste de 23 € cada tubo, el incremento de coste de las lámparas led será de:

$$80 \times 23 \text{ €} = 1.840 \text{ €}.$$

Y debemos sumarle las 7 lámparas que se colocan de más con respecto a la instalación con fluorescencia tradicional, para mantener el nivel de luz.

$$7 \times 120 \text{ €} = 840 \text{ €}.$$

Por lo tanto el incremento total en el coste será de :

$$1.840 \text{ €} + 840 \text{ €} = 2.680 \text{ €}.$$

El periodo de amortización en esta inversión será de:

$$2.680 \text{ €} / 625,74 \text{ €/año} = 4,28 \text{ años}.$$

Como la vida útil del led es de 12,57 años, la inversión empieza a ser rentable en un periodo de tiempo relativamente corto.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

$$\text{Ahorro en la producción de CO}_2 = 4.813,38 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 1.636,55 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

Una vez estudiadas las posibles ventajas de implantar en las diferentes zonas del supermercado la iluminación led, en sustitución de la iluminación tradicional, podemos constatar que los ahorros tanto económicos como en producción de CO₂, que se obtienen con

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

esta medida, resultan lo suficientemente interesantes como para sustituir la iluminación tradicional por iluminación led en todo el establecimiento.

Los largos periodo de amortización de la iluminación led tanto en la oficina como en la rotulación publicitaria de la fachada del establecimiento, podrían minimizarse fácilmente reduciendo la potencia luminosa de la instalación. En el caso de las oficinas requeriría de un estudio detallado para obtener una iluminación led que nos facilitase valores comprendidos entre 500 y 700 lúmenes. En el caso de la rotulación publicitaria, la reducción del flujo luminoso sería viable siempre que se cuente con la aprobación de la propiedad del establecimiento comercial.

A modo de resumen, se detalla en la siguiente tabla los ahorros obtenidos y los periodos de amortización, según las areas del supermercado en las que se aplique la medida.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Zonas del supermercado	Ahorro anual	Ahorro anual en el consumo eléctrico	Ahorro anual en la producción de CO ₂	Inversión	Amortización	Ahorro anual en el consumo eléctrico por € invertido
	€/año	kWh/año	kg CO ₂ /año	€	años	kWh/añox€
Sala de Ventas	10.270,40	79.003,08	26.861,05	33.100	3,22	2,39
Perfumería y Bodega	698,14	5.370,30	1.825,90	2.000	2,86	2,69
Accesos al supermercado	226,51	1.742,36	592,40	246	1,09	7,08
Secciones de productos frescos (transmostradores)	558,51	4.296,24	1.460,72	1.800	3,22	2,39
Secciones de productos frescos (anterior a mostradores)	2.317,82	17.829,40	6.062,00	6.640	2,86	2,69
Secciones de productos frescos (obradores)	124,11	954,72	324,60	400	3,22	2,39
Almacenes, Cuarto de basuras y Cuarto de limpieza	362,00	2.784,60	946,76	1.000	2,76	2,78
Vestuarios y Aseos públicos	296,33	2.279,40	775,00	1.024	3,46	2,23
Cuartos de instalaciones	248,22	1.909,40	649,20	950	3,83	2,01
Oficina	20,69	159,12	54,10	250	12,08	0,64
Rótulos publicitarios	127,30	979,20	332,93	1.920	15,00	0,51
Alumbrado de emergencia	345,06	2.654,28	902,46	505	1,46	5,26
Iluminación de estanterías	625,74	4.813,38	1.636,55	2.680	4,28	1,80
TOTAL	16.220,83	124.775,48	42.423,67	52.515	3,24	34,86

Tabla 12. Ahorros conseguidos con la sustitución de la iluminación tradicional de un supermercado por led y periodos de amortización de la inversión.

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la tabla 12, se observa que la medida que más rápidamente se amortiza y obtiene mejores ahorros en el consumo de energía y por lo tanto de generación de CO₂, es la sustitución de las lámparas de las zonas de acceso por lámparas led. Es debido a la poca inversión económica que precisa, ya que la sustitución resulta de fácil ejecución y al alto nivel de ahorro energético obtenido, principalmente por el elevado número de horas de encendido de las lámparas, durante todo el horario de apertura del establecimiento.

Otra inversión que al igual que la anterior se amortiza antes del segundo año y presenta unos niveles muy altos de ahorro en el consumo de energía y generación de CO₂, es la sustitución de las tradicionales luminarias del alumbrado obligatorio de emergencia y señalización por tecnología led.

Los peores resultados en los ahorros conseguidos se obtienen con la sustitución de la iluminación en los rótulos publicitarios y en la oficina, debido a la alta inversión requerida en relación al ahorro obtenido. Presentando estos dos casos los periodos de amortización de la inversión más altos.

La implantación de la tecnología led para iluminar las estanterías donde se exponen los productos presenta uno de los resultados más bajos de los analizados, en cuanto a los ahorros obtenidos, pero con una amortización de la inversión en poco más de cuatro años, puede resultar una actuación interesante principalmente por la larga vida útil de la iluminación led.

Los mayores ahorros se alcanzan en la zona de la sala de ventas, debido a la gran superficie de actuación y a valores elevados en la relación entre los ahorros obtenidos y la inversión requerida.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Los periodos de amortización podrían reducirse en algunas actuaciones, acometiendo la sustitución de la iluminación por tecnología led en varias zonas conjuntamente, haciendo más rentable la medida.

Si se sustituye completamente la iluminación del supermercado por iluminación led el periodo de amortización sería de:

$$52.515 \text{ €} / 16.220,83 \text{ €/año} = 3,24 \text{ años.}$$

Recuperándose la inversión en menos de 4 años con:

$$\text{Ahorro anual} = 16.220,83 \text{ €.}$$

$$\text{Ahorro anual en el consumo eléctrico} = 124.775,48 \text{ kWh/año.}$$

$$\text{Ahorro anual en la producción de CO}_2 = 42.423,67 \text{ kg CO}_2/\text{año.}$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de iluminación en el sector comercial.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 6:

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES FRIGORÍFICAS EN EL SECTOR COMERCIAL

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES FRIGORÍFICAS EN EL SECTOR COMERCIAL

6.1. Introducción

6.2. Medidas para la reducción del consumo energético del frío industrial en un establecimiento comercial

6.2.1. Ubicación de la sala de máquinas

6.2.2. Aislamiento para evitar pérdidas caloríficas

6.2.2.1. Aislamiento de la sala de máquinas

6.2.2.2. Aislamiento de los sistemas de distribución de los refrigerantes

6.2.2.3. Aislamiento de los muebles frigoríficos

6.2.2.4. Aislamiento de las cámaras frigoríficas

6.2.3. La elección del fluido refrigerante

6.2.4. La diferenciación de los sistemas frigoríficos en función de las temperaturas de servicio

6.2.5. El empleo de válvulas de expansión electrónica y sistemas de condensación flotante

6.2.6. La utilización de sistemas de evaporación flotante

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

6.2.7. La limitación automática del número de desescarches o desescarche inteligente

6.2.8. La incorporación de variadores de frecuencia para compresores y condensadores

6.2.9. La importancia del mantenimiento de la instalación frigorífica

6.3. Cálculo del ahorro energético conseguido, en una instalación frigorífica comercial y periodo de amortización aplicando medidas de ahorro en el consumo de energía

6.4. La implantación de los muebles frigoríficos cerrados en los supermercados

6.5. Conclusiones a la aplicación de las mejoras descritas

6.6. Aprovechamiento de los calores residuales del proceso frigorífico

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

6. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES FRIGORÍFICAS EN EL SECTOR COMERCIAL

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se tratan temas relacionados con el ahorro de energía en los circuitos e instalaciones de refrigeración y congelación de un establecimiento comercial tipo supermercado.

Se hace una enumeración de todos los sectores afectados, así como de conceptos importantes tanto desde el punto de vista teórico, como desde el lado práctico, incluyendo el control y la gestión del circuito.

También se describen las acciones más importantes que se pueden implementar para ahorrar energía y reducir la producción de CO₂, terminando con un análisis particularizado de los ahorros conseguidos en una instalación real a la que se le aplicaron las medidas descritas.

De esta forma, se pretende facilitar el desarrollo de políticas de gestión basadas en la reducción del consumo energético motivado por la necesidad de refrigeración y congelación de los productos distribuidos en los comercios de alimentación.

6.2. MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL FRÍO INDUSTRIAL EN UN ESTABLECIMIENTO COMERCIAL

Los sistemas de refrigeración actualmente empleados en los supermercados, pueden ser de dos tipos:

a) Cada mueble frigorífico tiene su instalación frigorífica con su carga independiente de refrigerante, alimentándose directamente por una toma de corriente, de la red eléctrica del supermercado.

b) La instalación dispone de una sala de máquinas específica y aislada del resto del supermercado y donde se sitúan las centrales multicircuito o frigoríficas, los condensadores, los depósitos de refrigerante, etc. En la sala de ventas se encuentran los muebles frigoríficos, los evaporadores y las tuberías que conducen los fluidos frigoríficos desde la sala de máquinas.

El modelo con sala de máquinas, presenta consumos eléctricos sustancialmente menores que la suma de los consumos de cada mueble frigorífico con refrigeración independiente, pero también tiene la desventaja de una mayor carga de refrigerante y al ser mayor la longitud de las tuberías de distribución, también un aumento del riesgo de fugas del fluido refrigerante a la atmósfera.

La utilización de muebles frigoríficos independientes, resulta desaconsejable en comercios que no sean de un tamaño reducido y con muy pocos metros de exposición y almacenamiento de producto refrigerado o congelado. Resultando más eficiente las instalaciones frigoríficas centralizadas o con sala de máquinas específica.

6.2.1. Ubicación de la sala de máquinas

Una correcta situación de la sala de máquinas, dentro del espacio comercial, resulta de gran importancia para mejorar el rendimiento de la instalación y por tanto su consumo energético, permitiendo:

a) Reducir la longitud de las tuberías frigoríficas, que distribuyen el refrigerante desde la sala de máquinas hasta los muebles frigoríficos, disminuyendo así la posibilidad de fugas de refrigerante por las tuberías de distribución.

b) Al ser menor la distancia de circulación del fluido frigorífico, se reducen las pérdidas de carga en la aspiración y por lo tanto el consumo de energía eléctrica es menor.

6.2.2. Aislamiento para evitar pérdidas caloríficas

El aislamiento, de los diferentes componentes de la instalación frigorífica, resulta esencial para evitar transmisiones térmicas que penalicen el consumo energético del local. Dentro de este apartado se debe considerar el:

6.2.2.1. Aislamiento de la sala de máquinas:

Dentro de las salas de máquinas del frío industrial, la temperatura puede ser elevada debido al calor residual de los compresores y de los circuitos de refrigeración. Por esta razón es esencial, para el correcto funcionamiento de la instalación, una adecuada ventilación de la sala, con abundante aporte de aire fresco.

Igualmente, resulta necesario que la sala de máquinas esté correctamente aislada térmicamente con respecto al resto del establecimiento comercial, para no aumentar los consumos eléctricos de los sistemas de climatización y ventilación del comercio.

6.2.2.2. Aislamiento de los sistemas de distribución de los refrigerantes:

Las tuberías que distribuyen el fluido frigorífico deben encontrarse recubiertas de fundas protectoras para evitar transmisiones de calor al supermercado y pérdida de rendimiento del fluido.

6.2.2.3. Aislamiento de los muebles frigoríficos:

El mobiliario frigorífico, que expone el producto, debe presentar un adecuado aislamiento de sus paredes con respecto al supermercado. Es muy importante el empleo de murales e islas frigoríficas dotadas de puertas y tapas de cristal que eviten la pérdida de frío del mueble. Estas pérdidas de frío no solo aumentan el consumo de energía por parte de la instalación frigorífica, sino que también aumentan los consumos de electricidad en los sistemas de climatización, sobre todo en los periodos fríos.

6.2.2.4. Aislamiento de las cámaras frigoríficas:

Al igual que ocurre con el mobiliario frigorífico, las cámaras frigoríficas para el almacenamiento en refrigeración o congelación del producto antes de su exposición y venta dentro del supermercado,

deben presentar paredes, suelos y techos perfectamente aislados, empleando materiales que impidan el intercambio de calor con el entorno de la cámara y deben estar dotadas de puertas frigoríficas situadas en zonas donde no existan corrientes de aire que incrementen las pérdidas de calor por convección.

6.2.3. La elección del fluido refrigerante

En función del tipo y tamaño de la instalación frigorífica y de su temperatura de servicio, resultará aconsejable el uso de unos u otros fluidos refrigerantes.

Para que la instalación sea lo más económica posible, también es necesario tener en cuenta:

a) Que el refrigerante trabaje a presiones moderadas y permita la utilización de componentes de refrigeración convencionales y por lo tanto más económicos.

b) Que el precio del refrigerante y los impuestos que penalicen su uso, por razones medioambientales, sean los más bajos posibles. Actualmente la legislación española grava con un impuesto mayor a los refrigerantes que tienen un Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) mayor.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones frigoríficas en el sector comercial.

Refrigerante	Potencial de Calentamiento Atmosférico
R-404A	3922
R-134a	1430
R-407A	2107
R-407C	1774
R-407F	1825
R-410A	2088
R-417A	2343
R-422A	3143
R-422D	2729
R-449A	1185
R-507A	3985

Tabla 13. Potencial de calentamiento atmosférico (PCA) de los fluidos frigoríficos más empleados en refrigeración comercial. Fuente: Elaboración propia según datos del Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

c) Si existe alguna prohibición presente o futura al uso del refrigerante. Por ejemplo, debe tenerse en cuenta que el refrigerante R-404A presente en gran cantidad de instalaciones de refrigeración comercial, tiene prohibido su uso en nuevos equipos a partir de 2020, según la Directiva Europea F-Gas.

d) Los factores relativos a la seguridad, como la inflamabilidad y la toxicidad del refrigerante. Cuanto menor sea el nivel de seguridad del refrigerante, mayores medidas de protección

deberemos aplicar, para garantizar la seguridad y por lo tanto mayor será el coste de la instalación frigorífica.

En las instalaciones comerciales de los supermercados estudiados, con superficie de venta comprendida entre 750 y 2.500 m², se ha constatado como mejor solución actual, la utilización de los siguientes refrigerantes en función de los sistemas de refrigeración:

1. Para instalaciones con un único sistema frigorífico, tanto para temperaturas mayores de cero grados centígrados, como para temperaturas menores de cero grados centígrados y con una potencia eléctrica instalada en los compresores de menos de 30 kW: utilización de refrigerante R-449A.

2. Para instalaciones con dos sistemas frigoríficos independientes, uno para temperaturas mayores de cero grados centígrados y otro para temperaturas menores de cero grados centígrados y con una potencia eléctrica instalada en los compresores, del mayor sistema independiente, menor de 30 kW: utilización del refrigerante R-134a para el sistema frigorífico de cámaras y muebles frigoríficos trabajando a temperaturas mayores o iguales que cero grados centígrados y utilización del refrigerante R-449A o CO₂ para el sistema frigorífico de cámaras y muebles frigoríficos trabajando a temperaturas menores de cero grados centígrados.

La mayor complejidad de las instalaciones frigoríficas que emplean CO₂ y el mayor coste económico de las mismas (entre un 10-30% de incremento, respecto a las instalaciones que utilizan como refrigerante el R-404A), hace que no esté muy extendido el uso del CO₂, en instalaciones de tamaño medio y pequeño.

Es previsible a medio plazo, una reducción de los costes de esta tecnología y un aumento del uso de la misma en el sector del medio comercio, motivado principalmente por la ausencia de gravámenes por impuestos medioambientales, ya que el CO₂ presenta un Potencial de Calentamiento Global = 1.

6.2.4. La diferenciación de los sistemas frigoríficos en función de las temperaturas de servicio

La instalación frigorífica de un supermercado consta de diferentes muebles y cámaras que almacenan el producto a diferentes temperaturas. Existen cámaras para masas congeladas que serán empleadas en el obrador de las panaderías y muebles para productos congelados y helados que requieren temperaturas inferiores a los -20 °C y otras cámaras para almacenamiento de carnes y pescados así como muebles frigoríficos que requieren temperaturas entre 0 °C y 3 °C.

Una forma de ahorro energético, consiste en agrupar los servicios en dos sistemas frigoríficos independientes, uno para las temperaturas por debajo de 0 °C y otro sistema para las temperaturas iguales o superiores a 0 °C. De esta forma y ya que la necesidad de frío para los diferentes muebles difiere en función de la temperatura y por lo tanto no es simultánea, la separación del servicio en varios sistemas favorece que el consumo de energía eléctrica sea menor, ya que en muchas ocasiones parte de los compresores pueden encontrarse parados y solo funcionarán en caso de necesidad. De esta forma y debido al coeficiente de simultaneidad de la instalación, se necesitará un número de compresores menor que el que sería necesario para dar servicio a todas las cámaras y muebles frigoríficos englobados en un único sistema frigorífico.

6.2.5. El empleo de válvulas de expansión electrónica y sistemas de condensación flotante

El empleo de la condensación flotante, permite regular el funcionamiento de las centrales frigoríficas en función de la temperatura empleada para transformar el fluido refrigerante a su paso por el condensador, de estado gaseoso a alta presión y temperatura a estado líquido. Ésto favorece que las presiones de condensación sean menores cuanto menor sea la temperatura del ambiente exterior, empleada para condensar el fluido refrigerante.

Mediante la regulación electrónica de las válvulas de expansión, el sistema frigorífico se adapta a las temperaturas que en el condensador permiten el cambio de fase del fluido frigorífico, de esta manera, cuanto menor sea la temperatura de condensación, menor será el trabajo del compresor y por lo tanto mayor el ahorro de energía.

6.2.6. La utilización de sistemas de evaporación flotante

Se trata de sistemas empleados para controlar electrónicamente la temperatura de evaporación de los sistemas frigoríficos.

Mediante el empleo de estos sistemas, conseguimos que cuando la demanda de frío lo permita, se pueda aumentar la presión de evaporación, disminuyendo la necesidad de producción de frío en los evaporadores y por lo tanto ahorrando energía.

Estos sistemas producen sus mayores ahorros, en los periodos en que los establecimientos se encuentran cerrados al público.

6.2.7. La limitación automática del número de desescarches o desescarche inteligente

Mediante la regulación de los diferenciales de temperatura dentro de los muebles y cámaras frigoríficas y el exterior, además de con un buen control de la humedad ambiente, se conseguirá reducir la acumulación de hielo sobre los evaporadores presentes en muebles y cámaras. La eliminación de este hielo se denomina desescarche y presenta un consumo de electricidad importante, ya que para la eliminación del hielo formado se emplean resistencias eléctricas.

En ocasiones los desescarches no son necesarios y sin embargo la regulación horaria de los mismos, hace que se consuma electricidad para calentar las resistencias presentes en los evaporadores.

Para evitar el consumo de energía de los desescarches innecesarios, resulta interesante la utilización de dispositivos electrónicos que determinan cuando el desescarche es necesario y cuando no. De esta manera no se producirán tantos cortes de suministro de frío a los muebles y cámaras y también se limitará el funcionamiento de las resistencias eléctricas.

6.2.8. La incorporación de variadores de frecuencia para compresores y condensadores

Estos sistemas permiten variar la frecuencia de alimentación a los motores de los ventiladores de compresores, evaporadores y condensadores, en función de las necesidades de frío de la

instalación y de las temperaturas del ambiente exterior dentro del proceso de condensación.

El conseguir que la velocidad de los ventiladores no tenga que ser constante, sino que pueda variar en función de las diferentes necesidades de frío, permite que más ventiladores estén operativos a la vez a velocidades de servicio menores, ahorrando en el consumo de energía del sistema.

6.2.9. La importancia del mantenimiento de la instalación frigorífica

Es muy importante el mantenimiento de la instalación en perfectas condiciones, mediante un mantenimiento preventivo y correctivo, que entre otras acciones permita:

- Mantener limpios los evaporadores y condensadores.
- Mantener libre de obstáculos las salidas y entradas de aire a la sala de máquinas.
- Sustituir los componentes dañados.
- Sustituir y limpiar filtros.
- Controlar la humedad.
- Modificar los parámetros de regulación de la instalación, en función de las modificaciones en el uso de los muebles y cámaras frigoríficas.

6.3. CÁLCULO DEL AHORRO ENERGÉTICO CONSEGUIDO EN UNA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA COMERCIAL Y PERIODO DE AMORTIZACIÓN APLICANDO MEDIDAS DE AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

A continuación se expone el caso real, de ahorro económico y de consumo eléctrico, detectado en la reforma de una instalación frigorífica existente en un supermercado, con una superficie de venta cercanas a los 1.500 m².

El supermercado analizado disponía de una instalación frigorífica centralizada en una sala de máquinas con un sistema de central multicircuito y un consumo eléctrico anual de 449.579,40 kWh/año.

El coste del consumo de electricidad, a una media estimada entre los tres periodos de tarificación P1, P2 y P3 de 13 céntimos de euro el kWh, suponía:

$$449.579,40 \text{ kWh/año} \times 0,13 \text{ €/kWh} = 58.445,32 \text{ €/año.}$$

La producción de CO₂, fruto del consumo de electricidad, era de:

$$449.579,40 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 152.857 \text{ kgCO}_2/\text{año.}$$

En el comercio se acometió una reforma consistente en la sustitución total de la antigua instalación frigorífica multicircuito, por dos centrales frigoríficas, una para temperatura de servicio mayor o igual a cero grados centígrados y otra para temperaturas inferiores a cero grados centígrados.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones frigoríficas en el sector comercial.

Además, en la instalación se aplicaron las siguientes medidas ya descritas en este capítulo:

- Válvulas de expansión electrónica y condensación flotante.
- Evaporación flotante.
- Regulación electrónica del número de desescarches.
- Variadores de frecuencia en condensadores y compresores.

De esta manera, se consiguió reducir el consumo de electricidad anual a 321.677,70 kWh/año.

Esto redujo el gasto en el consumo eléctrico de la instalación frigorífica a:

$$321.677,70 \text{ kWh/año} \times 0,13 \text{ €/kWh} = 41.818,10 \text{ €/año}$$

Con una producción de CO₂ de:

$$321.677,70 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 109.370,42 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

Y por lo tanto, los siguientes ahorros:

$$\text{Ahorro económico} = 58.445,32 \text{ €/año} - 41.818,10 \text{ €/año} = 16.627,22 \text{ €/año}.$$

$$\text{Reducción en la producción de CO}_2 = 152.857 \text{ kgCO}_2/\text{año} - 109.370,42 \text{ kgCO}_2/\text{año} = 43.486,58 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$$

La reforma integral de la instalación frigorífica supuso un desembolso de 120.000 euros, frente a los aproximadamente 65.000 euros del coste actual de la instalación multicircuito que estaba en funcionamiento. Por lo tanto, el periodo de amortización económica de la reforma aplicada a la instalación será de:

Diferencia económica del precio de las instalaciones = 120.000 € - 65.000 € = 55.000 €.

Periodo de amortización = 55.000 € / 16.627,22 €/año = 3,31 años.

El periodo de amortización es corto y los ahorros económicos muy importantes, además de las mejoras ambientales conseguidas con la disminución en la generación de CO₂, por el consumo eléctrico de la instalación frigorífica. Por lo cual el cambio del tipo de instalación frigorífica y la adopción de las medidas de ahorro expuestas resultó muy recomendable.

6.4. LA IMPLANTACIÓN DE LOS MUEBLES FRIGORÍFICOS CERRADOS EN LOS SUPERMERCADOS

La sustitución de los tradicionales muebles frigoríficos abiertos por muebles con puertas o tapas de vidrio, ha resultado una medida muy importante de ahorro en el consumo energético de los supermercados analizados.

Durante muchos años esta sencilla medida de ahorro, ha sido frenada por el temor a una reducción en las ventas del producto refrigerado y congelado, por la novedad que implica en el método de

adquirir el producto por parte de los clientes. Sin embargo, después de implantarse en varios centros y analizarse las ventas de estos productos, durante un periodo de dos años, se comprobó que muy lejos de reducirse la venta, ésta aumenta. Este aspecto parece deberse a la mayor sensación de calidad que el comprador tiene con respecto a la refrigeración del producto y también al mayor confort en la compra, al no encontrarse el cliente sometido al frío que sale de los muebles.

Analizados los ahorros conseguidos con la colocación de puertas en murales frigoríficos y tapas de vidrio en islas de congelados, se obtuvieron porcentajes anuales de ahorro, respecto al mismo mueble sin estas medidas, comprendidos entre un 23% y un 32%, dependiendo del establecimiento analizado.

Por lo tanto, aplicando un ahorro medio del 25% por la implantación de muebles cerrados en el supermercado anteriormente analizado, obtenemos:

Consumo de electricidad anual, por el frío industrial =
 $321.677,70 \text{ kWh/año} \times 0,75 = 241.258,28 \text{ kWh/año}.$

Esto supuso un gasto en consumo eléctrico de:

$241.258,28 \text{ kWh/año} \times 0,13 \text{ €/kWh} = 31.363,58 \text{ €/año}.$

Una producción de CO₂ de:

$241.258,28 \text{ kWh/año} \times 0,34 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} = 82.027,81 \text{ kgCO}_2/\text{año}.$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones frigoríficas en el sector comercial.

Y por lo tanto, con el empleo de muebles frigoríficos cerrados, obtenemos los siguientes ahorros:

Ahorro económico = 41.818,10 €/año - 31.363,58 €/año = 10.454,52 €/año.

Reducción en la producción de CO₂ = 109.370,42 kgCO₂/año - 82.027,81 kg CO₂/año = 27.342,61 kgCO₂/año.

Amortización de la utilización de muebles frigoríficos cerrados:

El incremento en el coste de los muebles, por cerrarlos con tapas o puertas de vidrio que eviten fugas innecesariamente del frío generado, ronda el 20% de su valor. En el caso estudiado significa un incremento de 23.000 €.

Periodo de amortización = 23.000 € / 10.454,52 €/año = 2,2 años.

Por lo tanto, el periodo de amortización es muy corto y la implantación de muebles frigoríficos cerrados resulta muy aconsejable.

6.5. CONCLUSIONES A LA APLICACIÓN DE LAS MEJORAS DESCRITAS

Las conclusiones que se han obtenido en cuanto a los consumos y ahorros en energía, dinero y producción de CO₂, con la adopción de las mejoras descritas en la instalación de frío industrial del supermercado analizado, son las siguientes:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones frigoríficas en el sector comercial.

Ahorro en el consumo de energía = 449.579,40 kWh/año - 241.258,28 kWh/año = 208.321,12 kWh/año.

Porcentaje de ahorro en el consumo de energía =

$100 \times 208.321,12 \text{ kWh/año} / 449.579,40 \text{ kWh/año} = 46,34 \%$

Ahorro económico = 16.627,22 €/año + 10.454,52 €/año = 27.081,74 €/año.

Reducción en la producción de CO₂ = 43.486,58 kgCO₂/año + 27.342,61 kgCO₂/año = 70.829,19 kgCO₂/año.

6.6. APROVECHAMIENTOS DE LOS CALORES RESIDUALES DEL PROCESO FRIGORÍFICO

Otra manera de reducir el impacto ambiental generado por los consumos de electricidad en los diferentes procesos que tienen lugar en un establecimiento comercial y también reducir el gasto ocasionado por el funcionamiento de la instalación, consiste en aprovechar el calor que se genera en los procesos termodinámicos que tienen lugar en la instalación frigorífica. Se detalla en el punto 8.1 "Aprovechamiento energético de calores residuales" del capítulo 8 de la presente tesis.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones frigoríficas en el sector comercial.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 7:

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL

7.1. Introducción

7.2. Estrategias de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación de un establecimiento comercial

7.2.1. Mejoras en el diseño del establecimiento para reducir su demanda energética

7.2.1.1. Reducción de la altura de los techos

7.2.1.2. Zonificación de las zonas climatizadas

7.2.1.3. Vestíbulos previos en las zonas de entrada al establecimiento

7.2.1.4. Presiones positivas de aire en las zonas climatizadas

7.2.2. Correcta regulación de los equipos de climatización

7.2.3. Control de los periodos de funcionamiento

7.2.4. Aprovechamiento de la entalpía del aire exterior

7.2.5. Instalación de recuperadores de calor

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

7.2.6. Aprovechamiento energético del aire caliente residual, procedente de las centrales de frío industrial, para aumentar el rendimiento de las máquinas de climatización

7.2.7. La tecnología inverter en los equipos de climatización

7.2.8. Un correcto mantenimiento de la instalación

7.3. Alternativa al sistema tradicional de climatización de un supermercado y aumento de la eficiencia

7.3.1. Análisis de una instalación tradicional de climatización y ventilación de un supermercado, con máquinas de conductos

7.3.2. Instalación de climatización y ventilación de un supermercado, empleando máquinas de alta eficiencia energética con sistema Inverter

7.3.2.1. Condiciones extremas

7.3.2.2. Condiciones habituales

7.3.3. Análisis de los resultados obtenidos

7.3.4. Ahorro obtenido

7.3.4.1. En condiciones extremas

7.3.4.2. En condiciones habituales

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

7.3.4.3. Ahorro económico anual y en la producción de CO₂ obtenido por la sustitución de un sistema de climatización tradicional por otro de alta eficiencia energética. Periodo de amortización

7.3.4.4. Ahorro económico anual y en la producción de CO₂ por el aprovechamiento del calor residual de condensación del sistema de frío industrial. Periodo de amortización

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL

7.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se detallan las estrategias de ahorro que han demostrado su eficacia en el diseño de nuevos establecimientos comerciales, mejorando la sensación de confort por parte de los clientes de estos establecimientos, a la vez que se ha conseguido una reducción del gasto ocasionado por el consumo eléctrico de la instalación de climatización y ventilación.

Al final del capítulo se realiza un análisis detallado de las posibilidades de ahorro y de reducción en la producción de gases de efecto invernadero, conseguidas con la sustitución de una instalación tradicional de climatización comercial, por una instalación de alta eficiencia energética. Este análisis ha sido realizado en base a los datos reales de la reforma de un supermercado de Castilla y León, con una superficie útil de exposición y venta de 950 m² y una superficie construida de 1.510 m².

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

7.2. ESTRATEGIAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE UN ESTABLECIMIENTO COMERCIAL

A continuación se detallan las medidas más interesantes, que actualmente pueden aplicarse en los supermercados para reducir el consumo de energía destinado a la climatización y ventilación del comercio.

7.2.1. Mejoras en el diseño del establecimiento para reducir su demanda energética

Con la implantación de las siguientes medidas, como soluciones constructivas, en la fisonomía del supermercado, se conseguirá reducir la necesidad de climatización del establecimiento:

7.2.1.1. Reducción de la altura de los techos:

La disminución de la altura de los techos o falsos techos del supermercado, reduce el volumen del espacio a calefactar o refrigerar y por lo tanto requerirá de una instalación de climatización de menor potencia y consumo. Una altura aconsejable y que está en sintonía con la exigida por la mayoría de normativas, es 3 metros de altura de la sala de ventas.

7.2.1.2. Zonificación de las zonas climatizadas:

En un supermercado existen zonas climatizadas como la sala de ventas y otras zonas que no lo están, como almacenes,

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

aparcamientos, salas de máquinas, etc. Es necesario evitar la transferencia de aire entre estas zonas, ya que aumentaría el consumo energético de la climatización. Para ello, las puertas de separación deben permanecer cerradas, resultando de gran utilidad la colocación de empujadores.

Un diseño de la climatización por zonas, también permite que las diferentes máquinas funcionen de manera independiente, satisfaciendo de manera más eficiente energéticamente, las diferentes necesidades de temperatura de las zonas a climatizar.

7.2.1.3. Vestíbulos previos en las zonas de entrada al establecimiento:

La colocación de doble puerta, con vestíbulo de separación entre el supermercado y la calle, impide que se introduzca aire sin acondicionar térmicamente procedente del exterior del establecimiento y evita las corrientes de aire que aparecen cuando hay más de una entrada al local.

En ocasiones, esta medida elimina la necesidad de colocar cortinas eléctricas de aire para evitar la comunicación de la zona climatizada de la tienda con el exterior, con el consiguiente ahorro en consumo de energía.

7.2.1.4. Presiones positivas de aire en las zonas climatizadas:

Resulta aconsejable favorecer dentro de las zonas climatizadas una presión del aire positiva, mediante los sistemas de admisión de aire de los equipos de climatización.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

De esta manera se creará una barrera que dificultará la introducción, a través de las puertas del comercio, de aire sin acondicionar procedente del exterior, que penalizaría el funcionamiento de la climatización del centro.

7.2.2. Correcta regulación de los equipos de climatización

El consumo de energía por parte del sistema de climatización aumenta entre un 5% y un 8%, por cada grado centígrado extra de calefacción o aire acondicionado. Por lo tanto, una adecuada regulación de la temperatura de servicio y de los parámetros de humedad y admisión del aire, resultan esenciales a la hora de reducir el consumo energético de la instalación.

En la tabla siguiente se reflejan las condiciones recomendadas en los periodos de verano e invierno, para la regulación de la climatización en comercios, según *La Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en el Sector Servicios del Instituto Tecnológico de Galicia*.

TIPO DE APLICACIÓN	VERANO			INVIERNO				
	PRÁCTICA COMERCIAL			CON HUMECTACIÓN			SIN HUMECTACIÓN	
	T ^a seca	Humedad relativa	ΔT ^a	T ^a seca	Humedad relativa	ΔT ^a	T ^a seca	ΔT ^a
	°C	%	°C	°C	%	°C	°C	°C
Tiendas y Comercios	26-27	50-45	1 a 2	22-23	35-30	-1,5 a -2	23-24	-2

Tabla 14. Temperaturas recomendables en invierno y verano para tiendas y comercios. Fuente: Guía de ahorro y eficiencia energética en el sector servicios del Instituto Tecnológico de Galicia.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

El Real Decreto 1.826/2.009, de 27 de noviembre, que modificó el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), impone las siguientes limitaciones en la temperatura y la humedad de los locales climatizados y destinados a uso comercial:

- En verano: temperatura mínima de 26 °C.

- En invierno: temperatura máxima de 21 °C.

Con una humedad relativa entre el 30% y el 70%.

La experiencia y el análisis de las temperaturas de servicio de la climatización, en supermercados del norte de España, principalmente Galicia, Asturias y Castilla y León, permite aseverar que la temperatura mínima en verano, exigida por el Real Decreto, resulta muy escasa y puede ocasionar problemas de conservación de productos con cremas, chocolate, etc. Este inconveniente resulta mayor en las zonas con alto grado de humedad, como lugares cercanos a la costa ya que la sensación térmica de calor aumenta. Una regulación admisible de la temperatura sería:

	VERANO	INVIERNO
	Temperatura °C	Temperatura °C
Zonas de interior Ejemplo: Castilla y León	24-25	20
Zonas de costa Ejemplo: Asturias	23-24	21

Tabla 15. Temperaturas recomendables en invierno y verano para supermercados en zonas del interior peninsular y en zonas costeras.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.3. Control de los periodos de funcionamiento

Para evitar el funcionamiento innecesario de los equipos de climatización, se deben implantar sistemas de control del encendido y apagado de los mismos. Estos sistemas pueden ser desde sencillos programadores horarios, situados en el cuadro eléctrico o en los termostatos de los diferentes equipos, hasta sistemas de domótica que regulen los periodos de servicio en función de los horarios del comercio, las condiciones de temperatura, la humedad, la concentración de CO₂ del aire, etc.

7.2.4. Aprovechamiento de la entalpía del aire exterior

Un sistema de ahorro que puede resultar muy interesante y que la legislación obliga a usar en cierto tipo de instalaciones de climatización, es el denominado enfriamiento gratuito o free-cooling. Consiste en aprovechar el aire del exterior del comercio para refrigerar el supermercado y evitar en parte el funcionamiento de los sistemas de climatización y por lo tanto ahorrar energía.

Para lo cual, es necesario disponer de sensores que registren la entalpía del aire interior y exterior al local y mediante un control electrónico permitir cuando las condiciones sean favorables la entrada de aire del exterior al interior del supermercado, pasando por un filtrado de impurezas previo.

El free-cooling resulta especialmente recomendable en los siguientes casos:

- La temperatura del aire en el exterior del supermercado es inferior a la temperatura en el interior, debido a que la carga térmica

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

almacenada dentro del supermercado es elevada. Mediante el free-cooling, se impulsa aire al interior del supermercado, sin necesidad de ser refrigerado, disminuyendo la temperatura del comercio.

- La temperatura del aire en el exterior del supermercado es superior a la temperatura del aire expulsado por el sistema de climatización. En estos casos, mediante un sistema de compuertas, se aprovecha el aire que se iba a expulsar, para ser recirculado a los equipos de climatización y disminuir el consumo de energía en el proceso de refrigeración.

Los ahorros conseguidos con este sistema, en varios supermercados analizados, llegaron a ser de un 20% respecto a un sistema sin enfriamiento gratuito y el periodo de amortización de la inversión no superó los dos años.

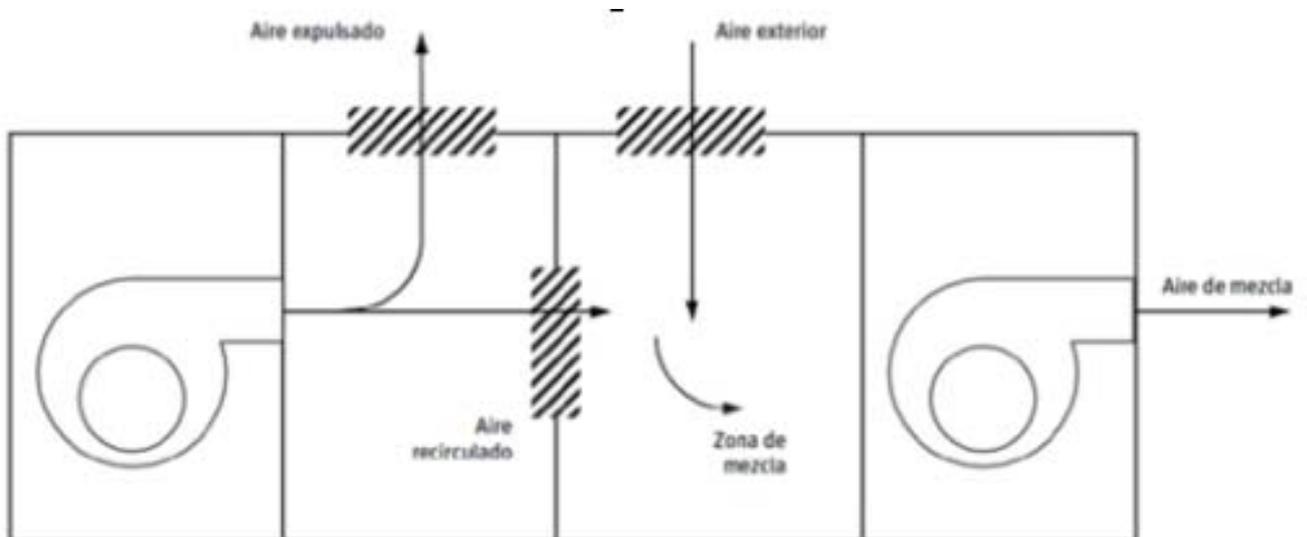


Figura 13. Esquema de funcionamiento de un sistema Free-Cooling, con sus compuertas. Fuente: IDAE.

7.2.5. Instalación de recuperadores de calor

Se emplea el aire caliente procedente del proceso de climatización para precalentar el aire frío que los equipos toman del exterior.

El proceso se explica en el apartado 8.1.2. "Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de climatización" del capítulo 8 de la presente tesis.

7.2.6. Aprovechamiento energético del aire caliente residual, procedente de las centrales de frío industrial, para aumentar el rendimiento de las máquinas de climatización

Se trata de la utilización del calor residual, que los condensadores de la instalación de frío industrial evacúan al exterior de la sala de máquinas, para aumentar el rendimiento del sistema de climatización. Esta mejora resulta mayor en invierno y cuanto más baja sea la temperatura de admisión del aire del exterior, por parte del equipo de climatización.

El sistema se detalla en el apartado 8.1.1 "Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de frío industrial" del capítulo 8 de la presente tesis.

7.2.7. La tecnología inverter en los equipos de climatización

Los equipos de climatización con tecnología inverter, permiten la regulación electrónica del funcionamiento de los compresores del sistema de climatización, en función de la temperatura de confort fijada para el local que se desea climatizar. Mediante la regulación de la potencia del motor del compresor, se evitan los tradicionales ciclos de arranque y paro de los equipos de climatización tradicionales, eludiendo los altos consumos de energía que se producen en los periodos de arranque de los equipos. También aumenta la sensación de confort por parte del usuario, al no producirse cambios bruscos en la temperatura del local climatizado.

Los equipos con ésta tecnología tienen un consumo de energía muy inferior a los equipos tradicionales, con ahorros entre un 20% y un 60%. Pueden funcionar a temperaturas exteriores inferiores manteniendo su rendimiento, además al evitar los periodos de paro de ciertas unidades, la distribución del aire dentro del local es más uniforme.

Como se aprecia en el gráfico 20, los equipos con esta tecnología alcanzan la temperatura de confort fijada antes que los equipos tradicionales. Pero presentan la desventaja de ser equipos más caros.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

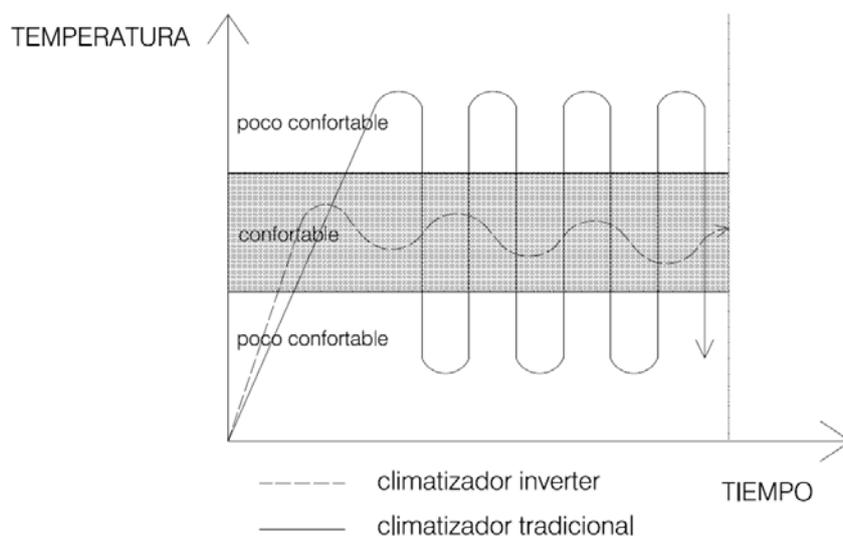


Gráfico 20. Temperatura vs tiempo, que compara el funcionamiento de un climatizador inverter con otro tradicional. Fuente: Elaboración propia según documentación técnica de equipos inverter.

7.2.8. Un correcto mantenimiento de la instalación

Para mantener el conjunto de la instalación de climatización en las mejores condiciones posibles, garantizando su eficiencia energética, resulta indispensable un correcto mantenimiento preventivo y correctivo.

Algunos de los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento son:

- La revisión de los conductos de distribución de refrigerante y aire, evitando posibles fugas.
- La limpieza de los filtros, para garantizar la calidad del aire.
- La comprobación de los niveles del líquido refrigerante.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

- La revisión del correcto funcionamiento de los diferentes componentes mecánicos de las bombas de calor y ventiladores.

- La limpieza de rejillas y conductos de toma y salida de aire.

- La comprobación de los parámetros de funcionamiento, en los termostatos y la modificación de los mismos en función de las condiciones climatológicas.

7.3. ALTERNATIVA AL SISTEMA TRADICIONAL DE CLIMATIZACIÓN DE UN SUPERMERCADO Y AUMENTO DE LA EFICIENCIA

A continuación se compara, desde el punto de vista económico y medioambiental, un sistema de climatización tradicional con un sistema de alta eficiencia energética. Para ello se ha analizado un supermercado tipo, en Castilla y León, con una superficie de venta de 950 m² y dos puertas de entrada al comercio.

Mediante un programa informático basado en el cálculo de cargas térmicas de Carrier, se han obtenido las siguientes demandas de calefacción y climatización, por parte del supermercado. Se realiza el cálculo para unas condiciones ambientales extremas y otras más habituales:

Condiciones interiores del supermercado:

- Verano: 25 °C (temperatura) y 40% Hr (humedad)

- Invierno: 20 °C

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

*Condiciones exteriores al supermercado, **extremas**:*

- Verano: 35 °C y 25% Hr

- Invierno: – 5 °C y 90% Hr

Donde Hr es la humedad relativa. Siendo la humedad relativa la cantidad de humedad que el aire tiene, en relación con la máxima humedad que puede contener a la misma temperatura.

*Condiciones exteriores al supermercado, **habituales**:*

- Verano: 30 °C y 30 % Hr

- Invierno: 0 °C y 80 % Hr

El programa de cálculo nos facilitó las siguientes cargas térmicas:

Para condiciones extremas:

- Verano: 84,02 kW

- Invierno: 78,82 kW

Para condiciones habituales:

- Verano: 75,90 kW

- Invierno: 70,81 kW

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Para combatir la demanda térmica se procede a realizar la comparativa entre un sistema de climatización tradicional y uno nuevo de alta eficiencia energética.

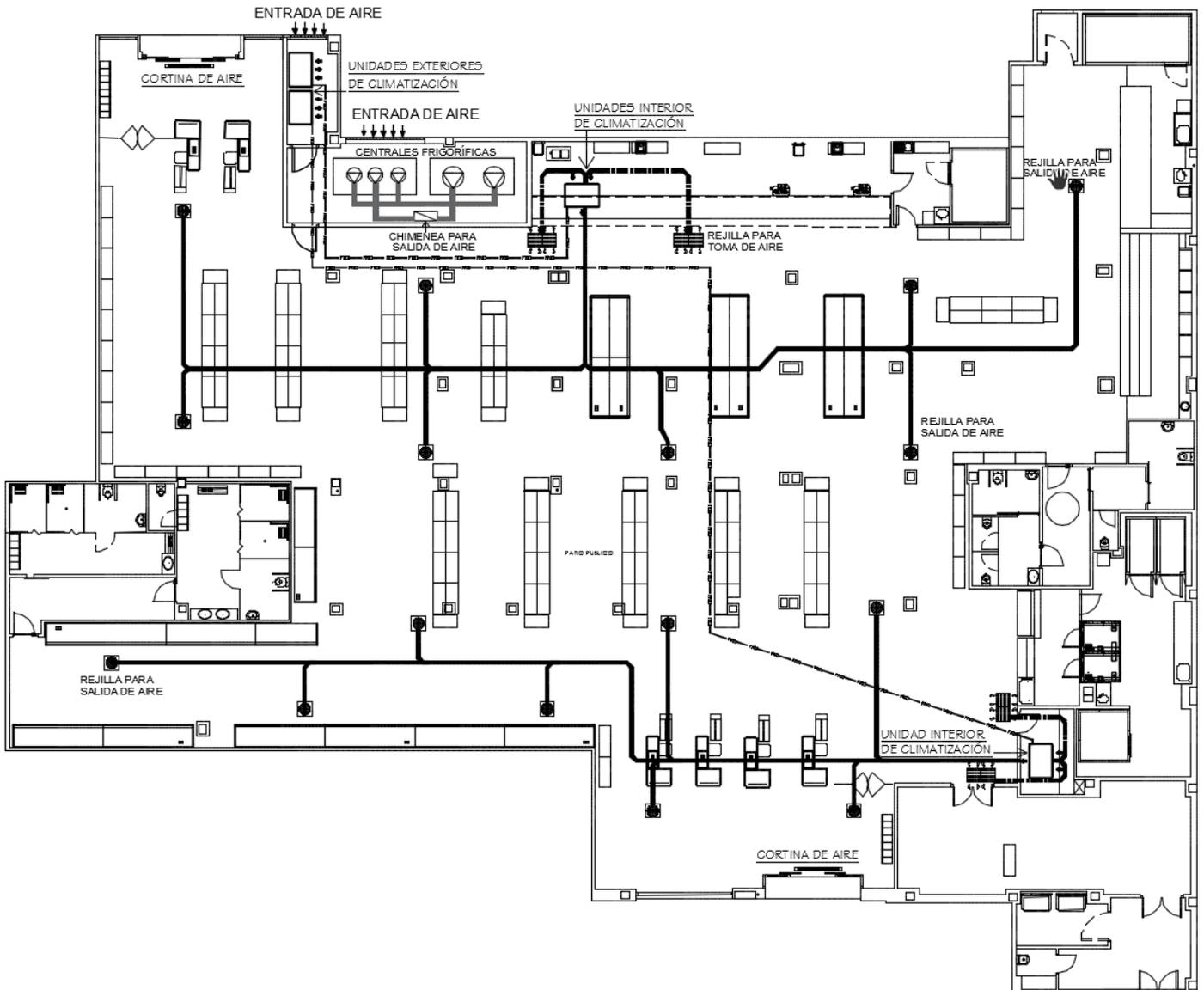


Figura 14. Diseño de climatización tradicional para un supermercado.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

El sistema de climatización tradicional (figura 14) estaría compuesto por 2 máquinas de climatización de compresor constante, con unidades interiores para conexión a una red de conductos con resistencia eléctrica de apoyo. Se instala también una cortina eléctrica de aire, de 15 kW en cada una de las dos puertas de entrada al supermercado.

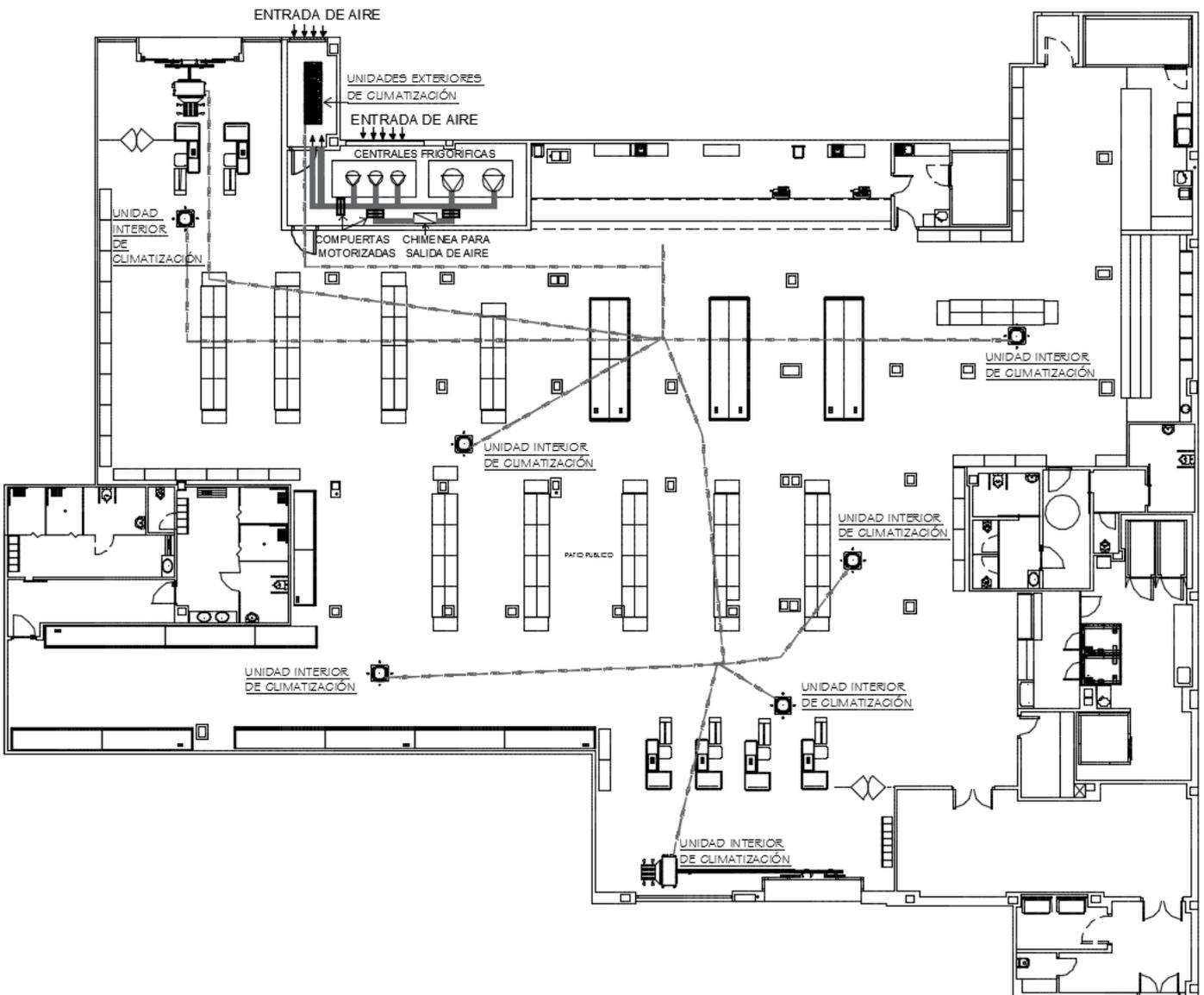


Figura 15. Diseño de climatización de alta eficiencia energética para un supermercado. Fuente: Elaboración propia.

El sistema de climatización de alta eficiencia energética (figura 15) estaría compuesto por una unidad de climatización de compresores Inverter, 6 unidades interiores de cassette y 2 unidades interiores de conductos para realizar las funciones de barrido de aire de las cortinas de aire, en las puertas de entrada al supermercado.

El nuevo sistema no presisa incrementar la potencia de la máquina de climatización exterior, debido a que en verano las máquinas que hacen de cortinas de aire de las puertas, funcionan sólo en ventilación y en invierno la demanda térmica está distribuida por las fachadas del supermercado, con lo que los cassettes centrales estarían parados. Entendiéndose por tanto, que en verano funcionarían los cassettes y en invierno funcionarían las cortinas de aire caliente y los cassettes más cercanos a las fachadas y puertas. Por otra parte, el sistema permite aprovechar el aire caliente de las unidades de frío industrial, aumentando el rendimiento de las unidades de climatización y disminuyendo el consumo energético y la producción de CO₂.

A continuación se presentan los cálculos obtenidos con el programa informático y las tablas con las características técnicas de los equipos de climatización de los dos sistemas analizados.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

CONDICIONES DEL PROYECTO				INVIERNO		VERANO		MÁXIMA CARGA VERANO	
EXTERNAS				0,00 °C	30,00 °C	30,00 %HR.		MES 8	HORA 16
INTERNAS				20,00 °C	25,00 °C	40,00 %HR.		29,50 °C	31,20 %HR.

Zona: TIENDA				950,00 m ²		VERANO (Watt/h)			INVIERNO
						TOTAL	SENSIBLE	LATENTE	(Watt/h)
MUROS	N		m2						
	NE		m2						
	E		m2						
	SE		m2						
	S	10,00	m2				48		153
	SO		m2						
	O		m2						
	NO		m2						
	SOMBRA		m2						
TOTAL CARGA POR MUROS						48	48		153
CRISTALES	N		m2						
	NE		m2						
	E		m2						
	SE		m2						
	S	20,00	m2				5.362		2.558
	SO		m2						
	O		m2						
	NO		m2						
	SOMBRA		m2						
TOTAL CARGA POR CRISTALES						5.362	5.362		2.558
TABIQUES	TIPO1	825,00	m2	+	m2 Cristal		9.633		19.367
	TIPO2		m2	+	m2 Cristal				
TOTAL CARGA POR TABIQUES						9.633	9.633		19.367
TECHOS EXTERIORES			m2						
TECHOS INTERIORES		950,00	m2				4.823		9.697
CLARABOYAS			m2						
SUELO		950,00	m2				5.279		9.697
TOTAL POR TECHOS, CLARABOYAS Y SUELO						10.102	10.102		19.394
AIRE EXTERIOR		4.350	m3/h	(1,50 Renovaciones * hora)			6.601		29.337
AIRE EXTERIOR		4.350	m3/h	(29,00 m3/h. por persona)				453	
PERSONAS		150					8.700	8.400	
ILUMINACIÓN		33,25	KW				26.600		
MOTORES			HP						
OTRAS CARGAS			Kw Sensibles		Kw Latentes				
TOTAL CARGAS INTERNAS						50.754	41.901	8.853	29.337
CARGAS TOTALES						75.899	67.046	8.853	70.809

Resultados hora a hora en Verano												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. M.	14.206	13.020	13.169	13.243	13.309	13.476	13.629	55.185	56.003	56.949	60.859	65.093
P. M.	68.979	72.901	74.398	75.899	74.410	72.444	69.772	68.162	65.735	17.370	16.342	15.391

Resultados Invierno												
Tª	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	9,00	11,00	13,00	15,00
TOTAL	70.809	57.851	54.807	51.762	48.717	45.672	42.626	39.583	33.495	27.404	21.315	15.225

Tabla 16. Cálculos de cargas en un supermercado para condiciones térmicas habituales. Fuente: Elaboración propia utilizando programa informático basado en el cálculo de cargas térmicas de Carrier.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

CONDICIONES DEL PROYECTO				INVIERNO		VERANO	
EXTERNAS		-5,00 °C	34,80 °C	23,60 %H.R.			
INTERNAS		20,00 °C	25,00 °C	40,00 %H.R.			

MÁXIMA CARGA VERANO	
MES 8	HORA 16
34,30 °C	24,10 %H.R.

Zona: TIENDA				950,00 m ²		
				VERANO (Watt/h)		INVIERNO
				TOTAL	SENSIBLE	LATENTE
MUROS	N	m2	.....		
	NE	m2	.....		
	E	m2	.....		
	SE	m2	.....		
	S	10,00	m2	.....	81	
	SO	m2	.....		
	O	m2	.....		
	NO	m2	.....		
	SOMBRA	m2	.....		
TOTAL CARGA POR MUROS				81	81	192
CRISTALES	N	m2	.....		
	NE	m2	.....		
	E	m2	.....		
	SE	m2	.....		
	S	20,00	m2	.....	5.920	
	SO	m2	.....		
	O	m2	.....		
	NO	m2	.....		
	SOMBRA	m2	.....		
TOTAL CARGA POR CRISTALES				5.920	5.920	3.198
TABIQUES	TIPO1	825,00	m2 +	m2 Cristal	9.656	19.367
	TIPO2		m2 +	m2 Cristal		
TOTAL CARGA POR TABIQUES				9.656	9.656	19.367
TECHOS EXTERIORES			m2	.....	
TECHOS INTERIORES		950,00	m2	.....	4.834	9.697
CLARABOYAS			m2	.....	
SUELO		950,00	m2	.....	5.292	9.697
TOTAL POR TECHOS, CLARABOYAS Y SUELO				10.126	10.126	19.394
AIRE EXTERIOR		4.350	m3/h	(1,50 Renovaciones * hora)	13.642	
AIRE EXTERIOR		4.350	m3/h	(29,00 m3/h. por persona)		895
PERSONAS		150			8.700	8.400
ILUMINACIÓN		33,25	KW		26.600	
MOTORES			HP			
OTRAS CARGAS			Kw Sensibles	Kw Latentes		
TOTAL CARGAS INTERNAS				58.237	48.942	9.295
CARGAS TOTALES				84.020	74.725	9.295

Resultados hora a hora en Verano												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. M.	15.553	14.507	14.638	14.703	14.841	14.907	15.041	63.564	64.334	65.279	69.117	73.331
P. M.	77.143	81.049	82.534	84.020	82.366	80.565	77.808	76.257	73.914	18.350	17.440	16.601

Resultados Invierno												
T°	-5,00	-3,30	-1,60	0,10	1,80	3,50	5,20	7,00	9,00	11,00	13,00	15,00
TOTAL	78.823	63.178	58.568	53.958	49.349	44.740	40.131	35.249	29.827	24.403	18.981	13.558

Tabla 17. Cálculos de cargas en un supermercado para condiciones térmicas extremas. Fuente: Elaboración propia utilizando programa informático basado en el cálculo de cargas térmicas de Carrier.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN

Tabla 4.5a

CMC - CMH040 S			Temperatura de entrada de aire a la unidad exterior (Bulbo seco)																		
Temperatura de aire de mezcla °C	Bulbo húmedo Interior	Bulbo seco Interior	20 °C			25 °C			30 °C			35 °C			40 °C			45 °C			
			GC	SC	AC	GC	SC	AC	GC	SC	AC	GC	SC	AC	GC	SC	AC	GC	SC	AC	
Caudal de aire mínimo	6950 m³/h	16	21	42,1	24,7	9,1	41,0	24,2	9,7	39,6	23,5	10,5	38,0	22,8	11,5	36,1	21,9	12,9	33,9	20,8	14,9
			24	42,1	30,5	9,1	41,1	29,9	9,8	39,7	29,2	10,5	38,1	28,3	11,6	36,2	27,2	13,0	34,1	25,9	15,0
			27	42,4	35,6	9,1	41,3	35,0	9,8	40,0	34,2	10,6	38,4	33,2	11,6	36,6	31,9	13,0	34,5	30,5	15,0
		19	24	45,8	24,2	9,4	44,5	23,7	10,0	43,0	23,1	10,8	41,2	22,4	11,8	39,1	21,6	13,2	36,8	20,6	15,2
			27	45,8	30,2	9,4	44,6	29,6	10,0	43,1	28,9	10,8	41,3	28,1	11,8	39,2	27,1	13,2	36,9	25,9	15,3
			30	46,0	35,4	9,4	44,8	34,8	10,0	43,3	34,0	10,8	41,5	33,1	11,9	39,5	31,9	13,3	37,2	30,6	15,3
		22	27	50,0	22,9	9,6	48,5	22,5	10,3	46,8	22,0	11,1	44,9	21,4	12,2	42,6	20,8	13,6	40,1	20,0	15,6
			30	49,9	29,2	9,6	48,6	28,7	10,3	46,8	28,1	11,1	44,9	27,4	12,2	42,7	26,5	13,6	40,2	25,5	15,6
			33	50,0	34,6	9,6	48,6	34,1	10,3	47,0	33,4	11,1	45,1	32,5	12,2	42,9	31,5	13,6	40,5	30,3	15,7
Caudal de aire nominal	8150 m³/h	16	21	42,8	25,9	9,6	41,6	25,4	10,2	40,2	24,7	11,0	38,5	23,9	12,1	36,5	22,9	13,5	34,3	21,8	15,7
			24	43,0	32,3	9,6	41,8	31,6	10,2	40,4	30,8	11,1	38,7	29,8	12,1	36,8	28,7	13,6	34,6	27,3	15,7
			27	43,3	37,9	9,6	42,2	37,2	10,3	40,8	36,3	11,1	39,2	35,2	12,2	37,2	33,9	13,7	35,1	32,3	15,8
		19	24	46,6	25,5	9,8	45,2	24,9	10,5	43,6	24,3	11,3	41,7	23,6	12,4	39,8	22,7	13,9	37,2	21,7	16,0
			27	46,6	32,0	9,8	45,3	31,4	10,5	43,8	30,7	11,3	41,9	29,7	12,4	39,8	28,7	13,9	37,4	27,4	16,1
			30	46,9	37,8	9,9	45,7	37,1	10,5	44,1	36,3	11,4	42,3	35,2	12,5	40,2	34,0	13,9	37,9	32,5	16,1
		22	27	50,7	24,3	10,1	49,2	23,9	10,8	47,5	23,3	11,6	45,4	22,7	12,7	43,1	22,0	14,2	40,6	21,2	16,4
			30	50,7	31,2	10,1	49,3	30,6	10,8	47,5	30,0	11,6	45,5	29,2	12,7	43,3	28,2	14,2	40,7	27,1	16,4
			33	51,0	37,2	10,1	49,5	36,5	10,8	47,8	35,8	11,7	45,8	34,9	12,8	43,6	33,7	14,3	41,1	32,4	16,5
Caudal de aire máximo	9050 m³/h	16	21	43,7	26,0	9,5	42,4	25,4	10,1	40,9	24,8	10,8	39,2	24,0	11,8	37,1	23,0	13,1	34,8	21,9	15,0
			24	43,9	32,8	9,5	42,7	32,1	10,1	41,2	31,3	10,9	39,5	30,3	11,8	37,5	29,1	13,2	35,2	27,7	15,1
			27	44,3	38,8	9,5	43,2	38,1	10,2	41,7	37,2	10,9	40,0	36,1	11,9	38,0	34,7	13,2	35,8	33,1	15,1
		19	24	47,4	25,5	9,7	46,0	25,0	10,4	44,4	24,4	11,1	42,4	23,6	12,1	40,2	22,8	13,5	37,8	21,8	15,4
			27	47,6	32,5	9,8	46,2	31,9	10,4	44,6	31,1	11,2	42,7	30,2	12,2	40,5	29,1	13,5	38,1	27,8	15,5
			30	47,9	38,7	9,8	46,6	38,0	10,4	45,0	37,2	11,2	43,1	36,1	12,2	41,0	34,9	13,6	38,6	33,3	15,5
		22	27	51,6	24,3	10,0	50,0	23,9	10,7	48,2	23,4	11,5	46,1	22,8	12,5	43,8	22,1	13,9	41,2	21,3	15,9
			30	51,7	31,6	10,1	50,2	31,1	10,7	48,4	30,4	11,5	46,3	29,6	12,5	44,0	28,7	13,9	41,4	27,6	15,9
			33	52,0	38,0	10,1	50,5	37,4	10,7	48,7	36,7	11,5	46,7	35,7	12,5	44,4	34,6	13,9	41,8	33,2	15,9

Tabla 18. Capacidades de refrigeración de los equipos utilizados en el sistema de climatización tradicional (Tentrada: 20-45 °C). Fuente: Catálogo Lennox.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

CAPACIDAD DE CALEFACCIÓN

Tabla 4.5b

CMH/CSH+CIH 040 S			Temperatura de entrada de aire a la unidad exterior (Bulbo seco)																			
			-10 °C		-5 °C		0 °C		5 °C		7 °C		10 °C		15 °C							
			NH	AC	NH	AC	NH	AC	NH	AC	NH	AC	NH	AC	NH	AC						
Caudal de aire mínimo	6950 m ³ /h	15	27,37	6,96	31,63	7,78	35,81	8,56	39,92	9,32	41,55	9,62	43,97	10,07	47,95	10,84						
		18	27,31	7,48	31,48	8,33	35,57	9,14	39,60	9,94	41,19	10,26	43,56	10,74	47,45	11,56						
		20	27,27	7,84	31,38	8,71	35,41	9,54	39,38	10,37	40,96	10,70	43,28	11,21	47,11	12,07						
		23	27,21	8,39	31,22	9,29	35,17	10,17	39,06	11,05	40,58	11,41	42,86	11,95	46,60	12,89						
		25	27,16	8,77	31,12	9,70	35,00	10,61	38,82	11,53	40,33	11,90	42,57	12,47	46,26	13,47						
		27	27,11	9,16	31,01	10,11	34,84	11,06	38,60	12,02	40,08	12,42	42,29	13,02	45,92	14,07						
Caudal de aire nominal	8150 m ³ /h	15	28,09	7,05	32,44	7,80	36,72	8,51	40,93	9,20	42,60	9,47	45,08	9,89	49,16	10,58						
		19	28,01	7,76	32,24	8,54	36,40	9,28	40,50	10,02	42,12	10,31	44,53	10,75	48,49	11,51						
		20	27,99	7,94	32,19	8,73	36,32	9,48	40,39	10,23	42,00	10,53	44,39	10,98	48,32	11,76						
		23	27,92	8,50	32,04	9,32	36,08	10,11	40,06	10,89	41,63	11,21	43,97	11,70	47,82	12,53						
		25	27,88	8,89	31,93	9,72	35,92	10,54	39,84	11,35	41,39	11,69	43,69	12,19	47,48	13,07						
		27	27,83	9,28	31,83	10,13	35,76	10,98	39,62	11,83	41,14	12,18	43,41	12,71	47,13	13,64						
Caudal de aire máximo	9050 m ³ /h	15	28,36	6,91	32,79	7,61	37,14	8,28	41,43	8,92	43,13	9,18	45,66	9,56	49,81	10,20						
		19	28,29	7,61	32,59	8,34	36,83	9,03	41,00	9,71	42,65	9,98	45,11	10,39	49,14	11,06						
		20	28,27	7,79	32,54	8,52	36,75	9,22	40,90	9,91	42,53	10,19	44,97	10,61	48,98	11,32						
		23	28,20	8,34	32,39	9,10	36,51	9,82	40,57	10,55	42,17	10,84	44,55	11,28	48,47	12,04						
		25	28,16	8,72	32,29	9,49	36,35	10,24	40,35	10,99	41,93	11,29	44,27	11,75	48,13	12,55						
		27	28,11	9,10	32,19	9,89	36,19	10,66	40,12	11,44	41,68	11,75	43,99	12,24	47,79	13,08						
POTENCIA ABSORBIDA VENTILADOR INTERIOR (kW)																						
Caudal de aire mínimo			0,31				Caudal de aire nominal				0,38				Caudal de aire máximo				0,44			
POTENCIA ABSORBIDA VENTILADOR EXTERIOR (kW)																						
Caudal de aire nominal			1,28																			

Tabla 19. Capacidades de calefacción de los equipos utilizados en el sistema de climatización tradicional (Tentrada: -10-15 °C). Fuente: Catálogo Lennox.

Donde:

GC (kW) : Capacidad frigorífica bruta.

NH (kW): Capacidad de calefacción neta.

SC (kW): Potencia sensible.

AC (kW): Potencia absorbida por el compresor.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Outdoor Units

Combination (%)	Outdoor air temp °C DB	Indoor air temp. (DB/WB, °C)														
		20		23		26		27		28		30		32		
		14	16	18	19	20	22	24	TC	PI	TC	PI	TC	PI		
130	10	71.7	7.33	85.4	8.95	99.1	10.39	102.9	10.59	104.0	10.71	106.6	10.77	109.2	10.83	
	12	71.7	7.51	85.4	9.28	99.1	10.81	101.4	10.89	103.1	11.09	105.2	11.20	107.8	11.26	
	14	71.7	7.76	85.4	9.61	98.7	11.22	100.3	11.30	101.4	11.50	104.0	11.60	108.6	11.70	
	16	71.7	8.04	85.4	9.94	97.6	11.72	98.7	11.83	99.9	11.92	102.6	12.03	105.2	12.13	
	18	71.7	8.38	85.4	10.52	96.1	12.35	97.3	12.46	98.7	12.53	101.4	12.59	104.0	12.66	
	20	71.7	8.75	85.4	11.21	94.7	12.94	96.4	13.06	97.3	13.14	99.9	13.21	102.6	13.28	
	21	71.7	8.98	85.4	11.60	94.1	13.24	95.6	13.37	96.8	13.44	99.4	13.51	102.0	13.59	
	23	71.7	9.63	85.4	12.45	92.9	13.81	94.1	13.94	95.5	14.05	97.9	14.12	100.5	14.21	
	25	71.7	10.29	85.4	13.31	91.5	14.42	93.0	14.57	94.1	14.67	96.8	14.74	99.4	14.83	
	27	71.7	11.01	85.4	14.22	90.3	15.05	91.5	15.18	93.0	15.28	95.5	15.35	97.9	15.45	
	29	71.7	11.73	85.4	15.20	88.9	15.68	90.1	15.78	91.5	15.89	94.1	15.96	96.8	16.06	
	31	71.7	12.52	85.1	16.01	87.4	16.29	88.9	16.41	90.1	16.49	92.6	16.56	95.2	16.68	
	33	71.7	13.34	83.6	16.63	86.3	16.92	87.7	17.02	88.9	17.11	91.5	17.20	93.8	17.30	
	35	71.7	14.22	82.1	17.24	84.7	17.54	86.3	17.65	87.7	17.72	90.0	17.81	92.6	17.92	
	37	71.7	14.72	81.0	17.57	83.8	17.88	84.7	18.03	86.3	18.10	88.6	18.15	91.2	18.28	
	39	71.7	15.23	79.6	17.91	82.1	18.24	83.8	18.38	84.7	18.43	87.4	18.50	90.0	18.63	
	120	10	66.3	6.59	78.6	8.09	91.7	9.60	99.1	10.38	102.7	10.54	105.1	10.59	107.5	10.62
		12	66.3	6.76	78.6	8.35	91.7	9.99	96.1	10.59	101.3	10.94	103.6	11.07	106.0	11.11
		14	66.3	7.00	78.6	8.64	91.7	10.39	96.1	11.00	99.9	11.34	102.5	11.50	104.8	11.60
16		66.3	7.26	78.6	8.96	91.7	10.78	97.5	11.58	98.7	11.85	101.0	11.80	103.4	12.04	
18		66.3	7.54	78.6	9.40	91.7	11.45	96.1	12.23	97.3	12.46	99.6	12.51	102.2	12.58	
20		66.3	7.82	78.6	9.96	91.7	12.20	94.9	12.94	95.1	13.08	98.4	13.13	100.8	13.18	
21		66.3	8.06	78.6	10.32	91.7	12.63	94.0	13.24	95.2	13.38	97.8	13.43	100.1	13.49	
23		66.3	8.62	78.6	11.04	91.7	13.47	92.9	13.83	94.0	13.99	96.4	14.04	98.7	14.10	
25		66.3	9.21	78.6	11.83	90.3	14.20	91.4	14.45	92.6	14.59	95.2	14.65	97.5	14.71	
27		66.3	9.83	78.6	12.85	89.1	14.82	90.3	15.05	91.4	15.20	93.8	15.26	96.1	15.33	
29		66.3	10.49	78.6	13.51	87.6	15.55	88.7	15.68	89.9	15.81	92.2	15.88	94.9	15.93	
31		66.3	11.17	78.6	14.42	86.1	16.19	87.6	16.26	88.7	16.42	91.1	16.48	93.4	16.54	
33		66.3	11.90	78.0	15.37	85.0	16.78	86.1	16.87	87.3	17.02	89.6	17.09	92.0	17.16	
35		66.3	12.85	78.8	16.39	83.5	17.43	84.7	17.50	86.1	17.63	88.5	17.70	90.8	17.77	
37		66.3	13.21	78.8	16.79	82.3	17.73	83.5	17.85	84.7	17.91	87.0	18.03	89.4	18.07	
39		66.3	13.77	78.6	17.19	80.9	18.03	82.1	18.16	83.2	18.22	85.9	18.33	88.2	18.38	
110		10	60.7	5.93	72.3	7.23	84.0	8.58	89.8	9.29	95.7	10.00	102.9	10.41	105.3	10.44
		12	60.7	6.11	72.3	7.47	84.0	8.94	89.8	9.55	95.7	10.37	101.8	10.81	103.8	10.96
		14	60.7	6.30	72.3	7.81	84.0	9.35	89.8	10.03	95.7	10.89	100.3	11.20	102.7	11.44
	16	60.7	6.53	72.3	8.09	84.0	9.73	89.8	10.48	95.7	11.55	99.2	11.83	101.2	11.92	
	18	60.7	6.77	72.3	8.42	84.0	10.29	89.8	11.15	95.7	12.23	97.7	12.44	100.1	12.49	
	20	60.7	7.01	72.3	8.85	84.0	10.91	89.8	11.86	94.2	12.91	95.6	13.05	98.5	13.10	
	21	60.7	7.18	72.3	9.11	84.0	11.30	89.8	12.31	93.6	13.21	95.7	13.36	98.0	13.41	
	23	60.7	7.64	72.3	9.76	84.0	12.13	89.8	13.06	92.2	13.83	94.5	13.96	96.6	14.01	
	25	60.7	8.16	72.3	10.42	84.0	12.98	89.8	13.84	91.0	14.42	93.1	14.57	95.4	14.82	
	27	60.7	8.72	72.3	11.14	84.0	13.89	88.4	14.60	89.6	15.10	91.9	15.17	93.9	15.23	
	29	60.7	9.31	72.3	11.90	84.0	14.82	87.2	15.22	88.4	15.71	90.4	15.78	92.7	15.84	
	31	60.7	9.90	72.3	12.68	84.0	15.83	85.7	15.89	86.9	16.31	89.2	16.39	91.3	16.44	
	33	60.7	10.58	72.3	13.51	83.4	16.71	84.5	16.61	85.7	16.92	87.6	16.99	90.1	17.08	
	35	60.7	11.21	72.3	14.42	81.9	17.30	83.1	17.37	84.3	17.53	86.3	17.60	88.7	17.67	
	37	60.7	11.85	72.3	14.85	80.8	17.60	81.9	17.63	82.8	17.78	85.2	17.90	87.2	17.95	
	39	60.7	12.10	72.3	15.30	79.3	17.89	80.5	17.92	81.7	18.06	83.7	18.17	86.1	18.22	
	100	10	52.9	5.34	63.0	6.48	73.3	7.69	78.4	8.32	83.5	8.93	93.8	9.95	103.1	10.03
		12	52.9	5.51	63.0	6.75	73.3	7.96	78.4	8.54	83.5	9.22	93.8	10.48	101.7	10.59
		14	52.9	5.68	63.0	7.03	73.3	8.29	78.4	8.91	83.5	9.62	93.8	11.07	100.5	11.17
16		52.9	5.85	63.0	7.26	73.3	8.65	78.4	9.33	83.5	10.14	93.8	11.60	99.1	11.77	
18		52.9	6.02	63.0	7.60	73.3	9.00	78.4	9.79	83.5	10.70	93.8	12.26	97.7	12.36	
20		52.9	6.25	63.0	7.81	73.3	9.50	78.4	10.49	83.5	11.50	93.8	12.85	96.3	12.96	
21		52.9	6.37	63.0	7.99	73.3	9.83	78.4	10.84	83.5	11.93	93.8	13.14	95.7	13.24	
23		52.9	6.75	63.0	8.55	73.3	10.58	78.4	11.83	83.5	12.78	92.4	13.76	94.5	13.87	
25		52.9	7.18	63.0	9.11	73.3	11.27	78.4	12.45	83.5	13.67	91.2	14.35	92.9	14.47	
27		52.9	7.67	63.0	9.73	73.3	12.06	78.4	13.31	83.5	14.53	89.8	15.02	91.9	15.15	
29		52.9	8.16	63.0	10.39	73.3	12.88	78.4	14.22	83.5	15.38	88.5	15.63	90.5	15.75	
31		52.9	8.72	63.0	11.07	73.3	13.73	78.4	15.17	83.5	16.16	87.1	16.23	89.1	16.36	
33		52.9	9.25	63.0	11.80	73.3	14.65	78.4	16.19	83.5	16.77	85.8	16.84	87.7	16.97	
35		52.9	9.83	63.0	12.55	73.3	15.60	78.4	17.27	82.2	17.37	84.5	17.44	86.3	17.58	
37		52.9	10.22	63.0	13.07	73.3	16.04	78.4	17.57	80.8	17.68	83.1	17.72	85.1	17.98	
39		52.9	10.61	63.0	13.59	73.3	16.47	78.4	17.85	79.5	17.93	81.8	18.00	83.7	18.17	

TC : Total Capacity(kW)
 PI : Power Input(kW)(Comp. + Outdoor fan motor)

Tabla 20. Capacidades de refrigeración de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 130-100%).

Fuente: Catálogo LG.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Combination (%)	Outdoor air temp °C DB	Indoor air temp. (DB/WB, °C)														
		20		23		26		27		28		30		32		
		14	15	16	18	19	20	22	24							
90	10	47.6	4.54	56.9	5.46	66.1	6.43	70.5	6.93	75.1	7.46	84.3	8.35	93.5	9.30	
	12	47.6	4.59	56.9	5.54	66.1	6.55	70.5	7.08	75.1	7.63	84.3	8.52	93.5	9.46	
	14	47.6	4.68	56.9	5.65	66.1	6.68	70.5	7.21	75.1	7.77	84.3	8.69	93.5	9.63	
	16	47.6	4.76	56.9	5.77	66.1	6.83	70.5	7.38	75.1	7.91	84.3	8.85	93.5	9.81	
	18	47.6	4.84	56.9	5.88	66.1	6.93	70.5	7.52	75.1	8.07	84.3	9.05	93.5	10.31	
	20	47.6	4.93	56.9	5.99	66.1	7.08	70.5	7.66	75.1	8.39	84.3	9.68	93.5	10.80	
	21	47.6	4.99	56.9	6.05	66.1	7.21	70.5	7.91	75.1	8.69	84.3	10.04	93.5	11.05	
	23	47.6	5.10	56.9	6.30	66.1	7.72	70.5	8.50	75.1	9.30	84.3	10.76	92.2	11.57	
	25	47.6	5.35	56.9	6.71	66.1	8.24	70.5	9.08	75.1	9.94	84.3	11.50	90.9	12.06	
	27	47.6	5.71	56.9	7.18	66.1	8.80	70.5	9.69	75.1	10.84	84.3	12.23	89.8	12.63	
	29	47.6	6.05	56.9	7.63	66.1	9.41	70.5	10.36	75.1	11.37	84.3	13.09	88.2	13.14	
	31	47.6	6.43	56.9	8.14	66.1	10.03	70.5	11.04	75.1	12.12	84.3	13.59	86.9	13.64	
	33	47.6	6.85	56.9	8.67	66.1	10.69	70.5	11.75	75.1	12.85	84.3	14.11	85.6	14.15	
	35	47.6	7.27	56.9	9.20	66.1	11.37	70.5	12.53	75.1	13.63	82.8	14.62	84.2	14.67	
	37	47.6	7.72	56.9	9.78	66.1	12.12	70.5	13.31	75.1	14.39	81.5	15.13	82.9	15.17	
	39	47.6	8.17	56.9	10.39	66.1	12.83	70.5	14.02	75.1	15.13	80.2	15.64	81.6	15.68	
	80	10	42.3	4.01	50.4	4.82	58.5	5.65	62.7	6.10	66.9	6.55	75.1	7.46	83.1	8.10
		12	42.3	4.09	50.4	4.87	58.5	5.77	62.7	6.21	66.9	6.68	75.1	7.61	83.1	8.27
		14	42.3	4.15	50.4	4.99	58.5	5.85	62.7	6.33	66.9	6.76	75.1	7.74	83.1	8.42
16		42.3	4.21	50.4	5.07	58.5	5.96	62.7	6.43	66.9	6.91	75.1	7.91	83.1	8.59	
18		42.3	4.29	50.4	5.15	58.5	6.07	62.7	6.55	66.9	7.05	75.1	8.05	83.1	8.77	
20		42.3	4.37	50.4	5.27	58.5	6.21	62.7	6.68	66.9	7.19	75.1	8.35	83.1	9.38	
21		42.3	4.41	50.4	5.32	58.5	6.27	62.7	6.76	66.9	7.36	75.1	8.62	83.1	9.73	
23		42.3	4.49	50.4	5.40	58.5	6.35	62.7	7.19	66.9	7.86	75.1	9.10	83.1	10.43	
25		42.3	4.68	50.4	5.77	58.5	7.02	62.7	7.69	66.9	8.42	75.1	9.74	83.1	11.15	
27		42.3	4.93	50.4	6.13	58.5	7.49	62.7	8.22	66.9	8.97	75.1	10.35	83.1	11.86	
29		42.3	5.24	50.4	6.55	58.5	7.97	62.7	8.75	66.9	9.58	75.1	11.03	83.1	12.69	
31		42.3	5.57	50.4	6.93	58.5	8.50	62.7	9.33	66.9	10.19	75.1	11.77	83.1	13.19	
33		42.3	5.90	50.4	7.41	58.5	9.03	62.7	9.94	66.9	10.86	75.1	12.40	83.1	13.69	
35		42.3	6.27	50.4	7.86	58.5	9.64	62.7	10.59	66.9	11.59	75.1	13.14	82.3	14.18	
37		42.3	6.63	50.4	8.35	58.5	10.22	62.7	11.25	66.9	12.31	75.1	13.87	81.0	14.68	
39		42.3	7.01	50.4	8.83	58.5	10.82	62.7	11.86	66.9	13.10	75.1	14.52	79.5	15.19	
70		10	36.9	3.53	44.3	4.21	51.3	4.87	54.9	5.27	58.5	5.82	65.5	6.41	72.8	7.16
		12	36.9	3.60	44.3	4.26	51.3	4.89	54.9	5.35	58.5	5.74	65.5	6.52	72.8	7.30
		14	36.9	3.65	44.3	4.32	51.3	5.07	54.9	5.43	58.5	5.82	65.5	6.66	72.8	7.44
	16	36.9	3.71	44.3	4.41	51.3	5.15	54.9	5.54	58.5	5.93	65.5	6.76	72.8	7.59	
	18	36.9	3.76	44.3	4.49	51.3	5.27	54.9	5.65	58.5	6.05	65.5	6.88	72.8	7.73	
	20	36.9	3.81	44.3	4.57	51.3	5.35	54.9	5.77	58.5	6.18	65.5	7.05	72.8	8.02	
	21	36.9	3.88	44.3	4.59	51.3	5.40	54.9	5.82	58.5	6.23	65.5	7.16	72.8	8.27	
	23	36.9	3.93	44.3	4.71	51.3	5.52	54.9	6.02	58.5	6.55	65.5	7.66	72.8	8.74	
	25	36.9	3.98	44.3	4.87	51.3	5.68	54.9	6.43	58.5	6.99	65.5	8.19	72.8	9.35	
	27	36.9	4.21	44.3	5.21	51.3	6.27	54.9	6.83	58.5	7.46	65.5	8.75	72.8	9.93	
	29	36.9	4.49	44.3	5.52	51.3	6.66	54.9	7.27	58.5	7.94	65.5	9.33	72.8	10.64	
	31	36.9	4.76	44.3	5.88	51.3	7.11	54.9	7.77	58.5	8.47	65.5	9.94	72.8	11.30	
	33	36.9	5.04	44.3	6.21	51.3	7.54	54.9	8.24	58.5	9.00	65.5	10.59	72.8	11.90	
	35	36.9	5.32	44.3	6.63	51.3	8.02	54.9	8.77	58.5	9.58	65.5	11.28	72.8	12.62	
	37	36.9	5.65	44.3	7.03	51.3	8.52	54.9	9.33	58.5	10.19	65.5	12.00	72.8	13.32	
	39	36.9	5.95	44.3	7.41	51.3	9.02	54.9	9.84	58.5	10.79	65.5	12.73	72.8	13.94	
	60	10	31.7	3.07	37.8	3.60	43.9	4.18	47.1	4.49	50.1	4.78	56.3	5.40	62.5	6.05
		12	31.7	3.12	37.8	3.65	43.9	4.23	47.1	4.54	50.1	4.84	56.3	5.49	62.5	6.15
		14	31.7	3.15	37.8	3.71	43.9	4.32	47.1	4.62	50.1	4.93	56.3	5.60	62.5	6.27
16		31.7	3.20	37.8	3.79	43.9	4.37	47.1	4.71	50.1	5.04	56.3	5.71	62.5	6.38	
18		31.7	3.20	37.8	0.04	43.9	4.66	47.1	4.79	50.1	5.12	56.3	5.80	62.5	6.52	
20		31.7	3.31	37.8	3.90	43.9	4.54	47.1	4.87	50.1	5.21	56.3	5.90	62.5	6.66	
21		31.7	3.35	37.8	3.93	43.9	4.59	47.1	4.93	50.1	5.27	56.3	5.99	62.5	6.71	
23		31.7	3.40	37.8	4.01	43.9	4.66	47.1	5.02	50.1	5.37	56.3	6.21	62.5	7.13	
25		31.7	3.45	37.8	4.09	43.9	4.84	47.1	5.27	50.1	5.71	56.3	6.63	62.5	7.63	
27		31.7	3.56	37.8	4.32	43.9	5.15	47.1	5.60	50.1	6.07	56.3	7.06	62.5	8.14	
29		31.7	3.79	37.8	4.59	43.9	5.49	47.1	5.96	50.1	6.46	56.3	7.52	62.5	8.69	
31		31.7	4.01	37.8	4.87	43.9	5.82	47.1	6.35	50.1	6.88	56.3	8.02	62.5	9.25	
33		31.7	4.23	37.8	5.15	43.9	6.18	47.1	6.74	50.1	7.33	56.3	8.52	62.3	9.86	
35		31.7	4.49	37.8	5.49	43.9	6.58	47.1	7.16	50.1	7.77	56.3	8.98	62.5	10.47	
37		31.7	4.74	37.8	5.79	43.9	6.98	47.1	7.61	50.1	8.24	56.3	9.54	62.5	11.14	
39		31.7	4.99	37.8	6.10	43.9	7.37	47.1	8.07	50.1	8.70	56.3	10.23	62.5	11.82	

TC : Total Capacity(kW)
PI : Power Input(kW)(Comp. + Outdoor fan motor)

Tabla 21. Capacidades de refrigeración de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 90-60%).

Fuente. Fuente: Catálogo LG.

Outdoor Units

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Combinación (%)	Outdoor air temp		Indoor air temp. °C DB											
			16		18		20		21		22		24	
	°C DB	°C WB	TC	PI	TC	PI	TC	PI	TC	PI	TC	PI	TC	PI
130	-24.8	-25	52.6	19.22	52.6	20.22	52.3	21.09	52.3	22.42	52.3	23.68	52.2	25.69
	-21.8	-22	63.6	21.22	63.6	22.22	63.2	23.08	63.2	24.42	63.2	25.69	63.1	27.69
	-19.8	-20	66.5	22.55	66.5	23.55	66.5	24.42	66.5	25.75	66.5	27.02	66.4	29.01
	-18.8	-19	68.5	23.22	68.6	24.22	68.2	25.08	68.2	26.42	68.2	27.69	68.1	29.68
	-16.7	-17	72.1	24.82	72.1	25.82	71.7	26.48	71.7	27.82	71.7	29.09	71.5	31.08
	-13.7	-15	77.1	26.61	77.1	27.61	76.6	28.49	76.6	29.82	76.6	31.08	76.4	29.75
	-11.8	-13	79.7	27.86	79.7	28.86	79.2	29.75	79.2	31.08	79.2	30.18	79.2	28.31
	-9.8	-11	82.5	29.22	82.5	30.22	81.9	31.08	81.9	30.10	81.8	29.22	81.9	28.01
	-9.5	-10	83.2	29.41	83.2	30.41	82.7	30.93	82.7	29.95	82.3	29.07	82.3	27.88
	-8.5	-9.1	85.0	30.08	85.0	31.08	85.5	30.41	85.5	29.46	83.7	28.59	83.7	27.43
	-7.0	-7.6	89.3	31.08	90.3	30.32	89.6	29.68	89.6	28.72	89.6	27.67	87.6	26.76
	-5.0	-5.6	95.9	30.06	95.9	29.29	95.2	28.62	95.2	27.73	95.2	26.91	90.8	25.88
	-3.0	-3.7	101.5	29.03	101.5	28.26	100.8	27.60	100.8	26.74	100.8	26.95	94.1	24.98
	0.0	-0.7	109.8	27.50	109.8	26.72	109.1	26.06	109.0	25.26	105.8	24.51	98.8	23.65
	3.0	2.2	112.7	25.95	112.7	25.19	112.2	24.52	110.6	23.78	106.9	23.08	99.6	22.30
	5.0	4.1	114.0	24.93	114.0	24.16	113.6	23.49	110.8	22.79	106.9	22.12	99.6	21.42
	7.0	6.0	114.0	23.90	114.0	23.14	113.6	22.47	110.8	21.81	106.9	21.16	99.6	20.53
	9.0	7.9	114.0	23.86	114.0	23.09	113.6	22.42	110.8	21.77	106.9	21.12	99.6	20.49
11.0	9.8	114.0	23.81	114.0	23.05	113.6	22.38	110.8	21.73	106.9	21.08	99.6	20.45	
13.0	11.8	114.0	23.77	114.0	23.00	113.6	22.33	110.8	21.68	106.9	21.03	99.6	20.41	
15.0	13.7	114.0	23.73	114.0	22.95	113.6	22.29	110.8	21.64	106.9	20.99	99.6	20.37	
120	-24.8	-25	52.3	20.22	52.3	21.09	51.9	22.42	51.9	23.88	51.9	25.69	51.8	27.69
	-21.8	-22	63.2	22.22	63.2	23.08	62.8	24.42	62.8	25.69	62.8	27.69	62.7	29.69
	-19.8	-20	66.5	23.55	66.5	24.42	66.0	25.75	66.0	27.02	66.0	29.01	65.9	30.41
	-18.8	-19	68.1	24.22	68.1	25.08	67.7	25.42	67.7	27.69	67.7	29.68	67.6	31.08
	-16.7	-17	71.6	25.82	71.6	26.48	71.2	27.82	71.2	29.09	71.2	31.08	71.0	30.22
	-13.7	-15	76.5	27.61	76.5	28.49	76.0	29.82	76.0	31.08	76.0	29.79	75.9	29.00
	-11.8	-13	79.1	28.89	79.1	29.75	78.6	31.08	78.6	30.18	78.6	28.98	78.6	28.22
	-9.8	-11	81.8	30.22	81.8	31.08	81.3	30.08	81.3	29.20	81.3	28.12	81.3	27.40
	-9.5	-10	82.7	30.41	82.7	30.92	82.2	29.91	82.2	29.08	82.2	27.98	82.2	27.27
	-8.5	-9.1	85.5	31.08	85.5	30.38	84.9	29.40	84.9	28.58	84.4	27.56	84.4	26.87
	-7.0	-7.6	89.6	30.35	89.6	29.56	89.1	28.64	89.1	27.85	87.0	26.91	86.9	26.26
	-5.0	-5.8	95.2	29.18	95.2	28.47	94.5	27.62	94.5	26.89	94.5	26.08	90.2	25.44
	-3.0	-3.7	100.7	28.06	100.7	27.38	100.1	26.60	100.1	25.92	99.2	25.19	92.9	24.62
	0.0	-0.7	109.0	26.40	109.0	25.75	106.7	25.07	103.7	24.48	100.6	23.90	93.5	23.39
	3.0	2.2	111.9	24.75	111.2	24.11	107.5	23.54	103.9	23.03	100.6	22.81	93.5	22.16
	5.0	4.1	113.1	23.65	111.9	23.02	107.5	22.52	103.9	22.06	100.6	21.75	93.5	21.34
	7.0	6.0	113.1	22.55	111.9	21.93	107.5	21.51	103.9	21.09	100.6	20.90	93.5	20.52
	9.0	7.9	113.1	22.22	111.9	21.61	107.5	21.18	103.9	20.78	100.6	20.59	93.5	20.22
11.0	9.8	113.1	21.88	111.9	21.29	107.5	20.87	103.9	20.47	100.6	20.28	93.5	19.92	
13.0	11.8	113.1	21.55	111.9	20.97	107.5	20.56	103.9	20.16	100.6	19.97	93.5	19.61	
15.0	13.7	113.1	21.22	111.9	20.64	107.5	20.23	103.9	19.85	100.6	19.67	93.5	19.31	
110	-24.8	-25	51.9	21.09	51.9	22.42	51.7	23.88	51.7	25.69	51.7	27.69	51.6	29.69
	-21.8	-22	62.9	23.08	62.9	24.42	62.5	25.89	62.5	27.69	62.5	29.09	62.4	29.75
	-19.8	-20	66.1	24.42	66.1	25.75	65.7	27.02	65.7	29.01	65.7	30.41	65.5	31.08
	-18.8	-19	67.7	25.08	67.7	26.42	67.3	27.69	67.3	29.68	67.3	31.08	67.2	30.63
	-16.7	-17	71.2	26.48	71.2	27.82	70.8	29.09	70.8	31.08	70.8	30.17	70.8	29.71
	-13.7	-15	76.2	28.49	76.2	29.82	75.5	31.08	75.6	29.69	75.6	28.85	75.6	28.38
	-11.8	-13	78.7	29.75	78.7	31.08	78.2	30.09	78.2	28.81	78.2	28.02	78.2	27.53
	-9.8	-11	81.4	31.08	81.4	29.96	80.9	29.05	80.9	27.87	80.9	27.14	80.9	26.64
	-9.5	-10	82.2	30.91	82.2	29.79	81.8	28.90	81.8	27.73	81.8	27.02	81.8	26.51
	-8.5	-9.1	85.0	30.29	85.0	29.23	84.4	28.38	84.4	27.27	84.1	26.58	83.6	26.06
	-7.0	-7.6	89.1	29.38	89.1	28.09	88.6	27.59	88.6	26.56	87.1	25.92	84.2	25.38
	-5.0	-5.6	94.7	28.15	94.7	27.27	94.0	26.59	93.0	25.64	89.2	25.05	84.2	24.61
	-3.0	-3.7	100.1	26.94	100.1	26.14	96.4	25.51	93.3	24.71	90.1	24.16	84.2	23.62
	0.0	-0.7	106.5	25.10	102.7	24.45	96.4	23.94	93.3	23.31	90.1	22.85	84.2	22.29
	3.0	2.2	106.7	23.28	102.7	22.77	96.4	22.38	93.3	21.91	90.1	21.55	84.2	20.96
	5.0	4.1	108.7	22.06	102.7	21.65	96.4	21.34	93.3	20.98	90.1	20.66	84.2	20.07
	7.0	6.0	108.7	20.84	102.7	20.53	96.4	20.29	93.3	20.04	90.1	19.79	84.2	19.18
	9.0	7.9	108.7	20.25	102.7	19.84	95.4	19.72	93.3	19.48	90.1	19.24	84.2	18.64
11.0	9.8	108.7	19.66	102.7	19.37	95.4	19.16	93.3	18.92	90.1	18.67	84.2	18.09	
13.0	11.8	108.7	19.08	102.7	18.78	96.4	18.57	93.3	18.35	90.1	18.11	84.2	17.55	
15.0	13.7	108.7	18.49	102.7	18.21	96.4	18.00	93.3	17.79	90.1	17.56	84.2	17.02	

TC : Total Capacity(kW)
 PI : Power Input(kW)(Comp. + Outdoor fan motor)

Tabla 22. Capacidades de calefacción de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 130-110%).

Fuente: Catálogo LG.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Combination (%)	Outdoor air temp		Indoor air temp. °C DB											
			16		18		20		21		22		24	
	°C DB	°C WB	TC	PI	TC	PI	TC	PI	TC	PI	TC	PI	TC	PI
100	-24.8	-25	51.7	22.42	51.7	23.88	51.4	27.53	51.4	27.09	51.4	27.75	51.3	29.09
	-21.8	-22	62.5	24.42	62.5	25.88	62.2	27.69	62.2	29.09	62.2	29.75	62.0	31.08
	-19.8	-20	65.8	25.75	65.8	27.02	65.4	29.01	65.4	30.41	65.4	31.08	65.3	30.09
	-18.8	-19	67.5	26.42	67.0	27.69	67.0	29.68	67.0	31.08	67.0	31.08	66.9	29.61
	-18.7	-17	70.5	27.82	70.5	29.09	70.5	31.08	70.1	30.05	70.1	29.98	69.9	28.57
	-13.7	-15	75.8	29.82	75.8	31.08	75.3	29.89	75.3	28.57	75.3	28.41	75.2	27.10
	-11.8	-13	78.3	31.08	77.9	30.03	77.9	29.12	77.9	27.83	77.9	27.42	76.7	26.16
	-9.8	-11	80.9	29.93	80.9	26.91	80.6	28.07	80.6	26.65	80.6	26.37	78.9	25.18
	-9.5	-10	81.8	29.75	81.8	26.75	81.4	27.91	81.4	26.50	81.2	26.21	76.9	25.03
	-8.5	-9.1	84.5	29.16	84.5	26.19	84.1	27.39	85.4	26.01	82.8	25.69	78.9	24.53
	-7.0	-7.6	90.1	28.30	89.8	27.35	88.2	26.59	85.4	25.27	82.8	24.91	78.9	23.80
	-5.0	-5.6	94.1	27.14	93.1	26.23	89.2	25.54	85.4	24.28	82.8	23.66	76.9	22.81
	-3.0	-3.7	96.8	25.98	93.8	25.12	88.2	24.48	85.4	23.30	82.6	22.81	78.9	21.82
	0.0	-0.7	99.5	24.23	93.8	23.45	88.2	22.90	85.4	21.81	82.6	21.24	78.9	20.35
	3.0	2.2	99.5	22.50	93.8	21.77	88.2	21.31	85.4	19.35	82.6	18.62	76.9	17.88
	5.0	4.1	99.5	21.33	93.8	20.65	88.2	20.25	85.4	18.37	82.6	17.57	76.9	16.91
	7.0	6.0	99.5	20.18	93.8	19.54	88.2	19.20	85.4	17.53	82.6	16.77	76.9	16.13
	9.0	7.9	99.5	19.25	93.8	18.65	88.2	18.32	85.4	16.84	82.6	16.11	76.9	15.50
	11.0	9.8	99.5	18.49	93.8	17.91	88.2	17.60	85.4	16.10	82.6	15.40	76.9	14.82
	13.0	11.8	99.5	17.89	93.8	17.13	88.2	16.84	85.4	15.33	82.6	14.67	76.9	14.11
15.0	13.7	99.5	16.94	93.8	16.31	88.2	16.02	85.4	15.33	82.6	14.67	76.9	14.11	
90	-24.8	-25	51.5	22.07	51.5	24.07	51.2	25.47	51.2	26.14	51.2	27.47	51.1	29.47
	-21.8	-22	62.3	24.07	62.3	25.07	62.0	27.47	62.0	28.13	62.0	29.47	61.8	28.14
	-19.8	-20	65.6	25.41	65.6	27.40	65.1	28.80	65.1	29.47	65.1	28.56	65.0	27.25
	-18.8	-19	67.5	26.07	67.0	26.07	66.8	29.47	66.8	28.99	66.8	28.10	66.7	26.81
	-18.7	-17	70.5	27.47	70.5	29.47	70.1	28.48	70.1	28.01	70.1	27.13	69.3	25.88
	-13.7	-15	75.8	29.47	75.8	28.00	75.1	27.09	75.1	26.59	74.5	25.76	70.3	24.55
	-11.8	-13	78.3	28.48	77.9	27.07	77.6	26.19	77.0	25.69	75.6	24.90	70.3	23.70
	-9.8	-11	80.9	27.39	80.9	26.09	79.6	25.25	78.2	24.74	75.6	23.96	70.3	22.82
	-9.5	-10	81.8	27.23	81.8	25.95	80.2	25.11	78.2	24.60	75.6	23.85	70.3	22.68
	-8.5	-9.1	84.5	26.70	83.9	25.46	80.7	24.65	78.2	24.13	75.6	23.39	70.3	22.24
	-7.0	-7.6	90.1	25.90	85.7	24.73	80.7	23.94	78.2	23.41	75.6	22.70	70.3	21.58
	-5.0	-5.6	91.1	24.83	85.7	23.74	80.7	23.01	78.2	22.47	75.6	21.79	70.3	20.69
	-3.0	-3.7	91.1	23.77	85.7	22.76	80.7	22.07	78.2	21.53	75.6	20.87	70.3	19.80
	0.0	-0.7	91.1	22.17	85.7	21.29	80.7	20.67	78.2	20.11	75.6	19.50	70.3	18.48
	3.0	2.2	91.1	20.57	85.7	19.83	80.7	19.26	78.2	18.69	75.6	18.13	70.3	17.14
	5.0	4.1	91.1	19.50	85.7	18.85	80.7	18.33	78.2	17.75	75.6	17.21	70.3	16.28
	7.0	6.0	91.1	18.44	85.7	17.87	80.7	17.38	78.2	16.79	75.6	16.30	70.3	15.96
	9.0	7.9	91.1	17.44	85.7	16.90	80.7	16.45	78.2	15.89	75.6	15.42	70.3	14.54
	11.0	9.8	91.1	16.45	85.7	15.95	80.7	15.52	78.2	14.99	75.6	14.54	70.3	13.71
	13.0	11.8	91.1	15.46	85.7	14.98	80.7	14.58	78.2	14.08	75.6	13.66	70.3	12.88
15.0	13.7	91.1	14.47	85.7	14.02	80.7	13.84	78.2	13.18	75.6	12.79	70.3	12.05	
80	-24.8	-25	51.3	18.73	51.3	20.74	51.0	22.14	51.0	22.80	51.0	26.13	50.9	24.96
	-21.8	-22	62.1	20.74	62.1	22.73	61.6	24.13	61.6	26.13	61.6	24.96	61.0	23.84
	-19.8	-20	65.3	22.06	65.3	24.06	64.9	26.13	64.9	25.30	64.9	24.18	62.8	23.10
	-18.8	-19	67.0	22.73	67.0	26.13	66.5	25.71	66.5	24.88	66.0	23.79	62.8	22.73
	-18.7	-17	70.6	25.13	70.6	25.24	70.1	24.82	69.2	24.01	67.5	22.97	62.8	21.93
	-13.7	-15	75.5	24.81	75.5	23.98	72.2	23.55	70.0	22.77	67.5	21.80	62.8	20.82
	-11.8	-13	79.3	23.98	76.9	23.17	72.2	22.75	70.0	21.98	67.5	21.06	62.8	20.11
	-9.8	-11	81.5	23.10	76.9	22.33	72.2	21.90	70.0	21.15	67.5	20.27	62.8	19.36
	-9.5	-10	81.6	22.96	76.9	22.21	72.2	21.78	70.0	21.03	67.5	20.16	62.8	19.26
	-8.5	-9.1	81.6	22.52	76.9	21.79	72.2	21.35	70.0	20.81	67.5	19.78	62.8	18.87
	-7.0	-7.6	81.6	21.80	76.9	21.16	72.2	20.72	70.0	19.98	67.5	19.18	62.8	18.32
	-5.0	-5.6	81.6	20.98	76.9	20.31	72.2	19.87	70.0	19.16	67.5	18.40	62.8	17.57
	-3.0	-3.7	81.6	20.10	76.9	19.47	72.2	19.02	70.0	18.33	67.5	17.82	62.8	16.83
	0.0	-0.7	81.6	18.78	76.9	18.20	72.2	17.76	70.0	17.09	67.5	16.44	62.8	15.71
	3.0	2.2	81.6	17.46	76.9	16.93	72.2	16.49	70.0	15.84	67.5	15.28	62.8	14.59
	5.0	4.1	81.6	16.59	76.9	16.09	72.2	15.84	70.0	15.01	67.5	14.50	62.8	13.84
	7.0	6.0	81.6	15.70	76.9	15.24	72.2	14.80	70.0	14.18	67.5	13.71	62.8	13.10
	9.0	7.9	81.6	14.74	76.9	14.32	72.2	13.80	70.0	13.32	67.5	12.88	62.8	12.30
	11.0	9.8	81.6	13.88	76.9	13.29	72.2	12.90	70.0	12.36	67.5	11.96	62.8	11.42
	13.0	11.8	81.6	12.77	76.9	12.40	72.2	12.04	70.0	11.54	67.5	11.15	62.8	10.66
15.0	13.7	81.6	12.03	76.9	11.67	72.2	11.33	70.0	10.86	67.5	10.51	62.8	10.02	

TC : Total Capacity(kW)
 PI : Power Input(kW)(Comp. + Outdoor fan motor)

Tabla 23. Capacidades de calefacción de los equipos utilizados en el sistema de climatización de alta eficiencia energética (Combinación: 100-80%).

Fuente: Catálogo LG.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

7.3.1. Análisis de una instalación tradicional de climatización y ventilación de un supermercado, con máquinas de conductos

Partiendo de las potencias suministradas por las máquinas y sus rendimientos, en las distintas condiciones de servicio y según las tablas técnicas de los equipos, obtenemos los siguientes resultados:

7.3.1.1. En condiciones extremas:

- Refrigeración a 35 °C exteriores:

- Potencia frigorífica suministrada.....41,90 kW

- Potencia absorbida compresor.....12,40 kW

- Potencia absorbida ventilador exterior.....1,28 kW

Potencia absorbida: 13,68 kW

Funcionando las dos máquinas:

- Potencia frigorífica suministrada Total.....83,80 kW

- Potencia absorbida Total.....27,36 kW

Coefficiente de eficiencia energética = EER = Potencia frigorífica suministrada Total / Potencia absorbida Total = 83,80 kW / 27,36 kW = 3,06.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Siendo el Coeficiente de Eficiencia Energética o Energy Efficiency Ratio (EER) el ratio entre la capacidad frigorífica y el consumo de energía utilizado para obtenerlo. El rendimiento del equipo de climatización será mayor cuanto mayor sea el EER.

- Calefacción a -5 °C:

- Potencia calorífica suministrada.....32,19 kW

- Potencia absorbida compresor.....8,73 kW

- Potencia absorbida ventilador exterior.....1,28 kW

Potencia absorbida: 10,01 kW

Funcionando las dos máquinas:

- Potencia calorífica suministrada Total.....64,38 kW

- Potencia absorbida Total.....20,02 kW

$$\text{COP} = 64,38 \text{ kW} / 20,02 \text{ kW} = 3,22$$

Siendo el Coeficiente de Rendimiento o Coefficient Of Performance (COP) la razón entre la capacidad calorífica y el consumo de energía utilizado para obtenerlo. Cuanto mayor sea el COP, mayor será el rendimiento del equipo.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

La demanda térmica en invierno, obtenida anteriormente con el programa de cálculo, es de 78,82 kW. Para conseguir esta potencia, se apoya al equipo de climatización con las cortinas de aire situadas sobre las puertas de entrada al establecimiento. Cada cortina tiene una resistencia eléctrica con un consumo de 15 kW. Con lo que el rendimiento bajaría a:

Funcionando las dos máquinas y las dos cortinas de aire:

$$\text{- Potencia calorífica} = 64,38 \text{ kW} + 2 \times 15 \text{ kW} = 94,38 \text{ kW}$$

$$\text{- Potencia absorbida} = 20,02 \text{ kW} + 2 \times 15 \text{ kW} = 50,02 \text{ kW}$$

$$\text{COP} = 94,38 \text{ kW} / 50,02 \text{ kW} = 1,89$$

Por lo tanto, el coeficiente de rendimiento ha bajado un 41%.

7.3.1.2. En condiciones habituales

- Refrigeración a 30 °C:

$$\text{- Potencia frigorífica suministrada} \dots\dots\dots 43,8 \text{ kW}$$

$$\text{- Potencia absorbida compresor} \dots\dots\dots 11,3 \text{ kW}$$

$$\text{- Potencia absorbida ventilador exterior} \dots\dots\dots 1,28 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia absorbida:} \qquad \qquad \qquad 12,58 \text{ kW}$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Funcionando las dos máquinas:

- Potencia frigorífica suministrada Total.....87,60 kW

- Potencia absorbida Total.....25,16 kW

Coeficiente de eficiencia energética = EER = Potencia frigorífica suministrada / Potencia absorbida Total = 87,6 kW / 25,16 kW = 3,48

- Calefacción a 0 °C:

- Potencia calorífica suministrada..... 36,32 kW

- Potencia absorbida compresor..... 9,48 kW

- Potencia absorbida ventilador exterior.....1,28 kW

Potencia absorbida: 10,76 kW

Funcionando las dos máquinas:

- Potencia calorífica suministrada Total..... 72,64 kW

- Potencia absorbida Total..... 21,52 kW

COP = 72,64 kW / 21,52 kW = 3,38

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Además, teniendo en cuenta el consumo de las dos cortinas de aire, de las puertas de entrada al establecimiento:

- Potencia calorífica suministrada = $72,64 \text{ kW} + 2 \times 15 \text{ kW} = 102,64 \text{ kW}$

- Potencia absorbida = $21,52 \text{ kW} + 2 \times 15 \text{ kW} = 51,52 \text{ kW}$

$$\text{COP} = 102,64 \text{ kW} / 51,52 \text{ kW} = 1,99$$

7.3.2. Instalación de climatización y ventilación de un supermercado, empleando máquinas de alta eficiencia energética con sistema Inverter

El sistema de climatización analizado, de alta eficiencia, consta de 8 unidades de climatización ubicadas dentro del supermercado y una unidad exterior colocada en la sala de máquinas.

Como ya hemos mencionado, en verano funcionarían los cassettes y en invierno funcionarían las cortinas de aire caliente y los cassettes más cercanos a las fachadas y puertas. Por lo tanto, los cálculos se harán para un máximo de 6 máquinas funcionando a la vez.

Analizando los datos técnicos de los equipos, se ha obtenido:

- Potencia de refrigeración nominal de la máquina exterior = 78,40 kW.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

- Potencia de refrigeración nominal de las máquinas interiores =
 $6 \times 14,10 \text{ kW} = 84,60 \text{ kW}$.

El Índice de Capacidad es el porcentaje de potencia demandada por las unidades interiores frente a la potencia nominal de la unidad exterior.

Índice de Capacidad: $(84,60 \text{ kW} / 78,40 \text{ kW}) \times 100 = 108\% \cong 110\%$

7.3.2.1. En condiciones extremas:

- Refrigeración a 35 °C:

Las condiciones de la máquina para un 110% (según tablas del fabricante):

- Potencia frigorífica suministrada..... 83,10 kW

- Potencia absorbida.....17,37 kW

$$\text{EER} = 83,10 \text{ kW} / 17,37 \text{ kW} = 4,78$$

- Calefacción a - 5 °C:

- Potencia calorífica suministrada, al 110%....94,00 kW

- Potencia absorbida.....26,55 kW

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

$$\text{COP} = 94,00 \text{ kW} / 26,55 \text{ kW} = 3,54$$

La demanda de las máquinas interiores respecto a la potencia suministrada por la unidad exterior es del 110%, pero la necesidad térmica del supermercado es de 78.823 W, que se alcanza modulando la máquina inverter exterior al 90% de su nominal. Luego:

- Potencia calorífica 90%.....80,70 kW

- Potencia absorbida.....23,01 kW

$$\text{COP} = 80,70 \text{ kW} / 23,01 \text{ kW} = 3,51$$

- Calefacción a + 5 °C:

En estas condiciones, la instalación de climatización aprovechará el calor residual de los condensadores del sistema de frío industrial del supermercado, aumentado 10 °C la temperatura a la que el equipo de climatización toma el aire del exterior. Obteniéndose los siguientes valores:

- Potencia calorífica 90%.....80,70 kW

- Potencia absorbida.....18,33 kW

$$\text{COP} = 80,70 \text{ kW} / 18,33 \text{ kW} = 4,40$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Se obtiene una mejora sustancial del COP de la instalación, aumentando un 26%.

7.3.2.2. En condiciones habituales:

- Refrigeración a 30 °C, demanda térmica 75,9 kW:

- Potencia frigorífica suministrada 110%.....85,70 kW

- Potencia absorbida.....15,89 kW

$$\text{EER} = 85,70 \text{ kW} / 15,89 \text{ kW} = 5,39$$

- Calefacción a 0 °C demanda térmica 70,81 kW:

La necesidad térmica del supermercado es de 70.809 W, que se alcanza modulando la máquina inverter exterior al 80% de su nominal. Luego:

- Potencia calorífica 80%.....72,20 kW

- Potencia absorbida.....17,76 kW

$$\text{COP} = 72,20 \text{ kW} / 17,76 \text{ kW} = 4,07$$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

- Calefacción con toma de aire a +10 °C (por aire de condensación del frío industrial):

- Potencia calorífica 80%.....72,20 kW

- Potencia absorbida.....13,89 kW

$$\text{COP} = 72,20 \text{ kW} / 13,89 \text{ kW} = 5,20$$

Se obtiene una mejora sustancial del COP de la instalación, aumentando un 28%.

7.3.3. Análisis de los resultados obtenidos

Los nuevos sistemas de climatización mejoran enormemente el rendimiento de la instalación, reduciendo de manera significativa el consumo eléctrico. Dicho ahorro se basa en las siguientes actuaciones:

- Mayor zonificación en el interior de local comercial, al pasar de 2 máquinas a 8, con lo que hay mejor control de la temperatura de las diferentes zonas del supermercado, evitando zonas subenfriadas o sobrecalentadas.
- Las cortinas de aire, de las puertas de entrada al establecimiento, se sustituyen por barrido de aire caliente procedente de las máquinas integradas en el nuevo sistema de climatización, sin aumentar la potencia consumida y con un ahorro de 30 kW, ya

que no se consume energía en las resistencias eléctricas de las antiguas cortinas de aire caliente.

- En invierno, con la medida adicional del aprovechamiento del calor residual de la condensación del frío industrial, se consigue una temperatura más alta en la toma del aire exterior por parte de la máquina de climatización.

- Mejores COP y EER.

Además, del ahorro generado en las cortinas de aire, la mejora en el rendimiento de la instalación ha sido la siguiente:

- En verano a + 35 °C (condiciones extremas):

- Con maquinaria tradicional: EER = 3,06

- Con maquinaria de alta eficiencia: EER = 4,78

Mejora del rendimiento = $(4,78 \times 100 / 3,06) - 100 = 56\%$

- En verano a + 30 °C (condiciones habituales):

- Con maquinaria tradicional: EER = 3,48

- Con maquinaria de alta eficiencia: EER = 5,39

Mejora del rendimiento = $(5,39 \times 100 / 3,48) - 100 = 55\%$

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

- En invierno a - 5 °C (condiciones extremas):

- Con maquinaria tradicional: COP = 1,89

- Con maquinaria de alta eficiencia 90%: COP = 3,51

$$\text{Mejora del rendimiento} = (3,51 \times 100 / 1,89) - 100 = 86\%$$

Con aprovechamiento del calor residual, de los condensadores de la instalación de frío industrial del supermercado:

- Con maquinaria de alta eficiencia al 90% a +5 °C:
COP = 4,40

$$\text{Mejora del rendimiento} = (4,40 \times 100 / 1,89) - 100 = 133\%$$

$$\text{Incremento en el rendimiento} = 133\% - 86\% = 47\%$$

- En invierno a 0 °C (condiciones habituales):

- Con maquinaria tradicional: COP = 1,99

- Con maquinaria de alta eficiencia 80%: COP = 4,07

$$\text{Mejora del rendimiento} = (4,07 \times 100 / 1,99) - 100 = 105\%$$

Con aprovechamiento del calor residual, de los condensadores de la instalación de frío industrial del supermercado:

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

- Con maquinaria de alta eficiencia 80% a +10 °C:
COP = 5,20

Mejora del rendimiento = $(5,20 \times 100 / 1,99) - 100 = 161\%$

Incremento en el rendimiento = $161\% - 105\% = 56\%$

Se puede apreciar que en todas las situaciones climatológicas analizadas, la mejora de rendimiento es evidente y mucho más acentuada cuanto más extremas sean las condiciones exteriores.

7.3.4. Ahorro obtenido

A continuación se analizan los valores de consumo, en las diferentes condiciones ambientales, de los dos sistemas de climatización comparados.

7.3.4.1. En condiciones extremas:

- Refrigeración a 35 °C exteriores:

Consumo eléctrico de un sistema de climatización tradicional = $(27,36 \text{ kW}) \times (2 \text{ h/día}) \times (20 \text{ días/año}) = 1.094,40 \text{ kWh/año}$.

Consumo eléctrico de un sistema de climatización de alta eficiencia = $(17,37 \text{ kW}) \times (2 \text{ h/día}) \times (20 \text{ días/año}) = 695 \text{ kWh/año}$.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

- Calefacción a - 5 °C exteriores:

Consumo eléctrico de un sistema de climatización tradicional =
 $(50,02 \text{ kW}) \times (1 \text{ h/día}) \times (15 \text{ días/año}) = 750,30 \text{ kWh/año}$.

Consumo eléctrico de un sistema de climatización de alta eficiencia = $(23,01 \text{ kW}) \times (1 \text{ h/día}) \times (15 \text{ días/año}) = 345,15 \text{ kWh/año}$.

Con aprovechamiento del calor residual de los condensadores del sistema de frío industrial:

Consumo eléctrico de un sistema de climatización de alta eficiencia = $(18,33 \text{ kW}) \times (1 \text{ h/día}) \times (15 \text{ días/año}) = 274,95 \text{ kWh/año}$.

7.3.4.2. En condiciones habituales:

- Refrigeración a 30 °C exteriores:

Consumo eléctrico de un sistema de climatización tradicional =
 $(25,16 \text{ kW}) \times (5 \text{ h/día}) \times (90 \text{ días/año}) + (25,16 \text{ kW}) \times (2 \text{ h/día}) \times (15 \text{ días/año}) = 12.076,80 \text{ kWh/año}$.

Consumo eléctrico de un sistema de climatización de alta eficiencia = $(15,89 \text{ kW}) \times (5 \text{ h/día}) \times (90 \text{ días/año}) + (15,89 \text{ kW}) \times (2 \text{ h/día}) \times (15 \text{ días/año}) = 7.627,20 \text{ kWh/año}$.

- Calefacción a 0 °C exteriores:

Consumo eléctrico de un sistema de climatización tradicional =
 $(51,52 \text{ kW}) \times (5 \text{ h/día}) \times (110 \text{ días/año}) + (51,52 \text{ kW}) \times (2 \text{ h/día}) \times (10 \text{ días/año}) = 29.366,40 \text{ kWh/año}$.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Consumo eléctrico de un sistema de climatización de alta eficiencia = $(17,76 \text{ kW}) \times (5 \text{ h/día}) \times (110 \text{ días/año}) + (17,76 \text{ kW}) \times (2 \text{ h/día}) \times (10 \text{ días/año}) = 10.123,20 \text{ kWh/año}$.

Con aprovechamiento del calor residual de los condensadores del sistema de frío industrial:

Consumo eléctrico de un sistema de climatización de alta eficiencia = $(13,89 \text{ kW}) \times (5 \text{ h/día}) \times (110 \text{ días/año}) + (13,89 \text{ kW}) \times (2 \text{ h/día}) \times (10 \text{ días/año}) = 7.917,30 \text{ kWh/año}$.

7.3.4.3. Ahorro económico anual y en la producción de CO₂ obtenido por la sustitución de un sistema de climatización tradicional por otro de alta eficiencia energética. Periodo de amortización:

Consumo eléctrico anual de un sistema de climatización tradicional = $1.094,40 \text{ kWh/año} + 750,30 \text{ kWh/año} + 12.076,80 \text{ kWh/año} + 29.366,40 \text{ kWh/año} = 43.287,90 \text{ kWh/año}$.

Gasto anual de un sistema de climatización tradicional = $43.287,90 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ € / kWh}) = 5.627,43 \text{ € /año}$.

Consumo eléctrico anual de un sistema de climatización de alta eficiencia = $695 \text{ kWh/año} + 345,15 \text{ kWh/año} + 7.627,20 \text{ kWh/año} + 10.123,20 \text{ kWh/año} = 18.790,55 \text{ kWh/año}$.

Gasto anual de un sistema de climatización de alta eficiencia = $18.790,55 \text{ kWh/año} \times (0,13 \text{ € / kWh}) = 2.442,77 \text{ € /año}$.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

Ahorro económico anual, obtenido por la sustitución de un sistema de climatización tradicional por otro de alta eficiencia energética = 5.627,43 € /año - 2.442,77 € /año = 3.184,66 € /año.

Periodo de amortización de la instalación de climatización de alta eficiencia energética:

La instalación de alta eficiencia energética es 10.500 euros más cara que la instalación de climatización tradicional. El periodo de amortización de la instalación eficiente es de:

$$10.500 \text{ €} / 3.184,66 \text{ €} = 3,3 \text{ años.}$$

En poco más de 3 años se amortiza la instalación eficiente, por lo tanto resulta interesante sustituir el sistema tradicional de climatización por otro de alta eficiencia energética.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en el consumo energético anual = 43.287,90 kWh/año - 18.790,55 kWh/año = 24.497,35 kWh/año.

Ahorro en la producción de CO₂ = 24.497,35 kWh/año x 0,34 kg CO₂/kWh = 8.329,10 kg CO₂/año.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

7.3.4.4. Ahorro económico anual y en la producción de CO₂ por el aprovechamiento del calor residual de condensación del sistema de frío industrial. Periodo de amortización:

Consumo eléctrico anual de un sistema de climatización de alta eficiencia, con aprovechamiento del calor residual de condensación del sistema de frío industrial = 695 kWh/año + 274,95 kWh/año + 7.627,20 kWh/año + 7.917,30 kWh/año = 16.514,45 kWh/año.

Gasto anual de un sistema de climatización de alta eficiencia, con aprovechamiento del calor residual de condensación del sistema de frío industrial = 16.514,45 kWh/año x (0,13 € / kWh) = 2.146,89 € /año.

Ahorro económico anual, por el aprovechamiento del calor residual de condensación del sistema de frío industrial = 2.438,64 € /año - 2.146,89 € /año = 291,75 € /año.

Periodo de amortización de la instalación de climatización de alta eficiencia energética con aprovechamiento del calor residual de condensación del sistema de frío industrial :

La instalación con aprovechamiento del calor residual resulta 1.050 euros más cara, por la colocación de las compuertas en los conductos de salida del aire, por lo tanto el periodo de amortización es de:

$$1.050 \text{ €} / 291,75 \text{ €} = 3,6 \text{ años.}$$

En menos de cuatro años se amortiza la instalación, un periodo corto y por lo tanto una actuación interesante.

Análisis de alternativas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones de climatización y ventilación en el sector comercial.

El ahorro estimado en la producción de CO₂, será de:

Ahorro en el consumo energético anual = 18.758,75 kWh/año -
16.514,45 kWh/año = 2.244,30 kWh/año.

Ahorro en la producción de CO₂ = 2.244,30 kWh/año x 0,34 kg
CO₂/kWh = 763,06 kg CO₂/año.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 8:

APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE CALORES RESIDUALES Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR COMERCIAL

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

8. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE CALORES RESIDUALES Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR COMERCIAL

8.1. Aprovechamiento energético de calores residuales

8.1.1. Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de frío industrial

8.1.2. Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de climatización

8.1.3. Aprovechamiento energético del calor residual del vapor producido por los hornos de la panadería

8.1.3.1. Funcionamiento del condensador de vahos de un horno eléctrico de pan

8.1.3.2. Sistema de aprovechamiento del calor residual

8.1.3.2.1. Ahorro real

8.1.3.2.2. Disminución en la producción de CO₂

8.1.3.2.3. Periodo de amortización

8.2. Utilización de energías renovables en el sector comercial

8.2.1. La solar térmica

8.2.2. La solar fotovoltaica

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

8.2.3. La eólica

8.2.4. La biomasa

8.2.5. La geotermia

8.2.6. La aerotermia

8.2.7. Principales inconvenientes para la instalación de fuentes de energía renovables en el sector comercial

8.2.8. Compra de energía eléctrica procedente exclusivamente de fuentes de energía renovables

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

8. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE CALORES RESIDUALES Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR COMERCIAL

8.1. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE CALORES RESIDUALES

En una actividad comercial se origina calor en los procesos de generación de frío industrial, climatización y cocción de las masas congeladas en los hornos de la panadería. Estos calores residuales normalmente se evacúan al exterior, pero pueden ser aprovechados para reducir el consumo de energía en el establecimiento.

8.1.1. Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de frío industrial

Los aprovechamientos más importantes del calor que se genera en los procesos termodinámicos que tienen lugar en la instalación frigorífica son los siguientes:

1.- Desescarche en muebles y cámaras de congelación, mediante la utilización del gas caliente procedente de la descarga de los compresores. De esta manera se prescinde de las resistencias eléctricas, necesarias para eliminar el hielo que se deposita sobre los evaporadores debido a la condensación de la humedad ambiente. Se reduce el gasto energético, evitando que periódicamente las resistencias consuman energía para transformarla en calor y realizar el proceso de desescarche, imprescindible para que no se produzca un mal funcionamiento de los evaporadores.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

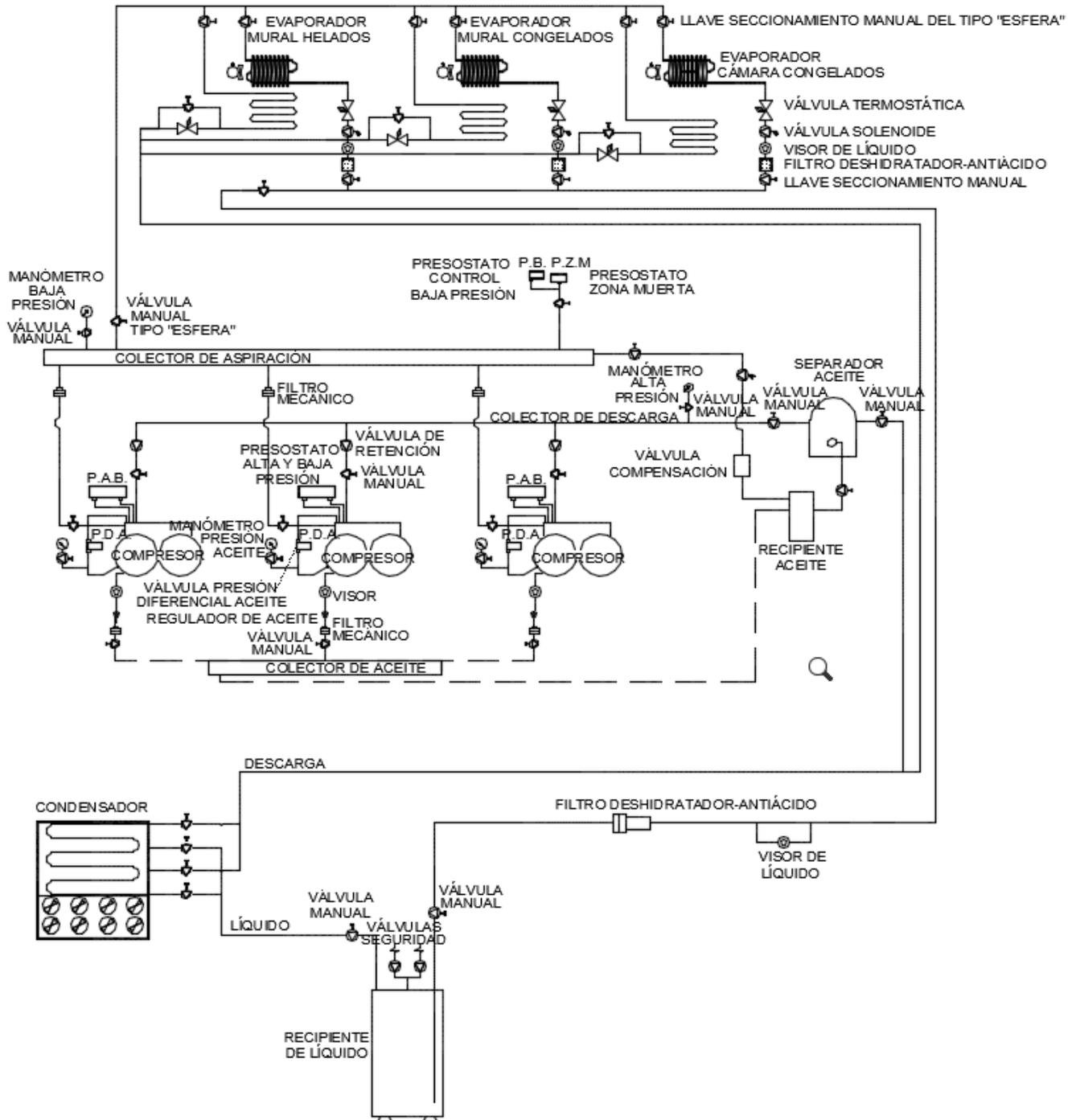


Figura 16. Esquema de funcionamiento de una central de frío industrial con desescarche por gas caliente. Fuente: Elaboración propia.

2.- En los procesos de generación de frío industrial se obtiene aire caliente residual, el cual en lugar de ser descargado en su totalidad al exterior del supermercado, se recupera en parte para mejorar el rendimiento de los equipos de climatización y por lo tanto reducir su consumo de energía.

Para ello, las unidades exteriores de climatización deben ubicarse dentro de la misma sala de máquinas que las unidades condensadoras del frío industrial que alimentan a las islas, vitrinas y murales frigoríficos y que tanto en verano como en invierno generan aire caliente.

El diseño ideado por el redactor de la presente tesis doctoral y aplicado en varios establecimientos, sitúa compuertas motorizadas en los conductos de descarga del aire de las unidades condensadoras del sistema frigorífico, de forma que cuando la temperatura de la sala de máquinas baja de los 10 °C el aire caliente se descarga en la propia sala, donde se encuentran las unidades de climatización, consiguiendo por una parte no penalizar la condensación del frío industrial y por otra, mejorar las condiciones de toma del aire por parte de los equipos de climatización, ya que se consiguen incrementos de la temperatura de toma del aire, para éstas máquinas, del orden de 10 °C. De esta manera se aumenta el COP de la instalación y por lo tanto, disminuye el consumo eléctrico de las bombas de calor.

En invierno, cuando la temperatura a la que toman el aire las bombas de calor es muy baja, este sistema resulta especialmente recomendable. La reducción del consumo energético en las épocas de mayor frío supera el 20%, según el análisis realizado en supermercados del norte peninsular. Suponiendo un ahorro del 11% del consumo total anual de la instalación de climatización.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

8.1.2. Aprovechamiento energético del calor residual de los procesos de climatización

La instalación de equipos de recuperación de calor, en los sistemas de climatización, permite emplear la energía del aire procedente del proceso de climatización y que normalmente se evacua en su totalidad, al exterior del supermercado, para precalentar el aire frío que los equipos toman del exterior. De esta manera se reduce el consumo de energía necesario para acondicionar el interior del comercio.

El sistema de recuperación de calor, resulta más eficiente, cuanto mayor es la diferencia de temperatura entre el ambiente climatizado del comercio y el ambiente exterior.

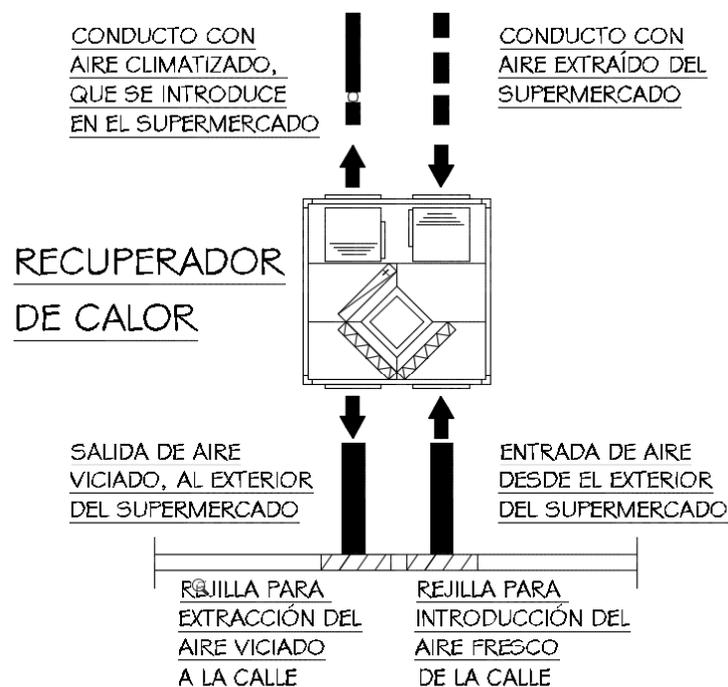


Figura 17. Esquema de funcionamiento de un recuperador de calor.

Fuente: Elaboración propia.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Según la Agencia Andaluza de la Energía (Consejería de Economía, Innovación y Ciencia), con el uso de recuperadores de calor, los ahorros en el consumo de electricidad por parte del sistema de climatización, pueden superar el 20%.

8.1.3. Aprovechamiento energético del calor residual del vapor producido por los hornos de la panadería

En el obrador de panadería de un supermercado medio están instalados 2 hornos eléctricos de 30 kW de potencia cada uno. Estos hornos se utilizan para la cocción del pan y otros productos de panadería y pastelería que se vende a diario en el establecimiento.

Durante la cocción de la masa de pan, se le añade agua a la cámara del horno, para mantener la humedad de la masa. Debido a las altas temperaturas, que se generan dentro del horno, parte del agua se convierte en vapor.

Para recoger el agua sobrante, del proceso de horneado, existe un sistema de evacuación de dicho vapor de agua. El vapor pasa por un condensador de vahos, que consiste básicamente en una balsa de agua fría situada sobre el horno.

8.1.3.1. Funcionamiento del condensador de vahos de un horno eléctrico de pan:

Se trata de un depósito situado sobre el horno y lleno de agua hasta un determinado nivel. Se hace pasar por él, de forma forzada

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

mediante un ventilador, el vapor de agua producido en el horno por la cocción del pan.

El depósito tiene una acometida de agua fría desde la red general, gobernada por una electroválvula de corte y un rebosadero conectado a la red de desagüe.

La electroválvula está comandada por un termostato, de forma que al atravesar la balsa, el vapor generado en el horno, calienta el agua que allí hay, hasta llegar a la temperatura a la que está tarado el termostato.

Es entonces cuando se abre la electroválvula y deja pasar agua fría de la red, aumentando el nivel de agua en la balsa con lo que el agua caliente de la misma es evacuado al desagüe a través del rebosadero, enfriándose el agua de la balsa y mandando el termostato, cuando baja la temperatura de su programación, cerrar la electroválvula de llenado y así sucesivamente.

Es un sistema muy sencillo para condensar el vapor de agua generado en el horno, pero del que se puede conseguir una importante mejora en la eficiencia energética y ahorro en el consumo de agua.

8.1.3.2. Sistema de aprovechamiento del calor residual:

Se ha diseñado como parte de esta tesis un sistema en el que se aprovecha el calor de los vahos para precalentar agua caliente sanitaria, destinada al consumo de la propia tienda, consiguiendo mejoras en dos facetas bien diferentes:

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

- Calentaremos agua para el consumo posterior, de forma más económica.

- Por otra parte reduciremos considerablemente la cantidad de agua limpia consumida en el supermercado.

Un supermercado de tamaño medio, dispone de tres termos eléctricos de 50 litros cada uno, para calentar agua en las siguientes zonas:

- los vestuarios de personal.
- las secciones de carnicería, charcutería, pescadería.
- la sección de panadería y su obrador.

Debido a que los supermercados se suelen situar en los bajos comerciales de edificios existentes, la generación de agua caliente sanitaria no se suele apoyar con ninguna fuente de energía renovable tipo placas solares térmicas. Por lo tanto este sistema constituye una fuente limpia de energía térmica y es generador de ahorro energético.

El sistema diseñado, para mejorar la eficiencia energética en la producción de agua caliente sanitaria, consiste en la instalación, antes de los termos eléctricos, de un depósito interacumulador de 300 litros, que aprovecha el calor desprendido de los hornos, para precalentar el agua que luego irá a los termos donde se calentará en una segunda etapa hasta alcanzar la temperatura de consumo.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Para ello, tal y como se indica en el esquema de principio adjunto, se instalaría el íteracumulador dotado de un serpentín de intercambio en acero inoxidable, de forma que en el depósito se aproveche el agua caliente de las balsas de los hornos para calentar el agua.

Para garantizar la correcta circulación del agua entre las balsas y el serpentín se utiliza una bomba de rotor húmedo.

Por otra parte, si el agua de las balsas está más fría que la del depósito no interesará que funcione la bomba, pues en lugar de calentar el agua del depósito la enfriaría. Para evitar esto, se colocan sendas centralitas de regulación diferencial de temperatura entre cada balsa y el depósito.

Dichas centralitas disponen de dos sondas, una de medición de la temperatura de la balsa y otra de medición de la temperatura del depósito íteracumulador, de forma que si detectan que la temperatura de la balsa es mayor solo en 2 °C que la del depósito (este diferencial es regulable) cierran la electroválvula de la balsa correspondiente, parando por tanto la circulación de agua a través de dicha balsa.

De esta forma si únicamente funciona un horno, la circulación de agua se realizará contra la balsa correspondiente, no penalizando el agua fría del otro horno parado.

Si se cierran las dos electroválvulas, se parará también la bomba de circulación, por seguridad de ésta y reducción del consumo eléctrico.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Por otra parte, también se ha estudiado la potencia térmica disipada y el agua tirada a la red de saneamiento en las instalaciones actuales, para realizar un estudio de los ahorros de agua y energía que se puede obtener.

Para ello se ha instalado, en un supermercado tipo, un contador de kcal/kWh entre la entrada de agua directamente de la red de suministro que alimenta a los hornos y el agua que se evacúa por el desagüe. Con él se ha contabilizado la cantidad de agua que alimenta a dichos condensadores de vahos y la energía que se pierde, al desechar el agua caliente a través de la red de saneamiento.

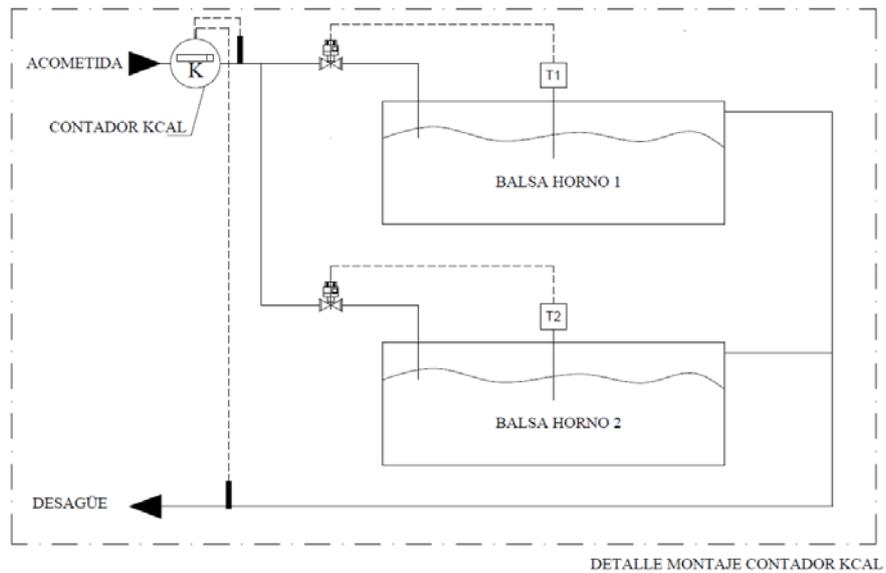
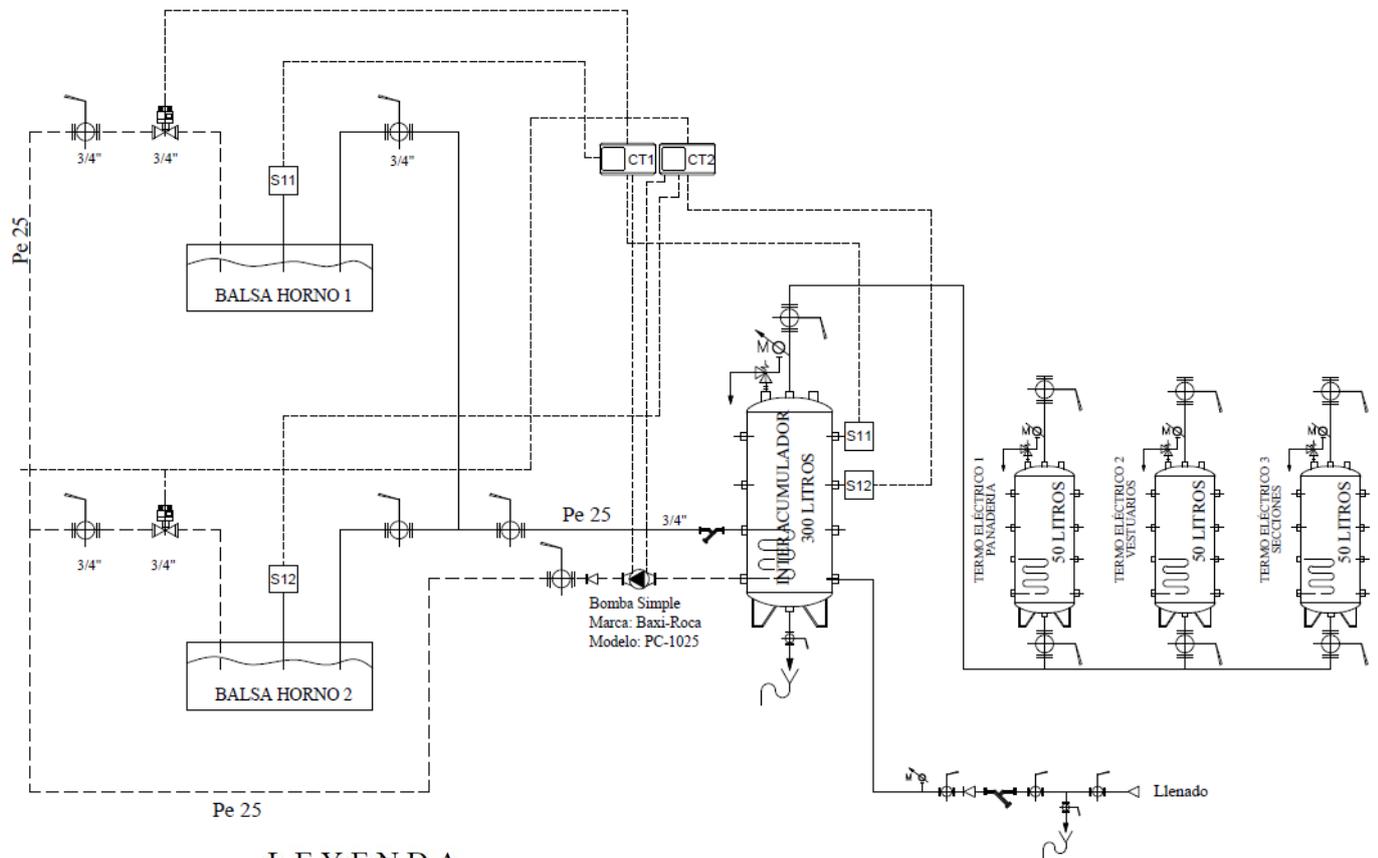


Figura 18. Detalle de montaje del contador de kcal/kWh colocado en los hornos de pan de un supermercado. Fuente: Elaboración propia.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.



LEYENDA

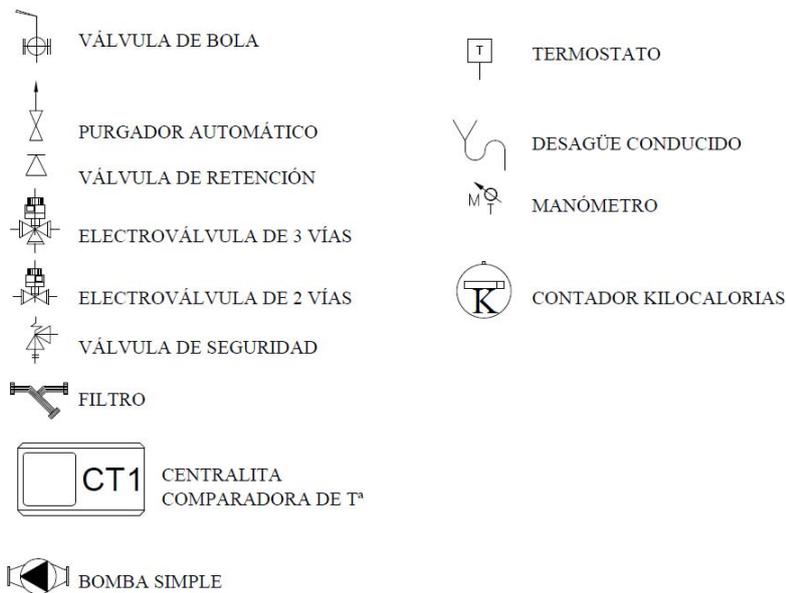


Figura 19. Esquema de principio del sistema de aprovechamiento energético del calor residual de los hornos de pan de un supermercado.

Fuente: Elaboración propia.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Los datos obtenidos para cada uno de los dos hornos que suele tener un supermercado, son los siguientes:

	Datos tomados el 11/02/2014	Datos tomados el 11/04/2014	Datos tomados el 11/06/2014	Datos tomados el 11/08/2014
Energía eléctrica producida	123,8 kWh	364,4 kWh	575,7 kWh	798,8 kWh
Litros consumidos	1.777 litros	6.673 litros	11.129 litros	15.755 litros
Temperatura del agua a la salida del condensador de vahos	45,3 °C	44,1 °C	45,2 °C	44,3 °C

Tabla 24. Datos obtenidos por el contador de kcal/kWh colocado en un horno de panadería de un supermercado. Fuente: Elaboración propia.

8.1.3.2.1. Ahorro real:

El consumo energético para calentar el agua sanitaria de manera tradicional, con tres termos eléctricos de 1,5 kW de potencia cada uno, será de:

El termo funciona una media de 4 horas diarias calentando agua durante 310 días al año.

Para 1 termo: $1,5 \text{ kW} \times 4 \text{ h/día} \times 310 \text{ días/año} = 1.860 \text{ kWh/año}$

Para 3 termos: $1.860 \text{ kWh/año} \times 3 = 5.580 \text{ kWh/año}$

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

El aprovechamiento energético del calor residual de un horno, será de:

$(798,8 \text{ kWh} - 123,8 \text{ kWh}) / 6 \text{ meses} \times 12 \text{ meses/año} = 1.350 \text{ kWh/año.}$

Para el conjunto de los dos hornos que tiene un supermercado tipo, el ahorro en el consumo de energía será de:

$1.350 \text{ kWh/año} \times 2 = 2.700 \text{ kWh/año.}$

A una media estimada entre los tres periodos de tarificación P1, P2 y P3 de 13 céntimos de euro el kWh, el *ahorro económico por la reducción en el consumo de energía eléctrica*, asciende a:

$2.700 \text{ kWh/año} \times 0,13 \text{ €/kWh} = 351 \text{ €/año.}$

A lo que habría que añadir el ahorro en el consumo de agua potable por parte del condensador de vahos. Se trata de un ahorro económico y medioambiental.

Ahorro en el consumo de agua potable para cada horno =

$(15.755 - 1.777 \text{ l})/6 \text{ meses} \times 12 \text{ meses/1 año} \times 1 \text{ m}^3/1.000 \text{ l} \times 1,5 \text{ €/m}^3 = 41,93 \text{ €/año.}$

Ahorro en el consumo de agua potable para los dos hornos = $41,93 \text{ €/año} \times 2 = 83,87 \text{ €/año.}$

Ahorro total = $351 \text{ €/año} + 83,87 \text{ €/año} = 434,87 \text{ €/año.}$

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

8.1.3.2.2. Disminución en la producción de CO₂

El ahorro estimado en la producción de CO₂, al adoptar la medida de ahorro energético mediante el aprovechamiento del calor residual del vapor generado en los hornos de pan, será de:

Ahorro en la producción de CO₂ = 2.700 kWh/año x 0,34 kgCO₂/kWh = 918 kgCO₂/año.

8.1.3.2.3. Periodo de amortización

La instalación necesaria para esta solución de aprovechamiento energético de los vapores de los hornos tiene un coste de 2.025 euros, incluyendo todos los elementos necesarios tales como:

- Centralita de regulación electrónica para la comparación de las temperaturas entre el depósito acumulador y las balsas de condensación de los hornos. Incluso la parte proporcional de conexionado eléctrico de las sondas de temperatura y el accionamiento de las electroválvulas y de la bomba de circulación.

- Depósito interacumulador de agua caliente sanitaria (ACS) de 300 litros de capacidad, en acero al carbono, para una presión de trabajo de hasta 8 bares en el circuito de ACS y de 6 bares en el serpentín, con una temperatura máxima de trabajo de 90 °C. Protegido interiormente contra la corrosión por recubrimiento de resinas epoxídicas de 300 micras de calidad alimentaria, aislado térmicamente mediante calorifugado con espuma de poliuretano flexible de espesor 50 mm y funda de polietileno. Incluyendo equipo

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

de protección catódica permanente por ánodos de titanio electrónicos, sistema CORREX-UP.

- Suministro y montaje de 2 válvulas de 2 vías motorizadas, de 1/2", con cuerpo de latón. Incluyendo actuador y accesorios.

- Grupo motobomba de alta eficiencia con motor de 0,20 kW y construcción in-line, seleccionado con las siguientes características: Caudal = 0,24 m³/h y Presión = 5,32 m.c.a.. Incluso parte proporcional de cuadro eléctrico de mando y protección, cableado y conexionado, manguitos elásticos antivibratorios, elementos de unión, parte proporcional de colectores, valvulería, válvulas de corte, retención y filtro.

- Tubería de cobre rígido de 1 mm de espesor, diámetro 20/22 mm, para montaje por el interior del local, con parte proporcional de valvulería, soportes y pequeños materiales precisos para su correcto montaje. Incluyendo soportes, codos, té, dilatadores, reducciones, pasamuros, accesorios de montaje, abrazaderas isofónicas, etc. Incluso aislamiento mediante coquilla de espuma elastomérica (de espesor según RITE) para tubería de cobre, con parte proporcional de aislamiento de valvulería.

- Además de todas las conexiones eléctricas, electrónicas y mecánicas necesarias para la puesta en servicio de la instalación.

El periodo de amortización será de:

$$2.025 \text{ €} / 434,87 \text{ €} = 4,66 \text{ años.}$$

Resulta un periodo de amortización bastante corto, lo que hace a la instalación interesante económica y medioambientalmente.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

8.2. UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR COMERCIAL

Un aspecto relevante que debe ser tenido en cuenta a la hora de desarrollar una instalación comercial eficiente energéticamente y con bajo nivel de emisiones de GEI y por lo tanto respetuosa con el medio ambiente, es el empleo de energías renovables como fuentes de abastecimiento energético.

Las fuentes renovables con mayor posibilidad de instalación y viabilidad económica en el sector comercial son:

8.2.1. La solar térmica

La energía solar térmica capta la energía del sol a través de colectores o paneles solares colocados normalmente en las cubiertas del edificio que alberga el comercio y calienta el agua que se consume en el establecimiento desde temperaturas en torno a los 40 °C hasta los 80 °C como máximo. Este agua caliente sanitaria (ACS) es usada en las actividades cotidianas de limpieza del establecimiento y aseo del personal.

Se trata de la energía renovable más empleada en el sector comercial, principalmente por las obligaciones que establece el Código Técnico de la Edificación en su Sección HE4. "contribución solar mínima de agua caliente sanitaria", que propicia su uso en todos los proyectos comerciales de edificios de nueva construcción y rehabilitaciones bajo los siguientes condicionantes y siempre que la demanda de ACS sea superior a 50 l/día:

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

- Si se reforma íntegramente el edificio que alberga el comercio.

- Si se reforma íntegramente la instalación térmica del edificio que alberga el comercio. Incluyendo los equipos de generación y demás elementos ligados a la producción y suministro de ACS, incluidos los circuitos de distribución.

- Cuando se produce un cambio de uso del edificio que alberga el comercio.

También estarían incluidas las ampliaciones o intervenciones en un uso comercial situado en un edificio existente y no cubiertas en los puntos anteriores, siempre que la demanda inicial de ACS fuese superior a 5.000 l/día y la actuación requiera de un incremento superior al 50% de esta demanda inicial.

En la figura 20 se refleja la previsión de crecimiento en la producción de energía, mediante la fuente energética solar térmica, en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2020, realizado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para las diferentes comunidades autónomas del territorio español.

En el caso del Principado de Asturias la previsión de crecimiento en el periodo de estos diez años se situará entre un 600-900%.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

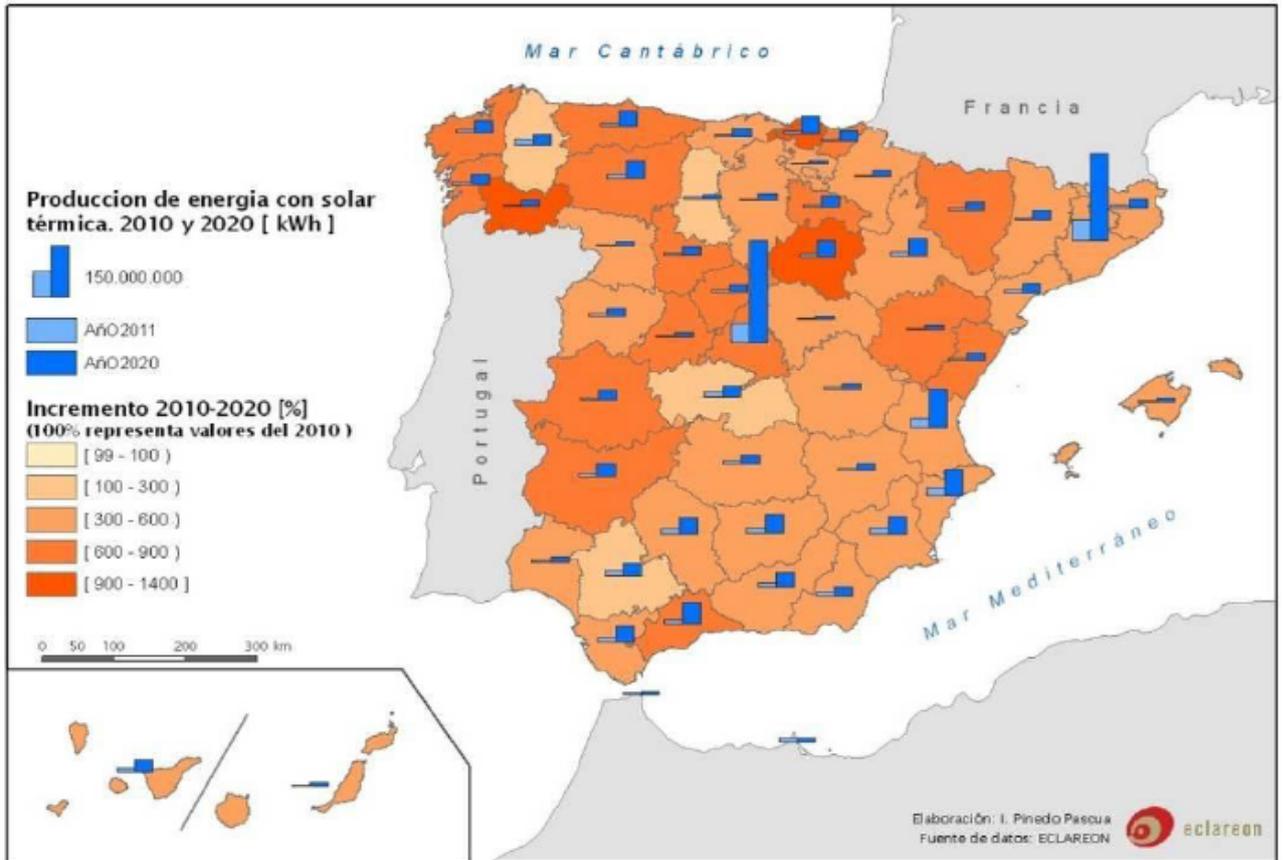


Figura 20. Producción energética solar térmica acumulada en el periodo 2010-2020 en España. Fuente: Eclareon. Plan de energías renovables 2011-2020 del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España.

8.2.2. La solar fotovoltaica

Esta energía emplea paneles fotovoltaicos para captar la energía de la radiación solar y transformarla en energía eléctrica, para su uso directo en el establecimiento o para su venta a la red eléctrica, para lo que requerirá de una conexión a la red general de distribución eléctrica.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Como se observa en la figura 21, el potencial de generación eléctrica de España a través de la energía solar fotovoltaica nos sitúa a la cabeza de los países europeos, con una irradiación global de 1.600 kWh/m².

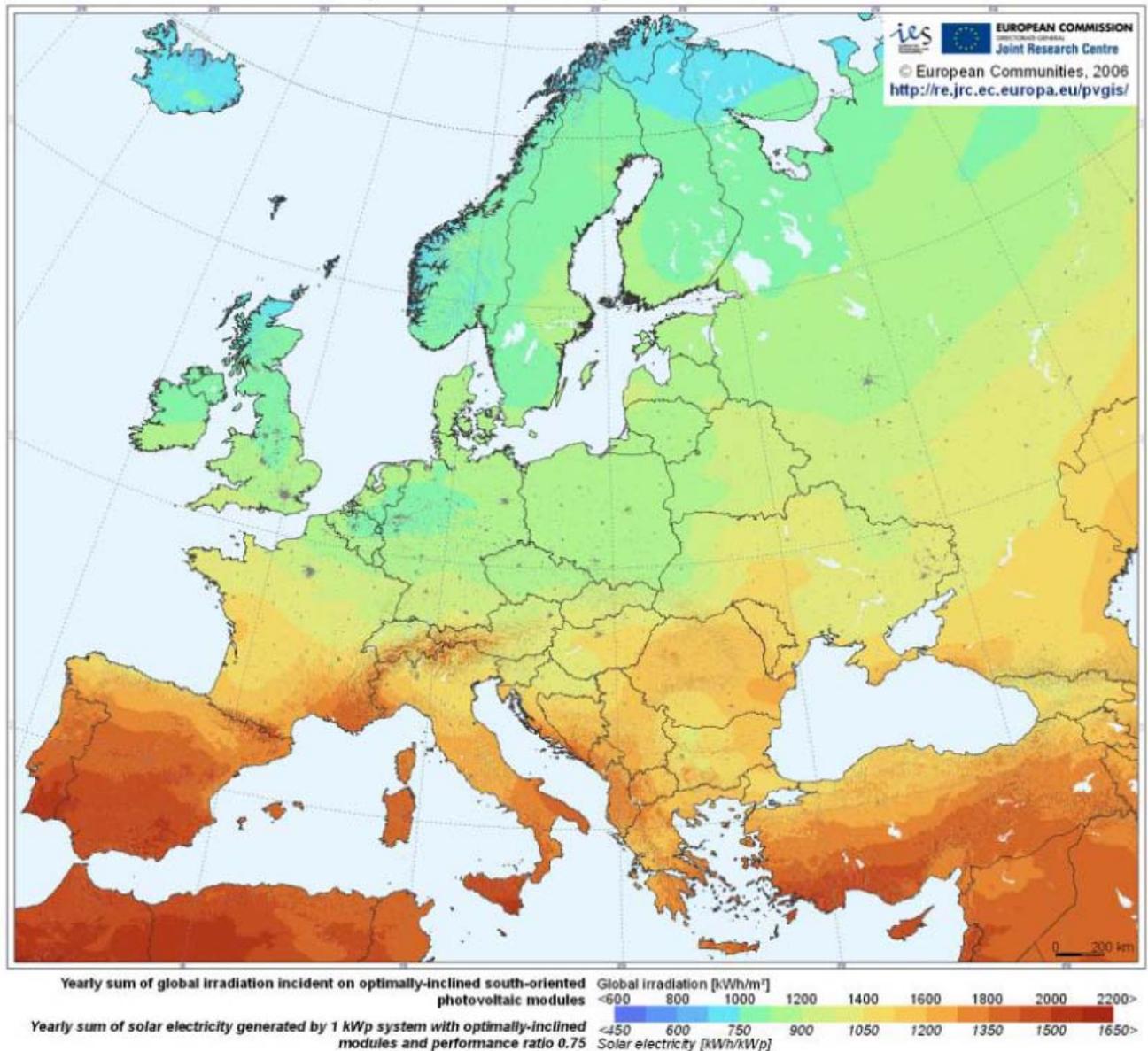


Figura 21. Potencial de la energía solar fotovoltaica en Europa.

Fuente: Joint Research Center. European Commission.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Los paneles solares requieren de un importante espacio para su colocación, normalmente en los tejados de los edificios comerciales o aparcamiento vinculados a la actividad, por lo que solo suele emplearse en edificios exentos de uso comercial y no en actividades comerciales situadas en locales de edificios de viviendas.

En ocasiones cuando la superficie que puede albergar la instalación es de dimensiones importantes, como en el caso de hipermercados, se alquila el espacio a empresas especializadas en la generación de electricidad mediante este tipo de tecnologías.

El creciente precio de la energía y la disminución en el precio de los paneles solares puede favorecer un incremento futuro de instalaciones fotovoltaicas en establecimientos comerciales. Aunque actualmente la falta de subvenciones a este tipo de proyectos, solo suelen subvencionarse las instalaciones en edificios que no tengan posibilidad de conectarse a la red general de distribución eléctrica y la previsión de nuevos gravámenes económicos vía impuestos, ha frenado su implantación en España.

8.2.3. La eólica

La energía eólica es la energía obtenida por la conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica a través de aerogeneradores.

Los comercios que utilizan esta tecnología lo hacen mediante la instalación de pequeños aerogeneradores que pueden situarse sobre los tejados de los edificios, o estructuras auxiliares consiguiendo potencias que no superan los 100 kilovatios y pueden abastecer a determinadas necesidades energéticas del

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

establecimiento comercial. En España esta tecnología no recibe subvenciones por parte de la administración y la energía obtenida no se puede vender a la red general eléctrica. Se trata de una tecnología cara, que requiere de componentes de alto nivel tecnológico que generen bajo nivel sonoro y de vibraciones ya que los comercios suelen situarse en zonas muy pobladas.

Sin embargo tiene una gran aceptación en países como Holanda o el Reino Unido sobre todo para uso residencial, empezando a emplearse también en el sector comercial.

8.2.4. La Biomasa

La biomasa es la utilización de la materia orgánica como fuente de energía a través de un proceso biológico, obteniéndose calefacción o ACS. Incluye tanto la materia orgánica de origen vegetal como animal formada por digestión. La biomasa se considera neutra en cuanto a emisiones de CO₂ porque se equipara la producción de CO₂, en el proceso de generación de energía mediante la biomasa, con la absorción de CO₂ atmosférico por parte del ciclo biológico de la materia orgánica empleada.

Según el Plan de Energías Renovables 2011-2020 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, la estimación de residuos procedentes de la distribución alimentaria (supermercados e hipermercados) en base a los datos del informe “consumo y gasto en hogares en supermercados e hipermercados”, publicado en el año 2006 por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, es el que se detalla por comunidades autónomas en la figura 22.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Siendo el potencial accesible de biogás obtenido de estos residuos de la distribución alimentaria de 27 ktep/año. Según la distribución territorial reflejada en la tabla 25.

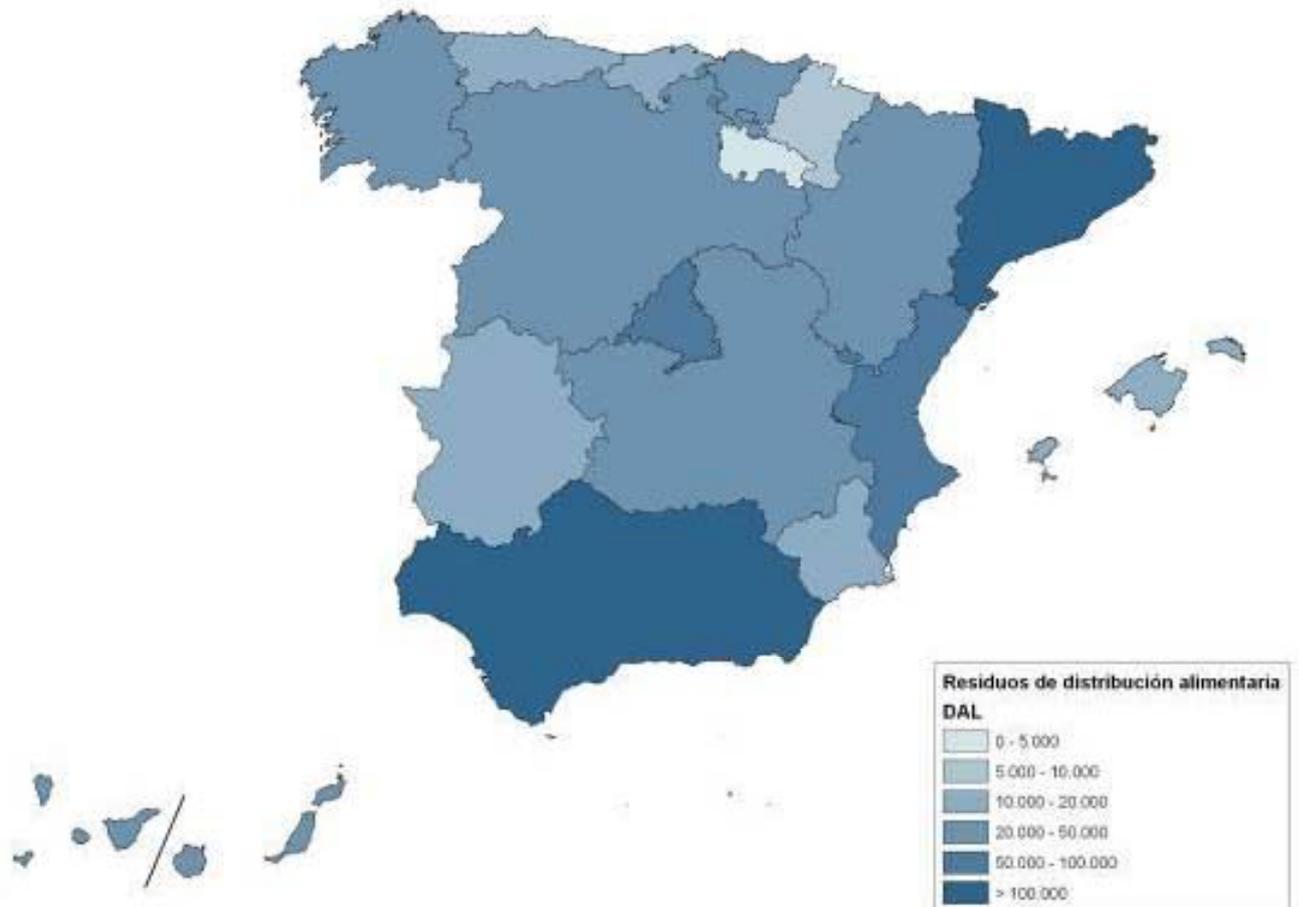


Figura 22. Residuos de plantas de distribución alimentaria (t/año) en España.

Fuente: Plan de energías renovables 2011-2020 del Ministerio de industria, Energía y Turismo de España.

Las instalaciones de obtención de energía a través de biomasa suelen encontrarse subvencionadas por la administración pública.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Comunidad Autónoma	Distribución alimentaria
Galicia	1,6
Asturias	0,7
Cantabria	0,4
País Vasco	1,2
Navarra	0,4
La Rioja	0,2
Aragón	0,8
Cataluña	4,9
Baleares	0,6
Castilla y León	1,6
Madrid	3,6
Castilla – La Mancha	1,1
Valencia	2,8
Murcia	0,7
Extremadura	0,6
Andalucía	4,6
Canarias	1,2
Ceuta	0,0
Melilla	0,0
TOTAL	27,0

Tabla 25. Potencial accesible de biogas obtenido de la distribución alimentaria, por comunidades autónomas españolas en el periodo 2011-2020.

Fuente: Plan de energías renovables 2011-2020 del Ministerio de industria, Energía y Turismo de España.

Algunos usos de la biomasa en establecimientos comerciales son los siguientes:

- Utilización de astillas de madera como combustible de la calefacción en un supermercado Británico, proporcionando calor y electricidad y consiguiendo ahorros del 69% de la energía eléctrica consumida, según datos de la empresa de supermercados Waitrose.

- El Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) está coordinando un proyecto que permitirá a un supermercado ubicado

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

en Vitoria generar energía eléctrica a partir de una caldera de biomasa. El proyecto está cofinanciado con fondos de la Unión Europea.

- Una cadena de supermercados catalana ha utilizado en varios de sus supermercados calderas de biomasa que suman 810 kW, y que consumen aproximadamente 400 Tn/año de astilla forestal G30. Esta implementación supone un ahorro de emisiones de CO₂ equivaliendo a 760 Tn anuales, en relación a un sistema de climatización tradicional, según datos de la empresa.

- Otra cadena de supermercados del Reino Unido ha utilizado los residuos generados en el supermercado para obtener energía a través de un digestor anaeróbico donde se digiere la materia orgánica para obtener biogás, que es transportado mediante una canalización de 1,5 kilómetros de longitud hasta una planta de tratamiento de basuras donde mueve una turbina y genera energía eléctrica.

8.2.5. La geotermia

La energía geotérmica se encuentra presente en algunos comercios, principalmente hipermercados, a través de la denominada geotermia de baja temperatura o climatización geotérmica.

Esta tecnología aprovecha la gran estabilidad térmica del subsuelo del establecimiento, para a través de la realización de sondeos equipados con sondas por las que circula un fluido caloportador, transmitir la energía térmica del terreno a una bomba de calor que abastece de climatización y en ocasiones de ACS al comercio.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

Las bombas de calor geotérmicas presentan rendimientos muy altos y consumos de energía eléctrica menores que las tradicionales debido a que aprovechan que la temperatura del terreno es mayor en invierno y menor en verano que el ambiente exterior de comercio donde intercambian calor las bombas tradicionales.

Una importante ventaja de esta tecnología es que se encuentra subvencionada por la administración pública.

Esta tecnología empieza a aplicarse en supermercados situados en edificios exentos de nueva construcción así como en abundantes hipermercados, en especial en el norte de Europa.

8.2.6. La Aerotermia

Se trata de una energía renovable, según se establece en la Directiva 2009/28/CE del Parlamento europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

La aerotermia constituye un aprovechamiento de la energía del aire que reduce el consumo de la energía destinada principalmente a la producción de ACS y calefacción. Esta tecnología consta de una unidad termodinámica ubicada en el exterior del comercio que absorbe la energía del aire y la cede al circuito interior mediante un módulo hidráulico situado dentro del establecimiento. Los equipos de aerotermia han abaratado mucho su precio y presentan altos rendimientos, siendo rápidamente amortizables y constituyen una buena alternativa para la generación de ACS en los establecimientos comerciales.

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

8.2.7. Principales inconvenientes para la instalación de fuentes de energía renovables en el sector comercial

Los principales inconvenientes que pueden frenar la implantación de las energías renovables en el sector comercial, como medio de reducción de la producción de gases de efecto invernadero, son los siguientes:

- La dependencia de los factores meteorológico, que pueden provocar discontinuidad en el suministro y falta de rentabilidad en función de la ubicación geográfica del comercio.

- La mayor parte de las actividades comerciales se desarrollan en edificios que comparten otros usos, como el residencial. Motivo por el cual requieren de permisos por parte de las comunidades de propietarios para la colocación de los elementos necesarios para desarrollar estas energías, como paneles solares, aerogeneradores, etc.

- La instalación de sistemas de generación de energía mediante energías renovables requieren de una planificación y desarrollo de su instalación y un mantenimiento por parte del usuario, frente a la comodidad de contratación del suministro eléctrico directamente de la red eléctrica general.

- La alta supeditación a las subvenciones en los periodos de amortización de la inversión.

- El autoconsumo de energía mediante energías renovables puede verse gravado con un impuesto para contribuir a los costes y servicios del sistema, el denominado peaje de respaldo, que se

Aprovechamiento energético de calores residuales y utilización de energías renovables en el sector comercial.

concretará en un futuro artículo de la Ley del Sector Eléctrico Español, que está a punto de ser publicado.

8.2.8. Compra de energía eléctrica procedente exclusivamente de fuentes de energía renovables

Una posibilidad más a la hora de consumir de manera más respetuosa con el medio ambiente la energía en los establecimientos comerciales, consiste en la contratación de un suministro eléctrico de fuentes de energías renovables.

Las principales empresas distribuidoras de energía posibilitan a sus clientes la contratación de suministros de energía provenientes 100% de fuentes de energía renovables, de acuerdo con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Facilitando incluso certificados que garantizan el origen renovable de las fuentes.

También existen cada vez más cooperativas que comercializan energía de fuentes renovables con certificación del origen "verde" de la energía, mediante certificados de la Comisión Nacional de la Energía. En estas cooperativas el consumidor además forma parte de la empresa como socio. En algunas ocasiones estas uniones de consumidores permiten la compra de energía a precios más bajos. Algunas de estas cooperativas incluso producen energía de fuentes renovables propias, como centrales de biogás o plantas de energía solar fotovoltaica.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 9:

DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA PRESENTADAS EN LA TESIS

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Análisis comparativo de las medidas de mejora de la eficiencia energética presentadas en la tesis.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS MEDIDAS DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

En este capítulo se presentan diferentes análisis comparativos que permiten clasificar en función de parámetros económicos, temporales y medioambientales las repercusiones que tiene la aplicación de las diferentes medidas propuestas, de mejora de la eficiencia energética, en las instalaciones comerciales.

De esta manera se pretende facilitar la toma de decisiones a la hora de adoptar una u otra mejora, en función de los valores obtenidos por metro cuadrado de superficie útil de comercio.

En la tabla 26 se detallan las diferentes medidas de mejora de la eficiencia energética descritas en la tesis, reflejando la inversión necesaria, los ahorros económicos y de consumo de energía, la reducción de emisiones de CO₂ y los periodos de recuperación de la inversión o de amortización. Se concentran en dos únicas medidas todas las acciones de utilización de los sistemas de control del apagado de la iluminación (detectores de presencia) en las zonas de ocupación ocasional y restringida y de utilización de la iluminación led en todo el supermercado.

Las medidas están ordenadas de menor a mayor periodo de amortización. Y dentro del mismo año de amortización, de menor a mayor inversión económica necesaria para implantar la medida. De esta manera la tabla comienza con la medida que menor inversión requiere y que es amortizable durante el primer año de su puesta en marcha.

Análisis comparativo de las medidas de mejora de la eficiencia energética presentadas en la tesis.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN	INVERSIÓN €/m ²	AHORRO EN ENERGÍA kWh/añoxm ²	AHORRO ECONÓMICO €/añoxm ²	REDUCCIÓN DE EMISIONES kg CO ₂ /añoxm ²	PERIODO DE AMORTIZACIÓN años
Regulación temperatura de climatización <i>(por °C de variación)</i>	0	0,65-2,41	0,08-0,31	0,22-0,82	1
Detectores de presencia en zonas de ocupación ocasional y restringida	0,13	5,57	0,73	1,89	1
Sensores con células fotoeléctricas en naves con lucernarios	2	19,46	2,53	6,60	1
Sensores con células fotoeléctricas en locales de edificios de viviendas	3,20	5,34	0,69	1,82	1
Free-cooling y sistemas de recuperación del calor de climatización	0,49	1,50-6	0,2-0,78	0,51-2,04	2
Balastos electrónicos	2	13,31	1,73	4,53	2
Programadores de encendido y apagado y detectores lumínicos para rótulos publicitarios	0,15	0,32	4,2X10 ⁻²	0,11	3
Climatización con tecnología inverter	7,30	17,05	2,22	5,80	3
Muebles frigoríficos cerrados, con puertas o tapas de vidrio	11,20	39,17	5,09	13,32	3
Aprovechamiento del aire caliente residual del frío industrial aumentando el rendimiento de la climatización	0,73	1,58	0,20	0,53	4

Análisis comparativo de las medidas de mejora de la eficiencia energética presentadas en la tesis.

Aprovechamiento del calor residual de los hornos de panadería, para reducir el consumo de energía en el agua caliente sanitaria <i>(con dos hornos eléctricos)</i>	0,98	1,88	0,30	0,64	4
Iluminación led en todo el supermercado	25,22	60,78	7,89	20,67	4
Centrales frigoríficas como equipos de frío industrial sustituyendo a instalaciones multicircuito	26,79	62,30	8,10	21,18	4

Tabla 26. Tabla de análisis comparativo de la inversión necesaria, el periodo de amortización y los ahorros obtenidos con la aplicación de las diferentes medidas de mejora de la eficiencia energética en un comercio tipo supermercado.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la tabla 26 refleja que todas las medidas se amortizan dentro de los cuatro primeros años de implantación.

Pertenecientes al capítulo de iluminación, la implantación de detectores de presencia en áreas de ocupación ocasional y restringida, presenta una de las inversiones más bajas y periodos de amortización más cortos. Recuperándose la inversión durante el primer año, al igual que con las medidas de uso de sensores con células fotoeléctricas para el control del encendido de la iluminación tanto en naves con lucernarios como en locales situados en edificios de viviendas.

La sustitución de la iluminación tradicional por lámparas led resulta la segunda medida más cara de todas las propuestas, pero es también la segunda medida que más ahorro económico, de consumo

Análisis comparativo de las medidas de mejora de la eficiencia energética presentadas en la tesis.

de energía y de emisiones obtiene, amortizándose rápidamente dentro del cuarto año.

En cuanto al uso de sensores con células fotoeléctricas para la regulación del encendido y apagado de la iluminación en función de la luz natural, la inversión resulta mucho más alta para los locales comerciales situados en edificios de viviendas que para las naves con lucernarios, debido a la menor superficie de actuación. El ahorro económico de la medida en naves con lucernarios cuadruplica a la adoptada en edificios de viviendas y resulta la cuarta con mayores ahorros económico, de consumo energético y de emisiones, siendo además la que antes se amortiza dentro de las que generan mayor ahorro.

Analizando las medidas del capítulo del frío industrial encontramos la utilización de centrales frigoríficas sustituyendo a las instalaciones multicircuito como la que más ahorros genera y la implantación de muebles frigoríficos cerrados con puertas o tapas de vidrio como la tercera mejor medida. Las actuaciones sobre este tipo de instalaciones del supermercado resultan, en conjunto, las que mayor ahorro económico, de consumo de energía y de emisiones de GEI generan de todas las áreas del supermercado.

En las instalaciones de climatización y ventilación, aparece la única medida que no requiere inversión, se trata de la correcta regulación de la temperatura de servicio, que presenta también ahorros interesantes y por lo tanto alcanza la mayor maximización ambiental de la inversión. Es decir, obtiene una mayor reducción de emisiones de GEI con una menor inversión económica. El uso de la tecnología inverter en la climatización es la quinta medida que mayor ahorro económico, energético y de emisiones obtiene, con un periodo de amortización de tres años.

Análisis comparativo de las medidas de mejora de la eficiencia energética presentadas en la tesis.

Si buscamos la medida que mayor maximización ambiental de la inversión alcanza en las instalaciones de frío industrial, encontramos a la implantación de muebles frigoríficos con puertas o tapas de vidrio en la primera posición. Mientras que en las instalaciones de climatización y ventilación esta medida es el empleo del free-cooling y sistemas de recuperación del calor de la climatización

Por último, resulta interesante señalar que con el aprovechamiento del calor residual de los hornos de panadería, para reducir el consumo de energía en el agua caliente sanitaria, conseguiremos amortizar una reducida inversión de menos de 1 euro por metro cuadrado de superficie útil de establecimiento, antes de los cuatro primeros años.

Análisis comparativo de las medidas de mejora de la eficiencia energética presentadas en la tesis.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 10:

CONCLUSIONES

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

10. CONCLUSIONES

Conclusiones.

10. CONCLUSIONES

En los capítulos anteriores se han analizado los consumos energéticos ocasionados en un comercio tipo supermercado por las instalaciones de iluminación, climatización y ventilación, frío industrial y los hornos de elaboración de productos de panadería. En cada uno de ellos, se han detallado diferentes métodos de ahorro de energía e incluso se han calculado ahorros económicos, periodos de amortización de las nuevas instalaciones y de las mejoras aplicadas y la disminución de kilogramos de CO₂ generados por el consumo de energía, en las medidas más interesantes.

Para lo cual se han analizado datos reales obtenidos por la implantación de estas mejoras en diferentes supermercados. El conjunto de estos datos, junto con la experiencia alcanzada durante más de una década de diseño y dirección en la construcción y mantenimiento de establecimientos comerciales, posibilita las siguientes conclusiones finales:

- El sector comercial presenta un elevado consumo de energía para desarrollar su actividad. Se trata de un sector, el de los supermercados, en clara expansión empresarial y por lo tanto con un marcado crecimiento en el gasto energético y de producción de gases de efecto invernadero.

- Se evidencia la posibilidad de ahorro y mejora de la eficiencia energética en las reformas y construcciones de los nuevos establecimientos comerciales.

- La adopción de las mejoras en el diseño del establecimiento comercial y de sus instalaciones e incluso del aprovechamiento de ciertas energías residuales, estudiadas en esta tesis, varían en grado

Conclusiones.

de rentabilidad dependiendo de si se adoptan para la obra nueva o como reformas del comercio en funcionamiento.

- La adopción de medidas de mejora de la eficiencia energética, novedosas en el diseño de las instalaciones y la fisonomía del comercio se han visto, durante años, ralentizadas por el temor a modificar patrones comerciales fuertemente arraigados en la cultura de las diferentes cadenas comerciales. En la actualidad, el incremento del precio de la energía, que penaliza los beneficios obtenidos, la creciente competencia en el sector, que motiva la adopción de mejoras en el diseño y confort y la mayor importancia dada por los clientes a la sensibilidad medioambiental de la firmas comerciales, ha facilitado la adopción de medidas en los establecimientos, encaminadas a la consecución de ahorros en el consumo energético y también de mejora de la imagen corporativa.

- El estudio de los resultados obtenidos en la construcción y puesta en marcha de los comercios descritos, durante el desarrollo de los capítulos anteriores, permiten obtener en función de los campos de actuación las siguientes conclusiones:

- Para reducir el consumo de energía ocasionado por la transmisión de calor entre el comercio y su entorno, resulta imprescindible un diseño eficiente del establecimiento con altos niveles de aislamiento térmico.
- La reducción del consumo energético en las instalaciones de iluminación, debe basarse en tres aspectos complementarios:

En primer lugar, un correcto diseño arquitectónico del local comercial permitirá aprovechar mejor la luz natural, para lo cual es necesario que las instalaciones se realicen por fases,

Conclusiones.

con circuitos eléctricos independientes, permitiendo disponer de unas zonas encendidas y otras apagadas en función de la intensidad de luz natural que pueda penetrar en cada momento en el comercio.

En segundo lugar, se debe evitar el consumo innecesario de energía, mediante la instalación de detectores de presencia que mantengan la luz encendida únicamente, cuando se detecten personas en la estancia o pulsadores temporizados que permitan regular el tiempo de encendido de las luminarias. Se recomienda su instalación tanto en la obra nueva como en los supermercados existentes, especialmente aconsejable resulta el empleo de estos sistemas en almacenes, aseos públicos y vestuarios. Utilización de programadores de horario de encendido y apagado o detectores lumínicos para el encendido de los rótulos publicitarios colocados en el exterior del local.

En tercer lugar, se ha analizado la sustitución de la iluminación tradicional con lámparas de fluorescencia, incandescencia o halógenas por iluminación con balastro electrónico y lámparas de bajo consumo, concluyendo en la ventaja que la nueva tecnología led tiene sobre el resto de tipos de iluminación, prestando especial atención a la selección de un tipo de producto de calidad, que tenga etiqueta energética, ensayos testados y de marcas que garanticen las características técnicas. Alcanzándose los mayores ahorros en la zona de la sala de ventas, debido a la gran superficie de actuación, con valores óptimos en la relación entre los ahorros obtenidos y la inversión requerida. Uno de los factores más importantes de este tipo de tecnología es su mayor vida útil, que hace que los gastos de

Conclusiones.

mantenimiento por sustitución de las lámparas sean menores. Otro de los aspectos positivos además de su menor consumo energético, es la ausencia de transmisión de calor al entorno, lo que evita aumentos de consumo por parte de los sistemas de climatización en los periodos más cálidos del año.

- Resulta altamente conveniente la sustitución, en todos los locales de nueva construcción, de la instalación de los antiguos sistemas de climatización con compresor constante por equipos de alta eficiencia, dotados de tecnología inverter. Igualmente resulta conveniente sustituir las cortinas eléctricas de aire, en cada puerta de entrada al supermercado, por unidades interiores de conductos para realizar las funciones de barrido de aire y zonificar el servicio.

Por otra parte, el aprovechamiento del aire caliente generado por las unidades condensadoras de la instalación de frío industrial, aumentando el rendimiento de las unidades de climatización y disminuyendo el consumo energético y la producción de CO₂, es más eficiente cuanto más severas son las temperaturas en los periodos fríos del año, pero su instalación es interesante en todos los establecimientos.

El diseño de la climatización por zonas, evita la transferencia de aire de las zonas no climatizadas a las climatizadas, permitiendo que las diferentes máquinas trabajen de manera independiente, aumentando el control de las diferentes necesidades de temperatura de las zonas a climatizar. Estas zonas deben disponer de una correcta regulación de las temperaturas de servicio y de los parámetros de humedad y admisión del aire, ya que por cada grado centígrado extra de calefacción o aire acondicionado, el consumo de energía

Conclusiones.

aumenta entre un 5-8%. Para tal fin, se recomienda el empleo de sistemas de gestión domótica de la instalación, que además regulen los periodos de encendido y apagado, evitando consumos innecesarios. Se debe favorecer las presiones positivas del aire, para evitar que se introduzca con facilidad aire desde el exterior al interior del comercio y por lo tanto aumente la necesidad de climatización.

Es apropiado prevenir las corrientes de aire, motivadas por la colocación enfrentada de las entradas al comercio y el empleo, cuando se disponga de suficiente espacio, de vestíbulos con doble puerta así como puertas dotadas de empujadores o sistemas de apertura y cierre automático, que eviten que permanezcan abiertas.

Resulta ventajoso el incorporar sistemas de recuperación de calor del aire procedente del proceso de climatización, para precalentar el aire frío que los equipos toman del exterior, así como el empleo de sistemas de free cooling que aprovechen el aire del exterior del comercio para refrigerar el supermercado. De esta manera se reduce el consumo de energía necesario para acondicionar el interior del establecimiento, llegando en ciertas épocas del año a ahorros en el consumo energético del 20%.

- Del análisis de los sistemas de generación de frío industrial para los supermercados, se concluye en la necesidad de reducir el uso de muebles de refrigeración autónomos, debido a sus altos consumos de energía y transferencia de calor al supermercado, la ventaja de emplear sistemas centralizados y diferenciados por rangos de temperaturas y siempre que se disponga de espacio en el exterior del comercio utilizar

Conclusiones.

condensadores axiales situados al aire libre, ya que consumen mucha menos energía que los centrífugos.

Procurar que la sala de máquinas esté cerca de los muebles frigoríficos, para evitar pérdidas de carga y disminuir el riesgo de fugas de refrigerante y al igual que las cámaras frigoríficas y las tuberías de distribución a los muebles, la sala debe estar bien aislada térmicamente, para no penalizar el consumo de la climatización.

Evitar las antiguas instalaciones multicircuito, ya que tienen altos consumos energéticos y presentan más posibilidades de fugas de refrigerante y sustituirlas por centrales frigoríficas en las que se empleen válvulas de expansión con regulación electrónica, condensación y evaporación flotante, dispositivos electrónicos para regular los desescarches y compresores y condensadores con variadores de frecuencia.

Se ha comprobado la idoneidad del uso de muebles frigoríficos dotados de puertas y tapas de cristal, disminuyendo las pérdidas energéticas, con ahorros medios del 25% en el consumo de energía y además con un aumento en las ventas de los productos refrigerados.

La elección de los fluidos refrigerantes ha variado en los últimos años a causa de legislaciones ambientales más duras y penalizaciones económicas a su uso vía impuestos. Actualmente los refrigerantes más empleados, por su mejor relación precio-rendimiento, para una instalación frigorífica de un supermercado de tamaño medio o grande son el R-134a para el sistema frigorífico de temperaturas de servicio mayores o iguales a cero grados centígrados y el refrigerante

Conclusiones.

R-449A para el sistema frigorífico de temperaturas de servicio menores a cero grados centígrados. No obstante se prevé la futura consolidación del uso del gas CO₂ como la alternativa de refrigerante más rentable, sobre todo para los sistemas frigoríficos que deben suministrar temperaturas de servicio inferiores a cero grado centígrados.

- Por último, se ha constatado que en todos los establecimientos existentes, donde se disponga de espacio para situar un depósito de agua de 300 litros y en todos los supermercados de nueva construcción, resulta interesante medioambientalmente e incluso económicamente, el disponer del sistema de aprovechamiento del calor de los vapores generados por los hornos de pan descrito en el capítulo 8. Además de disminuir el consumo de energía necesaria para calentar el agua caliente sanitaria, que se consume en el local, se reduce el consumo de agua potable de la red y la producción de CO₂.

- Se ha mostrado que la inversión requerida para poner en marcha las medidas descritas en la tesis, en un supermercado de tamaño grande, con unos 2.000 m² de superficie útil, asciende a 164.600 €. Siendo el periodo de amortización de la inversión de 4 años, consiguiendo una reducción del consumo de energía de 475.800 kWh/año, una reducción de emisiones de GEI de 161.770 kg CO₂/año y un ahorro de 61.850 €/año.

- Suponiendo que la capacidad de intervención con las medidas de ahorro descritas en esta tesis, alcanzase al 50% de los supermercados grandes existentes en el territorio nacional, permitiría un ahorro con respecto a las configuraciones tradicionales en el diseño de este tipo de establecimientos comerciales de 98.960.000

Conclusiones.

€/año, una disminución, en el consumo de energía de 761.280.000 kWh/año y evitaría la generación de 258.832.000 kgCO₂/año (258,832 ktCO₂/año) o 5,6 kgCO₂/personaxaño.

Lo cual equivaldría a:

- Un 14,43% anual de la necesidad de reducción de emisiones de GEI generadas por los sectores difusos, acordadas en "El Objetivo 20-20-20" por los estados miembros de la Unión Europea para el año 2020.
- Sería equivalente a dejar el coche en casa 1.725.546.667 km/año (considerando que un vehículo de media genera 150 gr CO₂/km).
- Plantar 25.883.200 árboles (la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) estima que un árbol absorbe cada año una media de 10 kg CO₂/año).

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 11:

FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

11. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

11. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Como futuras líneas de investigación y trabajo cabe considerar el desarrollo realizado en la presente tesis para obtener los ahorros alcanzados en los hipermercados y formatos de supermercado de tamaño menor, así como el análisis de los ahorros obtenidos en función de la fisonomía de los establecimientos comerciales en busca de diseños de consumo de energía óptimos. Ampliando a toda la cadena de valor las actuaciones de ahorro y eficiencia energética, incluyendo el efecto del transporte de mercancías, las emisiones generadas por el tratamiento de los residuos de los establecimientos comerciales y el etiquetado con el CO₂ generado por los productos comercializados.

Además de este campo de trabajo podrían surgir nuevas líneas de investigación, como el desarrollo de programas informáticos que faciliten los ahorros obtenidos en función de las mejoras de la eficiencia energética aplicadas en la fase de proyecto de los centros comerciales y permitan compararlos con los ahorros reales de consumo de energía y generación de gases de efecto invernadero.

Otro recorrido de investigación podría ser el desarrollo de aplicaciones de energías renovables a aspectos de consumo concretos del sector comercial, como las instalaciones frigoríficas.

Futuras líneas de trabajo.

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

CAPÍTULO 12:

BIBLIOGRAFÍA

Posibilidades del ahorro y la eficiencia energética y la utilización de energías renovables para la reducción de gases de efecto invernadero en el sector comercial.

12. BIBLIOGRAFÍA

12. BIBLIOGRAFÍA

Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (EPA). Manual de mejoras a edificios para supermercados y despensas.

http://www.energystar.gov/ia/business/EPA_BUM_CH11_Supermarkets.pdf.

Aranda, A. y Ortego, A. (2011). Integración de energías renovables en edificios. Ed. Prensas universitarias de Zaragoza.

Arias, J., Lundqvist, P. (2004). Heat Recovery and Floating Condensing in Supermarkets. Joarnal Energy and Building 2004.

Arias, J., Lundqvist, P. (2003). Final Swedish Report Annex 26: Advanced Supermarket Refrigeration/Heat Recovery Systems.

Arias, J., Lundqvist, P. (2002). Heat Recovery in Recent Refrigeration Systems in Supermarkets. 7th Energy Agency Conference on Heat Pumping Technology, Beijing, China, April 2002.

Arias, J., Lundqvist, P. (2001). Comparison of Recent Refrigeration Systems in Supermarkets. VI Ibero-American Congress of Air Conditioning and Refrigeration, Buenos Aires, Argentina, August 2001.

Arias, J., Lundqvist, P. (2000). Field Experiences in Three Supermarkets in Sweden. Workshop Annex 26, Stockholm, Sweden, October 2000.

Bibliografía.

Arias, J., Lundqvist, P. (1999). Innovative System Design in Supermarkets for the 21st Century. 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, Australia, September 1999.

Arteconi, A., Brandoni, C., Polonara, F. (2008). Distributed generation and trigeneration: Energy saving opportunities in Italian supermarket sector.

AVEN. Agencia Valenciana de la Energía. (2005). Guía de ahorro y eficiencia energética en locales comerciales de la Comunidad Valenciana.

Azara, M. (1988). Ahorro energético en instalaciones frigoríficas. Primeras Jornadas Técnicas Europeas del Frío aplicado a la Agroalimentación (ed. FMI Valencia), pp. 121-114.

Baxter, V. D. (2005). Summary of advanced supermarket R&D activities conducted under International Energy Agency (IEA) Annex 26, 8th IEA Heat Pump Conference Las Vegas, NV, USA.

Bellas, I., Tassou, S. A. (2005). Present and future applications of ice slurries, International Journal of Refrigeration Vol. 28 (Issue 1).

Bullard, D., Chandrasekharan, R. (2004), Analysis and design Tradeoffs for display case evaporators, Report prepared for Oak Ridge National Laboratory for contract US department of energy DE-AC05-00OR22725, 98 pgs.
http://www.ornl.gov/sci/btc/pdfs/Display_case_evaporator_model_report_TM-2004-157.pdf.

Bibliografía.

Campbell, A., Oliver, R. (2009). Building services for low carbon supermarkets.

Carrier Air Conditioning Company. (1980). Manual de aire acondicionado. Ed. Marcombo Boixareu editores.

CEEC. (2012). Documentación de las jornadas técnicas sobre soluciones de eficiencia energética en supermercados y superficies comerciales.

Christensen, G. K., Bertilsen, P. (2004). Refrigeration systems in supermarkets with propane and CO₂ e energy consumption and economy. <http://www.aiarh.org.au/downloads/2004-02-02.pdf>.

Chung, W., Hui, Y. V., Miu Lam, Y. (2004). Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings. Elsevier Ltd.

Confederació de Comerç de Catalunya. (2012). Análisis del comercio al por menor español.

Da Ros, S. Transcritical CO₂ systems: a case study into the latest evolution. <http://www.centrogalileo.it/nuovaPA/.../EPTA%20Group.pdf>.

Danfoss. (2008). Transcritical CO₂ system in a small supermarket.

Datta, D., Watkins, R., Tassou, S. A., Hadaway, A., Maki, A. (2005). Formal Based Methodologies for the Design of Stand Alone Display Cabinets. Final report to DEFRA for project AFM144, November 2005, 177 pp.

Bibliografía.

Datta, D., Watkins, R., Tassou, S. A. (2004). Effect of night blinds on open integral display cabinets, Proceedings of 3rd International Conference on Heat powered cycles HPC 2004, on CD-ROM, Larnaca, Cyprus.

De Garrido, L. (2014). Arquitectura energía cero. Ed. Monsa.

De las Heras, A. (2014). Análisis de datos de emisiones de CO₂, en España. Entidades sujetas a la Directiva Europea 2003/87/CE. Emisiones mundiales y Directiva: periodo 2008-2012. Fundación Empresa & Clima.

De Vengoechea, A. (2012). Las cumbres de las Naciones Unidas sobre cambio climático.

DEFRA. (2006). Economic Note on UK Grocery Retailing. Department of Environment Food and Rural Affairs.

Díaz, J. M. (1988). Ahorro energético en instalaciones frigoríficas. Primeras Jornadas Técnicas Europeas del Frío aplicado a la Agroalimentación (ed. FMI Valencia), pp. 121-123.

European Commission (DG ENV). (2009). Towards a greener retail sector.

Faramzi, R. (2007). Investigation of Air Curtains in Open Refrigerated Display Cases e Project Overview. Presentation at PAC Meeting, Dallas, Texas, 29.

Foster, M., Madge, J., Evans, J. (2005). The use of CFD to improve the performance of a chilled multi-deck retail display cabinet, International Journal of Refrigeration, Vol. 28 (Issue 5) 698e705.

Bibliografía.

Garrett-Peltier, H. (2011). Employment Estimates for Energy Efficiency Retrofits of Commercial Buildings. Political Economy Research Institute, Amherst, MA, USA, 7 pp.

Ge, Y. T. and Tassou, S. A. (2011). Performance evaluation and optimal design of supermarket refrigeration systems with supermarket model "SuperSim", Part I: Model description and validation, International Journal of Refrigeration 34 (2): 527- 539.

Ge, Y. T. and Tassou, S. A. (2011). Performance evaluation and optimal design of supermarket refrigeration systems with supermarket model "SuperSim". Part II: Model applications, International Journal of Refrigeration 34 (2): 540- 549.

Ge, Y. T. and Tassou, S. A. (2011). Thermodynamic analysis of transcritical CO₂ booster refrigeration systems in supermarket, Energy Conversion and Management 52 (4): 1868- 1875.

Ge, Y. T., Tassou, S. A. (2000). Mathematical modelling of supermarket refrigeration systems for design, energy prediction and control. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part a, Journal of Power and Energy 214 (A2).

González, C. (2013). Diseño y cálculo de instalaciones de climatización. Ed. Cano Pina.

Haaf, S., Heinbokel, B., Gerneman, A. (2005). First CO₂ Refrigeration System for Medium and Low-Temperature Refrigeration at Swiss Megastore. http://www.lindekaeltetechnik.de/uploads/media/CO2_Sonderdruck_deutsch.pdf.

Bibliografía.

ICAEN. (1993). *Tecnologies avançades en estalvi i eficiència energètica.* 10. Les instal·lacions frigorífiques de la indústria agroalimentària. Institut Català d'Energia, Barcelona.

IDAE. (1989). *Optimización energética de las instalaciones de aire acondicionado.*

Instituto Nacional de Estadística. (2005). *Contabilidad Nacional de España, base 2000. Serie contable 1995 – 2004.* Nota de prensa.

Instituto Tecnológico de Galicia. (2013). *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en el Sector Servicios.*

IPCC Working Group III Contribution to AR5. (2014) *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Chapter 9, Buildings.*

IPCC Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. (2008). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis.* IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

Irish Energy Center. European Commission. Directorate General for Energy (DG XVII). (1995). *Energy Efficient Lighting in Shops.*

JTL Systems Ltd. (2005). *Defrost on demand system, Carbon Trust Grant Funded Projects* (2005). <http://www.thecarbontrust.co.uk/.../successfulprojects.htm>.

Bibliografía.

Kantar WorldPanel. (2012). Informe Anual World Panel Distribución 2012.

Karas, A., Zabrowski, C., Fisher, D. (2006). GE ECM Evaporator Fan Motor Energy Monitoring, FSTC Report 5011.05.13, Fisher-Nickel Inc., California. <http://www.fishnick.com/publications>, 5 pp.

Kauffeld, M., Kawaji, M., Egolf, W.P. (2005). Handbook on Ice Slurries. International Institute of Refrigeration, Paris.

Kinney, S., Piette, M. A. (2002). Development of California commercial-building energy benchmarking database. In: ACEEE 2002 summer study on energy efficiency in buildings, vol.7.

Kosar, D., Dumitrescu, O. (2005). Humidity Effects on Supermarket Refrigerated Case Energy Performance: A Database Review. ASHRAE Transactions. Vol. 111 (1).

La Comisión Europea. (2008). Acción de la Unión Europea contra el Cambio Climático realizado.

Lawrence, J. M. W., Gibson D. (2010). Energy use in commercial refrigeration, Proceedings of the Institute of Refrigeration 5 (1) 5e11 2009-10.

Levine M., Ürge-Vorsatz, D., Blok, K., Geng, L., Harvey, D., Lang, S., Levermore, G., Mongameli Mehlwana, A., Mirasgedis, S., Novikova, A., Rilling, J., and Yoshino, H. (2007). Residential and commercial buildings. In: Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate

Bibliografía.

Change [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 387-446.

Lijó, F. (2006). Manual de refrigeración. Ed. Reverté.

Luengo, J. A. (2011). La importancia del sector servicios en la actual economía española.

Maidment, G. G., Tozer, R. M. (2002). Combined cooling heat and power in supermarkets, Applied Thermal Engineering Volume 22.

Maidment, G. G., Zhao, X., Riffat, S. B. (2001). Combined cooling and heating using a gas engine in a supermarket, Applied Energy.

Maidment, G. G., Zhao, X., Riffat, S. B., Prosser, G. (1999). Application of combined heat and power and absorption cooling in a supermarket, Applied Energy.

Marinhas, S., Delahaye, A., Fournaison, L. (2007). Solid fraction modelling for CO₂ and CO₂ e THF hydrate slurries used as secondary refrigerants, International Journal of Refrigeration Vol. 30 (Issue 5).

M-Kim, H., Pettersen, J., Bullard, W.C. (2004). Fundamental process and system design issues in CO₂ vapour compression systems, Progress in Energy and Combustion Science 30.

Mikhailov, A. (2006). Automatic Controls for Industrial Refrigeration System. Secciones 5.3 / 5.4. Publicado por Danfoss.

Bibliografía.

New Buildings Institute. (2012). Getting to Zero 2012 Status Update: A First Look at the Costs and Features of Zero Energy Commercial Buildings. New Buildings Institute, Vancouver, Washington, 46 pp.

Nielsen. (2013). Anuario Nielsen 2013.

Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). (2011). Manual de cálculo y reducción de huella de carbono en el sector del comercio.

Observatorio de Corporaciones Transnacionales (IDEAS). (2006). La gran distribución: supermercados, hipermercados y cadenas de descuento. Boletín nº 15.

Office of Natural Resources, Canada. (2003). Commercial and Institutional Retrofits Guide. Saving Energy Dollars in Stores, Supermarkets and Malls.

Oficina Catalana del Cambio Climático. (2012). Guía para el Cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Publicada por la Comisión Interdepartamental del Cambio Climático de la Generalitat de Catalunya.

Oficina Comercial de Chile en Madrid - ProChile. (2013). Estudio de Canal de Distribución Supermercados en España.

Organización de las Naciones Unidas. (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

Parlamento Europeo. (2009). Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al

Bibliografía.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). Inventario de gases de efecto invernadero en España. Serie 1990-2013. Sumario de Resultados.

Ministerio de Economía. Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y de la Pequeña y Mediana Empresa. (2003). Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2011). Plan de energías renovables 2011-2020.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2005). Informe sobre la distribución comercial en España en 2005.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2011). Informe "Huella de carbono y compras públicas".

Monts, J. K, Blissett, M. (1982). Assessing energy efficiency and energy-conservation potential among commercial buildings: a statistical approach. Energy.

Narendran, N., Brons, J., Taylor, J. (2006). Energy efficient lighting alternative for commercial refrigeration, Report prepared for the New York State energy research and development Authority, Ransselaer Polytechnic Institute. <http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/pdf/FreezerLightingFinalReport.pdf>.

Navigant Consulting, Inc. (2009). Energy Savings Potential and R&D Opportunities for Commercial Refrigeration. Energy Efficiency and Renewable Energy. Building Technologies Program. U.S. Department of Energy.

Bibliografía.

fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

Pew Research Center. Topline Results. Spring 2015 survey July 14, 2015 Release. <http://www.pewglobal.org/files/2015/07/Pew-Research-Center-Global-Threats-Report-TOPLINE-FOR-RELEASE-July-14-2015.pdf>.

RAC. (2009). Refrigeration and air conditioning magazine, a new era, a transcritical CO₂ system developed by Tesco and Star is set to change the face of supermarket refrigeration.

Retail Forum for Sustainability. (2009). Documento temático nº1, sobre la eficiencia energética en los establecimientos comerciales.

Rey, F. J., y Velasco, E. (2006). Eficiencia energética en edificios. Certificación y auditorías energéticas. Ed. Paraninfo.

Rhiemeier, J. M, Harnisch, J., Ters, C., Kauffeld, M., Leisewitch, A. (2009). A comparative assessment of the climate relevance of supermarket refrigeration systems and equipment, Enviromental Research of the Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. <http://www.umweltbundesamt.de>.

Rivers, N. (2004-2005). Management of Energy Usage in Supermarket Refrigeration Systems, The Institute of Refrigeration.

Rodríguez, E. (2005). Los refrigerantes en las instalaciones frigoríficas. Ed. Paraninfo.

Bibliografía.

Sanz del Castillo, F. & Sanz del Castillo, D. (2014). Control de refrigeración. Publicado por UNED.

Sanz, J. L., Ministerio de Vivienda. (2008). Códido técnico de la edificación. Ed. Paraninfo.

Sawalha, S., Rogstam, J., Nilsson, P-O. (2005). Laboratory Tests of NH₃/CO₂ Cascade System for Supermarket Refrigeration, Proceedings of IIR International Conference “Commercial Refrigeration”, Paper 26 on CD ROM, Vicenza, Italy.

Saydaoui, S. (2010). Prácticas de las máquinas frigoríficas (Tomo I y II). Ed. Marcombo.

Sharp, T. Energy benchmarking in commercial-office buildings. In: ACEEE 1996 summer study on energy efficiency in buildings, vol. 4; 1996. p. 321–9.

Smale, N. J., Moureh, J., Cortella, G. (2006). A review of numerical models of airflow in refrigerated food applications, International Journal of Refrigeration vol. 29 911e930.

Stoecker, W. (1998). Industrial Refrigeration handbook. Seccion 6.22 / 6.23/ 6.24. Publicado por McGraw-Hill.

Stribling, D., Tassou, S. A., Marriott, D. (1997). A two-Dimensional CFD Model of display case, ASHRAE Transactions Research Vol. 103, 88e95 Part 1.

Suamir, I. N., Tassou, S. A. and Marriott, D. (2012). Integration of CO₂ refrigeration and trigeneration systems for energy

Bibliografia.

Tassou, S. A., Xiang, W. (2007). Investigation of Methods to Improve Retail Store Environment Using CFD pgs 143e166. in: D.-W. Sun (Ed.), Computational Fluid Dynamics in Food Processing. CRC Press, Florida USA. ISBN-13:978-0-8493-9886-3.

Tassou, S. A., Chaer, I., Sugiarta, N. and Marriott, D. (2006). Application of trigeneration systems to the food retail industry, , ECOS 2006: Proceedings of the 19th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Vols 1-3 1185- 1192.

Tassou, S. A. (2006). Potential of solar energy in food Manufacture, Distribution and Retail, DEFRA, Final Report.

Tassou, S. A., and Xiang, W. (2003). Interactions between the environment and open refrigerated display cabinets in retail food stores - Design approaches to reduce shopper discomfort, ASHRAE Transactions 109 PART 1 299- 303.

Tassou, S. A. (2002). Comparison between direct and indirect refrigeration systems in UK supermarkets, Internal Report for IEA Annex, 26, Brunel University.

Tassou, S. A., Datta, D., Marriott, D. (2001). Frost formation and defrost control parameters for open multideck refrigerated food display cabinets, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Professional Engineering Publishing Vol. 215 (No. 2) 213e222.

UK building research establishment. Energy benchmarking in the retail sector 1999. Building maintenance information special report, report no. SR 281. London, UK: Building Cost Information

Bibliografía.

and GHG emission savings in supermarkets, *International Journal of Refrigeration* 35 (2): 407- 417.

Sugiarta, N., Tassou, S. A., Chaer, I., Marriott, D. (2009). Trigeneration in food retail-an energetic, economicandenvironmentalevaluationfor a supermarket application, in print, *Applied Thermal Engineering* Volume 29.

Tamames, R. (2000). *Estructura económica de España*. Madrid: Alianza Editorial.

Tassou, S. A., Ge, Y., Hadawey, A., Marriott, D. (2010). *Energy consumption and conservation in food retailing*. Doug Marriott Associates, New Forest Farm, New Forest Lane, Chillham, Kent, CT4 6BG, UK.

Tassou S. A., Lewis, J. S., Ge, Y. T., Hadawey, A. and Chaer, I. (2010). A review of emerging technologiesforfood refrigeration applications, *Applied Thermal Engineering* 30 (4): 263-276.

Tassou, S. A., and Ge, Y. (2008). Reduction of refrigeration energy consumption and environmental impacts in food retailing. In: Klemeš, J. , Smith, R. and Kim, J-K. eds. *Handbook of Water and Energy Management in Food Processing*. Woodhead Publishing.

Tassau, S. A., Chaer, I., Sugiarta, N., Ge, Y. T. and Marriott, D. (2007). Application of trigeneration systems to the food retail industry, *Energy Conversion and Management* 48 (11): 2988-2995.

Bibliografía.

Service Ltd.; 1999. Energy Star. Technical description for the grocery store/supermarket model.

Van Baxter, D. IEA Annex 26. (2003). Advanced Supermarket Refrigeration/Heat Recovery systems, Final Report Volume 1 Executive Summary, (2003). http://web.ornl.gov/sci/engineering_science_technology/Annex26/Annex-26-final-report.pdf.

Van Der Sluis, S. M. (2007). Glass covers on refrigerated display cabinets, TNO report, nr 034.68803, 11 pgs.

Van Riessen, G. J. (2004). NH₃/CO₂ Supermarket Refrigeration System with CO₂ in the Cooling and Freezing Section - Technical. Energetic and Economical Issues. http://www.tno-refrigeration.com/mediapool/48/485045/data/CO2_supermarket.pdf 7 pp.

Velázquez, A., Martínez, P. J., Alarcón, M. (2001). Sistemas de mejora en los períodos de funcionamiento de una instalación frigorífica.

Wagner, A., Herkel, S., Löhnert, G., and Voss, K. (2004). Energy efficiency in commercial buildings: Experiences and results from the German funding program SolarBau.

Wand, K., Eisele, M., Hwang, Y., Radermacher, R. (2010). Review of secondary loop refrigeration systems, International Journal of Refrigeration Vol. 33 (Issue 2) (2010) 212e234.

Bibliografia.

Woradechjumroen, D., Yu, Y., Li, H., Yang, H., and Yu, D. (2014). Analysis of HVAC system oversizing in commercial buildings through field measurements. *Energy and Buildings*, 69, pp. 131-143.

World Health Organization Geneva. (2003). Climate change and human health. Risks and responses.

Zhou, N., Fridley, D., McNeil, M., Zheng, N., Letschert, V., Ke, J., and Saheb, Y. (2011). Analysis of potential energy saving and CO₂ emission reduction of home appliances and commercial equipments in China. *Energy Policy* 39, 4541 – 4550. doi: 10.1016 / j.enpol.2011.04.027, ISSN: 0301 – 4215.