

Proyecto Fin de Grado Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Estudio de Medidas de Ahorro Energético en Rehabilitación Energética de Edificios Terciarios

Autor: Yaiza María Delgado Gamallo

Tutor: Servando Álvarez Domínguez

Dep. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015



Proyecto Fin de Grado
Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Estudio de Medidas de Ahorro Energético en Rehabilitación Energética de Edificios Terciarios

Autora:

Yaiza María Delgado Gamallo

Tutor:

Servando Álvarez Domínguez

Catedrático

Co-tutor:

José Sánchez Ramos

Investigador

Dep. Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015

Proyecto Fin de Carrera: Estudio de Medidas de Ahorro Energético en Rehabilitación Energética de Edificios Terciarios

Autor: Yaiza María Delgado Gamallo

Tutor: Servando Álvarez Domínguez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2015

El Secretario del Tribunal

A mis padres.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a mi tutor Don Servando Álvarez Domínguez por haberme brindado la oportunidad de realizar este Trabajo Fin de Grado que me ha abierto la mente hacia nuevos horizontes y nuevas perspectivas de enfocar mi futuro profesional, que empieza ahora, en las que no había reparado. Por otro lado, y no menos importante, a mi co-tutor Don José Sánchez Ramos, por su incondicional disposición en todo momento y por haberme ayudado a sacar este proyecto adelante.

A mis amigos. A S. Párraga y E. Martí, por transmitirme su fuerza, aun desde lejos. Y en especial mención a mi compañero y amigo J. M. del Pino, quien me ha ayudado y animado en infinidad de ocasiones y el que me ha hecho ver que cuando el camino se hace duro: *si quieres, puedes*.

He querido dejar para el final, a los más importantes, a mis Padres. Ellos, mis mejores críticos y a la vez mis mayores defensores. Ellos, que son mi ejemplo a seguir. Ellos, que me alientan día a día a superarme a mí misma, tanto en lo profesional como en lo personal, haciéndome ver que los únicos límites que existen son los que nos ponemos a nosotros mismos.

Yaiza María Delgado Gamallo

Sevilla, 2015

Resumen

La energía representa en la actualidad una influencia más que importante que alcanza a todos los sectores de actividad. Es por ello que un consumo eficiente de energía es una necesidad real para cualquier institución, por cuanto su más óptima gestión es sinónimo de beneficio y calidad de vida. Para conseguirlo se hace necesaria una reducción de la demanda energética así como un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, haciendo hincapié en el sector de la edificación, pues su ineficiencia en la actualidad los hace responsables de una tercera parte de la energía usada en el país.

Nos encontramos por este motivo con una Europa y una España que abogan por la rehabilitación energética de edificios mediante la legislación aplicable y surgente en los últimos años. Esta renovación energética de los edificios españoles genera una situación ventajosa tanto para el sector público como para el privado ya que, además del objetivo principal de conseguir un apremiante ahorro de la energía, pueden brindar prosperidad a largo plazo.

La aplicación de medidas de ahorro energético en edificios existentes, más en concreto del Sector Terciario, resulta por tanto clave, amén de lo anterior, para equilibrar la balanza comercial del país, contribuir a la reducción del cambio climático, mejorar la productividad, crear miles de puestos de trabajo, ya sea de manera directa o indirecta, e incrementar la utilidad y el valor de los edificios.

A tal efecto, la Unión Europea ha puesto en marcha un plan de reducción de consumo de energía primaria y del consumo energético final en un 20% para el año 2020. Se trata de un compromiso político de los Estados miembros para mejorar la eficiencia energética, pero ésta no va acorde con las acciones finales, a lo que cabe matizar que de poco sirve poner el foco de atención sobre la mejora de las instalaciones si se obvia la mejora de la concienciación de la ciudadanía.

Abstract

Nowadays, Energy represents an important influence in every activity sectors. It is for this reason that an efficient energy consumption it is a true necessity for any institution, so the optimal manage is a synonym of profit and life quality. To achieve this, it is necessary to make a decrease of the energy demand and a better use of the energetic resources, emphasizing in the edification sector because its inefficiency make them , nowadays, responsible for the third part of the energy used in this country.

This is the reason why Europe and Spain support an energetic rehabilitation in the building using legislation in the last few years. This energetic renovation of the buildings generates an advantageously situation for the public and the private sector because, besides of the main goal of achieving a strong energy saving, they could give a long prosperity situation.

The application of energetic saving methods in buildings, specifically in the tertiary sector, is the key. Also, to balance the commercial economy in the country , to reduce the global warming contribution, to improve the productivity, to make thousands of direct and indirect jobs and to increase the usefulness and the value of the buildings.

It is for this that European Union has started a plan to reduce the primary energy consumption and the final energy consumption in about a 20% before 2020. Improving the energetic efficiency is a commitment for the EU countries but this isn't going in consonance with the final actions. To clarify, It is useless to set the spotlight in the improvement of the facilities if we ignore the awareness of the citizens.

ÍNDICE

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	13
ÍNDICE	15
ÍNDICE DE TABLAS	18
ÍNDICE DE FIGURAS	20
1 PRESENTACIÓN	22
2 INTRODUCCIÓN	23
2.1 CONTEXTO SOCIAL	24
2.2 CONTEXTO AMBIENTAL	25
2.3 CONTEXTO ECONÓMICO	26
2.4 CONTEXTO ENERGÉTICO	28
2.4.1 COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN: <i>Una política energética para Europa (2007)</i>	29
2.4.2 REAL DECRETO 238/2013: <i>Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios</i>	31
2.4.3 REAL DECRETO 235/2013	31
2.4.3.1 PROCEDIMIENTO BÁSICO PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS	32
2.4.3.2 Calificación de la eficiencia energética de un edificio	33
2.4.3.3 Certificación de la eficiencia energética de un edificio	33
2.4.3.4 Etiqueta de eficiencia energética	34
2.4.4 PLAN NACIONAL DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020	36
2.4.4.1 <i>Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación</i> ...	37
2.4.4.2 Horizonte 2020	37
2.4.4.3 Edificios de energía casi nula	39
3 REHABILITACIÓN ENERGÉTICA	40
3.1 INTRODUCCIÓN	40
3.1.1 REAL DECRETO-LEY 8/2014	41
3.2 SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA	43
3.3 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	45
3.3.1 OBJETIVOS Y ALCANCE	46
3.3.2 PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN	47
3.3.2.1 Fase 1: Análisis de la estructura energética	47
3.3.2.2 Fase 2: Análisis de la eficiencia energética	47
3.3.2.3 Fase 3: Evaluación de medidas de ahorro energético	48
3.3.3 PROGRAMAS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS.	49
3.3.3.1 CE3	50
3.4 PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO	50
3.4.1 Consumo de climatización	51
3.4.1.1 Contribución de energías renovables	52
3.4.2 Consumo de iluminación	52
4 MEDIDAS DE MEJORA DE AHORRO ENERGÉTICO	54

4.1	INTRODUCCIÓN	54
4.1.1	SISTEMAS:.....	54
4.1.2	DEMANDA ENERGÉTICA.....	55
4.1.2.1	Refrigeración.....	56
4.1.2.2	Calefacción.....	56
4.1.2.3	Agua Caliente Sanitaria.....	56
4.1.2.4	Iluminación.....	56
4.2	MEDIDAS DE MEJORA DE AHORRO ENERGÉTICO	57
4.2.1	MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN SECUNDARIOS.....	57
4.2.1.1	ENFRIAMIENTO GRATUITO POR AIRE EXTERIOR (FREE-COOLING).....	57
4.2.1.2	RECUPERACIÓN DE CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN EN EL AIRE EXTERIOR.....	62
4.2.1.3	ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO EN AIRE DE VENTILACIÓN.....	67
4.2.2	MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN DEMANDA.....	72
4.2.2.1	INSTALACIÓN O MODIFICACIÓN DE PROTECCIONES SOLARES.....	72
4.2.2.2	EMPLEO DE LA PRODUCCIÓN TÉRMICA SOLAR.....	76
4.2.2.3	CONTROL EN LA DEMANDA DE AIRE EXTERIOR.....	81
4.2.2.4	CONTROL DE LA DEMANDA DE VENTILACIÓN EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN.....	83
4.2.2.5	MODIFICACIÓN DEL CAUDAL DE INFILTRACIÓN.....	87
4.2.2.6	MEJORA DE LA HERMETICIDAD DE LA TOMA DE AIRE EXTERIOR.....	91
4.2.2.7	MEJORA DEL FACTOR TRANSPORTE DE AGUA POR DESCENSO DE PÉRDIDAS DE CARGA..	92
4.2.2.8	MEJORA DEL FACTOR TRANSPORTE DE AIRE POR DESCENSO DE PÉRDIDAS DE CARGA....	94
4.2.2.9	EMPLEO DE BOMBA DE CALOR EN GENERACIÓN.....	97
4.2.2.10	RECUPERACIÓN DEL CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR...	102
4.2.2.11	MEJORA DEL TRANSPORTE POR CAMBIO A BOMBAS HIDRÁULICAS MÁS EFICIENTES....	106
4.2.2.12	CAMBIO DE CAUDAL CONSTANTE A CAUDAL VARIABLE.....	109
4.2.2.13	TRANSFORMACIÓN DE SISTEMAS DE CAUDAL CONSTANTE A CAUDAL VARIABLE.....	112
4.2.2.14	SUSTITUCIÓN DE CALDERA POR OTRA DE MEJOR RENDIMIENTO.....	114
4.2.2.15	MEJORA POR PARADA DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN.....	121
5	ESTUDIO DE RESULTADOS	123
5.1	INTRODUCCIÓN	123
5.1.1	CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA ELECCIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO..	123
5.1.2	RECAPITULACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO.....	124
5.1.3	ZONAS CLIMÁTICAS ESPAÑOLAS.....	127
5.2	METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN	128
5.2.1	EDIFICIOS EN ESTUDIO.....	128
5.2.1.1	Edificio de uso deportivo.....	128
5.2.1.2	Edificio de uso administrativo.....	129
5.2.1.3	Edificio de uso comercial.....	129
5.2.1.4	Edificio de uso cultural.....	129
5.2.2	SIMULACIÓN DE DATOS.....	129
5.3	RESULTADOS	131
5.3.1	USO DE UN EDIFICIO PROMEDIO.....	131
5.3.2	COMPARACIÓN DEL HORARIO CON EL NIVEL DE FUENTES INTERNAS.....	134
5.3.3	FACTORES DE CORRECCIÓN.....	134
5.3.4	AHORROS EN REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN.....	138
6	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	143
7	Bibliografía	145
8	ANEXOS	147
8.1	ANEXO A – ZONA CLIMÁTICA A3	147
8.1.1	RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN.....	147
8.2	ANEXO B – ZONA CLIMÁTICA A4	158
8.3	ANEXO C – ZONA CLIMÁTICA B3	169

8.4	ANEXO D – ZONA CLIMÁTICA B4.....	180
8.5	ANEXO E – ZONA CLIMÁTICA C1.....	191
8.6	ANEXO F – ZONA CLIMÁTICA C2.....	202
8.7	ANEXO G – ZONA CLIMÁTICA C3.....	213
8.8	ANEXO H – ZONA CLIMÁTICA C4.....	224
8.9	ANEXO I – ZONA CLIMÁTICA D1.....	235
8.10	ANEXO J – ZONA CLIMÁTICA D2.....	246
8.11	ANEXO K – ZONA CLIMÁTICA D3.....	257
8.12	ANEXO L – ZONA CLIMÁTICA E1.....	268
8.13	ANEXO M – FACTORES DE CORRECCIÓN UNIVERSALES.....	279
8.14	ANEXO N – RELACIONES DE DEMANDA.....	281

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a viviendas.</i>	35
<i>Tabla 2. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a otros usos.</i>	36
<i>Tabla 3. Eficiencia de la recuperación</i>	63
<i>Tabla 4. Factor de sombra a considerar en función de la protección solar.</i>	73
<i>Tabla 4. Límite de aplicación (según m² construidos) de la energía solar fotovoltaica.</i>	77
<i>Tabla 6. Niveles de contaminantes en el aire exterior [10].</i>	84
<i>Tabla 7. Niveles de CO₂ según la calidad del aire interior exigida [10].</i>	84
<i>Tabla 8. Tasa de ventilación por persona en función de la calidad de aire interior [10].</i>	85
<i>Tabla 9. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente.</i>	88
<i>Tabla 10. Categorías de los sistemas de conductos [10]</i>	95
<i>Tabla 11. Factores de ponderación para sistemas de calefacción y/o ACS con bombas de calor.</i>	98
<i>Tabla 12. Factores de corrección en función de las temperaturas de condensación.</i>	98
<i>Tabla 13. Rendimientos nominales, factores de ponderación y rendimientos medios estacionales.</i>	115
<i>Tabla 13. Recopilación de medidas de ahorro energético</i>	124
<i>Tabla 15. Medidas de ahorro energético a estudiar en calefacción.</i>	125
<i>Tabla 16. Medidas de ahorro energético a estudiar en refrigeración.</i>	126
<i>Tabla 17. Zonas climáticas de la Península Ibérica.</i>	128
<i>Tabla 18. Relaciones de demanda base en modo calefacción.</i>	131
<i>Tabla 19. Rango de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I.</i>	132
<i>Tabla 20. Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio.</i>	133
<i>Tabla 21. Rango de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II.</i>	133
<i>Tabla 22. Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II.</i>	133
<i>Tabla 23. Relaciones de demanda nominales de uso medio para clima B4.</i>	134
<i>Tabla 24. Factores de corrección según el uso del edificio para clima B4.</i>	135
<i>Tabla 25. Factores de corrección según el ACH del edificio para clima B4.</i>	136
<i>Tabla 26. Factores de corrección universales para corregir uso y ACH.</i>	138

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Caso particular: Etiqueta de calificación energética.</i>	35
<i>Figura 2. Tendencia de las reducciones del 20% para 2020 (a fecha de 2014).</i>	42
<i>Figura 3. Procedimiento de verificación de un sistema de gestión energética. Fuente: ISO 50001.</i>	43
<i>Figura 4. Esquema base de un sistema de gestión energética.</i>	44
<i>Figura 5. Relación entre auditoría energética y el sistema de gestión de la eficiencia energética.</i>	45
<i>Figura 5. Fases de actuación de una auditoría energética.</i>	46
<i>Figura 7. Unidad de Tratamiento de Aire para enfriamiento gratuito con aire exterior</i>	58
<i>Figura 8. Esquema de control de enfriamiento gratuito con control por temperatura seca</i>	59
<i>Figura 4. Esquema de control de enfriamiento gratuito con control por entalpía</i>	60
<i>Figura 10. Recuperador de flujos cruzados</i>	64
<i>Figura 11. Recuperador de flujos cruzados con Free-cooling</i>	64
<i>Figura 12. Recuperador de flujos paralelos</i>	64
<i>Figura 13. Recuperador rotativo</i>	65
<i>Figura 14. Enfriadores evaporativos directos.</i>	69
<i>Figura 15. Enfriadores evaporativos indirectos: (a) De tubos, (b) De placas.</i>	70
<i>Figura 16. Esquema de funcionamiento de una protección solar fija.</i>	72
<i>Figura 17. Estación de energía eólica para edificios y viviendas.</i>	78
<i>Figura 18. Instalación fotovoltaica para edificios y viviendas.</i>	79
<i>Figura 19. Incidencia de las presiones de viento de acuerdo a la altura en la edificación.</i>	87
<i>Figura 20. Exposición al viento en la edificación.</i>	87
<i>Figura 21. Bomba de calor aire-aire estándar</i>	103
<i>Figura 22. Bomba de calor termodinámica (recuperación de calor del aire de extracción)</i>	104
<i>Figura 23. Configuración multifuncional.</i>	104
<i>Figura 26. Comparación de rendimientos y pérdidas de humos en calderas.</i>	117
<i>Figura 25. Rangos de rendimiento según el tipo de caldera.</i>	119
<i>Figura 26. Consumo de calefacción en función de la tipología de las calderas.</i>	120
<i>Figura 27. Zonas climáticas de España</i>	127
<i>Figura 28. Edificio deportivo</i>	128
<i>Figura 29. Bloque de oficinas</i>	129
<i>Figura 30. Edificio comercial</i>	129
<i>Figura 31. Edificio cultural</i>	129
<i>Figura 32. Diagrama de flujos de la simulación para la obtención de demandas ideales</i>	130

Figura 33. Relaciones de demanda base en modo calefacción.	132
Figura 34. Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima B4.	139
Figura 35. Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima B4.	140

1 PRESENTACIÓN

El objetivo principal que suscita el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado es, por un lado, proporcionar información sobre la actualidad energética y de las actuaciones legislativas vigentes referentes al Sector Terciario de la edificación en lo que a gestión y ahorro energético se refiere. Por otro lado, proporcionar una interesante guía de medidas de ahorro energético a aplicar en edificios existentes, culminando con un estudio de varias de ellas tanto de manera individual como concatenada.

Se proporcionará primero una visión global de la problemática energética existente a nivel global. Mediante el enfoque objetivo desde el punto de vista social, ambiental, económico y energético, se pretende hacer un repaso de la importancia que ha ido adquiriendo el uso proporcionado de la energía tanto a nivel administrativo como a nivel popular, siendo este último en menor medida.

Los actuales esfuerzos, tanto de carácter europeo, como a nivel nacional y autonómico, han llegado a una única conclusión en sus debates y análisis relacionados con el uso de las energías primarias: *Es ineludible asumir un compromiso responsable de gestión energética, racionalizando el uso de la energía a escala mundial, para poder seguir siendo competitivos por una parte, y por otra, para asegurar un desarrollo sostenible.*

El desarrollo del presente pretende contribuir a dicha tarea, ofreciendo en los sucesivos bloques:

- Auditorías Energéticas:

Aporta una visión básica de los Sistemas de Gestión Energéticos y sus relaciones con otros aspectos clave para la gestión energética, como es la realización de una buena Auditoría Energética. Aunque visto por encima, resulta esencial para el desarrollo completo de este trabajo, pues una buena auditoría energética no señala medidas de forma genérica, sino que las personaliza y evalúa la rentabilidad de cada propuesta y los parámetros que tienen más incidencia y sensibilidad en cada caso, determinando así el potencial de ahorro y los ingresos complementarios que derivarían de su implantación.

- Medidas de ahorro energético:

Se trata de una guía de medidas de mejora de la gestión y el ahorro energético en las que podrá basarse el auditor para evaluar los edificios, en concreto del Sector Terciario. De ahí que la selección de medidas se haya hecho pensando en las ventajas e inconvenientes de su aplicación en este ámbito, valorando las que más útiles y las que más aportan

- Resultados:

Además se lleva a cabo en este bloque un riguroso estudio de los ahorros, según relaciones de demanda, que podrían obtenerse de aplicar ciertas medidas en cuatro edificios propuestos. Llegaremos con ello a una solución promedio con diferentes factores de corrección según se asemeje el edificio a estudiar a unas características o a otras.

2 INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía y la mejora de la eficiencia energética son desafíos que han ido adquiriendo importancia en los últimos años, no solo en España, sino a nivel mundial. Si bien, desde la Primera Revolución Industrial que dio comienzo en Europa en la segunda mitad del siglo XVIII, donde la tecnología y sobretodo la energía se abrió camino, tuvieron que pasar aproximadamente 2 siglos para que se empezara a pensar en la importancia del ahorro de dicha energía. Aun así no fue precisamente un ahorro energético en sí mismo lo que incentivó esta idea, sino un ahorro económico.

Fue con la crisis del petróleo de 1973, cuando se creó la Agencia Internacional de la Energía (AIE) por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Ésta última fue fundada en 1961 agrupando a 34 países miembros cuya misión principal fue promover políticas que mejoraran en el bienestar económico, social y ambiental.

Es para lograr una integración económica, incluyendo un mercado común y la unión aduanera, que en 1985 España entra a formar parte de la Comunidad Económica Europea (CEE), ya creada en 1957 gracias al Tratado de Roma. Más tarde, en 1993 se forma la Unión Europea a la que se adhiere la Comunidad Económica Europea (CEE), constituyéndose así la Comunidad Europea (CE). Esta Unión (UE), compuesta por 28 países en la actualidad, promueve una comunidad política de derecho erigida en régimen *sui generis* de organización internacional, nacida para propiciar y acoger la integración y el gobierno en común de los estados y pueblos de Europa.

Este marco político y jurídico de la Unión Europea se trasladó al ordenamiento legal español y ha tenido su desarrollo a través de los Planes de Acción de Eficiencia Energética (PAEE) y de las directivas sobre uso final de la energía, entre otras. Los últimos de los cuales son respectivamente el llamado Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética (PNAEE) que corresponde al periodo 2011-2020 y la Directiva 2012/27/UE. El principal objetivo de éstos es conseguir una reducción del 20% del consumo de energía primaria para el año 2020 con respecto a las previsiones de consumo energético para el mismo año realizadas en 2005.

La eficiencia energética en España responde entonces a esta política comunitaria integrando energía, medio ambiente y mitigación del cambio climático, que se traduce en el establecimiento de un "programa de eficiencia energética" con directrices, metas, tácticas y estrategias, análisis periódicos, medidas específicas por sectores y mecanismos de evaluación, todo bajo la coordinación y responsabilidad de un organismo con capacidad técnica y económica para ejecutar dicho programa. Se nombra como encargado de dicha supervisión al Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), creado desde 1984. Es una entidad pública empresarial adscrita al Ministerio de Industria, Energía y Turismo a través de la Secretaría de Estado de Energía que pone de manifiesto la importancia de la eficiencia energética y el uso racional de la energía en España.

Con el paso de los años, se ha visto un incremento notable, cada vez más acelerado, de la importancia de la gestión energética y de la concienciación de la población en relación a este tema. Esta importancia se ha visto favorecida por una serie de intereses interrelacionados: el social, el ambiental y el económico; y es la máxima que se ha seguido hasta la actualidad. Por ello veremos primero un enfoque

global de cada uno por separado, aun siendo conscientes de que son tres factores tan íntimamente relacionados que serán difíciles de separar.

2.1 CONTEXTO SOCIAL

Un halo de beneficio social da comienzo con la Declaración de Schuman; discurso pronunciado por el Ministro de Asuntos Exteriores francés Robert Schuman el 9 de mayo de 1950. Esta declaración propone que, tras la II Guerra Mundial, una Europa unida puede contribuir a la paz mundial a través de realizaciones concretas. Y es reconocida por la Comisión Europea (CE) como el nacimiento de la Unión Europea (UE) al proponer que el carbón y el acero de Alemania y Francia (y los demás países que se adhirieran) se sometieran a una administración conjunta. Se obtenía así una mejora y equiparación de las condiciones de los trabajadores de dichas industrias, así como una liberación inmediata de los aranceles de ambos productos en los países de la comunidad.

Durante años, la posición social en sí misma fue totalmente irrelevante, quedando en un segundo plano. Fueron años en que el principal objetivo era mejorar la seguridad de abastecimiento de Europa de las diferentes fuentes de energía existentes, de las cuales el petróleo trajo importantes quebraderos de cabeza por ser Europa el menor productor de esta fuente de energía.

No obstante en los años 80 comienza un proceso de liberalización del sector energético, lo que da comienzo a la búsqueda de una política energética comunitaria que promociona e impulsa el mercado interior y con otras regiones poseedoras de recursos energéticos. Así como la búsqueda y el avance tecnológico de nuevas fuentes de energía; las llamadas fuentes renovables. Esto hace que algunas naciones empiecen a poner fin a la dependencia de terceros para la importación de energía, lo que ayuda a cambiar las relaciones políticas a nivel internacional. Por otro lado se producen mejoras en materias de salud, ya que con la inclusión de energías renovables, cada vez más ciudadanos dejan de estar expuestos a desechos peligrosos y emisiones asociadas a los combustibles fósiles.

Al fin en 1997, con el Tratado de Ámsterdam, se introducen nuevas y significativas novedades en materia energética que permiten ampliar las competencias de la Unión Europea (UE) en diversos ámbitos. Éste defiende *la integración de las exigencias de protección del medio ambiente en la definición y realización de las políticas y acciones de la Comunidad para fomentar un desarrollo sostenible* [1]. Es decir, permitió desarrollar intensamente la política energética desde la perspectiva de la sostenibilidad, entendiéndose ésta como una armonía entre las condiciones económicas, ecológicas, políticas y sociales. Se empezó a considerar el aspecto social como la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica.

Es a finales del siglo XX cuando adquiere particular importancia la promoción de la eficiencia energética a todos los niveles de la sociedad europea a raíz de una serie de Tratados, Libros y Comisiones que se verán más adelante en el apartado *2.4 Contexto Energético*. Así, la eficiencia energética que promueven condiciona el desarrollo humano, aumentando la calidad de vida y la evolución de la sociedad.

Desde entonces hasta nuestros días, se ha tomado mayor consciencia de la importancia de una buena gestión energética no sólo a nivel particular (en hogares) sino a nivel global. Estas medidas traen un considerable beneficio para la sociedad, ya que no se trata simplemente de la conservación del medio ambiente o del ahorro económico que conlleva, sino que pese al pensamiento equivocado que se pueda tener sobre el gran desembolso económico que debe hacerse para la rehabilitación de edificios o grandes establecimientos, es una oportunidad de reducción de nuestra dependencia energética, de

mejora de las condiciones de vida de los ciudadanos, y sobre todo y la más importante en nuestros días, de creación de puestos de trabajo a nivel local por la contratación de sectores de la construcción y servicios energéticos que se requieren para llevar a cabo estas medidas de eficiencia energética [2].

2.2 CONTEXTO AMBIENTAL

Fue a partir del siglo XIX, a raíz de la revolución industrial, cuando comenzaron a aparecer problemas significativos y generalizados relacionados con el medio ambiente. Estos fueron ocasionados por el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, la explotación intensiva de los recursos minerales de la tierra, y el crecimiento demográfico que se produjo; referidos tanto al crecimiento literal de la población gracias al mejor nivel de vida, como al éxodo rural que se produjo del campo a la ciudad. Esto ha provocado altos niveles de contaminación y el agotamiento de recursos disponibles con facilidad, debido al uso creciente de la energía.

Esta emisión de contaminantes propia del uso de energía, como son el dióxido de azufre y el óxido nitroso, han provocado la lluvia ácida, el monóxido de carbono y partículas de hidrógeno que pueden afectar gravemente a la salud. No obstante, el problema no radica sólo en la salud de las personas sino que la contaminación ambiental conduce al calentamiento global y al cambio climático. Este impacto es mucho mayor cada vez, debido a que el uso de la energía no es sostenible, y afecta a los ecosistemas de la tierra a unos niveles incontrolables. Es por ello que conviene que la energía se valore como algo escaso y valioso. De ahí surgen una serie de Conferencias Internacionales convocadas por la Organización de Naciones Unidas (ONU), existente desde 1945, sobre cuestiones ambientales.

Es en 1972, que la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, también conocida como Cumbre de la Tierra de Estocolmo, marca un punto de inflexión en el desarrollo de la política internacional del medio ambiente.

Aun así, la concienciación sobre la necesidad de conservar el medio ambiente es bastante escasa, hasta que en 1985 la Unión Europea introduce la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en su legislación. Dicho estudio de impacto ambiental es un instrumento utilizado para la evaluación del mismo en un proyecto, de manera que se puedan predecir y gestionar dichos impactos que puedan derivarse de la ejecución, permitiendo tomar decisiones previas respecto a este tema.

Es tan importante este estudio, que la Comunidad Europea (CE) emana la Directiva 337/85/CEE referida a Evaluación del Impacto Ambiental en determinados proyectos públicos y privados, que son aplicados en Europa de manera casi instantánea.

Se puede decir entonces, que es a finales del siglo XX cuando adquiere relevancia la gestión y ahorro energético con respecto a los impactos medioambientales, ya desde la fase de diseño de los proyectos. De esta manera, la segunda Conferencia organizada por la ONU en 1992: Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, ya trata entre sus temas el escrutinio sistemático de patrones de producción de componentes tóxicos y residuos contaminantes y el uso de fuentes alternativas de energía para el uso de combustibles fósiles; vinculados al cambio climático global.

Esta Conferencia da pie a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que entra en vigor en 1994, pero que no tiene mucho peso en los gobiernos y no supone una gran solución para el cambio climático. Sí tuvo un peso mucho mayor un anexo de dicha Convención firmado en 1997: el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático.

En líneas generales, el Protocolo de Kioto tiene como objetivo ejecutar un conjunto de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. Los gobiernos signatarios de dichos países pactan reducir en al menos un 5% en promedio las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. De esta manera la Unión Europea (UE) se comprometió a limitar los niveles en un 8% y, dentro de ella, España en un 15%.

Esta medida que pretendía disminuir el calentamiento previsto del planeta para 2100 de entre 1.4º y 5.8º, no entra en vigor hasta 2005. Pero mientras tanto, siguen en marcha dos Conferencias: la Cumbre de la Tierra de Johannesburgo en 2002 y la Cumbre Río+20 en 2012.

La primera tiene por objeto mejorar las vidas de las personas que viven en la pobreza, revertir la continua degradación del medioambiente mundial y sobre todo promover el desarrollo sostenible. La segunda sin embargo pretende ir más allá, y la definen como *una oportunidad histórica para definir las vías hacia un futuro sostenible, un futuro con más empleos, más limpia, una mayor seguridad y un nivel de vida digno para todos* [2]. Es por ello que demanda ciudades más eficientes y el uso de fuentes de energía renovable, entre otras, para conseguirlo.

Al mismo tiempo se ratifica el segundo periodo de vigencia del Protocolo de Kioto que comprende el periodo de 2013 a 2020, el cual pretende continuar con la labor de mermar la producción de gases invernaderos para mejorar el cambio climático. Por ello, la Unión Europea ha comunicado su intención de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto al año 1990, en línea con el Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático aprobado en 2008.

El objetivo de éste es el llamado Horizonte 2014-2020, el cual es el programa de Investigación e Innovación más importante a día de hoy realizado por la Unión Europea en materia de energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Contribuyendo a la reducción global de emisiones en un 43% en el caso de la eficiencia energética y un 21% en el de las renovables. Se sientan así las bases para dar cumplimiento a los compromisos en materia de cambio climático y energía asumidos por el Consejo Europeo en 2007; que se tratarán en profundidad en el apartado 2.4. *Contexto Energético*.

Vemos así como va adquiriendo importancia la gestión y el ahorro energético en nuestros días, no sólo ya por cuestiones sociales sino también por su contribución al medio, paliando a corto y medio plazo mayores catástrofes referidas al cambio climático.

2.3 CONTEXTO ECONÓMICO

Bien sabemos que el funcionamiento de la economía mundial se basa en el consumo de energía, sin la cual sería imposible extraer las materias primas necesarias, ni su transporte o el de las personas, ni hacer funcionar el sistema productivo para generar los bienes y servicios que la sociedad demanda. Es gracias al suministro adecuado y suficiente de energía del que disponemos, que las sociedades desarrolladas disfrutan de un elevado nivel de bienestar. Por ello parece indiscutible que haya una correlación entre el consumo energético y el nivel de vida, fijándonos simplemente en los países subdesarrollados en los que a falta de avance tecnológico carecen de acceso a servicios básicos como el agua o la electricidad.

Sin embargo debemos hacer una matización a la afirmación anterior, ya que un consumo elevado puede ser debido también a una falta de eficiencia, de manera que sea posible obtener cuotas de bienestar idénticas o superiores con un consumo de energía inferior gracias a las mejoras en el ahorro y la gestión energética.

Si nos centramos en la evolución del consumo mundial de energía primaria desde el término de la II Guerra mundial, se puede observar como hasta la década de los 70 se produjo un incremento uniforme de dicho consumo, gracias a aumentos continuados en la producción energética. Es en este periodo, donde el papel del petróleo toma mayor relevancia hasta hacerse dominante con un uso del 49% del total frente a un 29% del carbón, en esta década. Con este consumo creciente de petróleo, aunque suministrado a precios bajos, se produce un nuevo punto de inflexión en el crecimiento económico, como el producido anteriormente con la Revolución Industrial.

Crecimiento que cesa con la crisis energética de 1973, inflándose el precio del petróleo a ritmos desmesurados. Como consecuencia de esta fuerte subida de precios, los países desarrollados sufren una dura disminución en el crecimiento económico, un aumento de desempleo y un alza de la inflación, así como un deterioro en la balanza de pagos con el exterior. En el lado opuesto, los países subdesarrollados se ven inmersos en el asunto sufriendo también las consecuencias, ya que el comercio internacional sufre una importante caída, de manera que padecen un firme empobrecimiento y endeudamiento.

Esto hace que los países más industrializados, que no se habían detenido a considerar las consecuencias de un posible incremento de precio o de un corte de abastecimiento del petróleo, guiados por el ansia de poder económico, empiecen a pensar en soluciones paralelas para la producción energética. Derivan así sus prioridades al desarrollo de nuevas políticas más favorables al ahorro y la gestión energética, diversificando las fuentes de abastecimiento mediante la creación de un mercado interno y la cesión de importancia a la obtención de energía primaria a partir de fuentes de energía renovable.

La segunda crisis del petróleo de 1979 obliga a la Comunidad Económica Europea (CEE) a reconsiderar los objetivos energéticos marcados y se amplía con acciones concretas relacionadas con la estrategia energética comunitaria. Se nota entonces la toma de conciencia de los gobiernos a la vulnerabilidad de sus economías, excesivamente dependientes del petróleo y de la energía nuclear, intentando reducir a partir de entonces la dependencia.

No obstante la vía fácil de generación de energía, como son las fuentes fósiles, ciega a parte de la población que sigue defendiendo que los combustibles fósiles seguirán siendo mucho más factibles que las fuentes de energía renovables, frente al resto que defiende que el precio de las energías renovables no son tan propensas a las fluctuaciones del mercado, lo que favorecería no solo a países industrializados sino también a países subdesarrollados que no pueden tener los medios económicos o de infraestructura para utilizar combustibles fósiles.

Esta disparidad de opiniones conlleva a que, hasta la actualidad, aún no haya habido un crecimiento masivo en producción de energía a partir de fuentes renovables. No obstante diversos organismos encargados de la concienciación de la ciudadanía en dicha materia, han conseguido notables aumentos en su utilización. Por otro lado, desde finales del siglo XX y principios del XXI se han sumado a la defensa de estas fuentes, así como a la gestión energética y por tanto ahorro tanto energético como económico, diversas instituciones, nombradas con anterioridad, que divulgan y obligan a los países a llevarlas a la práctica.

Estas medidas constituyen en Europa, no solo el avance social y ambiental ya comentado, sino una mejora global de la economía. Mejora más trascendental a partir de la crisis de 2008 donde la necesidad y la toma de conciencia del ahorro se hacen más patentes.

Tras hacer una revisión, desde los diferentes puntos de vista social, ambiental y económico, sobre cómo el ahorro y la eficiencia energética se ha abierto camino en nuestra sociedad a lo largo de los últimos años, pasamos a estudiar diferentes Tratados, Libros y Comisiones clave para este aspecto. De esta

manera abordaremos los objetivos y logros conseguidos, ya en materia de eficiencia energética.

2.4 CONTEXTO ENERGÉTICO

Tal y como hemos visto, existen tres razones importantes que justifican la reducción del consumo de energía en los edificios existentes.

- La primera es el elevado coste económico de la energía.
- La segunda son las perspectivas de escasez energética para las próximas décadas, lo que provoca el atribuir un coste social al consumo de energía.
- La tercera y última es el elevado impacto medioambiental que el consumo energético origina en nuestro planeta debido al efecto invernadero, y que actualmente viene regulado mediante Protocolos internacionales, Directivas europeas y Reales Decretos que se deben cumplir.

Si bien, tanto a nivel europeo como nacional, llegar a ser conscientes de la importancia de un desarrollo sostenible que busque solución a estos problemas ha sido un trabajo costoso; llena de altibajos. Aun así, se ve que *“no hay mejor maestra que la necesidad”*, que es la que ha hecho que finalmente se tome conciencia de la importancia de una buena gestión energética de los recursos.

La necesidad de consolidar una política energética comunitaria nace en los años 80, donde la Comunidad Europea (CE) obliga a centrarse en un programa de acción para los años 1991 a 1993 centradas en el desarrollo de fuentes energéticas a partir de nuevas tecnologías, la planificación energética y el apoyo a los programas de los Estados miembros, la promoción de la cooperación intracomunitaria y con otras regiones poseedoras de recursos energéticos y la protección del medio ambiente. Sin embargo estos tratados no significaron grandes cambios en materia energética.

En España a diferencia de muchos países de la Unión Europea sí se consigue arraigar una política efectiva de eficiencia energética con la promulgación de la Ley 82/1980 de Conservación de la Energía; la cual constituye el verdadero punto de partida en este área en nuestro país. Desde entonces y, en cierta medida, bajo la orientación de esa ley, se han puesto en marcha distintos programas de ámbito nacional, regional y comunitario que han promovido la gestión energética y la diversificación de fuentes; que ha sido la que ha tenido más éxito hasta la fecha.

A nivel europeo, es en 1990 cuando comienza la creación anual de una serie de documentos publicados por la Comisión Europea (CE) denominados Libros Verdes, cuyo objetivo es estimular una reflexión a nivel europeo sobre un tema concreto. Estos libros son mucho más abiertos que los denominados Libros Blancos, los cuales se ocupan de exponer una política o proponer una línea de acción en un tema de preocupación actual. Pero ninguno de ellos supone una obligatoriedad de cumplimiento.

La Comisión adopta en 1995 el Libro Verde de la *Innovación*, cuyo objetivo es identificar los diferentes elementos, positivos y negativos, de los que depende la innovación en Europa y formular propuestas de acción que permitan incrementar la capacidad de innovación de la Unión así como posibles soluciones a los problemas que podrían derivarse de la ausencia de una política energética.

Sobre las aportaciones presentadas en dicho libro, se presenta en 1996 un nuevo Libro Blanco de la *Energía* que comienza a concretar las principales orientaciones sobre política energética y las medidas adecuadas para su implementación, de forma que esta política energética comunitaria, con especial consideración a la preservación del medioambiente, a la concreción de un mercado interior para la energía y a la seguridad en el abastecimiento, va integrándose progresivamente a partir del proceso de liberalización que tuvo el sector

energético a partir de los 80, antes comentado. Y continúa con el Libro Blanco de las *Energías Renovables*, publicado por la Comisión Europea en noviembre de 1997, en vísperas de la Conferencia de Kioto.

Ni el Tratado de Ámsterdam de 1997, del que se habló en el apartado 2.1 *Contexto social*, ni el Tratado de Niza de 2001 introducen novedades en materia energética. Sólo el Tratado de Maastricht, o también llamado Tratado de la Unión Europea (TUE), de 1992, que es concebido como la culminación política de un conjunto normativo vinculante para todos los Estados miembro de la Unión Europea, significó un avance en la introducción del mundo energético en los tratados consecutivos.

Consideraremos entonces la etapa entre 1996 y 2009 como el período de fortalecimiento de la política energética común. Una etapa no sólo de fertilidad política sino también legislativa, a fin de crear un conjunto de principios, técnicas y normas que puedan ser perfectamente integrados por los Estados miembros en sus legislaciones nacionales.

En el año 2000 se publica otro Libro Verde hacia una *Estrategia europea de seguridad de abastecimiento energético*, buscando disminuir la dependencia energética de la Unión Europea, respecto de terceros países, que para dicho año era ya del 50%.

Y siguiendo con el intenso trabajo de la Unión Europea de profundizar en las directrices dirigidas a los Estados miembros en materia de energía, llega el Libro Verde de 2005 sobre la *Eficiencia Energética o "cómo hacer más con menos"*, la cual desarrolla una propuesta que promueve la eficiencia energética a todos los niveles de la sociedad europea desde el punto de vista del equilibrio de los tres pilares fundamentales de la política común (competitividad, sostenibilidad y seguridad de abastecimiento). Los objetivos planteados por tanto tienen relación con el ahorro de energía, la protección del medio ambiente, la creación de empleo y la disminución de las importaciones de petróleo y gas, así como la información y concienciación de los consumidores. Promueve también el fomento de la eficiencia energética desde la investigación y el desarrollo tecnológico.

De ahí surge en 2006 otro Libro Verde de la Comisión: *Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura*. Este libro reconoce que *La creación de una política energética europea es un desafío a largo plazo, una empresa que requiere un marco claro pero flexible: claro, en el sentido de que representa una posición común defendida al más alto nivel, y flexible, dado que necesita una actualización periódica* [4].

Podemos apreciar así en este estadio de la evolución de la política común, un modelo energético de la Unión Europea mucho más elaborado que incide en la gestión, la eficiencia y, en general, el ahorro energético, que tiene un carácter transversal y que incentiva la investigación y la tecnología europea, a fin de crear empleo y promover las energías limpias.

En resumidas cuentas, se trata ya de una Política seria, con objetivos claramente identificados y que van orientados al cumplimiento no sólo de los objetivos propios de la política energética, sino también de otros objetivos generales y específicos del proceso de integración europea.

2.4.1 COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN: *Una política energética para Europa (2007)*

Esta estrategia energética sufre una nueva revisión con la Comunicación de la Comisión: *Una política energética para Europa*, de principios de 2007, que se inscribe en la dinámica iniciada por el Libro Verde comentado antes. En ella la Unión Europea (UE) se propone metas realmente ambiciosas: *Provocar una nueva revolución industrial y crear una economía de alta eficiencia energética y baja emisión de CO₂* [4].

Para conseguirlo define unos objetivos, adopta compromisos e identifica los sectores prioritarios de actuación.

Los objetivos que quedan más marcados son: la seguridad del suministro, desarrollando una política exterior común y estableciendo un diálogo con los Estados miembros y sus socios; la competitividad de las economías europeas y el abastecimiento energético a coste asequible, pues se necesita poner en práctica una legislación transparente relativa al mercado interior; y la sostenibilidad medioambiental, reforzando el liderazgo de la Unión Europea a través de la adopción de un Plan de Acción sobre la Eficiencia Energética y la continuación del desarrollo de las energías renovables, así como la puesta en práctica del plan de acción en materia de biomasa

Entre los compromisos que adopta la Unión Europea en dicho Comunicado en línea con los objetivos energéticos anteriores encontramos:

- **Compromiso de los “Cinco Veintes”:** en la que la Unión Europea se propone reducir en al menos un 20% las emisiones de gases invernadero y el consumo de energía, entre otras, para el año 2020. Esta propuesta es realizada pocos meses antes por la Comisión mediante el *Plan de acción para la eficiencia energética (2007-2012)*, y también queda plasmado este compromiso en el Paquete Energía y Clima aprobado en 2008. Y será tratado con mayor detenimiento en el apartado 2.4.4.2 *Horizonte 2020*, en su versión más reciente.
- **Compromisos de energías renovables en el transporte.**
- **Compromiso de reducción de consumo en edificios:** se modifica la Directiva 2002/91 dirigida a la eficiencia energética de los edificios realizándose una nueva refundición en la Directiva 2010/31, que deriva en el Real Decreto 235/2013 que sigue vigente en la actualidad y que se verá en el apartado 2.4.3 *Real Decreto 235/2013*. Por otro lado, referente a la eficiencia energética surge la Directiva 2012/27 que incide de manera particular sobre el consumo energético en edificios. Y se podrá consultar su trasposición en el apartado 3.1.1 *Real Decreto-Ley 8/2013*.

El sector prioritario de actuación es aquí: aplicar una política energética internacional común, ya que la Unión Europea no puede alcanzar por sí sola el objetivo de una energía segura, competitiva y sostenible. Resulta esencial entonces que los Estados miembros y la Unión Europea se expresen con una sola voz sobre las cuestiones energéticas internacionales. Se encarga de reforzar por ello el Tratado sobre la Carta de la Energía, tomando la iniciativa de un acuerdo sobre la eficiencia energética y participando de forma activa en el régimen posterior a Kioto respecto del cambio climático.

Este Tratado sobre la Carta de la Energía crea un marco de cooperación internacional entre los países de Europa y otros países industrializados, con el objetivo fundamental de fomentar el potencial energético de los países de Europa central y oriental y garantizar la seguridad de los suministros energéticos de la Unión Europea. Y *pretende impulsar las políticas de eficacia energética compatibles con el desarrollo sostenible, la incitación a una utilización más eficaz y más sana de la energía y el estímulo de la cooperación en el ámbito de la eficacia energética.*

A finales de 2007, es firmado por los representantes de todos los estados miembros de la Unión Europea el Tratado de Lisboa, el cual constituye el tratado más importante de unión y cooperación de todos los Estados. Además plantea los nuevos objetivos específicos de la política energética en el nuevo panorama común para la energía:

- El funcionamiento del mercado de la energía

- La seguridad de abastecimiento
- La eficiencia y el ahorro energéticos, y el desarrollo de energías nuevas y renovables
- La interconexión de las redes energéticas.

Realizado el análisis en torno a cómo ha ido cimentándose a lo largo del proceso de integración europea la política energética común e identificados de manera general sus objetivos, vemos como este año (2007), se denota como el punto de partida de un nuevo e importante crecimiento acelerado del afán por constituir un desarrollo sostenible, tanto en Europa como en España. A partir de aquí pasaremos a ver distintos Decretos y Planes de Acción que se han ido desarrollando hasta la fecha y que han incidido profundamente en el tema que este proyecto trata: mejora de la gestión y el ahorro energético en edificios existentes del Sector Terciario en España.

2.4.2 REAL DECRETO 238/2013: *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*

Este documento recoge la versión actualizada del Real Decreto 1027/2007, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), teniendo en cuenta las correcciones de errores y modificaciones realizadas sobre el mismo a partir de su publicación.

Este real decreto es una medida del Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia en España (2005-2007) con el objetivo de desarrollar un enfoque basado en prestaciones u objetivos, es decir, expresando los requisitos que deben satisfacer las instalaciones térmicas sin obligar al uso de una determinada técnica o material, ni impidiendo la introducción de nuevas tecnologías y conceptos en cuanto al diseño.

Por otra parte, el reglamento que se aprueba constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas; y que iremos tratando en el apartado 4. *Medidas de mejora de ahorro energético* de manera independiente según lo necesite cada medida.

Las medidas contempladas en este reglamento presentan una clara dimensión ambiental. Por un lado, contribuyen a la mejora de la calidad del aire en nuestras ciudades y, por otro, añaden elementos en la lucha contra el cambio climático.

El cumplimiento de estos requisitos se realizará reglamentariamente a través del ***Código Técnico de la Edificación (CTE)***, que es el marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones. Dentro de las exigencias básicas de ahorro de energía se establece la referida al rendimiento de las instalaciones térmicas cuyo desarrollo se remite al reglamento objeto de este real decreto.

2.4.3 REAL DECRETO 235/2013

Es el documento por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

Los decretos que preceden a la nueva ley de 2013 son:

- **Directiva 2002/91/CE:** del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 sobre Eficiencia Energética de los Edificios, transpuesta parcialmente a la legislación española mediante el Real Decreto 47/2007, por el que se aprobó el Procedimiento Básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, quedando pendiente de transposición la certificación energética relativa a edificios existentes.
- **Directiva 2010/31/UE:** del Parlamento Europeo y del Consejo, en la que los Estados miembros deben tomar las medidas necesarias para asegurar que los edificios nuevos cumplan los requerimientos mínimos de eficiencia de energía. Así, antes de que se inicie la construcción se debe tener en cuenta la viabilidad técnica, medioambiental y económica de instalaciones alternativas de alta eficiencia.

Este Real Decreto 235/2013 deroga a la Directiva 2010/31/UE, al entrar en vigor en 2013. Este Decreto se transpone parcialmente a la legislación española, en lo relativo a la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios, tanto nuevos como existentes (Directiva 2010/31/UE) a la vez que refunde el Real Decreto 47/2007, de manera que incorpora el Procedimiento Básico para la Certificación de Edificios Existentes.

Consta de **un Único artículo:** *Aprobación del Procedimiento Básico para la Certificación de la Eficiencia Energética de los Edificios*, procedimiento del que hablaremos a continuación en el apartado 2.4.3.1 *Procedimiento Básico para la Certificación Energética de los Edificios*. Este artículo establece que, cuando se construyan, vendan o alquilen edificios o unidades de éstos, el certificado de eficiencia energética o una copia de éste se deberá mostrar y entregar al comprador o nuevo arrendatario potencial en dicho caso.

Aparte tiene una serie de Disposiciones adicionales, de las que destacamos la segunda, referida a *Edificios de consumo de energía casi nulo*, ya expuesta previamente en la Directiva 2010/31. En ella se expone que, todos los edificios nuevos cuya construcción se inicie a partir del 31 de diciembre de 2018, que vayan a estar ocupados y sean de titularidad pública, serán edificios de consumo de energía casi nulo; y que todos los edificios nuevos que se construyan a partir del 31 de diciembre de 2020 serán edificios de consumo de energía casi nulo. En cuanto a los planes propuestos por la Directiva serán tratados en el apartado 2.4.4.3 *Edificios de energía casi nula*.

2.4.3.1 PROCEDIMIENTO BÁSICO PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS

Con la aprobación del Ministerio de Hacienda y las Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros, se aprueba el Procedimiento Básico para la Certificación de la Eficiencia Energética de los Edificios, tanto nuevos como existentes, con el Real Decreto 235/2013 antes visto.

La finalidad de este procedimiento es promover la eficiencia energética, mediante la información objetiva, relacionada con las características energéticas de los edificios, que se habrá de proporcionar obligatoriamente a los compradores y usuarios. Ésta vendrá materializada en forma del certificado de eficiencia energética que veremos más adelante, de manera que les permita valorar y contrastar sus prestaciones.

El objetivo principal de aplicar dicho procedimiento es para:

- Establecer las condiciones técnicas y administrativas para realizar las certificaciones de eficiencia energética en los edificios, así como la metodología de cálculo de su calificación de

eficiencia energética, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en el consumo de energía de los edificios.

- Aprobar la etiqueta de eficiencia energética como distintivo común en todo el territorio nacional.

2.4.3.2 Calificación de la eficiencia energética de un edificio

La calificación energética en edificios es, entre otros, el resultado del proceso de certificación energética de un inmueble. Dicho proceso culmina con la expedición de un certificado de eficiencia energética que contiene dicha calificación en una escala que va desde la A (la mejor) a la G. Supone así una valoración sobre la forma en que el inmueble optimiza el consumo de energía, y cuyo cálculo corresponde a un técnico competente.

El ámbito de aplicación del procedimiento básico abarca:

- Edificios de nueva construcción
- Edificios o parte de edificios existentes que se vendan o alquilen a un nuevo arrendatario, siempre que no se disponga de un certificado en vigor.
- Edificios o parte de edificios en los que una autoridad pública ocupe una superficie útil total superior a 250 m² y que sean frecuentados habitualmente por el público.

Si se cumple alguna de las condiciones anteriores podremos proceder a realizar la calificación de la eficiencia energética de un edificio o parte del mismo, cuyos procedimientos deben ser documentos reconocidos y estar inscritos en el Registro General correspondiente. Dicha calificación se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta de eficiencia energética, en base mensual y referidos a la unidad de superficie útil del edificio, de manera que recibamos información acerca del comportamiento energético del edificio y qué debemos tener en cuenta para mejorarlo.

Estos indicadores se obtienen de la energía que consume el edificio, en unas ciertas condiciones climáticas, para cubrir las necesidades de éste y mantener unos niveles adecuados de confort lumínico y térmico y calidad de aire interior. De todos los indicadores energéticos que existen destacamos el principal que es el que corresponde a las emisiones anuales de CO₂ (kg/m² de superficie útil del edificio).

2.4.3.3 Certificación de la eficiencia energética de un edificio

El concepto de certificación energética es más amplio que el de calificación, ya que engloba al conjunto de informes y documentación administrativa exigidos al técnico que realiza el estudio. Se trata de un proceso por el que se verifica la conformidad de la calificación de eficiencia energética obtenida por el proyecto de ejecución con la del edificio existente, edificio de nueva construcción o parte del alguno de ellos, y que conduce a la expedición del certificado de eficiencia energética del edificio; que tendrá una validez máxima de diez años.

En España, a la entrada en vigor del Real Decreto 235/2013, queda impuesto en la tercera disposición transitoria: *Registro de los certificados de eficiencia energética*, que el órgano competente de cada Comunidad Autónoma, en materia de certificación energética de edificios, habilitará el Registro de Certificaciones en su ámbito territorial. Este Registro permitirá realizar las labores de inspección y control técnico y administrativo, y además pondrá a disposición del público registros actualizados,

periódicamente, de técnicos competentes o de empresas que ofrezcan los servicios de expertos de este tipo y servirá de acceso a los ciudadanos para obtener información sobre los certificados.

El certificado de eficiencia energética del edificio o de la parte del mismo deberá contener, entre otros aspectos, la identificación del edificio o de la parte del mismo que se certifica (incluyendo su referencia catastral), una indicación del procedimiento reconocido utilizado para obtener la calificación de eficiencia energética, la descripción de las características energéticas del edificio, la calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética. Así como el documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio o de parte de este para los edificios existentes, a menos que no exista ningún potencial razonable para una mejora de esa índole en comparación con los requisitos de eficiencia energética vigentes.

Con todo ello, será el propietario del edificio el responsable de la renovación o actualización del certificado de eficiencia energética y podrá proceder voluntariamente a su actualización, cuando considere que existen variaciones que puedan modificar dicho certificado.

2.4.3.4 Etiqueta de eficiencia energética

En el mismo Decreto 235/2013, queda claro en la disposición transitoria segunda: *Obtención del certificado y obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética en edificios de pública concurrencia*, que:

- Los edificios o partes de edificios existentes, ocupados por una autoridad pública, que sean frecuentados habitualmente por el público, deberán obtener un certificado de eficiencia energética y tendrán la obligación de exhibir su etiqueta de eficiencia energética según fecha y según la superficie útil total.
- Los edificios de titularidad privada que sean frecuentados habitualmente por el público, con una superficie útil total superior a 500 m², cuando les sea exigible su obtención, tendrán la obligación de exhibir la etiqueta de eficiencia energética en lugar destacado y bien visible.

Esta etiqueta de eficiencia energética es un distintivo que señala el nivel de calificación de eficiencia energética obtenida por el edificio o unidad del edificio, y se incluirá en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio o unidad del edificio; siempre con el formato presentado en *figura 1*.



Figura 1. Caso particular: Etiqueta de calificación energética.

Si vemos, la calificación de los edificios vendrá dada en función del consumo de energía (en kWh/m² año) y de las emisiones (en kg CO₂/ m² año), de forma que según unos rangos establecidos en *tablas 1 y 2* asignarán un índice de calificación de eficiencia energética mediante una letra de la A a la G (de mayor a menor eficiencia) a cada edificio.

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C1 < 0.15$
B	$0,15 \leq C1 < 0.50$
C	$0.50 \leq C1 < 1.00$
D	$1.00 \leq C1 < 1.75$
E	$C1 > 1.75$ y $C2 < 1.00$
F	$C1 > 1.75$ y $1.00 \leq C2 < 1.5$
G	$C1 > 1.75$ y $1.50 \leq C2$

Tabla 1. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a viviendas.

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0.40$
B	$0.40 \leq C < 0.65$
C	$0.65 \leq C < 1.00$
D	$1.00 \leq C < 1.3$
E	$1.3 \leq C < 1.6$
F	$1.6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

Tabla 2. Calificación de eficiencia energética de edificios destinados a otros usos.

Estas escalas variarán en función de si la calificación energética se realiza en edificios destinados a viviendas o a otros usos, siendo los índices C, C1 y C2 de manera general, el cociente entre las emisiones anuales de CO₂ o el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio a certificar y las emisiones de CO₂ o el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio de referencia.

2.4.4 PLAN NACIONAL DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020

En 2012 la Unión Europea aprueba una nueva directiva, Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la Eficiencia Energética, que busca crear un renovado marco común para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión. Para ello establece acciones concretas encaminadas a conseguir el objetivo fijado en el Paquete Energía y Clima de 2007 de una reducción de un 20% de la intensidad energética en el año 2020 en el conjunto de los Estados Miembros.

Entre estas acciones encontramos la imposición que determina la DEE a las empresas, a partir del consumo medio histórico de energía final de los años 2010-2012, consistente en un objetivo vinculante de ahorro anual del 1,5% incremental para 2014-2020 con posibilidad de mecanismos de flexibilidad.

En este marco, destacamos también la denominada “Estrategia 20-20-20”, que establece en el ámbito europeo tres objetivos concretos para el año 2020:

- 20% obligatorio de contribución a energías renovables.
- 20% reducción de consumo eléctrico.
- 20% reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, con respecto a los niveles de 1990.

Además se han establecido pautas de incremento para las siguientes décadas, hasta 2050 [3].

Aunque el Gobierno de España vota en un principio en contra de la directiva con el argumento de que “*un mayor esfuerzo en eficiencia energética sería una penalización a la economía española y retrasaría la reactivación del sector de la construcción*”, está obligado a cumplirla.

Este pensamiento radica de que los objetivos de la directiva se vean como una carga desproporcionada, ya que España se verá obligada a conseguir una reducción del 25.3% respecto de la tendencia, mientras que la media de la Unión Europea se encuentra en un 16.5%.

2.4.4.1 Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación

Con su envío dentro del plazo de este Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética (PNAEE), España cumple con la exigencia de que todos los Estados miembros de la UE hayan presentado estos planes, el primero de ellos a más tardar el 30 de abril de 2014 y, a continuación, cada tres años. En este sentido el PNAEE 2014-2020 incluye como documento anexo la *Estrategia Española para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación*, en desarrollo del artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE.

Esta Estrategia, además de satisfacer los requerimientos de la Directiva, constituye un importante punto de partida para el impulso de la rehabilitación energética del sector de la edificación. Es un sector de oportunidad clave para asegurar la recuperación económica a través del sector inmobiliario y de la construcción y para enfrentar algunos de los retos más importantes que tienen planteados las ciudades, tanto a corto como a medio plazo. Cambia así el Gobierno de parecer, presentándolo como una ocasión de conseguir un rumbo firme en la consecución de un modelo de desarrollo urbano sostenible, integrador, inteligente e inclusivo, como el mejor modo de conseguir una mayor competitividad económica, eco-eficiencia, cohesión social y progreso cívico, así como para garantizar una adecuada calidad de vida, tanto en el medio urbano, como rural y el bienestar de los ciudadanos, en el presente y en el futuro.

Son ya muchos países europeos los que se han acogido a esta idea, donde el impulso de la rehabilitación ha sido abordado con prontitud y eficacia. Esto ha contribuido a que hoy sea la primera rama de actividad de la construcción en Europa, y que incluso durante la crisis, haya sido capaz de mantener y hasta de incrementar levemente dicha producción.

Se encuentra estructurado en cuatro capítulos, de manera que presenta de forma resumida la información estadística sobre los consumos de energía en España en 2012 y los logros ya conseguidos y repasa lo que queda por hacer.

Una vez llevada a cabo la renovación, los edificios deberán cumplir con los requisitos mínimos de rendimiento energético que se hayan establecido, conforme al Real Decreto 235/2013, relativos a la eficiencia energética de los edificios. En este proceso de renovación se dará prioridad, siempre que sea rentable, a los edificios con peor rendimiento energético. Para llevar a cabo este objetivo de renovación anual, los Estados están obligados a realizar y hacer público un inventario de todos los edificios sujetos a la renovación, que contenga información sobre su superficie y sobre el rendimiento energético de cada uno de ellos.

No obstante la directiva ha permitido la adopción de enfoques alternativos basados en otras medidas rentables que sean capaces de conseguir el mismo ahorro energético para 2020. Entre estas alternativas entra el cambio de uso y comportamiento de los ocupantes, por lo que deja una puerta abierta para que no se cumpla el requisito de renovación del 3% de los edificios de propiedad estatal.

2.4.4.2 Horizonte 2020

Horizonte 2020 es el programa de investigación e innovación de la Unión Europea mayor de la historia con cerca de 80 mil millones € de los fondos disponibles para financiar iniciativas y proyectos [4]. Se

trata por tanto de una iniciativa emblemática de Europa dirigida a asegurar la competitividad global de Europa, mediante la consecución de un refuerzo de la excelencia científica a nivel mundial, del desarrollo tecnológico para conseguir una Europa más competitiva, y de retos sociales, tales como la seguridad, la energía, el transporte, el cambio climático y el uso eficaz de los recursos, la salud,...

Se trata realmente de un medio para impulsar el crecimiento económico y crear puestos de trabajo, por ello esta iniciativa cuenta con el respaldo político de los líderes europeos y los miembros del Parlamento Europeo, que la visualizan como una inversión en nuestro futuro y en el crecimiento y el empleo inteligente, sostenible e integrador.

Este Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea (2014-2020) está abierto a todo el mundo, de manera que elimina las barreras a la innovación y hace que sea más fácil para los sectores público y privado trabajar juntos en el ámbito de la innovación. Así se lograrán resultados de una forma más rápida, incluso un objetivo, idealista a priori, de crear un mercado único de conocimiento.

Así mismo, dentro de los retos sociales planteados en Horizonte 2020, la tercera prioridad temática se centra en una *Energía segura, limpia y eficiente*. El objetivo de éste es realizar la transición a un sistema energético fiable y asequible, que goce de aceptación pública y que sea sostenible y competitivo, con el propósito de reducir la dependencia actual respecto de los combustibles fósiles. Esto es así puesto que nos encontramos en un contexto creciente de escasez de recursos, aumento de las necesidades de energía y cambio climático.

Las líneas de actuación en las que están centradas las acciones de este proyecto en dicha temática son:

- **Reducir el consumo de energía y la huella de carbono** mediante un uso inteligente y sostenible de ésta, así como un aprovechamiento del potencial de los sistemas eficientes y renovables de refrigeración y calefacción.
- **Suministrar electricidad a bajo coste** a la par que de baja emisión de carbono. Para ello se pretende desarrollar el potencial de la energía eólica y de sistemas de energía solar competitivos y seguros para el medio ambiente. Y también de otras formas de energía renovable como la geotérmica.
- **Utilizar combustibles alternativos y otras fuentes de energía móviles**. A su vez se pretende trabajar por la sostenibilidad y competitividad de la bioenergía y por otro lado, facilitar el comercio de pilas de combustible y tecnologías que trabajan con hidrógeno.
- **Establecer una red eléctrica europea única e inteligente** de forma que se cree un mercado para todo el continente, en el que se integren las fuentes de energía renovables y en la que las interacciones entre todos los usuarios (clientes y proveedores de energía) estén bien gestionadas. Es decir, lo que ya promovía la política energética comunitaria años atrás.
- **Promover nuevos conocimientos y tecnologías** en este área de la energía, de manera que podamos crear un futuro sostenible.
- **Alcanzar solidez en la toma de decisiones y compromiso público**.
- **Conseguir la absorción por el mercado de la innovación energética**, la capacitación de mercados y consumidores. Se trata de crear condiciones favorables de mercado en cuanto a normas, administración y financiación, para soluciones renovables y eficientes.

Estas líneas de actuación pretenden influir positivamente en materia de reducción del consumo de energía y emisiones, consiguiendo para 2020 la reducción en un 20% del consumo energético y que la energía procedente de fuentes renovables suponga un 20% del consumo energético total de la Unión.

2.4.4.3 Edificios de energía casi nula

Los edificios de energía casi nula son edificios cuyos consumos de energía neta son cercanos a cero en un año típico, es decir, son edificios cuya energía proviene del propio edificio mediante fuentes de energías renovables, que deberá ser casi igual a la energía demandada por el edificio.

Aunque estos edificios siguen siendo infrecuentes en países desarrollados hasta la fecha, están ganando importancia y popularidad gracias a la solución potencial que suponen a la gran gama de problemas sociales y ambientales que venimos comentando en este proyecto.

La conversión de los edificios actuales a este tipo, suelen realizarse en los de nueva construcción, aunque ya se empiezan a implementar también en la rehabilitación de los ya existentes. Basta con reducir los costes de construcción inicial al mínimo junto con un diseño fijado en minimizar al límite establecido en los códigos de edificación los costos de mantenimiento, funcionamiento, climatización,... que tendrá el edificio una vez esté en marcha. Todo esto estará implementado con el uso de energías renovables y con el uso de la energía ganada de otras fuentes, como es una iluminación eficiente, el aprovechamiento del calor de los ocupantes, etc. Es decir, se busca un equilibrio entre la energía demandada procedente de fuentes renovables y la conservación de energía en el edificio.

Es con la Directiva europea 2010/31, que estos edificios de energía casi nula se convierten en una imposición, debido a que la Unión Europea ha adoptado una serie de medidas, influenciadas por el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y a la vez aumentar el aprovechamiento de la energía procedente de fuentes renovables. Esta reducción de consumo de energía y el mayor uso de las renovables garantizarán así el abastecimiento energético, el desarrollo tecnológico y nuevas oportunidades de empleo y desarrollo regional.

El Real Decreto 235/2013 ratifica del mismo modo lo dicho por su precedente, por ello, como muy tarde en 2020, todos los *edificios nuevos* deben ser edificios de consumo de energía casi nulo. E igualmente para 2018, los *edificios nuevos* que estén ocupados y que sean propiedad de autoridades públicas. Estando sólo exentos los casos donde el análisis de rentabilidad (costes y beneficios durante el ciclo de vida útil del edificio en cuestión) sea negativo.

Nos damos cuenta llegados a este punto, que los edificios de energía casi nula no son el fin, sino un medio. El verdadero fin no es otro que el de cumplir con los compromisos, tanto los que se han ido estableciendo en los últimos años y que se han ido tratando en este proyecto, como los futuros que aún están por llegar.

3 REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

3.1 INTRODUCCIÓN

España gasta 60.000 millones de euros en energía primaria al año, y de esta cantidad el 76% es importada según datos de 2014 [3], lo que constituye que el país dependa fuertemente de las fuentes externas de energía.

A medida que avanza el tiempo se produce un empeoramiento en el déficit energético sin apenas señales de incremento en la productividad de la energía, tal y como podemos ver en *figura 2*. Se trata por tanto de uno de los países con mayor dependencia energética exterior.

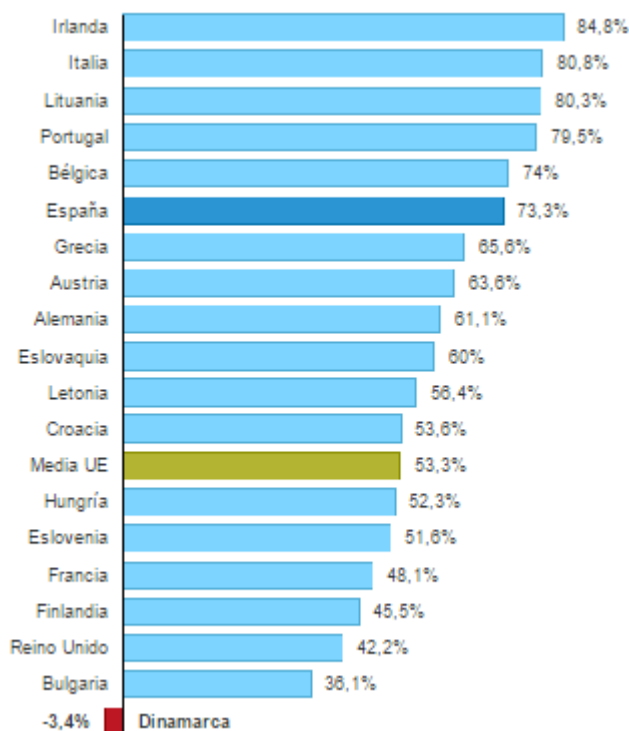


Figura 2. Proporción de energía que cada país importa (datos 2012). [4]

Una tercera parte de esa energía es generada por el sector de la edificación, de ahí que como se comentó en el capítulo anterior, los Estados miembros hayan publicado una Estrategia para la renovación energética de edificios. El objetivo de esta estrategia es conseguir una transformación del actual sector y realizar cambios dedicados a la renovación y al eficaz funcionamiento y mantenimiento de los edificios, de forma que se reduzcan los impactos económicos, sociales y ambientales.

Por ello, como se ha venido comentando hasta el momento, el objetivo principal de gestión energética de la Unión Europea es el de reducir considerablemente el derroche energético, consiguiendo ahorros de más del 20% para 2020, más del 30% para 2030 y llegar al 50% en 2050.

Para conseguirlo se han establecido normas para eliminar barreras en el mercado de la energía y que ayuden a superar deficiencias del mercado que obstaculizan la eficiencia en el abastecimiento y el consumo de energía. Éstas son impulsadas por la Directiva de Eficiencia Energética (EED) propuesta por la Comisión: la Directiva 2012/27/UE aprobada en 2012, relativa a la eficiencia energética. Establece un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión, a fin de asegurar la consecución de la “Estrategia 20-20-20” (Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética).

Ya son varios países, tanto a nivel europeo como a nivel mundial, los que decidieron tomar también cartas en el asunto y paliar ese despilfarro de energía. Las mejoras en eficiencia energética que han llevado a cabo les han permitido crecer sin incrementar materialmente sus necesidades energéticas y las emisiones de gases efecto invernadero.

Tomando como ejemplo estas situaciones, España aboga por una renovación energética, comenzando por la rehabilitación de edificios del Sector Terciario, el cual tiene una visibilidad que lo hace especialmente relevante como objeto de actuación, y apoyando la consecución de edificios de energía casi nula de aquí en adelante.

De las medidas establecidas, la que resulta clave en este proceso y que ha sido impulsada en los últimos años para facilitar la resolución de esta problemática es la realización de Auditorías Energéticas en los edificios, pues mediante dicho diagnóstico, puede plantearse un buen proyecto de rehabilitación. Es decir, nos ayudará a determinar las deficiencias del edificio y con ello sus puntos potenciales de mejora con la inclusión de las posibles medidas de mejora aplicables y sus consiguientes ahorros energéticos, así como los ahorros económicos asociados.

Una vez implantadas dichas medidas de mejora, será indispensable la medida y verificación de dichos ahorros; tema que confiere a los apartados *4. Medidas de mejora de ahorro energético* y *5. Estudio de resultados*.

En este punto queremos dejar patente que lo más importante para lograr la eficiencia energética en un edificio, empresa u organización, no es sólo que exista un plan de ahorro de energía, derivado de un estudio o diagnóstico, sino contar con un sistema de gestión energética que garantice la mejora continua. Con la diferencia de que la nueva legislación obliga en la mayoría de los casos a ejecutar una Auditoría Energética, no siendo necesarias las segundas.

3.1.1 REAL DECRETO-LEY 8/2014

Esta Ley: *Aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia* se transpone parcialmente de la Directiva 2012/27/UE, en lo relativo a auditorías energéticas, sistemas de acreditación para proveedores de servicios energéticos y auditores energéticos, la promoción de la eficiencia energética en los procesos de producción y uso del calor y del frío y la contabilización del consumo de agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración. Para ello desarrolla el Artículo 8: *Auditorías energéticas y sistemas de gestión energética*, con medidas legislativas de carácter urgente. Entre ellas, la obligatoriedad de la realización de una auditoría energética antes del 5 de diciembre de 2015, conforme a las Normas UNE 216501:2009 y la Serie UNE EN 16247, en caso de:

- Grandes empresas que ocupen a más de 250 personas y cuyo volumen de negocios anual excede de 50 millones de euros, o en su defecto, cuyo balance general anual exceda de 43 millones de euros; quedando excluidas las PYMES.

- Las empresas obligadas podrán utilizar una o las dos alternativas siguientes:
 - Realizar una auditoría energética que cumpla las directrices mínimas (personal acreditado).
 - Aplicar un sistema de gestión energética o ambiental, siempre que el sistema de gestión de que se trate incluya una auditoría energética.

Según el Anexo VI de la Directiva, los criterios mínimos a cumplir para las auditorías energéticas, incluidas las realizadas como parte de sistemas de gestión energética, son los siguientes:

- Deberán basarse en datos operativos actualizados, medidos y verificables de consumo de energía y de perfiles de carga (cuando se disponga de ellos) en el caso de la electricidad.
- Abarcarán un examen pormenorizado del perfil de consumo de energía de los edificios o de las instalaciones industriales (con inclusión del transporte o flotas de vehículos en el caso de las instalaciones).
- Se fundamentarán, siempre que sea posible, en el análisis del coste del ciclo de vida antes que en períodos simples de amortización, con tal de tener en cuenta el ahorro a largo plazo, los valores residuales de las inversiones a largo plazo y las tasas de descuento.
- Deberán ser proporcionadas y suficientemente representativas para que se pueda trazar una imagen fiable del rendimiento energético global y se puedan determinar de manera fiable las oportunidades de mejora más significativas.
- Permitirán la realización de cálculos detallados y validados para las medidas propuestas, facilitando así una información clara sobre el potencial de ahorro.

El procedimiento para realizar una buena auditoría energética será tratado en el apartado 3 *Auditorías energéticas*, pero el objeto y ámbito de aplicación de la Ley en cuanto a este tema surge de la necesidad de incrementar el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión. Necesidad de asegurar la consecución del objetivo principal propuesto para 2020 del ahorro de un 20% en la Unión, y de preparar el camino para mejoras ulteriores de eficiencia energética más allá de ese año, ya que hasta la fecha de creación de esta Ley las tendencias para 2020 eran las que siguen en *figura 3*.

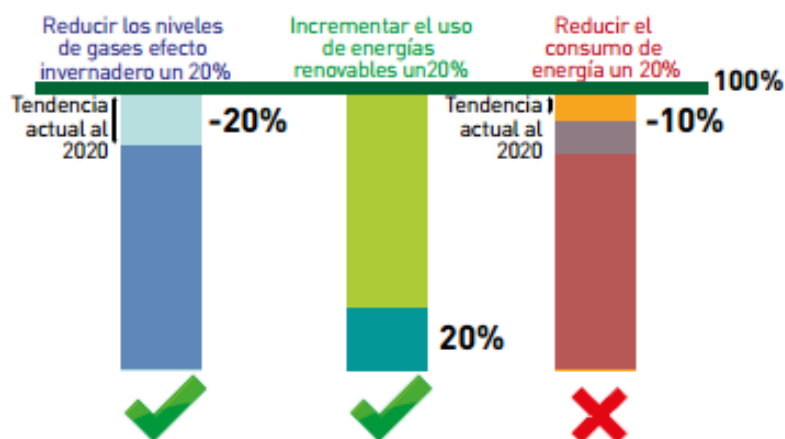


Figura 3. Tendencia de las reducciones del 20% para 2020 (a fecha de 2014).

3.2 SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Un Sistema de Gestión Energética es una parte del Sistema Integrado de Gestión de una organización (junto al Sistema de Gestión de la Calidad y de Gestión Ambiental). La implementación de un sistema de gestión de la energía tiene por objeto el desarrollo y la implementación de su política energética y la organización de los aspectos energéticos a fin de mejorar el desempeño energético, ya que se trata de un conjunto de elementos relacionados entre sí o en interacción de manera estratégica para alcanzar dicha mejora.

Esta política de la entidad sobre el uso de la energía y cómo van a ser gestionadas las actividades, productos y servicios que interactúan con este uso, se contemplan normalmente bajo un enfoque de sostenibilidad y eficiencia energética, puesto que el sistema permite realizar mejoras sistemáticas del rendimiento energético. Permiten por ello una mejora continua de los modelos de consumo y los procesos de producción.

La implantación de un Sistema de Gestión Energético es voluntaria y su nivel de éxito depende fundamentalmente del nivel de implicación de la propia organización para gestionar el consumo y costos energéticos. Siendo importante destacar que no está orientado necesariamente a grandes empresas, sino que puede ser adoptado por cualquier tipo de organización, independientemente de su sector de actividad o tamaño; por tanto es aplicable a edificios de viviendas o similares.

El ciclo básico en el que se basan los Sistemas de Gestión de la Energía es el que se muestra en *figura 4*.

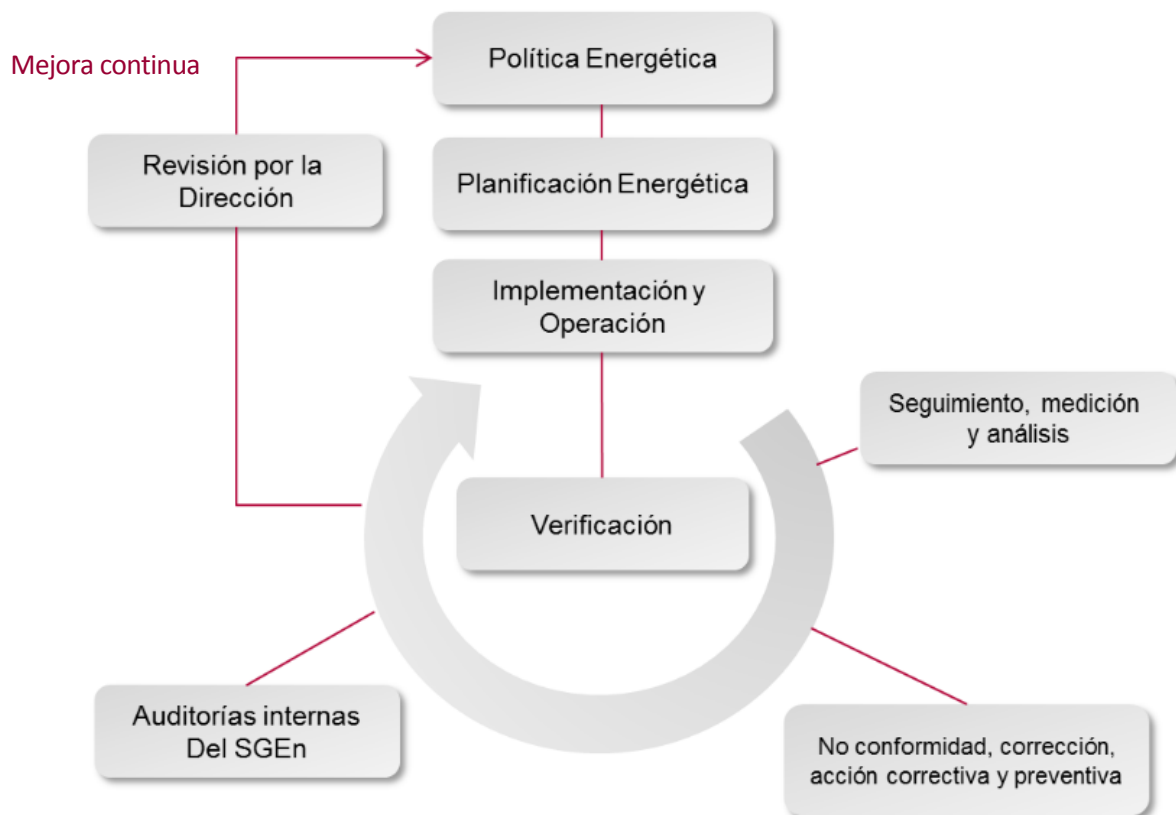


Figura 4. Procedimiento de verificación de un sistema de gestión energética [6].

Hay que tener en cuenta que un Sistema de Gestión Energética no está orientado de manera principal al

cumplimiento de la normativa, sino más bien a la mejora de los procesos y de las instalaciones para aumentar la eficiencia energética y reducir los consumos, haciendo un uso más racional de la energía. Resumiendo, las ventajas y beneficios que se pueden obtener de implantar estos sistemas de gestión con respecto a otro tipo de actuaciones pueden agruparse en:

- **Ahorrar:** como se ha comentado, estos sistemas de gestión energética siguen un patrón de revisión continua que se puede visualizar en *figura 4*, de manera que permiten multiplicar la identificación y puesta en marcha de oportunidades de ahorro, vinculadas tanto al funcionamiento de equipos e instalaciones como del comportamiento del personal.
- **Sistematizar:** puesto que los sistemas de gestión energética son una herramienta para la identificación y puesta en marcha de medidas de ahorro de manera sistemática, esta sistematización implica multitud de ventajas con respecto a otras medidas de ahorro y eficiencia, que en muchas ocasiones se aplican de forma puntual. Aunque realizar una gestión energética sistemática suponga un coste inicial, se genera rápidamente una disminución de costes en cadena, generando un mayor ahorro final.
- **Demstrar:** en la mayoría de ocasiones no basta con tener implementado un Sistema de Gestión Energética, sino que será recomendable o necesario que dicho sistema esté certificado bajo una norma concreta. De esta manera las normas de los Sistemas de Gestión Energética y su certificación permiten a las organizaciones demostrar su compromiso con la eficiencia, con la calidad y con políticas responsables de gestión ambiental beneficiosas para el medio ambiente.

La norma internacional que establece los requisitos que debe cumplir para poder ser certificado dicho Sistema de Gestión es la Norma ISO 50001. Ésta se basa en el esquema: medir, analizar, actuar y supervisar.



Figura 5. Esquema base de un sistema de gestión energética.

En España los Sistemas de Gestión Energética han comenzado a implantarse desde 2007, con una evolución creciente. No obstante, debemos tener presente que para culminar el proceso de verificación en estos Sistemas de Gestión de la Energía, se lleva a cabo una Auditoría Energética, siendo el punto de partida de su desarrollo. Este es el punto que tienen en común los Sistemas de Gestión con las Auditorías Energéticas.



Figura 6. Relación entre auditoría energética y el sistema de gestión de la eficiencia energética.

* La norma UNE EN 16001 derivó en 2011 a la norma ISO 50001.

3.3 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

Una auditoría energética es un procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como a determinar y cuantificar las posibilidades del ahorro de energía, desde el punto de vista técnico y económico, e informar al respecto.

Podemos resumir diciendo que una auditoría energética es un estudio realizado en un momento dado, integrando los equipos y sistemas que formen parte de la instalación, con el objetivo de conocer la forma en que una organización consume la energía, cuáles son sus oportunidades de ahorro y cuál es el mejor punto de partida para la implantación de un sistema de gestión de la energía.

Por el hecho de realizarse las auditorías energéticas de forma distinta según los sectores y los países, requieren una normalización que nos permita hacer comparables los resultados. Para ello podemos recurrir a varios estándares, siendo uno de ellos la norma *UNE 216501:2009 Sistema de gestión energética. Requisitos*. Esta norma establece directrices para realizar auditorías energéticas en organizaciones y facilitar la identificación de las oportunidades de mejora de la eficiencia energética, el ahorro de costes y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Otro modelo para la realización de este tipo de auditorías es la *Norma UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales*, que viene a refrendar e internacionalizar el camino comenzado por la normalización de España en relación a la eficiencia energética y que derivó en la señalada antes. Ésta nueva norma presenta una metodología homogénea para la realización de las auditorías energéticas, las directrices a seguir y los documentos entregables tras la realización de las mismas. Además de los requisitos generales, las partes sucesivas de la norma contienen requisitos específicos para evaluar energéticamente edificios, transportes y procesos industriales. Será aplicable

tanto a organizaciones comerciales como industriales, y sirve de complemento a la *Norma ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso*.

Por otro lado está en proyecto la *Norma prEN 16247-2 Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios*. Esta norma europea será aplicable a los requisitos específicos de las auditorías energéticas en los edificios. Definirá los requisitos, metodología y resultados de una auditoría energética en un edificio o grupo de edificios, excluyendo las viviendas individuales o unifamiliares.

3.3.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo fundamental de la Auditoría Energética es disminuir el consumo energético de la industria analizando los factores y causas que merman el rendimiento de sus sistemas y equipos energéticos. Para ello es necesario realizar un análisis detallado del edificio y cómo usa la energía, de manera que nos proporcione información relevante que nos permita tomar decisiones para ahorrar energía y por tanto mejorar la competitividad, reduciendo con ello el impacto ambiental.

En el 95% de los casos, la realización de una Auditoría Energética da como resultado un posible ahorro energético a raíz de tomar una serie de medidas. Esto hace que siempre sea una buena idea realizar una Auditoría. De hecho hasta hace poco, el estudio detallado de los costes energéticos no era una prioridad para muchas empresas, comercios, edificios de grandes superficies o viviendas, pero en los últimos años, debido al incremento considerable de los costes energéticos y la emergente legislación sobre este tema, la gestión de los recursos y consumos energéticos ha adquirido gran relevancia influyendo positivamente en la realización de Auditorías Energéticas.

El alcance contemplado por las auditorías abarca:

- **El análisis de los suministros energéticos:** referido a la electricidad, al gas natural y a otros combustibles. En él se incluyen las condiciones de contratación de dichos suministros.
- **Análisis del sistema productivo:** de todos los subprocesos, sistemas y equipos que participen en el proceso de producción; refiriéndonos a todo aquello que confiere la producción de frío o calor como son los equipos de poco consumo, los grandes consumidores y los sistemas térmicos.
- **Análisis de tecnologías horizontales:** aquellas instalaciones que no pertenecen al proceso productivo pero que resultan imprescindibles para su desarrollo, como son las instalaciones de iluminación, climatización, agua caliente sanitaria (ACS) y equipos ofimáticos.

La Auditoría Energética parte de la recopilación de información y la toma de datos sobre el consumo energético. El inventario energético y la medición del gasto de los equipos permiten el análisis y la evaluación del estado de las instalaciones respondiendo a las preguntas cuánto, cómo, y dónde se está consumiendo.

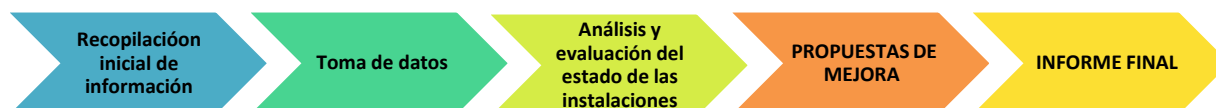


Figura 7. Fases de actuación de una auditoría energética.

Una vez se han evaluado en detalle los patrones de consumo, el auditor realizará un informe final con recomendaciones de mejora que incluya el cálculo de las inversiones, beneficios y periodos de retorno asociados a la implantación de las medidas de ahorro y eficiencia energética más rentables.

3.3.2 PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

Normalmente la auditoría requiere de varias fases en su desarrollo que se centran en obtener información real sobre el edificio y su consumo energético para, de ese modo, poder compararla con la información teórica obtenida mediante una simulación. De esta forma podremos detectar en qué zonas no se gestiona adecuadamente la energía y ponerles solución. Estas fases las vamos a resumir en:

3.3.2.1 Fase 1: Análisis de la estructura energética

Se trata de una fase de diagnóstico y análisis de la situación actual de las instalaciones del edificio que se pretende auditar, caracterizando su situación y entorno, los suministros energéticos y los sistemas consumidores de energía. Para ello se lleva a cabo una recogida de información previa a la visita remitiendo un listado de información en el que deben incluirse:

- La facturación de la energía eléctrica, combustibles y agua.
- Los planos de los edificios que constituyen las instalaciones.
- El listado de la maquinaria instalada.

3.3.2.2 Fase 2: Análisis de la eficiencia energética

Se trata de una fase de desarrollo en la que se incluyen mediciones de los principales parámetros y el análisis de la documentación y los datos recogidos. Estos se obtendrán tras la visita a las instalaciones y nos permitirán obtener información suficiente para elaborar un informe básico fundamentado sobre datos reales de:

- Las características constructivas: la forma física del edificio, la envolvente del edificio, el espacio (ya sea en dimensión y/o en uso), planos de construcción, factores externos que puedan influir en el rendimiento del edificio (como sombra de árboles o edificios adyacentes), las reformas realizadas en los últimos 3 años,...
- Las tecnologías horizontales: características técnicas (potencia, estado aparente, antigüedad, mantenimiento,...) de los principales equipos consumidores de energía.
- Horarios de trabajo y de uso de los equipos: el modo de operación, los tiempos y frecuencias de funcionamiento de los principales equipos consumidores, los horarios de ocupación de las instalaciones, el mantenimiento y la limpieza que se realicen, etc.

Esta cuestión depende de que el proceso de toma de datos sea lo más exhaustivo y riguroso posible, y por ello la inspección visual del estado actual del edificio es la fuente de información más fiable posible. Así el resultado final de la inspección energética del edificio existente se ajustará a la realidad de la manera más realista posible.

Así mismo, una vez inspeccionado el objeto de la auditoría y tras comprender las rutinas de funcionamiento, el comportamiento de los usuarios y su impacto en consumo de energía y eficiencia energética, se deben generar ideas preliminares sobre oportunidades de mejora de la eficiencia energética. Para ello hay que proponer un listado de medidas de mejora de ahorro energético. En el marco de este proyecto hemos seleccionado una serie de medidas de mejora de ahorro energético que se han considerado de mayor relevancia en la rehabilitación de edificios terciarios, y se pueden consultar en el apartado 4. *Medidas de Mejora de Ahorro Energético*.

3.3.2.3 Fase 3: Evaluación de medidas de ahorro energético

Se trata de la fase final en la que, además de llevarse a cabo el estudio de mejoras que se propuso en la fase previa, incluye la redacción del informe técnico y económico de auditoría con la situación prevista. Para ello el auditor energético debe establecer la situación de rendimiento energético existente para el edificio auditado, puesto que constituye una referencia con la cual es posible medir las mejoras. Ésta debe incluir:

- Un desglose del consumo de energía por uso y fuente.
- Los balances de materia y energía y los flujos de energía del edificio auditado.
- Un patrón de la demanda de energía a lo largo del tiempo.
- Las relaciones entre el consumo de energía y los factores de ajuste.
- Una o más indicadores del rendimiento energético adecuados para evaluar el objeto auditado, aportando tablas, esquemas y cálculo de rendimientos.

Por otro lado, el auditor se encargará de evaluar el impacto de cada una de las mejoras en base a:

- El ahorro económico generado por las mejoras de eficiencia energética, pero también la inversión necesaria y el retorno de la inversión.
- Otros posibles beneficios no económicos
- La comparación en términos tanto de coste como de consumo energético entre las distintas medidas alternativas de mejora de eficiencia energética.

Finalmente, el auditor deberá evaluar la fiabilidad de los datos proporcionados y poner de manifiesto los fallos o anomalías. Para lo que ha debido utilizar métodos de cálculo transparentes y técnicamente apropiados. Además deben quedar documentados los métodos utilizados y cualquier suposición que se realice. Y habrá de someter los resultados del análisis a las comprobaciones de calidad y validez adecuadas; siempre teniendo en cuenta cualquier regulación u otras limitaciones aplicables a las oportunidades potenciales de mejora de la eficiencia energética.

El proceso culminará con la redacción del informe final de la auditoría, en el que se darán soluciones totales a instalaciones globales. Cabe destacar que es preferible realizar un tratamiento global que parcelar estancamente zonas e instalaciones del edificio dando soluciones parciales a las mismas, puesto que serán menos eficientes que las soluciones globales. Por ello, en el informe final debe quedar reflejado que se ha realizado una buena optimización en el uso de los recursos energéticos que conducirá a la correcta ejecución de las soluciones propuestas, ya que esto se traducirá en una instalación más eficiente, más respetuosa con el medio ambiente y, evidentemente, de menor consumo. Esto representará un ahorro económico, siendo éste quizás, el aspecto más relevante desde el punto de vista práctico.

3.3.3 PROGRAMAS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS.

Para estudiar mejor el comportamiento de los edificios se pueden usar varios tipos de métodos: métodos estáticos, de correlación y dinámicos. Son estos últimos los más interesantes puesto que, aunque son los que mayor complejidad presentan puesto que requieren de una definición exhaustiva del edificio, también son los que mejor resultados dan.

Este método es el que utilizan diversos programas que ofrece el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para la simulación de edificios. Por lo general, estos modelos de simulación se componen de tres grandes cuerpos por los cuales es necesario pasar para obtener un sistema completo:

- Definición geométrica, constructiva y operacional del edificio y sus sistemas.
- Bloque de simulación del edificio en relación a la definición previa.
- Bloque de análisis de resultados, donde se pueden obtener diferentes niveles de información dependiendo de los objetivos a cumplir.

De entre los programas que existen para la simulación, según el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía *“CALENER continúa siendo el procedimiento de referencia para la calificación energética de edificios, también los existentes”*. Tanto este programa como la herramienta LIDER son programas oficiales para la justificación de la sección HE-1 del Código Técnico de la Edificación (CTE) y la certificación energética. Entre sus variantes podemos encontrar Calener-GT, Calener-VYP y la herramienta unificada LIDER-CALENER para el diseño.

- **LIDER:** se trata de un programa de simulación energética que calcula la demanda térmica de un edificio a lo largo de un año y lo compara con uno de referencia, que tal y como se ha dicho, cumple estrictamente con lo prescrito en el CTE HE1. El programa nos dirá si nuestro edificio se comporta mejor o peor que el edificio de referencia y, en consecuencia, si cumple o no con la normativa. Pero su respuesta será escueta; cumple o no cumple.
- **Calener VYP y Calener GT:** estos son los programas oficiales para realizar la certificación energética por el método general.
 - **Calener VYP:** utiliza la información contenida en los archivos que generamos con LIDER y es capaz de simular el comportamiento de los sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS), y calcula la energía final, primaria y las emisiones de CO₂ anuales para el proyecto. La ventaja es que aparte de darnos el certificado energético y la calificación el programa, nos presenta los resultados globales anteriores, para nuestro edificio y el de referencia.
 - **Calener GT:** está basado en el programa de simulación DOE2 ampliamente reconocido y utilizado. Lo mejor de este programa es que aprovecha parte del trabajo realizado en LIDER e incorpora los sistemas. Calener GT dispone de un programa de resultados que nos da datos mensuales o anuales de energía final, primaria y las emisiones de CO₂ desglosados de cada uno de los sistemas del edificio.

Sin embargo el Ministerio y el Instituto de Diversificación y Ahorro de Energía también dejan claro que *“CALENER no obstante, tiene una serie de limitaciones que hacen aconsejable el desarrollo de procedimientos específicos para el caso de edificios existentes”*. Surge aquí la implementación de Procedimientos Simplificados que permitan obtener la calificación energética de los edificios existentes,

como los procedimientos CE3 y CE3X. De los cuales el de mayor relevancia a día de hoy es:

3.3.3.1 CE3

Se trata de un programa informático simplificado de iniciativa pública que opta por utilizar un modelo simplificado de caracterización de la demanda en edificios terciarios como una opción más rápida y sencilla a los modelos detallados. Como producto se obtiene una herramienta fácil de usar y que proporciona resultados de inmediato a partir del desarrollo de los procedimientos. Obtendremos con él la certificación energética de edificios existentes de uso residencial, pequeño y mediano terciario y edificios de gran terciario; edificios en las doce zonas climáticas de España y para los doce usos, que son el producto de la combinación de los horarios de operación y la carga interna.

El procedimiento híbrido que propone este programa está basado en simulación cuyos resultados pueden ser corregidos con medidas a nivel de la cuantificación del ahorro derivado de las medidas de mejora. Bien es sabido que la identificación y evaluación de las medidas de ahorro de energía no puede hacerse evaluando al azar el efecto de las variaciones sobre los datos de partida que reflejen mejoras de componentes, equipos estrategias o sistemas. Por lo que en los procedimientos Ce3 hay que diseñar una estrategia que ayude en el proceso de toma de decisiones y lo simplifique.

Este programa sigue básicamente las siguientes etapas generales:

- Calificación energética de la situación inicial del edificio.
- Diagnóstico del comportamiento del edificio en su situación inicial en base a indicadores de eficiencia energética. El programa expedirá un certificado de eficiencia energética según las directrices fijadas en el apartado 2.4.3.1 *Procedimiento básico para la certificación energética de los edificios*, ya visto.
- Evaluación individual y conjunta de Medidas de Ahorro de Energía en demanda, en iluminación y en sistemas, de forma que se pueda mejorar la eficiencia energética hasta conseguir el objetivo fijado. Para dicha evaluación, el programa se encarga de obtener las relaciones de demanda y unos factores correctores a partir de las características introducidas de cada edificio.
- Guía de recomendaciones para implementar las medidas propuestas.

3.4 PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO

Al igual que el programa simplificado antes visto, CE3, que calculaba directamente las relaciones de demanda en calefacción y refrigeración, podríamos proceder por un camino alternativo y manual en el que no haga falta conocer tan a fondo los edificios en estudio. Se trata de tomar un procedimiento simplificado que nos permita obtener un modelo simplificado de la demanda energética ideal de los edificios en función de sus parámetros característicos, y con él poder obtener una estimación del consumo energético de los edificios y en consecuencia el ahorro que se podría lograr.

Para ello tomaremos el propuesto en *Metodología de análisis de eficiencia energética de sistemas de climatización. Aplicación a edificios del sector terciario* [11], que nace de la necesidad de resolver el problema

de la caracterización mensual/estacional del consumo energético de los edificios.

La expresión matemática del consumo energético en la que se basa es la que sigue:

$$C = C_{CLIMA} + C_{ILUM}$$

Pudiéndose diferenciar claramente los consumos de climatización y de iluminación.

3.4.1 Consumo de climatización

En general, el consumo de climatización de un edificio se puede considerar como la suma del consumo de sus sistemas de producción de calor y frío, el consumo por transporte de agua y el consumo por transporte de aire.

$$C_{CLIMA} = C_{PC} + C_{PF} + C_{TP} + C_{TS}$$

Sin embargo estos últimos, los consumos debidos a transporte, no aparecen en edificios de viviendas y en pequeño y mediano terciario puesto que los sistemas que dan servicio a este tipo de edificios carecen de ellos. Lo anterior implica pues, que si el edificio tiene sistemas en los cuales exista bombeo de agua y/o movimiento de aire mediante ventiladores y se quieren tener en cuenta su efecto en el consumo, será necesario utilizar el método de grandes edificios terciarios.

$$C_{CLIMA} = \frac{D_{CAL}^{IDEAL} \cdot RD_{CAL}}{\bar{\eta}_{PC}} + \frac{D_{REF}^{IDEAL} \cdot RD_{REF}}{\bar{\eta}_{PF}} + CE_{TP} \cdot V_{AGUA} + CE_{TS} \cdot V_{AIRE}$$

Donde aparecen los siguientes términos:

D_{CAL}^{IDEAL} Demanda ideal de calefacción del edificio

D_{REF}^{IDEAL} Demanda ideal de refrigeración del edificio

V_{AGUA} Volumen de agua vehiculado (demanda de transporte primario)

V_{AIRE} Volumen de aire vehiculado (demanda de transporte secundario)

$RD_{CAL} = \frac{D_{PC}^{REAL}}{D_{CAL}^{IDEAL}}$ Relación de demandas de calefacción.

$RD_{REF} = \frac{D_{PF}^{REAL}}{D_{REF}^{IDEAL}}$ Relación de demandas de refrigeración.

$\bar{\eta}_{PC} = \frac{D_{PC}^{REAL}}{C_{PC}}$ Rendimiento medio de la producción de calor.

$\bar{\eta}_{PF} = \frac{D_{PF}^{REAL}}{C_{PF}}$ Rendimiento medio de la producción de frío.

$CE_{TP} = \frac{C_{TP}}{V_{AGUA}}$ Consumo específico del transporte primario (agua).

$CE_{TS} = \frac{C_{TS}}{V_{AIRE}}$ Consumo específico del transporte secundario (aire).

3.4.1.1 Contribución de energías renovables

La expresión anterior puede hacerse más general incluyendo la contribución de sistemas basados en fuentes de energía renovable, de manera que:

$$C_{PC} = \frac{D_{CAL}^{IDEAL} \cdot RD_{CAL}}{\bar{\eta}_{PC}} \cdot (1 - CR_{CAL}) + \frac{D_{CAL}^{IDEAL} \cdot RD_{CAL}}{\bar{\eta}_{SRCAL}} \cdot CR_{CAL}$$

$$C_{PF} = \frac{D_{REF}^{IDEAL} \cdot RD_{REF}}{\bar{\eta}_{PF}} \cdot (1 - CR_{REF}) + \frac{D_{REF}^{IDEAL} \cdot RD_{REF}}{\bar{\eta}_{SRREF}} \cdot CR_{REF}$$

A la expresión anterior se ha añadido la contribución de energías renovables para satisfacer la demanda de calefacción y de refrigeración, que se ha indicado en la ecuación mediante los siguientes términos:

CR_{CAL} Fracción (en tanto por 1) de contribución de energías renovables para satisfacer demanda de calefacción

CR_{REF} Fracción (en tanto por 1) de contribución de energías renovables para satisfacer demanda de refrigeración

Además hay que tener presente que el sistema que utiliza dichas fuentes de energía renovables puede tener un rendimiento distinto del sistema de producción de calor indicado en la ecuación mediante las siguientes variables:

$\bar{\eta}_{SRCAL}$ Rendimiento medio estacional del sistema basado en fuentes renovables para calefacción

$\bar{\eta}_{SRREF}$ Rendimiento medio estacional del sistema basado en fuentes renovables para refrigeración

A destacar queda que todos los parámetros que se necesitan para el cálculo del consumo pueden proceder de una simulación detallada o de una base de datos previa, y serán incluidos en la ecuación, que quedará como sigue:

$$C_{CLIMA} = \frac{D_{CAL}^{IDEAL} \cdot RD_{CAL}}{\bar{\eta}_{PC}} \cdot (1 - CR_{CAL}) + \frac{D_{CAL}^{IDEAL} \cdot RD_{CAL}}{\bar{\eta}_{SRCAL}} \cdot CR_{CAL} + \frac{D_{REF}^{IDEAL} \cdot RD_{REF}}{\bar{\eta}_{PF}} \cdot (1 - CR_{REF}) +$$

$$+ \frac{D_{REF}^{IDEAL} \cdot RD_{REF}}{\bar{\eta}_{SRREF}} \cdot CR_{REF} + CE_{TP} \cdot V_{AGUA} + CE_{TS} \cdot V_{AIRE}$$

3.4.2 Consumo de iluminación

En edificios terciarios, para obtener el consumo total, habría que añadir al consumo de climatización el consumo de iluminación que se expresa matemáticamente según:

$$C_{ILUM} = Pot \cdot S \cdot N_h$$

Donde los parámetros a obtener de manera previa a la intervención sobre el edificio, son:

Pot Potencia instalada en cada zona en W/m^2

S Superficie de la zona

N_h Número de horas de funcionamiento según el horario de uso del edificio

Este será el procedimiento simplificado que seguiremos en el punto 5. *Resultados*, y que nos permitirá estudiar una serie de mejoras, tanto de manera individual como en conjunto. Para ello, previamente vamos a ver una serie de medidas de ahorro energético que hemos escogido, de las múltiples existentes, porque pensamos que sacarán el máximo partido en la rehabilitación de edificios terciarios y nos proporcionarán una mejor gestión energética con el menor desembolso económico tanto inicial como posterior.

4 MEDIDAS DE MEJORA DE AHORRO ENERGÉTICO

4.1 INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la preocupación por el medio ambiente y el aumento de los gastos de energía, es necesario llevar a cabo una serie de modificaciones y/o adaptaciones a los edificios de manera que la energía se emplee de forma eficaz. En un edificio cualquiera, nos encontramos con varios subsistemas de control donde podemos aplicar una serie de mejoras, estos son:

- **Clima:** calefacción, ventilación y aire acondicionado; tradicionalmente llamado como HVAC (heating, ventilating and air conditioning)
- **Máquinas:** calderas, bombas de agua, riego automatizado, ascensores.
- **Iluminación:** iluminación de zonas de trabajo e iluminación decorativa.
- **Incendios:** sensores y centrales de detección de humos.
- **Acceso:** sistema de control de acceso e intrusión
- **Energía:** distribución eléctrica.

Un control coordinado y eficiente de todos los sistemas de la instalación puede brindar una reducción de hasta un 35% en el uso general de la energía. Es por el gran ahorro que supone llevar a cabo la adaptación de estas mejoras a la edificación, que vamos a estudiarlas una a una de manera que al final podamos elegir las que mejor se adapten a cada caso, así como las que mayor ahorro energético nos proporcionen.

El objetivo final de la gestión energética es reducir el consumo de energía en los edificios, y para ello podemos reducir la demanda, aumentar el rendimiento de los sistemas, o bien actuar simultáneamente sobre ambos. Estas medidas de ahorro energético las podemos clasificar en grupos, según estén referidas a cambios en los sistemas, al transporte de fluidos o bien a la demanda.

4.1.1 SISTEMAS:

La energía suministrada por un sistema tendrá un rendimiento determinado, es por lo que la energía que se suministra al sistema no tienen porqué coincidir con la energía consumida, consumiéndose más energía de la requerida por el sistema para suministrar la demanda. Es por ello que intentaremos actuar sobre los sistemas para hacerlos más eficientes, ya que así la energía consumida disminuirá al ser inversamente proporcionales:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Demanda}}{\eta}$$

El ahorro de energía con control de la climatización: ventilación, calefacción y aire acondicionado, puede representar cerca del 40% del consumo de energía en muchos edificios e instalaciones. Es por ello que nos centraremos sobretodo en las mejoras relacionadas con tal efecto, ya que la reducción del consumo energético que se consigue con una buena gestión de la ventilación, la temperatura y el uso de sistemas es bastante elevada en comparación con las medidas aplicadas directamente a la demanda y al transporte de fluidos.

Se denomina sistema de climatización a aquel que es capaz de controlar la calidad del aire interior para que permanezca dentro de unos valores de confort razonables de los siguientes parámetros: temperatura, humedad y calidad del aire interior.

En consecuencia, este sistema debe ser capaz de actuar sobre el aire interior para enfriarlo y calentarlo, filtrarlo y renovarlo introduciendo en el local interior aire procedente del exterior. Los componentes de un sistema de climatización son:

- **Lazo primario:** es el encargado de producir calor y/o frío para ser suministrado a los sistemas terminales del sistema de climatización. También se incluyen dentro del lazo primario los sistemas de distribución y acumulación de energía.
- **Lazo secundario:** es donde se realiza el aprovechamiento del fluido caloportador para calentar o refrigerar el aire.

4.1.2 DEMANDA ENERGÉTICA

Llamamos demanda energética de un sistema a la energía que necesita para realizar su función. En un edificio, por tanto, la demanda energética será la energía necesaria para que el edificio funcione con los estándares de confort adecuados y cumpliendo con todos los requerimientos básicos de su función.

En los edificios varía considerablemente la demanda de energía dependiendo del tipo de edificio a tratar. Esta demanda energética oscila ostensiblemente dependiendo de varios factores que básicamente podemos clasificar en: la ubicación, la función, el diseño, la calidad de la construcción y el comportamiento del usuario. Y en general la demanda en edificios es básicamente de 3 tipos:

- **Térmica:** para satisfacer los requerimientos de refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria (ACS)
- **Luminosa:** para los requerimientos de confort lumínico.
- **Eléctrica:** para las aplicaciones mediante diferentes aparatos.

En términos generales, es sensiblemente más barato disminuir la demanda del edificio que aumentar el rendimiento de los equipos, pero optaremos por realizar ambas acciones paralelamente con el fin de optimizar al máximo la instalación.

En cuanto a la reducción de la demanda, definiremos estrategias de reducción de ésta tanto en refrigeración, como calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) e iluminación.

4.1.2.1 Refrigeración

En los climas continentales como en el que nos encontramos en España, lo habitual es tener demandas de energía térmica tanto para calefacción (en invierno) como para refrigeración (en verano). La estrategia fundamental en verano es evitar el sobrecalentamiento del edificio minimizando la radiación solar sobre los vidrios de fachada, ventilando y refrigerando el edificio cuando la temperatura exterior descienda, y reduciendo las cargas internas, sobre todo en el sector terciario. Mientras que como veremos a continuación en *4.1.2.2 Calefacción*, la estrategia en invierno es captar el máximo de energía, almacenarla y conservarla.

4.1.2.2 Calefacción

Cuando el objetivo es reducir las demandas de calefacción en los edificios, la estrategia consiste en captar la mayor energía solar posible, almacenarla y distribuirla en el edificio de manera que podamos conservarla y usarla durante las horas en las que no existe ganancia solar. Así, se debe diseñar el edificio de forma que la radiación solar penetre en su interior, e igualmente que las pérdidas de energía a través de la envolvente sean las menores posibles, garantizando un buen aislamiento de fachadas, el uso de vidrios adecuados y la estanqueidad en carpinterías.

Hay que tener presente que en invierno la radiación incidente en los edificios es mayor que en verano, por lo que la aprovecharemos, ya sea mediante captación directa (aquella radiación que penetra directamente en los espacios habitados) o indirecta (aquella radiación que es acumulada en elementos para ser distribuida a posteriori), para disminuir la necesidad de aportación extra de calefacción por los sistemas, contribuyendo al ahorro de energía.

4.1.2.3 Agua Caliente Sanitaria

Teniendo en cuenta que el agua es un bien escaso y que el agua consumida en cualquier edificio necesita ser previamente tratada y depurada, el gasto energético global es bastante elevado. Ahorrar por tanto agua en general y utilizar el agua caliente de forma responsable en particular deben ser considerados una prioridad. Por ello tendremos que contribuir a que las instalaciones de agua caliente sanitaria sean eficientes y adoptar buenas prácticas para reducir su consumo, logrando de esta manera importantes ahorros en el uso de estos recursos.

En algunos casos, como veremos, las instalaciones de calefacción del edificio se destinan también a calentar agua para usos sanitarios, aunque esta opción resulta ser menos eficiente que disponer de una instalación separada específica para ACS en la mayoría de los casos. Pero esto no siempre es posible, por lo que nos centraremos en mejorar las instalaciones ya existentes intentando aumentar su rendimiento.

4.1.2.4 Iluminación

Actuando sobre la demanda de iluminación se puede conseguir grandes ahorros, ya que a pesar de la existencia de tecnologías eficientes disponibles, un tercio del alumbrado público se basa en tecnologías

ineficientes y obsoletas. Igualmente en el caso de las viviendas europeas, aproximadamente el 85% de las iluminarias utilizadas no contribuyen a la mejoría energética. Por lo que el empleo de una iluminación eficiente es uno de los caminos más rápidos, prácticos y rentables para lograr el ahorro energético tanto en Europa como en España, ya que, según ELTAC XXI, la iluminación consume sobre el 14% de todo el consumo de electricidad dentro de la Unión Europea.

4.2 MEDIDAS DE MEJORA DE AHORRO ENERGÉTICO

Si bien, centrándonos únicamente en los pequeños cambios que pueden suponer tener apagado el mayor tiempo posible las luces, los dispositivos electrónicos y los aparatos de climatización cuando el local no está ocupado, podemos conseguir ahorrar entre un 5% y un 10% en la factura eléctrica. Pero este no es el objetivo de nuestro proyecto. Aunque el ahorro que conseguiríamos con estos cambios es sobresaliente, se trata de dar un salto mayor en el ahorro de la energía centrándonos en aquellos aspectos que no están a mano de cualquier ciudadano. Son los que vamos a ver a continuación, y que vamos a clasificar según sean medidas de mejora de ahorro energético en sistemas secundarios o en demanda en general.

4.2.1 MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN SECUNDARIOS

Estas medidas actúan sobre el rendimiento y la eficiencia de los distintos sistemas o equipos de los edificios existentes, de manera que se utilice solamente la energía estrictamente necesaria, consiguiendo el mismo nivel de confort con un menor consumo.

4.2.1.1 ENFRIAMIENTO GRATUITO POR AIRE EXTERIOR (FREE-COOLING)

4.2.1.1.1 Descripción Técnica

Esta medida consiste en utilizar aire exterior para combatir las cargas internas de los locales, en vez de recircular aire de retorno, siempre que las condiciones de temperatura y humedad del aire exterior sean las adecuadas. Además será aplicable sólo si los sistemas de climatización de los locales son por aire y éstos están bien equipados (sistemas de compuertas, ventiladores y sistemas de control). Esto último es importante para realizar un control adecuado, de manera que se pueda hacer frente de manera correcta a las diferentes situaciones que se puedan plantear de cargas internas y climáticas, y conseguir las condiciones higrotérmicas adecuadas con el menor coste energético.

Esta medida dependerá del clima según su localización geográfica y de las características del edificio a tratar, lo que ampliará o disminuirá su rango temporal de aplicación, teniendo en cuenta que la temperatura o entalpía del aire exterior debe ser inferior a la temperatura o entalpía del aire procedente del local. Y será más ventajosa energéticamente esta medida, cuanto menor sea la diferencia entre las propiedades del aire exterior y el de impulsión.

La consecuencia de su implantación es una reducción de la demanda energética de refrigeración, así como una mayor calidad del aire interior en los locales.

También se puede utilizar en periodos de desocupación como técnica de refrigeración natural, de manera que se pre-acondionen las zonas aprovechando la ventilación.

4.2.1.1.2 Criterios de diseño

Esta medida aparece recogida en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE): *IT 1.2.4.5.1. Enfriamiento gratuito por aire exterior* y nos dice:

- Es obligatoria en instalaciones de climatización de más de 70kW
- Las compuertas en sistemas de climatización de tipo todo aire se pueden diseñar siguiendo las normas UNE-EN 13053 y UNE-EN 1751, que implican:
 - Las velocidades de toma y expulsión de aire tendrán un máximo de 6 m/s.
 - La eficiencia de la temperatura en el aire de mezcla debe ser mayor del 75%.
- En sistemas de climatización tipo mixto (aire-agua), el agua se obtendrá procedente de una torre de refrigeración, preferentemente de circuito cerrado.

En caso de ser opcional, puede ser aplicada cuando se den las siguientes condiciones:

- La Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) demanda refrigeración y ventilación
- La temperatura o entalpía del aire exterior sea inferior a la temperatura o entalpía del aire procedente del local.

Es complicado seleccionar el mejor control para el enfriamiento gratuito, puesto que el interés de utilizarlo depende de varios factores. No obstante su aplicación se extiende a sistemas de caudal o temperatura constante y variable.

4.2.1.1.3 Disposición, estrategias de control y esquemas

El dispositivo dispondrá de una tercera compuerta, además de las de entrada de aire exterior y salida de aire impulsado. Esta compuerta estará situada, como puede verse en *figura 8*, en serie con los ventiladores de aire de retorno e impulsión mientras las otras dos se encuentran en paralelo.

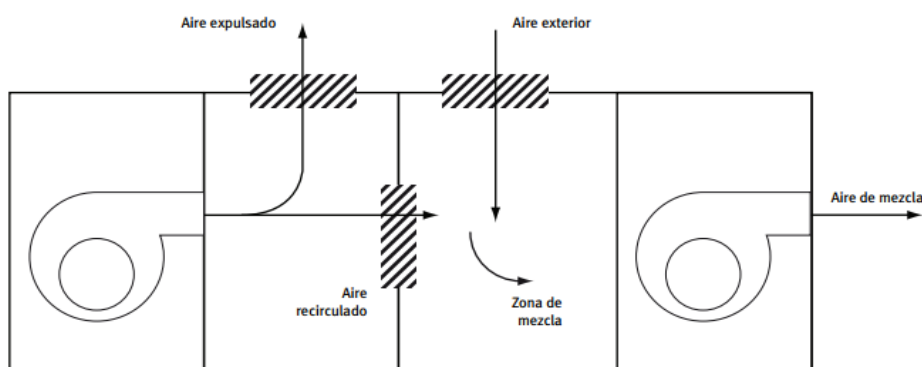


Figura 8. Unidad de Tratamiento de Aire para enfriamiento gratuito con aire exterior

Los sistemas se pueden dividir, atendiendo al control en tres grupos:

- **Control por temperatura seca:**

El sistema empleado para comparar temperaturas secas es más sencillo que el necesario para realizar el estudio de entalpía. Esto es así porque se realizará la comparación entre la temperatura seca del aire exterior T_o con la del aire de retorno T_r , de manera que el esquema puede verse *figura 9*, y en el control de temperaturas es:

- Cuando la temperatura exterior T_o es mayor que la temperatura del retorno T_r , el sistema minimiza la cantidad de aire exterior que introduce y el aire de expulsión mediante las compuertas. De esta manera aseguramos el mínimo aporte de caudal de ventilación, abriendo la compuerta de aire recirculado.
- Si T_o es menor que T_r , se cerrará totalmente la compuerta de retorno abriéndose las de aire exterior y aire de expulsión al máximo. Así tendremos que el 100% del caudal de impulsión es aire exterior. En el mejor de los casos tendremos que la temperatura de impulsión al local requerida coincida con la del aire exterior, de manera que el ahorro sea completo al no necesitar cargas de refrigeración. En caso de que no coincidan, habrá que poner en funcionamiento parcial a la unidad de frío o bien variar el caudal de impulsión mediante las compuertas de aire.
- Pudiera ocurrir que las temperaturas exteriores son demasiado frías, estando obligado el sistema a introducir el caudal mínimo de ventilación. Para estos casos, se debe introducir ese aire exterior mínimo y recircular parte del aire de la zona para conseguir las condiciones de impulsión óptimas con la mezcla de ambos.
- Si las condiciones del aire exterior tuvieran menor temperatura pero mayor entalpía que el aire de retorno, tendremos que tener en cuenta que existirá mayor gasto energético debido a la existencia de deshumectación en el proceso de enfriamiento.

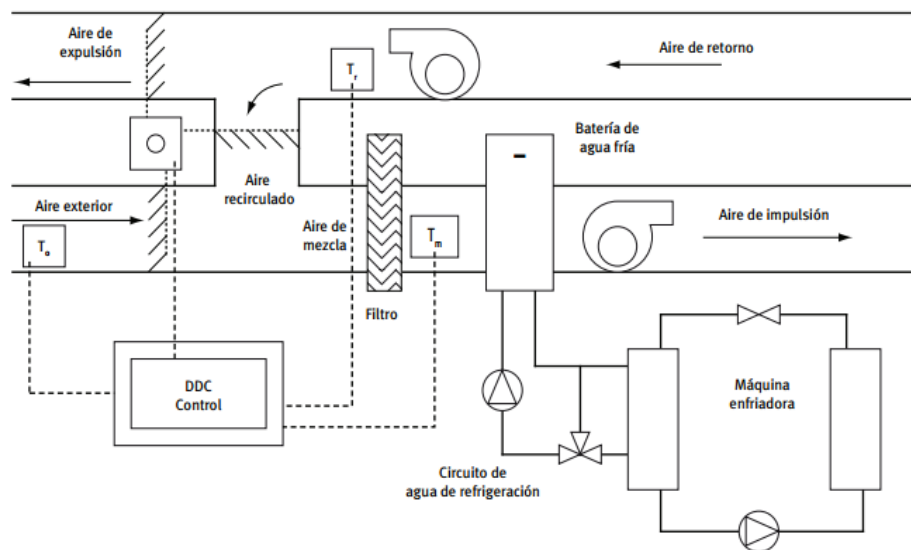


Figura 9. Esquema de control de enfriamiento gratuito con control por temperatura seca

- **Control por entalpía:**

En este caso podemos extrapolar las mismas conclusiones a las que llegamos por el método de control por temperatura seca, con la diferencia de que en este caso hablamos de entalpías.

- La diferencia entre usar un método u otro llega cuando aun siendo la temperatura exterior que se introduce menor que la de retorno, la entalpía es mayor. Esto es contraproducente para el objetivo de la medida, por lo que en dicho caso se descartaría el uso del free-cooling con control por temperatura seca, usándose el de control por entalpía. Conseguiríamos de esta forma evitar una elevación de la carga latente.
- Además, existe una zona en las que la entalpía de entrada es menor que la de recirculación, pero la temperatura es mayor. En este caso se llevará a cabo el enfriamiento gratuito por aire exterior cuando la unidad de tratamiento de aire posea un sistema de enfriamiento y humectación por evaporación.

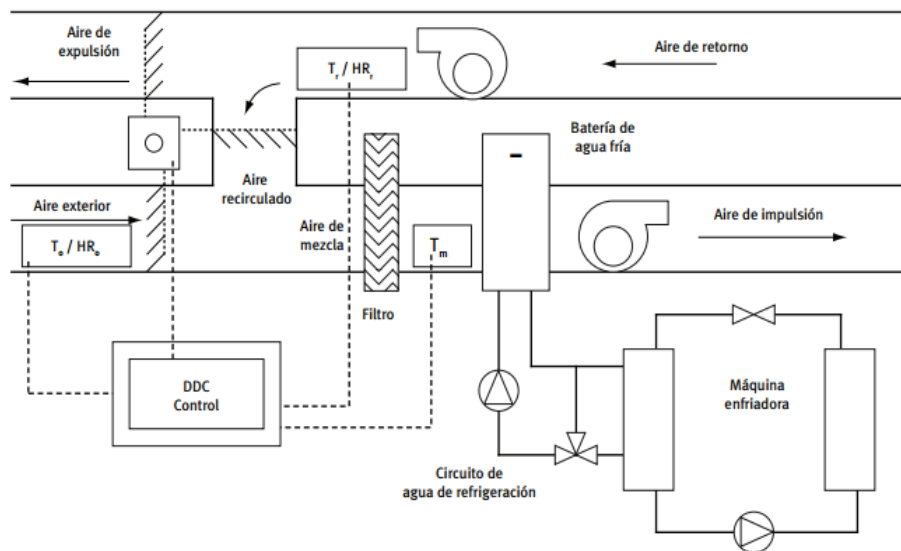


Figura 10. Esquema de control de enfriamiento gratuito con control por entalpía

- **Control por entalpía mejorado**

Este tipo nace de comparar dos zonas. Una en la que el control de entalpía nos va a permitir consumir menos energía para enfriar y deshumidificar el aire, y otra en la que el control de temperaturas determinará la actuación adecuada para consumir menos energía. Consiste en:

- Se realiza una comparación entre las entalpías de cada aire, dando como datos de entrada la temperatura seca y la humedad relativa del aire exterior y la de retorno.
- Si la entalpía del aire exterior es mayor que la del aire de recirculación, se cierran las compuertas del aire exterior y de expulsión dejando abierta totalmente la del aire recirculado.
- Por el contrario, si la entalpía del aire exterior es menor, se cerrará el paso al aire recirculado abriéndoselo al aire exterior y al de expulsión.
- Si tanto la entalpía como la temperatura del aire exterior son menores que el de sus respectivos de aire recirculado, se abrirán completamente las compuertas de aire exterior y

de expulsión cerrándose las de recirculación.

4.2.1.1.4 Limitaciones

Encontramos varias limitaciones que interfieren en la viabilidad de esta medida:

- La variación de humedad relativa en los locales limita su utilización, ya que ésta varía según la época del año. Por ello convendría instalar un sistema de control de humedad específico de manera que se pueda combatir la carga latente de la zona.
- Disponibilidad de espacio requerida para la instalación
- Posibilidad de adaptar al ventilador de impulsión al nuevo punto de trabajo, al variar la velocidad, con un rendimiento aceptable
- Los sistemas de caudal variable y temperatura de impulsión fija pueden quedar transformados en caudal y temperatura variable, alterándose la circulación de aire en conductos en relación con la prevista en el diseño original. Por ello se debe comprobar si esta situación es aceptable por todo sistema de transporte y distribución de aire inicial.
- Ruido posible realizado por la incorporación de ventiladores y rejillas de expulsión. Habrá que comprobar que no afecten a las condiciones acústicas según la normativa.

Aparte, tendremos que tener en cuenta que una falta de mantenimiento regular puede afectar negativamente en el sistema, haciéndolo funcionar a un nivel lejos del óptimo. Esto acarrearía una disminución del ahorro de energía a conseguir o incluso la anulación del mismo, además del riesgo de incumplir la normativa respecto al nivel de emisiones de gases si no se realiza una buena limpieza del mismo dentro de dicho mantenimiento.

4.2.1.1.5 Ahorro energético previsto

El aire exterior que utiliza esta medida aporta una energía frigorífica gratuita al proceso, lo cual conlleva a un ahorro en la energía consumida por la instalación de climatización. Pero no todo es favorable, ya que esta entrada de aire provoca un aumento del consumo eléctrico de los ventiladores.

Aun así, este consumo se ve contrarrestado totalmente por el aporte energético del aire, por lo que en la mayoría de los casos se consigue un ahorro significativo.

Este consumo también dependerá de la eficiencia del proceso, y es con sistemas de control de entalpía con el que se consigue la mayor. Sin embargo, como ya hemos comentado, precisan de elementos que además de proporcionar cierto margen de error tienen el precio es elevado. Por ello el sistema de control más utilizado es el de temperatura, a excepción de lugares con clima caliente y húmedo en el que es mejor el uso del sistema mejorado.

Ahora bien, el ahorro será mayor o menor en relación a la temperatura del aire exterior tal y como hemos visto anteriormente. Es por ello que este ahorro será total cuando el aporte de energía frigorífica combata totalmente la carga de refrigeración necesaria, y parcial, cuando sólo consigamos reducir la carga pero no neutralizarla por completo.

4.2.1.2 RECUPERACIÓN DE CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN EN EL AIRE EXTERIOR

4.2.1.2.1 Descripción técnica

Esta medida consiste en utilizar el aire de expulsión mediante un intercambiador para extraer su energía y cedérsela a la corriente de aire exterior que entra. Estos equipos tratan de aprovechar las propiedades psicométricas del aire que extraemos del local (temperatura y humedad) intercambiándolas con el aire de ventilación que impulsamos del exterior, de manera que no se mezclen dichos aires. Conseguimos así pretratar el aire exterior y por tanto reducir el consumo energético de la instalación de climatización, ya que la carga térmica a combatir por el aire de ventilación será mucho menor que si no existiera dicho pretratamiento.

Este pretratamiento es posible debido a que las condiciones del aire exterior en las horas de funcionamiento suelen ser diferentes a las condiciones del aire interior y del aire de impulsión. Así trataremos de precalentar cuando el sistema esté en modo calefacción y preenfriar, en modo refrigeración.

Al aprovechar ambas propiedades psicométricas, estamos aprovechando tanto el calor sensible (variación de temperaturas) como el latente (variación de la humedad). De esta manera, si nos encontramos en climas húmedos donde el aire exterior tiene una excesiva humedad, esta transferencia de humedad al aire de expulsión será útil para evitar que al entrar en contacto con la batería de frío éste aire se condense suponiendo una pérdida de energía. En el caso contrario, será también positivo si nos encontramos en climas secos donde se producirá un trasvase de humedad desde la corriente de expulsión a la corriente de ventilación, de manera que mantendremos las condiciones de confort ahorrando en el consumo de humidificación.

Conseguimos así un ahorro de consumo de climatización, garantizando una calidad del aire óptima y por tanto el confort térmico dentro del local.

4.2.1.2.2 Criterios de diseño

Esta medida aparece recogida en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE): *IT 1.2.4.5.2. Recuperación de calor del aire de extracción* y nos dice:

- Es obligatoria en instalaciones de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior sea superior a $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Es necesario la instalación de un aparato de enfriamiento adiabático en el lado del aire expulsado, de manera que se aumente la eficiencia del recuperador. Salvo a excepción de que se superen los resultados de reducción de emisiones de CO_2 .
- Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre el aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal de aire exterior (m^3/s) y de las horas anuales de funcionamiento del sistema deben ser como mínimo las indicadas en la *tabla 3*.

Horas anuales de funcionamiento	CAUDAL DE AIRE EXTERIOR (m ³ /s)									
	>0,5...1,5		>1,5...3,0		>3,0...6,0		>6,0...12		>12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
>2.000 ... 4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
>4.000 ... 5.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
>6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

Tabla 3. Eficiencia de la recuperación

En caso de ser opcional, puede ser aplicada cuando se den las siguientes condiciones:

- Se tiene una toma de aire exterior en la unidad.
- Existe un caudal suficiente de aire de expulsión, conducido hasta el recuperador.
- Es interesante en todo tipo de edificios y en ambos regímenes de funcionamiento (calefacción – refrigeración), siempre y cuando se combine con la medida de enfriamiento gratuito por aire exterior, si no el régimen de refrigeración puede no ser apropiado para esta medida.

Esta medida será interesante en ambos regímenes de funcionamiento siempre y cuando se combine con la medida anterior *enfriamiento gratuito por aire exterior*. De esta forma si las condiciones del aire exterior son adecuadas para emplearlo como enfriamiento gratuito, se podrá by-pasear el recuperador de manera que no se caliente el aire exterior con aire interior, lo cual sería desfavorable.

4.2.1.2.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

El recuperador, tal y como hemos dicho, es un intercambiador en el que se debe producir la transferencia de energía entre las dos corrientes de aire. Esta transferencia puede ser sólo sensible, y actúa variando únicamente la temperatura de las corrientes involucradas, o bien una combinación de ambas: sensible y latente, de manera que varía tanto la humedad como la temperatura de las corrientes. Esta última es conocida como recuperación entálpica.

Dentro de estos intercambiadores podemos hacer una primera clasificación general, donde encontramos:

- **Intercambiadores estáticos:** que son aquellos que no consumen electricidad para realizar el efecto. Son los más utilizados en edificación.
- **Intercambiadores dinámicos:** que sí necesitan de un consumo auxiliar.

Existen diversos tipos de intercambiadores en el mercado, cada uno de los cuales traerá consigo una serie de requisitos para su implementación. Los tipos principales utilizados para la recuperación de calor en edificios son:

- **Intercambiadores de placas de flujos cruzados:** se trata de un recuperador estático, es decir, un intercambiador aire-aire conectado a los conductos de las corrientes. Los caudales de aire de impulsión y extracción se cruzan en el interior del intercambiador en sentido perpendicular uno del otro. La eficiencia media, estará comprendida entre un 50% a 85%, dependiendo de las condiciones de trabajo y fabricante.



Figura 11. Recuperador de flujos cruzados

Este tipo de intercambiador tiene un inconveniente, y es que en caso de llevar a cabo un enfriamiento gratuito, hay que incluir un conducto de by-pass que cierre el paso al intercambiador del aire exterior. Este dispositivo desvía el caudal de aire, evitando que pase a través del recuperador, y por lo tanto no se realice el intercambio térmico. Con ello, aprovechamos al máximo las condiciones ambientales para mejorar el ahorro energético.

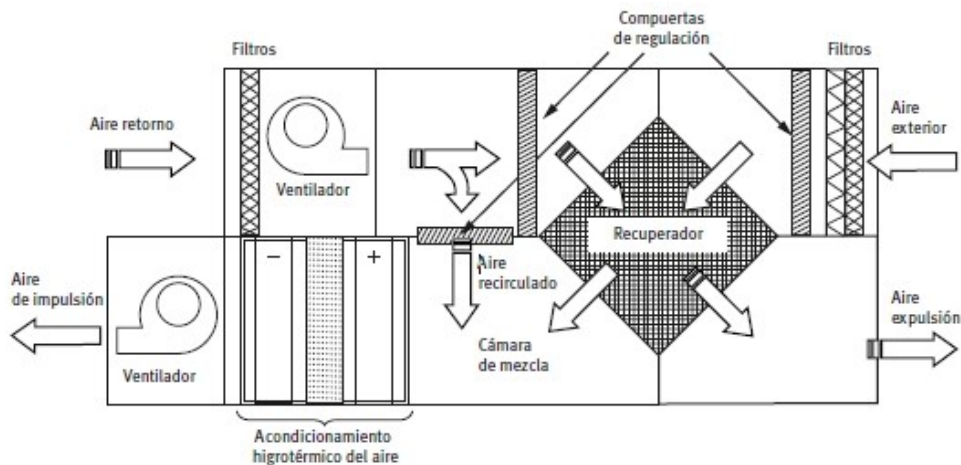


Figura 12. Recuperador de flujos cruzados con Free-cooling

- **Intercambiador de placas de flujos paralelos:** los caudales de aire de impulsión y extracción circulan paralelos y a contracorriente en el interior del intercambiador, con lo que el tiempo y la superficie de intercambio es mayor, y por lo tanto, se incrementa la capacidad de recuperación. Este tipo de intercambiador es de alta eficiencia, consiguiendo valores cercanos al 90% en las mejores condiciones de funcionamiento.



Figura 13. Recuperador de flujos paralelos

- **Intercambiador rotativo:** los intercambiadores rotativos son recuperadores dinámicos, y se componen de un rotor (que es la masa acumuladora de calor), un motor eléctrico y una carcasa. Por una misma rueda se hace pasar la corriente de expulsión y de aire exterior, rueda que va girando y transfiriendo así la energía. La eficiencia de este tipo de intercambiador, está entre el 65%-70%.

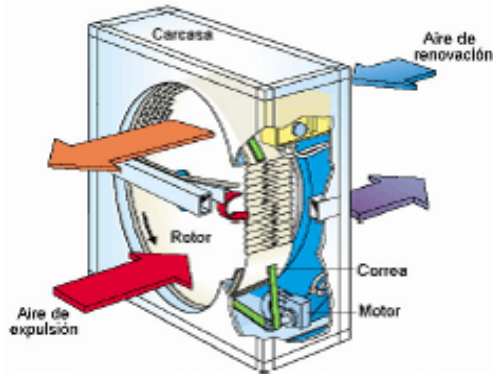


Figura 14. Recuperador rotativo

El principal problema de estos intercambiadores es la hermeticidad, ya que existe una fuga de aire de expulsión hacia la corriente de ventilación. Sin embargo nos permite recuperar entalpía, siempre que la rueda esté hecha de un material que permita la absorción y transferencia de humedad entre las corrientes.

Hay que añadir como ventaja con respecto al recuperador de flujos cruzados que, en caso de poder aplicarse free-cooling a la instalación, es fácil cesar la transferencia sólo con apagarlo.

En cuanto a estos intercambiadores, existen elementos opcionales que podemos incorporar, como unidades de filtración, baterías de agua, by-pass como el ya mencionado o módulos de enfriamiento adiabático.

El enfriamiento adiabático, es un proceso que consiste en enfriar el aire mediante la humectación del mismo y, al ser adiabático, no hay aporte ni cesión de calor en el proceso. Estos aparatos de enfriamiento adiabático se instalan en el lado del aire de extracción antes del intercambiador, funcionando en régimen de verano. De esta forma, cuando el aire proveniente del local entra más frío y húmedo en el intercambiador, aumentaremos el gradiente de temperatura, con lo que el aire que entre al local será más frío, aumentando la eficiencia del recuperador.

4.2.1.2.4 Limitaciones

Encontramos varias limitaciones que interfieren en la viabilidad de esta medida:

- La disponibilidad de espacio exigida por el recuperador y las canalizaciones
- La disponibilidad de espacio para colocar las canalizaciones de las tomas de aire exterior y expulsión de manera que estén situadas a una cierta distancia entre ellas.
- La relación caudal extracción/caudal de aire exterior, que deberá estar dentro de los límites impuestos por el recuperador.
- La adaptación de un by-pass, como ya hemos comentado, en recuperadores de flujos cruzados en caso de aplicar free-cooling.
- El control en recuperadores rotativos, de que las fugas de aire de expulsión no contaminen el aire de

ventilación.

- La mala elección entre la recuperación sensible o la entálpica, ya que depende del clima. En climas húmedos, la recuperación entálpica es importante para deshumidificar el aire exterior a introducir en el edificio, y reducir la carga latente que supondría la condensación del agua que contiene el aire sobre la batería de agua.

Sin embargo en climas secos, aunque la recuperación entálpica no tiene sentido en refrigeración, puesto que en la mayoría de los equipos existentes no se suele combatir la carga latente de las zonas dejándose oscilar libremente, en invierno, al tener el aire exterior una humedad muy baja puede necesitar humidificación, de manera que al disponer de un recuperador de tipo entálpico, el ahorro de energía será muy elevado en invierno.

- Ruido posible realizado por las modificaciones realizadas en la instalación.

Por supuesto, tendremos que tener en cuenta que el mantenimiento de este tipo de equipos es importante ya que se sitúan en zonas cercanas al exterior y pueden ensuciarse de manera significativa. Esto puede crearnos problemas de taponamiento, pérdidas de carga, aumento del consumo de ventiladores,... disminuyendo cuantitativamente el ahorro de energía a conseguir con la incorporación del recuperador de calor.

4.2.1.2.5 Ahorro energético previsto

Con el pre-tratamiento del aire exterior con aire de extracción conseguimos reducir la carga de ventilación y por tanto la potencia frigorífica a dar por la planta enfriadora. Pero por otro lado, esta instalación de climatización dispone de ventiladores que permiten el flujo y la circulación de aire tanto para tomarlo del exterior como para expulsar el del interior, lo cual implica un consumo energético. Debemos valorar por tanto la eficiencia de dichos recuperadores, en función del caudal de aire y de la diferencia de temperatura entre el aire exterior y el interior, que nos permiten recuperar entre un 40-75% del calor que se perdería en un sistema de ventilación mecánica en el que los flujos de aire de admisión y extracción sean independientes:

- A mayor caudal, menor será la eficiencia de un recuperador de calor. Y por tanto menor ahorro energético se conseguirá.
- A mayor diferencia de temperatura entre el aire exterior y el aire interior, mayor será la eficiencia del recuperador de calor. Y por tanto se obtendrá un mayor ahorro.

Podemos pensar que el desembolso económico que supone la incorporación de un recuperador de calor al sistema puede no ser rentable a corto plazo. El caso es que son equipos económicos que permiten amortizar el coste de la inversión en poco tiempo, además de tener unas características de explotación favorables que lo hacen casi siempre rentable, llegándose a alcanzar un ahorro de energía del 40% sobre el consumo de los equipos de climatización. Estas características se resumen en:

- Son aplicados de forma independiente de las condiciones climatológicas del lugar
- La duración anual de explotación del sistema suele ser mucho mayor que 2.000 horas, valor típico de instalaciones de acondicionamiento de aire
- La diferencia de temperatura entre los fluidos (aire exterior y aire de expulsión) es, en general, elevada.

Es por el ahorro que conlleva que, como ya se ha visto en el apartado *4.2.1.2.2 Criterios de diseño*, el RITE obliga a la recuperación, fijando unos rendimientos mínimos del intercambio y unas pérdidas de presión máximas.

4.2.1.3 ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO EN AIRE DE VENTILACIÓN

4.2.1.3.1 Descripción técnica

El sistema de enfriamiento evaporativo se basa en el principio natural de utilizar agua para regular la temperatura y refrescar el aire. La energía necesaria para evaporar el agua se toma del aire, reduciéndose así la temperatura de éste de manera que el sistema cree un agradable clima interior durante los meses de refrigeración, con una combinación óptima de temperatura y humedad.

Esta combinación de temperatura y humedad es mediante la reducción del calor sensible (disminución de la temperatura) con o sin aumento del calor latente (el que aporta la energía necesaria para hacer que se evapore el agua en el aire).

Este intercambio de calor sensible y latente tiene lugar hasta que el aire se satura y la temperatura del aire y el agua se igualan, alcanzando la denominada temperatura de saturación adiabática (y que es prácticamente igual a la temperatura húmeda del aire).

Este método constituye una opción económica y eficiente para el confort térmico, amigable con el medio ambiente y de mínimo consumo eléctrico.

4.2.1.3.2 Criterios de diseño

Se presentan a continuación los criterios que hay que tener presentes en el diseño de este tipo de sistemas de enfriamiento, según sea enfriamiento evaporativo directo o indirecto; clasificación que se verá en el apartado 4.2.1.3.3 *Disposición, extrategias de control y esquemas*.

En enfriamiento evaporativo directo, tendremos que tener en cuenta el valor de la efectividad de saturación que depende de:

- La velocidad del aire a través del enfriador no debe superar los 3 m/s para evitar el arrastre de gotas. En caso de no ser así, será necesario instalar un separador de gotas, lo que incrementa sensiblemente la caída de presión.
- Un valor alto de relación de flujo másico de agua atomizada y el flujo de aire (m_w/m_a), suele proporcionar una mayor eficacia de saturación al ser mayor el área de contacto entre el aire y el agua.
- Se mejorará la eficacia con un medio de humectación que proporcione mayor superficie y tiempo de contacto entre el aire y el agua.

Aparte, las eficiencias y las pérdidas de presión variarán en función del tipo de enfriador evaporativo utilizado dentro de este conjunto.

En enfriamiento evaporativo indirecto, tendremos que tener en cuenta el valor de los flujos másicos de las corrientes fluidas entre las que se intercambia energía y las caídas de presión en cada uno de los canales:

- Para un equipo específico, a mayor flujo, mayor velocidad del aire a través de las placas, mayor coeficiente de transferencia de calor y mayor caída de presión.
- Se utilizará preferentemente en el intercambiador agua como fluido frío, debido a que los coeficientes de película convectivos de este son superiores a los del aire, con el que se intercambiara energía.

- La velocidad utilizada para el diseño de la corriente de aire primario estará entre 2 y 5 m/s.

Por otra parte, como ya hemos comentado, el valor de diseño límite para la temperatura del agua o del aire

se tomará la temperatura de saturación adiabática (o húmeda), que variara según las condiciones climáticas de la localidad.

Por estas razones habrá que elegir con precaución el tipo de enfriamiento evaporativo a emplear, puesto que si se elige el directo se puede aumentar la humedad del aire exterior en exceso promoviendo la condensación de agua en la batería de frío, mientras en caso del evaporativo indirecto es importante la eficiencia del intercambiador.

En definitiva, esta medida es aplicable tanto en sistemas de caudal constante como variable, y cuando se den las siguientes condiciones:

- Unidad de tratamiento de aire con entrada de aire exterior.
- Régimen de refrigeración.
- Condiciones de temperatura y humedad exterior que permiten la reducción de temperatura, bien de forma adiabática (evaporativo indirecto) o aumentando la humedad (evaporativo directo).

4.2.1.3.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Como hemos comentado en apartados anteriores, el enfriamiento evaporativo puede lograrse mediante sistemas directos, indirectos, o mixtos (combinación multi-etapa de ambos). Por lo que haremos la siguiente clasificación:

- **Enfriamiento evaporativo directo:**

El enfriamiento evaporativo directo es simple, un ventilador hace pasar el aire caliente y seco a través de las mallas húmedas enfriándolo por el efecto de evaporación del agua antes de impulsarlo hacia el local.

En condiciones de temperatura y humedad desventajosas, este método no logra provocar las condiciones que se desean. Se da cuando el medio ambiente tiene una humedad relativa alta, de manera que el aire que entra al enfriador proveniente del exterior no alcanza a disminuir su temperatura considerablemente, no alcanzándose así el grado de confort deseado. El grado de confort óptimo se lograría alcanzando la temperatura de bulbo húmedo, donde lograríamos una eficacia del 100%.

Dentro de este tipo podemos encontrar enfriadores evaporativos:

- **De paneles evaporativos:** el aire exterior se hace pasar por unos paneles hechos de fibras.
- **De medio rígido:** es similar al anterior. El aire exterior se hace pasar por unas placas rígidas y corrugadas hechas de plástico, celulosa, fibra,.. Las corrientes de aire y agua se suelen disponer en flujo cruzado.
- **Rotativos:** se hace pasar el aire exterior por una rueda rotativa, hecha de materiales resistentes a la corrosión, parcialmente sumergida en un depósito con agua. Se necesita de un motor eléctrico que active el medio de humectación (la rueda).
- **Pulverización directa:** el aire exterior se hace pasar por un compartimiento donde se rocía agua, pasándolo a continuación por una rejilla húmeda y por un filtro eliminador de agua. La eficiencia

de enfriamiento que se consigue es generalmente del 80%, pero hay que ser cuidadosos con la contaminación bacteriológica que se puede producir debido a un mal mantenimiento.

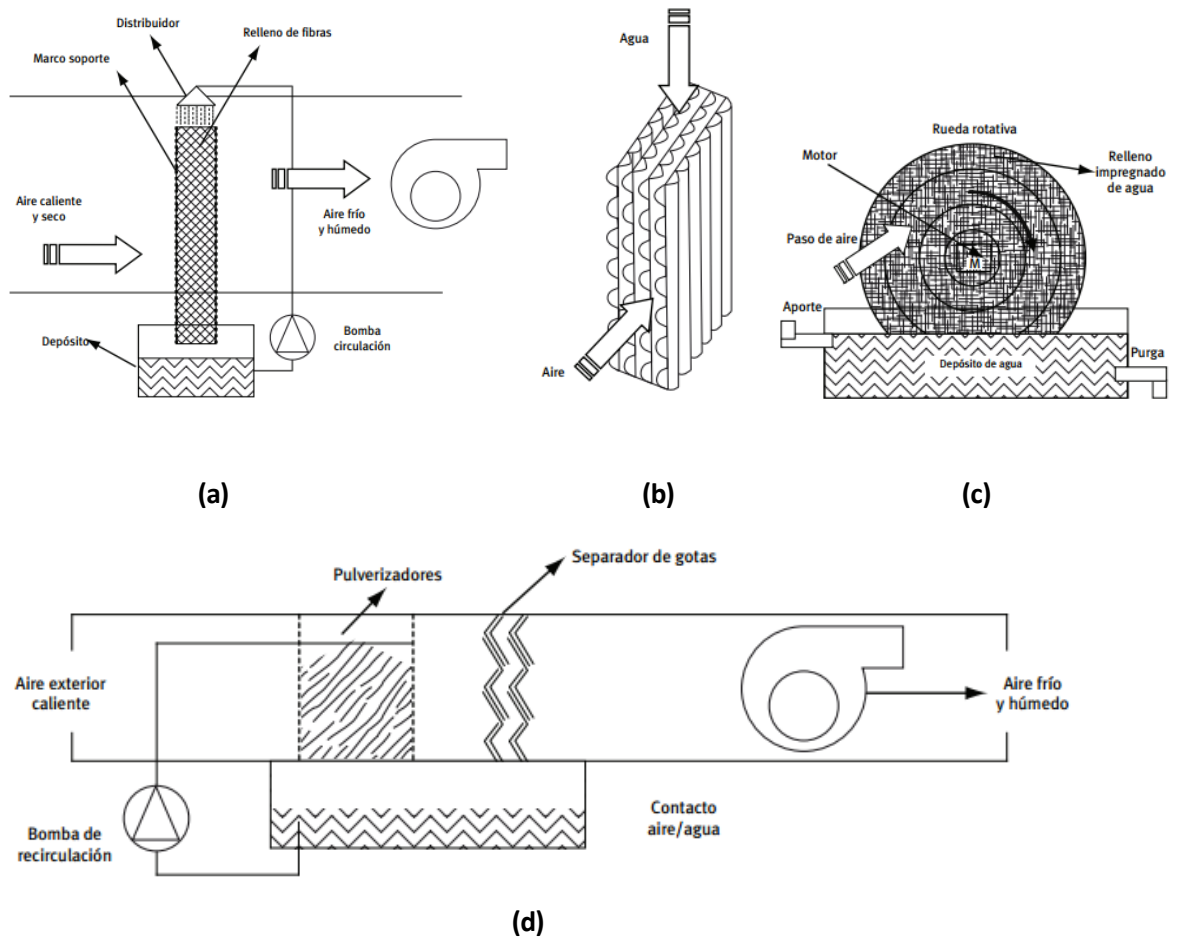


Figura 15. Enfriadores evaporativos directos.

(a) De paneles evaporativos, (b) De medio rígido, (c) Rotativo, (d) Pulverización directa.

▪ **Enfriamiento evaporativo indirecto:**

Este tipo de enfriamiento trata de bajar la temperatura del aire más allá de la temperatura de bulbo húmedo del aire exterior. Normalmente está acompañado por una etapa de enfriamiento evaporativo directo para aumentar la capacidad de enfriamiento del equipo, y consigue esta bajada de temperaturas retomando el aire del interior del espacio sin humedecerlo y haciéndolo circular por el interior de un intercambiador de calor mientras que el exterior de éste está en contacto con agua, donde se transfiere el calor extraído del aire.

La parte negativa es que el intercambiador de calor no logra enfriar el aire hasta el límite, y que es necesario contar con condiciones de humedad relativa muy bajas para alcanzar la mayor eficiencia.

Entre sus tipos encontramos enfriadores evaporativos:

- **De tubos:** el aire primario fluye dentro de los tubos, mientras que el aire secundario pasa alrededor de los tubos en flujo cruzado. El agua gotea en la superficie exterior de los tubos conservándolos húmedos y enfriando el aire secundario por evaporación directa.
- **De placas:** es el sistema de refrigeración evaporativa indirecta más utilizado. Un número

determinado de platos forman pasajes de aire primario y de aire secundario alternados. El aire primario fluye a través de las placas horizontales secas mientras que el aire secundario lo hace hacia arriba a través de las placas horizontales húmedas, de manera que el agua cae en forma de gotas a contracorriente con el aire secundario.

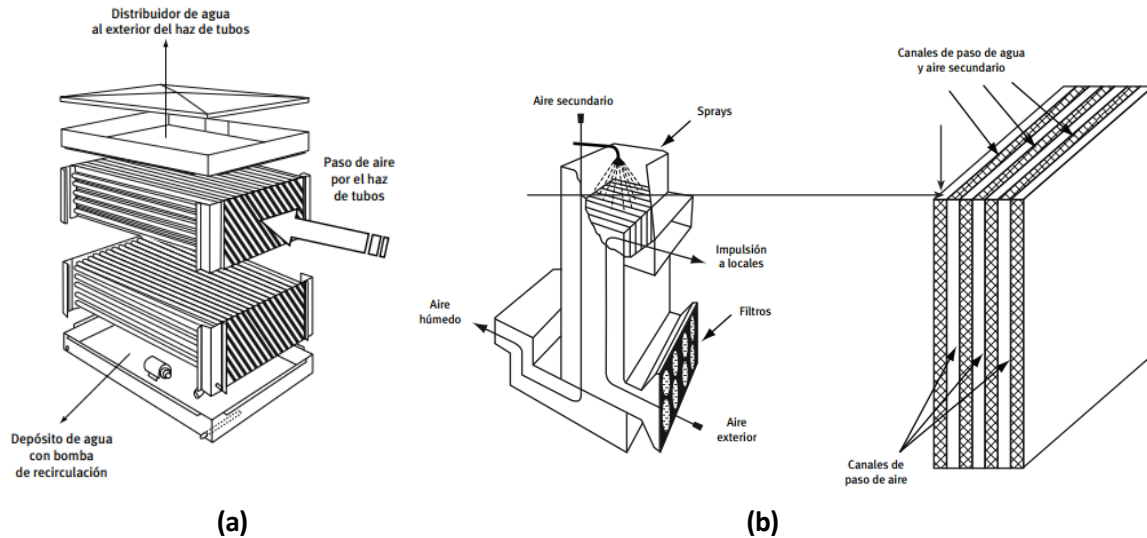


Figura 16. Enfriadores evaporativos indirectos: (a) De tubos, (b) De placas.

▪ **Enfriamiento evaporativo mixto:**

El también considerador enfriamiento evaporativo de dos etapas se produce preenfriando el aire sin humidificarlo, para ello se buscar hacer unos de elementos que a menor temperatura permitan absorber el calor sensible del aire sin aumentar su humedad.

Estos tipos de enfriadores consisten en una etapa de enfriamiento evaporativo indirecto, seguida de una etapa de enfriamiento directo.

4.2.1.3.4 Limitaciones

Este método tiene una limitación principal, y es la facilidad de que se produzcan en la instalación la proliferación de microorganismos, en especial, la Legionella. Esta se produce en las zonas húmedas por las condiciones antihigiénicas que se producirían si existiese una falta de mantenimiento de la instalación. Es importante porque su aparición puede afectar gravemente la salud de las personas, es por ello que este método aun siendo bastante eficiente tiene cierto riesgo.

A parte de tener que llevar a cabo un riguroso mantenimiento tras la instauración de esta medida, la viabilidad de esta también está supeditada a:

- Insuficiencia de espacio para incorporar la sección de humidificación y realizar la adaptación a aire total.
- La humidificación, para evitar situaciones poco higiénicas, requiere su realización de acuerdo con las recomendaciones del RITE.
- El enfriamiento evaporativo directo puede ser perjudicial si se supera una humedad en la corriente que produzca condensaciones, produciéndose así una pérdida de energía. Para ello el ventilador de impulsión ha de ser adaptado, de manera que se den condiciones resultantes de humedad relativa en los locales.

- Será necesario hacer modificaciones en las redes de toma de aire exterior, integrando el módulo evaporativo.
- La relación caudal secundario/caudal de aire exterior en el caso de enfriamiento evaporativo indirecto, que deberá estar dentro de los límites impuestos por el recuperador.
- La necesidad de agua (caudal de agua/caudal de aire) en unas condiciones mínimas para evitar problemas en los nebulizadores.

4.2.1.3.5 Ahorro energético previsto

Parecido a lo que ocurre en la recuperación de calor del aire de expulsión, esta medida de mejora tiene unas características favorables que la hacen, casi siempre, rentable. Esto es en gran medida por la diferencia de temperatura entre los fluidos (aire exterior y aire de expulsión en el caso de indirecto), o la diferencia entre la temperatura seca y la húmeda del aire exterior) que es, en general, elevada.

Mientras que con la aplicación de enfriadores evaporativos directos nos permite trabajar con temperatura de condensación más elevadas cercanas a la temperatura seca del momento, los indirectos lo hacen a temperaturas de condensación más bajas, y además nos permiten trabajar en seco cuando las temperaturas exteriores son bajas. Esto hace que ambos sean muy rentables en cuanto al ahorro energético que producen.

Sin embargo, los directos no necesitan mantenimiento higiénico sanitario mientras que los indirectos sí. Es por ello que estos últimos, además de necesitar una mayor inversión inicial, necesitan de un mayor mantenimiento para evitar la proliferación de microorganismos en la instalación. Se ve reducido entonces el ahorro energético a conseguir; aun así sigue siendo un ahorro elevado, que en ambos casos rondará el 30% en la demanda de climatización.

4.2.2 MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN DEMANDA

Estas medidas actúan sobre la demanda de los edificios existentes, reduciéndola (orientación, ventilación...) o evitando pérdidas innecesarias de la propia energía suministrada (aislamiento de la envolvente térmica, mejora de los vidrios y marcos,...).

4.2.2.1 INSTALACIÓN O MODIFICACIÓN DE PROTECCIONES SOLARES

4.2.2.1.1 Descripción técnica

Se entiende por protección solar aquellos dispositivos fijos o móviles que impiden total o parcialmente el paso de radiación solar al interior de un local, sin que esto suponga el impedir la entrada de luz natural.

El objetivo de esta mejora es reducir la demanda de refrigeración en verano mediante la limitación de la carga por radiación a través de los huecos del edificio procurando no interferir en el comportamiento invernal de la demanda de energía, es decir, no provocando un aumento de la demanda de calefacción en verano. De esta forma, un buen protector solar será aquel que es capaz de reducir las infiltraciones de radiación en verano sin impedir las en invierno.

4.2.2.1.2 Criterios de diseño

El dimensionado de las protecciones solares fijas depende de la orientación de los huecos considerados (y también de la latitud), y si los elementos a instalar se encuentran en el exterior o el interior del edificio, dado que en verano la radiación incidente sobre fachadas orientadas al sur es menor que en aquellas orientadas al norte como se puede ver en la *figura 17*. Por ello se obtiene un mayor beneficio de su aplicación en edificios con un porcentaje significativo de acristalamientos en fachadas Oeste, Este o Sur.

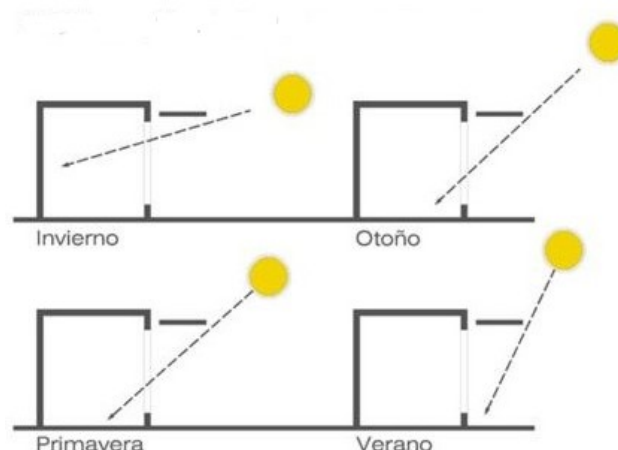


Figura 17. Esquema de funcionamiento de una protección solar fija.

Además, como móviles, habrá que buscar la orientación óptima en cada momento de manera que reciban la máxima cantidad de radiación solar en invierno, y la mínima en verano. La posición y el factor de sombra que tienen algunas de estas protecciones se pueden ver en la *tabla 4*.

VALOR DE FACTOR DE SOMBRA SEGÚN TIPO DE PROTECCIÓN				
TIPO DE PROTECCIÓN	POSICIÓN	ACABADO	ESTADO	FACTOR DE SOMBRA
Aletas verticales	Exterior en fachada este y oeste		Fijas	0.31
Pantalla de rejilla de aluminio	Exterior		Fija	0.28
Toldo	Exterior despegado	Oscuro o medio		0.25
Parasol horizontal	Exterior en fachada sur		Continuo	0.25
Pantalla de rejilla densa	Exterior	Color bronce		0.23
Árboles	Exteriores		Sombra muy densa	0.20-0.25
Persiana veneciana	Exterior	Blanco o crema		0.15
Persiana veneciana	Exterior	Blanca	Separada de fachada	0.15
Lamas horizontales	Exteriores		Móviles	0.10-0.15
Lamas verticales	Exteriores en fachadas este u oeste		Móviles	0.10-0.15
Persiana enrollable	Exterior	Oscura	Totalmente bajada	0.10-0.15

Tabla 4. Factor de sombra a considerar en función de la protección solar.

Una posibilidad interesante es la de integrar en los elementos de protección solar, sistemas de captación de energía solar, de forma que un solo elemento nos proteja de la radiación solar y a la vez, esté captando o generando energía.

4.2.2.1.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Nos encontramos con el problema de diseñar una protección solar que reduzca la radiación incidente sobre el hueco en verano, pero que permita la captación energética en invierno. Esto se consigue mediante la utilización de dos tipos de protecciones: fijas o móviles, aunque también se pueden considerar el efecto de árboles u otro tipo de elemento vegetal.

Entre estos dispositivos encontramos:

- **Voladizo horizontal:** Es un elemento fijo que elimina los rayos solares que tienen una mayor altura solar. Son poco recomendables para orientaciones Este y Oeste o para zonas cálidas donde existe un alto porcentaje de radiación reflejada, dado que reducen la entrada de luz natural.
- **Lamas fijas:** es un elemento poco recomendable ya que, a pesar de que son realmente efectivas impidiendo el paso de gran cantidad de radiación, también impiden el paso de luz natural, fomentando el uso de luz artificial en el edificio y aumentando la demanda de energía eléctrica. Sin embargo requieren de poco mantenimiento.
- **Lamas móviles:** estos elementos adaptan su posición y geometría a cada situación, de manera que permiten una captación flexible de radiación solar directa en función de la época del año o la actividad que se desarrolle en el interior del edificio. Sin embargo se ve incrementado su coste por la necesidad de una buena calidad del material del que estén constituidas ya que se encuentran sometidas a las condiciones climatológicas de la zona al encontrarse a la intemperie.
- **Toldos y persianas:** este tipo de pantallas flexibles son los más usados actualmente, ya que pueden ser regulados según las condiciones climatológicas de cada momento o las necesidades internas del local, adaptándose así a la cantidad de luz que sea necesaria.
- **Protecciones interiores:** un ejemplo de ellas son las cortinas o persianas interiores, que reducen la radiación solar incidente de forma directa sobre otros elementos de alta masa térmica cuyo calentamiento produce el aumento de la temperatura del local. El inconveniente es que no evitan que la radiación les atravesase, de manera que se produce el inevitable efecto invernadero en el interior.
- **Vegetación:** al situar una planta o árbol de hoja caduca frente a los huecos de la fachada permite disminuir la demanda de climatización del edificio, ya que permite el paso de radiación solar en invierno impidiéndolo en verano al ser la vegetación más frondosa.

En la orientación sur son muy eficaces los elementos horizontales fijos integrados en el diseño arquitectónico: voladizos, lamas horizontales, pérgolas, toldos, etc. Sin embargo, este tipo de protecciones no son eficaces en las orientaciones este y oeste. Debido a la baja altura solar en esas orientaciones, la radiación llega al edificio de manera muy horizontal, y no es bloqueada por un voladizo horizontal. En estas orientaciones lo más eficaz es colocar protecciones móviles, o bien fijas en forma de lamas verticales. Sin embargo en invierno, se prefiere la eliminación de los posibles elementos de obstrucción de manera que se mejore la ganancia solar, mediante la eliminación o el reposicionamiento de las posibles protecciones solares existentes o bien con la poda de árboles cercanos que arrojen sombra sobre el edificio.

4.2.2.1.4 Limitaciones

La utilización de estas protecciones viene condicionada por:

- El clima de la zona, de la que dependerán los tipos de protecciones solares a utilizar, la superficie y su orientación.
- Estas protecciones deben adaptarse a la latitud del sitio, es decir, a la trayectoria y ángulo solar a lo largo del año.

- Dependiendo de su colocación, pueden intervenir negativamente reduciendo o entorpeciendo las vistas al usuario.
- Requieren de un mantenimiento, especialmente los elementos móviles.

4.2.2.1.5 Ahorro energético previsto

Las protecciones solares del hueco acristalado son sin duda la medida más eficaz para reducir las demandas energéticas de refrigeración, pero el ahorro energético esperado dependerá enormemente del diseño del edificio y su entorno, de manera que encontramos un amplio rango de ahorro de entre un 5% y un 30%. Este ahorro dependerá también de la tecnología a instalar, ya que algunos elementos requieren de una importante inversión económica inicial, lo que hace que se descarte su aplicación en muchos casos

4.2.2.2 EMPLEO DE LA PRODUCCIÓN TÉRMICA SOLAR

4.2.2.2.1 Descripción técnica

Como apoyo a los sistemas de producción, se pueden incluir sistemas de contribución con energías renovables, el cual es uno de los pilares básicos para mejorar la eficiencia energética de edificios. Al sustituir los combustibles fósiles por energía renovable contribuimos a un gran ahorro energético, ya que además armonizan perfectamente de manera que se pueden integrar con otros sistemas o instalaciones de máxima eficiencia. Tal es el ahorro, que el Código Técnico de la Edificación (CTE), exige una contribución de renovables mínima del 30% para la producción de ACS (agua caliente sanitaria), sin perjuicio de que otras normativas municipales puedan aumentar esa exigencia. Así como la adecuación de sistemas de captación y transformación de energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos para uso propio o suministro a la red, en ciertos edificios.

En cuanto a las situaciones más apropiadas para instalar estos sistemas existe un amplio abanico comenzando por edificios de cualquier tipo, tras haber implementado medidas para reducir la demanda. Ahondando más, ya cada caso particular, la rentabilidad y la viabilidad de la implantación de las energías renovables dependerá tanto de factores climáticos del lugar como las horas de sol, velocidad y dirección de vientos dominantes, la ubicación del edificio, el uso y mantenimiento, etc. Por ello, se requiere una valoración o estudio de estos parámetros para valorar si dicha implantación será viable.

4.2.2.2.2 Criterios de diseño

En el caso de la energía eólica:

- De acuerdo con las normas internacionales, los molinos deben tener un área de barrido que no supere los 200 m²
- Es aplicable en edificación mediante aerogeneradores de potencia inferior a 100 kW.

En el caso de la energía solar, según el Reglamento de Instalaciones térmicas en la edificación (RITE): *IT 1.2.4.6. Aprovechamiento de energías renovables y residuales* y dentro de éste el subapartado *IT 1.2.4.6.1. Contribución de calor renovable o residual para la producción térmica del edificio*, tenemos que:

- En los edificios nuevos o sometidos a reforma, con previsión de demanda térmica, una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirán mediante la incorporación de sistemas de aprovechamiento de calor renovable o residual.
- Estos sistemas se diseñarán para alcanzar los objetivos de ahorro de energía primaria y emisiones de CO₂ establecidos en el Código Técnico de la Edificación, teniendo en cuenta los criterios de balance de energía y rentabilidad económica, a la hora de la selección y el diseño.
- La determinación de los coeficientes de paso de la producción de CO₂ y de energía primaria, se realizarán de acuerdo con lo establecido.
- Las fuentes de calor renovable y residual pueden estar integradas en la propia generación térmica del edificio o ser accesibles a través de una red de distribución de energía térmica de

distrito.

En el caso de la energía solar térmica:

- Para edificios de viviendas en España se suelen instalar de media, entre 1,5 y 2 m² de superficie de captadores solares térmicos.
- Si se posee una piscina climatizada, es obligatorio utilizar la energía solar para mantener en torno a 26 y 28°C la piscina.
- Se puede utilizar como apoyo en sistemas de calefacción que utilicen agua a menos de 60°C, como sistemas de suelo radiante y sistemas con fancoils.

En el caso de la energía solar fotovoltaica:

- Su utilización queda limitada por reglamentación a las siguientes edificaciones:

Tipos de uso	Límite de aplicación
Hipermercado	5000 m ² construidos
Multitienda y centros de ocio	3000 m ² construidos
Nave de almacenamiento	10000 m ² construidos
Administrativos	4000 m ² construidos
Hoteles y Hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10000 m ² construidos

Tabla 5. Límite de aplicación (según m² construidos) de la energía solar fotovoltaica.

Por lo que la potencia mínima a instalar dependerá del tipo de edificio, de la zona climática y de la superficie construida.

- No obstante, los módulos fotovoltaicos de cristal de silicio más utilizados en edificios suelen ser de 0.5 a 1.5 m².
- Su capacidad de instalación es de 150 Wp a 24 V (lo que se consigue con la instalación de 72 células de paneles ocupando un área de unos 7.5 m²/Wp)

En el caso de la caldera de biomasa:

- Se habrá de disponer del espacio suficiente y adecuado para la adaptación de una caldera de dichas características.

4.2.2.2.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Algunas de las energías renovables más extendidas para uso en edificación son las siguientes:

- **Energía eólica:**

Una instalación de energía eólica está formada básicamente por un molino o rotor con aspas que al girar por la acción del viento pone en marcha un generador eléctrico, el cual se suele sujetar a un mástil. La principal ventaja de esta energía es que al ser renovable es inagotable y no contamina. Además de que España es uno de los mayores países productores de energía eólica en todo el mundo, lo cual refleja el enorme potencial de esta energía, y por lo tanto debe aplicarse también a

edificios y viviendas como sistemas de producción de energía eléctrica siempre y cuando las condiciones sean favorables. Estas condiciones son dependientes de las características del lugar donde se ubique el edificio, donde encontramos que son las edificaciones aisladas, próximas al mar, en zonas altas y donde no existan gran cantidad de obstáculos en las proximidades que frenen al viento, las mejores para implementarles esta medida.

Al hablar en nuestro caso de instalaciones para edificios y viviendas, se procederá a la instalación de sistemas mediante instalaciones micro-eólicas, con generadores eólicos compactos capaces de generar una potencia eléctrica inferior a 100 kW, ya sean aisladas o bien en sistema híbrido junto con la instalación solar fotovoltaica como se puede apreciar en *figura18*.

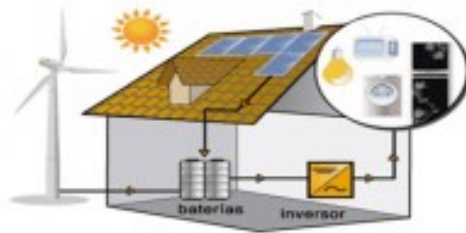


Figura 18. Estación de energía eólica para edificios y viviendas.

- **Energía solar:** es la fuente de energía renovable más utilizada en edificación [6]. Tipos:
 - **Solar térmica:** El funcionamiento de este tipo de instalaciones se basa en aprovechar la energía del sol para calentar agua u otro fluido caloportador que circula en el interior del captador alcanzando temperaturas que oscilan entre los 40° y 50°. Desde ese captador el agua caliente se transporta por un circuito primario, de manera que el calor se intercambia o se acumula en un depósito para su posterior aprovechamiento desde la instalación interior de agua caliente hacia los puntos de consumo. Tiene el inconveniente de la dependencia total del sol, por ello la demanda de agua caliente que no consigamos producir mediante el captador en días nublados, se generará mediante un calentador o caldera de apoyo.

Tiene como aplicación principal la producción de agua caliente sanitaria en uso doméstico o industrial, calentamiento de agua en piscinas, calefacción a baja temperatura con suelo radiante, y también refrigeración mediante uso de equipos de absorción.

Como hemos comentado con anterioridad, la energía solar térmica es obligatoria en España ya que debido a nuestras latitudes disponemos de un elevado número de horas de radiación solar anual, de manera que estas instalaciones presentan un alto rendimiento. Se exige así que al menos un porcentaje de la demanda total de agua caliente sanitaria se produzca mediante este sistema. Dicho porcentaje según el DB HE-4 y en función de la zona climática, varía entre el 30 y el 70% en el caso general y entre el 50 y el 70% cuando la fuente energética de apoyo sea mediante electricidad.

Como inconveniente encontramos la necesidad de un mantenimiento continuo, ya que el rendimiento de los paneles podría verse reducido en gran medida.

- **Solar fotovoltaica:** la aplicación principal de este tipo de energía es la generación de energía eléctrica a partir de la energía del sol empleando para ello unos paneles con elementos semiconductores (normalmente células de silicio). La instalación se compone de un captador, un regulador, unas baterías de almacenamiento de energía así como de un inversor conectados tal y como puede verse en la *figura 19*.



Figura 19. Instalación fotovoltaica para edificios y viviendas.

Existen dos tipos de instalaciones:

- Aisladas: que almacenan la energía en baterías para autoconsumo.
- Sistemas conectados a la red: en la que la energía se suministra a la red eléctrica.

Existen numerosas ventajas de aplicar este tipo de energía renovable, entre las que destacan el rendimiento de la instalación debido a nuestras latitudes, el rápido montaje de la instalación, requiere un mantenimiento mínimo, el coste de la instalación disminuye conforme se desarrolla la tecnología, se genera electricidad incluso en los días nublados, su impacto medioambiental es prácticamente nulo,... Con el único inconveniente a destacar, de la realización de una inversión inicial elevada para realizar la instalación, por lo que generar electricidad utilizando tecnología fotovoltaica es mucho más costoso a corto plazo que la generada con combustibles tradicionales, pero no a largo plazo.

- **Energía de la biomasa:**

Se trata de un aprovechamiento de materias como pellets, restos de poda, huesos de oliva, cáscaras de almendras, etc., generalmente residuos de actividades agrícolas y forestales o subproductos de la transformación de la madera. Con ellas conseguimos generar energía térmica para agua caliente sanitaria y calefacción. Existen también otros tipos de biomasa húmeda procedente de la fabricación de aceites vegetales, pero suelen emplearse en calderas de cogeneración.

En el caso de viviendas unifamiliares o edificios, se consigue obtener un elevado ahorro energético y gran eficiencia con la implantación de calderas de biomasa, para generar calor para agua caliente sanitaria y calefacción.

Entre sus ventajas encontramos que los equipos no son excesivamente caros al ser la tecnología análoga a las calderas de combustible fósil. Además conseguimos una emisión prácticamente nula de dióxido de carbono, y es más rentable el uso de pellets que de otros combustibles. Sin embargo, la biomasa tiene un poder calorífico inferior al de los combustibles fósiles, por lo que se necesita mayor cantidad de ellos para obtener la misma energía. Además, a diferencia de las instalaciones fotovoltaicas que pueden integrarse fácilmente en el conjunto arquitectónico de la vivienda, estas

no.

Cabe destacar, que para conseguir una eficiencia máxima y con un alto ahorro de energía, se debería instalar la caldera de biomasa con una bomba de calor geotérmica para calefacción y climatización. Tanto para el caso de edificios de viviendas de obra nueva como para edificios existentes se puede obtener la máxima eficiencia instalando estas calderas, puesto que reducen las emisiones a casi el 100%, y proporcionan importantes ahorros energéticos, alcanzándose la máxima calificación energética.

Además de estas fuentes tenemos la aerotermia, que aprovecha la energía contenida en el aire que nos rodea, y la geotérmica, que utiliza la capacidad de almacenamiento de calor que tiene la tierra para obtener energía. Estos tipos de instalaciones tienen unos rendimientos realmente elevados, pero puesto que su aplicación tiene un coste muy elevado, los hace desechables para la aplicación en edificios.

Aun viendo que la aplicación de cualquiera de estas tres fuentes de energía es viable para aplicar en edificios o viviendas, la más utilizada a día de hoy a este nivel es la energía solar térmica.

4.2.2.2.4 Limitaciones

Se han comentado con anterioridad. No obstante cabe remarcar, que las ventajas que se obtienen de la aplicación de fuentes de energía renovable en edificios es mayor y más importante que las desventajas que derivan de su aplicación; que son las posibilidades de espacio, soleamiento y capacidad resistente de los emplazamientos, y la necesidad de que los generadores existentes deban de cubrir la demanda no satisfecha por la instalación solar, comprobándose que no entren en un régimen inaceptable de baja carga.

4.2.2.2.5 Ahorro energético previsto

La instalación de colectores solares supone una importante sustitución de combustibles fósiles por energía renovable, lo que trae consigo una gran reducción de la factura energética con unos costes de mantenimientos mínimos. Consiguiendo así la máxima eficiencia, el menor consumo y la reducción de emisiones, sobre todo en aquellos edificios existentes que, durante muchos años, se han construido sin ningún criterio de sostenibilidad.

4.2.2.2.6 Ahorro económico previsto

A pesar del importante ahorro económico que se consigue con energías renovables, no hay que perder de vista que no sólo es un tema de ahorro monetario, el principal objetivo es, por una parte, la reducción de las emisiones y del impacto sobre el medio ambiente por la gran cantidad de edificios o viviendas existentes con mala calificación energética, y por otro lado la construcción de nuevos edificios de consumo casi nulo que se diseñarían optimizando al máximo los parámetros de diseño bioclimático con energías limpias. También conseguiríamos así reducir la dependencia energética de nuestro país puesto que podemos y disponemos de la tecnología necesaria para funcionar con energías limpias.

4.2.2.3 CONTROL EN LA DEMANDA DE AIRE EXTERIOR

4.2.2.3.1 Descripción técnica

Esta medida consiste básicamente en reducir la demanda, tanto de refrigeración en verano como de calefacción en invierno a través de una reducción de los caudales nominales de ventilación, cuando estos resulten superiores a los fijados por la reglamentación vigente.

Se trata por tanto de una medida activa, ya que persigue optimizar el uso de la energía mediante el empleo de sistemas de control y gestión inteligente.

4.2.2.3.2 Criterios de diseño

El criterio de diseño se basa en disminuir el caudal de aire exterior según la cantidad de ventilación externa que sea necesaria en cada momento, dependiendo de la ocupación del local según el horario, pero siempre de manera que el caudal de ventilación sea el mínimo posible.

También se persigue emplear la energía, con el sistema integrado de gestión, según las condiciones exteriores e interiores de temperatura y humedad, pero de manera reiterada, buscando el mínimo caudal de aire exterior.

Para establecer unos patrones de referencia para la ventilación, de manera que este sea el mínimo caudal requerido por la reglamentación, se suele acudir a ISO ICS 91.140.30 (los sistemas de ventilación y aire acondicionado) y ASHRAE 62.1 y 62.2 (las normas de ventilación y calidad del aire interior).

4.2.2.3.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Realmente no hay ningún tipo de disposición o esquemas sobre esta medida, ya que se trata de una medida de control sobre los equipos y dispositivos que ya posea la instalación. En este caso, el control se realizará ajustando las compuertas de aire exterior hasta asegurarse que el caudal es el requerido por la reglamentación, además de la colocación de sensores que nos den información sobre la actividad o las propiedades del aire en el interior del local. De esta manera se evitarán grandes pérdidas de energía haciendo que los equipos actúen de la manera más eficiente posible.

Pero al llevar a cabo esta medida debemos tener en cuenta un posible efecto correlativo. Debemos tener presente que al reducirse el caudal de aire exterior se debe incrementar el caudal de retorno en la misma proporción, de manera que se mantenga constante el caudal de impulsión. Lograremos dicho aumento de caudal de retorno ajustando la compuerta correspondiente.

Por otro lado, se puede aumentar adicionalmente la cantidad de aire recirculado, y en consecuencia reducir aire exterior, instalando en la extracción filtros de carbono activado en aquellas zonas en las que haya que eliminar olores tales como las de alta densidad de fumadores.

Aparte, existen otras actuaciones adicionales que tienen el mismo propósito, el de reducir el caudal de aire exterior:

- Comprobar que los caudales de los extractores sea el requerido en cada caso.
- Cerrar el suministro directo de aire en aseos u otras zonas similares, comunicando dichas zonas (mediante rejillas en puertas) con las colindantes que se encuentren en sobrepresión.
- Instalar deflectores para garantizar que el viento no incida de forma directa en las tomas de aire.

4.2.2.3.4 Limitaciones

La posibilidad de aplicar esta medida viene dada por la existencia de unos caudales nominales de ventilación superiores a los fijados por la reglamentación vigente en función del número de ocupantes y del tipo de actividad de los mismos. Por ello estará sujeta a las condiciones climáticas y a la ocupación y actividad del lugar en cada momento.

4.2.2.3.5 Ahorro energético previsto

Obtendremos con esta medida un ahorro proporcional a la disminución de caudal de aire exterior introducido. Por lo que irá variando según todos los factores antes mencionados.

4.2.2.4 CONTROL DE LA DEMANDA DE VENTILACIÓN EN FUNCIÓN DE LA OCUPACIÓN

4.2.2.4.1 Descripción técnica

Esta medida es parecida a la anterior, y consiste en reducir la demanda, tanto de refrigeración en verano como de calefacción en invierno adaptando los caudales de ventilación según los niveles de ocupación reales en cada momento, suprimiéndolos en los períodos de no ocupación.

Se trata por tanto de una medida activa, ya que persigue optimizar el uso de la energía mediante el empleo de sistemas de control y gestión inteligente.

4.2.2.4.2 Criterios de diseño

El criterio de diseño se basa en disminuir o aumentar el caudal de aire exterior según la cantidad de ventilación externa que sea necesaria, dependiendo del número de personas que habiten un espacio, es decir la ocupación según el horario. Por ello será interesante esta medida en edificios o partes de los mismos donde existan elevados niveles de ocupación y ésta ocupación sea irregular.

Esta variación de aire exterior que se busca, será dependiente también de las condiciones climáticas de temperatura y humedad, ya que interferirán en el confort térmico de las personas dentro del local y por tanto se necesitará un caudal mayor o menor a introducir.

4.2.2.4.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Tal y como ocurría en la medida en el apartado 4.2.2.3 *Control de la demanda de aire exterior*, no hay ningún tipo de disposición o esquemas sobre esta medida, ya que vuelve a tratarse de una medida de control sobre los equipos y dispositivos que ya posea la instalación.

En este caso, para adaptar los caudales de ventilación a los niveles de ocupación real, el mejor procedimiento consiste en actuar de forma automática sobre la compuerta de aire exterior en función de los valores que marque una sonda de calidad de aire (sensores de CO₂) instalada en una zona representativa del local o en el retorno de aire. Así estos sensores de CO₂ garantizarán el confort térmico de los ocupantes, al conseguir tener siempre un aire de calidad óptima.

Por otro lado, actuaremos también sobre la compuerta de aire exterior para la supresión de la ventilación durante los períodos de no ocupación en los que el equipo está funcionando. Se conseguirá cerrándolas conectadas a un reloj programador.

Al llevar a cabo esta medida deberemos por tanto cerrar las compuertas de aire exterior durante los periodos de pre-acondicionamiento, previos a la ocupación. Así como hacer un uso adecuado de los extractores existentes, haciéndolos funcionar únicamente cuando sea necesario.

Resumimos entonces las estrategias de control en:

- **Control mediante sensores de CO₂:** está basado en la medición de los cambios del nivel de CO₂ en la zona relativos al caudal de aire exterior y al número de personas que haya en los locales. Así, una vez

definido un punto de trabajo nominal del sistema, un aumento del nivel de CO₂ en la zona puede tener dos motivos: un aumento muy elevado, puede deberse a un incendio y un cambio más moderado, está relacionado con el fruto de la combustión digestiva.

Para ello el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la edificación nos muestra en su apartado *IT. 1.1.4.2 Exigencias de calidad de aire interior* las concentraciones de los principales contaminantes presentes en el aire exterior, que pueden verse en *tabla 6*, sabiendo que la composición del aire seco es constante y que puede tener una cantidad variable de vapor de agua que oscila generalmente entre el 1 y 4 %. Dicha composición será nitrógeno 78%, oxígeno 20.9 %, argón 0.93%, vapor de agua entre 1 y 4%, CO₂ 0.03%, y otros 0.14%.

LOCALIZACIÓN	CONCENTRACIONES EN AIRE EXTERIOR					
	CO ₂ (ppm)	CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	total PM (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Zona rural	350	< 1	5 ... 35	< 5	< 100	< 20
Pueblo pequeño	375	1 ... 3	15 ... 40	5 ... 15	100 ... 300	10 ... 30
Ciudad	400	2 ... 3	30 ... 80	10 ... 50	200 ... 1000	20 ... 50

Tabla 6. Niveles de contaminantes en el aire exterior [10].

Igualmente, la calidad del aire interior también aparece tabulada en esta sección del RITE tal y como se puede ver en *tabla 7*, en función de la concentración de CO₂.

CATEGORÍA	Concentración de CO ₂ (ppm)	
	Rango	Valores por defecto
IDA ₁	≤ 400	350
IDA ₂	400 ... 600	500
IDA ₃	600 ... 1000	800
IDA ₄	> 1000	1200

Tabla 7. Niveles de CO₂ según la calidad del aire interior exigida [10].

Estas exigencias de los niveles de CO₂ se dan según se trate de:

- **IDA 1:** hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías y similares
- **IDA 2:** oficinas, residencias (estudiantes y ancianos), locales comunes de edificios hoteleros, salas de lecturas, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y similares, piscinas y similares.
- **IDA 3:** edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de edificios hoteleros, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo las piscinas), salas de ordenadores y similares.
- **IDA 4:** nunca se empleará, salvo casos especiales que deberán ser justificados.

Este nivel de CO₂ suele medirse en el conducto de retorno de aire, procurando un buen acceso al mismo para su calibración e incidencia con la corriente de aire para su medición. Pero la selección de

los sensores para esta función es crítica, de forma que hay que evaluar su exactitud y el rango de respuesta, exigiéndose que el error sea inferior de 75 ppm y que sea calibrado en el momento de instalación. Normalmente los errores en la medida suelen deberse a condiciones de trabajo fuera de rango, tanto de temperatura como de concentración.

Recomendaciones:

- Un mínimo de sensor por zona cuando estén alimentados por sistemas de más de 850 m³/h de aire exterior.
 - Serán necesarios varios sensores si el sistema sirve espacios de diferentes niveles de ocupación.
 - Optimizar la distribución de aire en las zonas para que las variaciones de ocupación, y su consiguiente variación del caudal exterior, tenga un transitorio hasta alcanzar el equilibrio en su calidad de aire mínimo.
- **Control por presencia:** esta estrategia de control se basa en la medición directa de presencia. Este método es menos refinado, autónomo y fiable que el anterior, pero tiene mayor facilidad de implementación, lo cual resulta interesante. Esta facilidad proviene de que podemos saber el caudal de aire exterior a introducir en la zona según el RITE, especificados en *tabla 8*, simplemente conociendo las personas que ocupan una sala puesto que resultan directamente proporcionales.

CATEGORÍA	Caudal de aires exterior por persona (L/s)	
	Rango	Valores por defecto
IDA ₁	> 15	20
IDA ₂	10 ... 15	12,5
IDA ₃	6 ... 10	8
IDA ₄	< 6	5

Tabla 8. Tasa de ventilación por persona en función de la calidad de aire interior [10].

Como se ha dicho, es un control difícil de llevar a cabo por la problemática que presenta el conocer en todo la ocupación real de los locales. Se necesitaría interactuar con el usuario para poder llevarla a cabo y por tanto debería existir una concienciación por parte de estos. La ventaja que presenta este tipo de control es que tiene la simplicidad de actuar sobre la unidad directamente con la traducción del valor dispuesto por el usuario.

4.2.2.4.4 Limitaciones

La posibilidad de aplicar esta medida viene dada por la variación del número de ocupantes del local en todo momento, llegando a haber largos periodos de desocupación. Por ello las limitaciones vendrán de la mano del número de ocupantes, de la actividad, del horario y de las condiciones climáticas.

Cabe destacar para la viabilidad de esta medida que:

- Sería conveniente revisar la estanqueidad de las compuertas para conseguir un mayor ahorro de energía así como un mayor nivel de calidad del aire.
- La disponibilidad de espacio requerida por los condicionantes técnicos mencionados en el apartado anterior.
- La posibilidad de que el ventilador de impulsión (con velocidad variable) se adapte al nuevo punto de trabajo con un rendimiento aceptable.
- Nos debemos cerciorar de que las compuertas de aire exterior deben estar cerradas durante los periodos de pre-acondicionamiento previos a la ocupación. Y los extractores (en cocinas, cafeterías, etc.) deben funcionar únicamente cuando es necesario
- Comprobar las condiciones acústicas de la situación modificada.
- El mantenimiento regular debe ser previsto, ya que es una parte importante para mantener el sistema a un nivel óptimo. Es muy importante llevarlo a cabo, ya que el descuido del mantenimiento preventivo puede anular cualquier ahorro de energía esperado en el diseño.
- Así mismo, dentro del mantenimiento, los sensores deben ser inspeccionados y calibrados para asegurar un correcto funcionamiento, sobre todo los destinados al movimiento de las compuertas de paso del aire exterior y los sensores de CO₂. Si no se limpian o no están bien calibrados, pueden causar el empleo de energía excesiva o niveles de calidad de aire inadecuados.

Aparte, esta medida presenta dificultades unidas a la zonificación del sistema, es decir, en caso de tener diferenciadas varias zonas. Tenemos dos posibles casos:

- Cuando se trata de sistemas todo-aire, en los que a las zonas sólo se lleva aire y se hace de manera centralizada a varias zonas.
- Cuando se trata de sistemas mixtos, en los que además de llevar aire a las zonas se lleva otro fluido. En ellos el aire exterior suele ser pre-tratado en una unidad climatizadora de aire primario (CAP) que suele alimentar a varias zonas.

Cada zona debe tener un detector de CO₂, por lo que en este caso existen dos niveles de actuación de acuerdo a la medida del sensor: control del caudal de aire que le llega a esa zona y la regulación del caudal de aire que trata la CAP.

4.2.2.4.5 Ahorro energético previsto

Obtendremos con esta medida un ahorro proporcional a la disminución del volumen de ventilación introducido. Por lo que irá variando según todos los factores antes mencionados; y dependerá fuertemente del clima (condiciones del aire exterior), siendo más favorable su implementación tanto en invierno como verano en climas de alta severidad climática.

Por otro lado, cuanta mayor variabilidad de ocupación tenga el edificio, mayor será la oportunidad de optimizar el consumo en dichas zonas, es decir, la carga térmica debida a la ventilación. Esto supone ahorros energéticos elevados, ya que en la actualidad los sistemas se configuran para garantizar un nivel de ventilación crítico.

4.2.2.5 MODIFICACIÓN DEL CAUDAL DE INFILTRACIÓN

4.2.2.5.1 Descripción técnica

Se entiende como infiltración la entrada no intencionada de flujos de aire exterior al edificio a través de rendijas u otras aberturas, así como aquellas debidas al uso normal de apertura y cierre de puertas y ventanas. Por ello el objetivo de esta medida es reducir demanda de energía mediante la disminución de la entrada involuntaria del aire exterior que penetra en el edificio.

Será más interesante aplicarla cuanto mayor sea el porcentaje de huecos que posea el edificio en las fachadas orientadas en la dirección del viento dominante (ventanas y puertas), debido a la presión dinámica, o bien cuando el edificio sea alto y presente numerosas conexiones verticales como escaleras y huecos de ascensor, por el efecto de tiro que se produce en este tipo de edificios. Vemos en las *figuras 20 y 21* cómo aumenta la presión del viento con la altura del edificio y dónde es más acusado la influencia del viento, respectivamente.

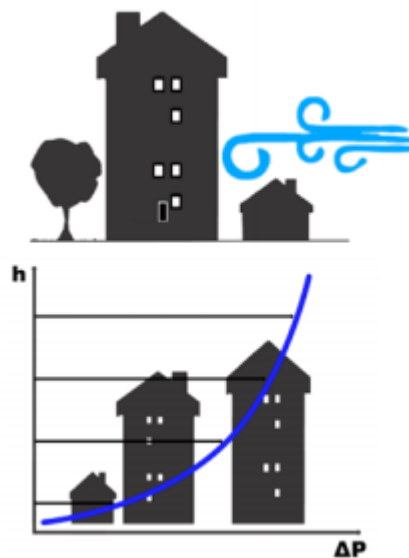


Figura 20. Incidencia de las presiones de viento de acuerdo a la altura en la edificación.

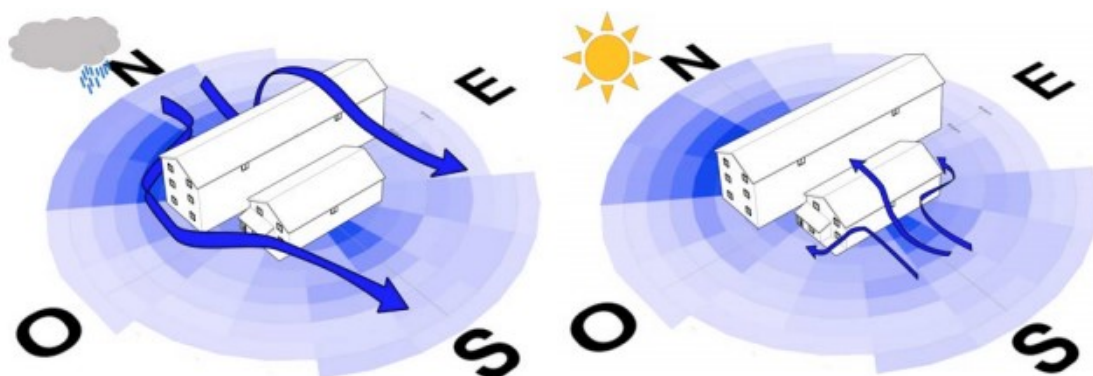


Figura 21. Exposición al viento en la edificación.

4.2.2.5.2 Criterios de diseño

El volumen de aire infiltrado dentro del edificio dependerá de la superficie total de estas pequeñas aberturas o juntas, así como del gradiente térmico y del grado de exposición al viento de la fachada.

Las infiltraciones de aire por tanto, tienen un efecto negativo tanto en invierno como en verano. En invierno, porque la entrada de aire exterior disminuye la temperatura media interior del edificio y en verano, porque provoca un aumento de la temperatura interior; aumentando en ambos casos la demanda de climatización. Además dicho efecto se verá incrementado conforme aumenta la velocidad del viento.

Aun siendo perjudicial en ambas, el efecto dado en los meses fríos es mayor que en los meses cálidos.

Así en verano, la infiltración no suele constituir un factor relevante en la demanda de refrigeración, debido a que en este periodo las velocidades del viento son menores, además de que el uso habitual de ventilación provoca unas sobrepresión en el local que se opone a la entrada de aire infiltrado.

Sin embargo en invierno, es más agresiva en ciertos climas esta inclusión de aire, ya que la diferencia de temperaturas en el exterior y el interior del local es mayor. Será además especialmente interesante aplicar esta medida cuando el sistema de calefacción del edificio no incorpora ventilación mecánica.

Para controlar y minimizar entonces este caudal de infiltraciones, el Código Técnico de la Edificación define y da valores de la permeabilidad del aire. Ésta se define como la propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial, y viene expresada en m^3/h . Será un parámetro importante a tener en cuenta para conseguir un mayor confort térmico de los espacios habitables. En la *figura 22* podemos ver los valores mínimos requeridos por el CTE en los elementos de edificios rehabilitados.

ZONA CLIMÁTICA DE INVIERNO							
Parámetro		α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾	$[W/m^2 \cdot K]$	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire	$[W/m^2 \cdot K]$	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾	$[W/m^2 \cdot K]$	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾	$[m^3/h \cdot m^2]$	< 50	< 50	< 50	< 27	< 27	< 27

Tabla 9. Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente.

Donde (2) se considera comportamiento conjunto de vidrio y marco, incluyendo lucernarios y claraboyas, y (3) la permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100 Pa.

Si bien, están dadas en función de la zona climática de invierno, donde como hemos dicho, es más acusado el nivel de infiltraciones. Podremos ver la diferenciación de zonas en la *figura 27* del punto 5.1.3 *Zonas climáticas*.

4.2.2.5.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Para conseguir dicha disminución del caudal de infiltración se recomienda sellar al máximo las grietas y rendijas de los edificios, así como la colocación de burletes de estanqueidad en ventanas y puertas, la instalación de puertas giratorias y vestíbulos y la instalación de puertas de cierre automático. Otra medida a tener en cuenta son los dispositivos de sombra exterior, comentados en el apartado 4.2.2.1 *Instalación y modificación de protecciones solares*, como pueden ser salientes laterales, contraventanas o celosías que actúan como deflectores del viento ayudando en la reducción de las infiltraciones.

En climas fríos, el control de las infiltraciones puede convertirse en un factor clave de ahorro energético, ya que controlando las renovaciones de aire por medio de sistemas mecánicos de flujo constante, conseguiremos reducir las pérdidas de calor.

Existe una estrategia estándar a nivel de construcción que basa la eficiencia energética de los edificios en un control máximo de sus infiltraciones, limitándolo en 0.6 renovaciones de aire por hora; el estándar Passiv Haus. Pero en España, dadas las buenas condiciones climáticas, no se suele tener en cuenta.

Sin embargo en climas suaves, este aspecto no es tan relevante en cuanto a la eficiencia energética, e incluso en climas cálidos y húmedos puede suponer una ventaja el hecho de aumentar la tasa de ventilación del edificio. De ahí que en España no se suele tener en cuenta la limitación de 0.6 ren/h que recomienda el estándar Passiv Haus antes mencionado.

En general, se intenta que el nivel de infiltración de los edificios, llevando a cabo esta mejora y poniendo especial atención en la ejecución de cerramientos exteriores, carpinterías y sellados, es posible reducir la tasa de infiltraciones por debajo de 2 ren/h a 50 Pa.

Y además de las medidas antes mencionadas, se pueden controlar las infiltraciones de aire a través de la ventilación haciendo que los caudales de aire exterior sean aproximadamente un 10% superiores a los de aire de extracción.

4.2.2.5.4 Limitaciones

Las limitaciones en este caso son simples, y vienen dadas por las condiciones climáticas de cada zona y por la orientación del edificio.

4.2.2.5.5 Ahorro energético previsto

Las infiltraciones tienen un impacto muy importante tanto en el confort de los usuarios como en el nivel de eficiencia energética del edificio. Sin embargo, como es habitual cuando hablamos de eficiencia energética en la edificación, el impacto de las infiltraciones dependerá de la zona climática en la que se encuentre el edificio y de la estación del año, siendo mayor el ahorro conseguido en invierno por la disminución de la carga de calefacción. De este modo, reducir de 5 a 2 ren/h a 50 Pa la tasa de infiltración, puede suponer un ahorro en la demanda de calefacción de casi 20 kWh/m² año, dependiendo del clima y del diseño del edificio.

El ahorro no será tan importante siempre, ya que la media de infiltraciones en edificios en España se encuentra alrededor de 3.5 ren/h. Aun así se estima que en edificios rehabilitados se puede reducir la tasa de

infiltración en un 30%, con sólo pequeños cambios, ya que la reducción del caudal de infiltración supone una disminución proporcional de la demanda energética. Aunque lo normal es que estos ahorros estén entre el 5 y el 15% de reducción del consumo de calefacción y refrigeración. Esto hace que la mejora de infiltraciones sea una medida relativamente barata en comparación al ahorro energético que se consigue con ella, teniendo en cuenta que debemos actuar tanto en el interior como el exterior del edificio.

4.2.2.6 MEJORA DE LA HERMETICIDAD DE LA TOMA DE AIRE EXTERIOR

4.2.2.6.1 Descripción técnica

El objetivo de esta medida es simplemente conseguir una reducción del consumo de energía en la producción frigorífica al disminuir el aire exterior en exceso a través de una mejora de la hermeticidad de la toma de aire exterior.

4.2.2.6.2 Criterios de diseño

Esta medida se toma para que las posibles fugas de aire o intrusiones de aire exterior se minimicen puesto que al mezclarse con el aire interior supondría una pérdida de eficiencia energética, al contribuir en un aumento o una disminución de la temperatura y humedad del aire tratado, o simplemente por verse afectada así la calidad del aire interior.

Esta medida es por tanto aplicable a cualquier tipo de unidad de tratamiento de aire (UTA), ya sea de caudal constante o caudal variable, y supone que la instalación de la zona servida por la UTA en cuestión trabaje durante ciertos períodos con ventilación nula.

4.2.2.6.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Con unas compuertas de aire exterior de mejor calidad conseguimos reducir entonces el caudal de fugas.

4.2.2.6.4 Limitaciones

Encontramos que la nueva compuerta debe tener unas características de regulación no inferiores a la existente, y debe estar bien fijada a los conductos de la instalación, de manera que se mantenga lo más hermética posible cuando está cerrada.

4.2.2.6.5 Ahorro energético previsto

La falta de hermeticidad de la compuerta de aire exterior cuando está en posición de cerrada equivale a la introducción de aire parásito. Por ello la potencia frigorífica empleada en tratar el caudal de fugas desde la condición exterior hasta la del ambiente interior representa un coste, tanto energético como económico, adicional que se debe evitar.

4.2.2.7 MEJORA DEL FACTOR TRANSPORTE DE AGUA POR DESCENSO DE PÉRDIDAS DE CARGA

4.2.2.7.1 Descripción técnica

Como es lógico, un transporte de agua inadecuado en la distribución hidráulica en las instalaciones puede acarrear infinidad de problemas. Todos ellos acaban traduciéndose en una penalización del ahorro energético, convirtiéndose en un derroche de energía y de dinero para solucionarlo.

Por ello es vital controlar que el transporte de agua, que es el fluido más utilizado y barato de transportar, se haga de manera correcta. Y mejor aún, si conseguimos disminuir las pérdidas de carga que se crean en dichas tuberías por el paso del fluido, ya que conseguiremos no sólo desperdiciar energía sino ahorrarla.

4.2.2.7.2 Criterios de diseño

Hay varias maneras de mejorar el transporte, no sólo disminuyendo las pérdidas de carga, sino evitando que por las tuberías circule vapor de agua y/o agua sobrecalentada, ya que podrían producir cavitación.

No existe un criterio de diseño específico pues el grado de aparición de éstas depende completamente de la instalación y del funcionamiento de ésta. Por ello el objetivo principal será disminuir al máximo las pérdidas de carga en la instalación, ya que no hay ningún mínimo o máximo establecido. Pero habrá que tener en cuenta también que una modificación de las pérdidas de carga de la red hidráulica arrastra, por lo general, un cambio de punto de operación de la bomba correspondiente. De manera que ésta tendrá que ser adaptada para mantener el mismo caudal de agua conservando o mejorando su rendimiento, o si no reemplazada por otra que cumpla los requisitos.

4.2.2.7.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Las **pérdidas de carga** referidas a una tubería o canal, son las pérdidas de presión en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Así dan lugar a dos tipos de pérdidas de carga (o pérdidas de energía) en tuberías:

- Pérdidas primarias: son pérdidas continuas que ocurren en el contacto del fluido con la superficie (capa límite), rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en flujo uniforme y por lo tanto, principalmente se producen en tramos de tuberías de sección constante.
- Pérdidas secundarias: son pérdidas accidentales o localizadas que tienen lugar en las transiciones (estrechamientos o expansiones en la tubería), en cambios de dirección (codos), regulación mediante orificios, la presencia de una válvula y en toda clase de accesorios de tuberías.

Son en estos elementos donde el fenómeno de la cavitación es muy frecuente, ya que son puntos donde se dan cambios bruscos de la velocidad del líquido. Los efectos que tiene son entre otros ruidos y golpeteos, vibraciones y erosiones del material. Es éste último el más relevante en nuestro caso, puesto que el daño de las tuberías supondrá una pérdida de carga del fluido, que a la larga se irá haciendo más acusado. De manera

que se necesitará una mayor energía para conseguir transportar la misma cantidad de fluido que al principio y un significativo desembolso económico para renovar el material dañado.

La manera más adecuada para evitar las pérdidas de carga y/o la cavitación y hacer que la instalación hidráulica sea efectiva, es elegir necesariamente las válvulas apropiadas:

- Válvulas de compuerta y de mariposa: para trabajar en posición abierta o cerrada completamente, pero no en posiciones intermedias.
- Válvulas de paso anular: son válvulas de control y serán elegidas en función de las condiciones de trabajo.
- En caso de no poder controlar la cavitación ni las pérdidas de carga mediante válvulas, habrá que modificar total o parcial la red hidráulica, eligiendo un nuevo patrón geométrico o de flujo conducente a una menor pérdida de carga.

Otra medida importante será una buena limpieza y mantenimiento de la red, prestando especial atención en los circuitos abiertos, para evitar que la suciedad acumulada en las tuberías provoque también una erosión de éstas, llevándonos a las mismas consecuencias que una pérdida de carga o la aparición de la cavitación.

4.2.2.7.4 Limitaciones

Las mayores dificultades radican en la posibilidad de remodelación de la propia red, ya que como hemos dicho, dicha modificación dependerá de la instalación y de la actividad de ésta.

4.2.2.7.5 Ahorro energético previsto

Esta medida reduce los costes energéticos asociados al transporte de agua, tanto más cuanto mayor sea la eficiencia de la red hidráulica, es decir, cuanto menor sea la pérdida de carga existente en ella. Y dependerá de la instalación.

4.2.2.8 MEJORA DEL FACTOR TRANSPORTE DE AIRE POR DESCENSO DE PÉRDIDAS DE CARGA

4.2.2.8.1 Descripción técnica

Al igual que en el caso de la pérdida de carga en tuberías de agua, en las redes de conductos también un transporte de aire inadecuado en las instalaciones puede traer consigo ciertos problemas que terminen aumentando el gasto energético y económico.

Por ello es esencial diseñar una red de conductos previa evaluación de la resistencia al paso del aire que ofrece el conducto de manera que se puedan minimizar las pérdidas de presión a las que esta resistencia dará lugar.

En el caso de edificios existentes, donde la red de transporte de aire ya esté diseñada e instalada habrá que realizar un control y mantenimiento continuo, ya que podría producirse un indeseado aumento de las pérdidas de carga.

4.2.2.8.2 Criterios de diseño

Los conductos de aire son elementos estáticos de la instalación, a través de los cuales circula el aire en el interior del edificio, conectando todo el sistema: aspiración, unidades de tratamiento, locales de uso, retorno y evacuación del aire viciado.

El objetivo de esta red de conductos es llevar el aire exterior al local consiguiendo una cierta calidad del aire interior y un confort térmico para los ocupantes. Pero estos conductos de aire pueden presentar diversos factores que influyen en dichos objetivos. Se trata de variaciones de las magnitudes físicas del aire (temperatura y humedad), condensaciones, desequilibrios de presión, ruido en la red de conductos y atenuación acústica, factores exógenos y endógenos de calidad de aire, ..

Podemos encontrar varias medidas para favorecer estos inconvenientes, pero es actuando sobre el transporte de aire en los conductos donde conseguiremos mejorar el gasto energético, en este caso, acerca de los desequilibrios de presión. Estos dependerán de cómo sea la red de conductos de la instalación, así como de las propiedades del aire en cada momento. Y podrá aplicarse en todos los sistemas todo-aire y mixtos aire-agua, en los que se haya detectado un factor de transporte de aire inadecuado.

En cuanto a las redes de conductos el RITE establece unas categorías de los sistemas de conductos teniendo en consideración tanto el ventilador de impulsión como el de retorno en *IT 1.2.4.2.5. Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos*:

- Se indicará la categoría a la que pertenece cada sistema, considerando el ventilador de impulsión y el de retorno, de acuerdo con la siguiente clasificación:

CATEGORÍA DE LOS VENTILADORES				
Categoría		Potencia Específica $W/(m^3 \cdot s)$		
Sistemas de ventilación y extracción	SFP ₁		$W_{esp} <$	500
	SFP ₂	500	$< W_{esp} <$	750
Sistemas de climatización	SFP ₃	750	$< W_{esp} <$	1.250
	SFP ₄	1.250	$< W_{esp} <$	2.000
	SFP ₅	2.000	$< W_{esp}$	

Tabla 10. Categorías de los sistemas de conductos [10]

De manera que la potencia específica absorbida por cada ventilador debe estar en dichos rangos.

4.2.2.8.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Como se quiere actuar sobre la red de conductos para disminuir las pérdidas de carga que se producen en ella, pasaremos a ver los dos tipos de carga que provoca el progreso fluido-dinámico del aire en los conductos:

- **Pérdidas de carga por rozamiento:** Se deben a la viscosidad del fluido y a las variaciones de dirección y choques de las partículas de aire en las condiciones habituales para la climatización.

Las pérdidas se producen a lo largo de toda la extensión lineal del conducto, y se expresan en valores de pérdidas de la presión total por unidad de longitud del conducto (Pa/m ó mm.c.a./m). Su valor dependerá de la geometría del conducto, del tipo de material, y unas condiciones del aire en temperatura y densidad, así como de presión atmosférica (altura).

- **Pérdidas de carga locales o dinámicas:** Corresponden a aquellos puntos o tramos donde el flujo sufre perturbaciones de velocidad por cambios de direcciones o variación de sus valores absolutos.

Estas pérdidas dinámicas, aunque se producen en toda la longitud de un conducto, a efectos prácticos se suponen localizadas en las zonas que afectan al cambio en la velocidad que se ha mencionado.

Aparte cabe destacar, que estas pérdidas de carga se verán incrementadas por un uso inadecuado de los ventiladores de la instalación así como de la disposición y orientación de las rejillas y bocas de distribución. De manera que habrá que estudiar no sólo cual es la pérdida de carga más desfavorable, de forma que el/los ventiladores venzan esa carga, sino cual es la velocidad óptima de paso de aire por los componentes de aspiración y distribución de dicho aire. Conseguiremos así reducir las pérdidas de carga manteniendo el mismo caudal de aire y que la distribución final en los locales no se vea modificada sensiblemente. Para calcular los consumos actual y previsto será preciso entonces obtener previamente las características de potencia como función de la pérdida de carga para los ventiladores de impulsión y retorno. De esta manera conseguiremos que la red de conductos funcione lo más eficiente posible y por tanto obtengamos un ahorro energético.

Cierto es, que a veces un simple mantenimiento y limpieza de la instalación, nos dará la posibilidad de disminuir en gran medida estas pérdidas de carga, ya que tanto las baterías como los filtros tienden a ensuciarse por la cantidad de polvo y partículas que entran con el aire exterior, de manera que impiden tanto

el correcto funcionamiento de la instalación como que el aire que llegue al local tenga las características óptimas.

4.2.2.8.4 Limitaciones

Las mayores dificultades radican en las posibilidades de remodelar en mayor o menor medida la red de conductos, ya que variará de unas instalaciones a otras.

4.2.2.8.5 Ahorro energético previsto

El ahorro energético previsto variará totalmente de unos edificios a otros puesto que dependerá de los factores antes mencionados, los cuales no son los mismos en cada caso. Aun así, en toda instalación en la que el transporte de aire por los conductos se separe un poco de la ideal, se podrá conseguir una reducción de consumo energético, imposible de estimar a priori sin conocer la instalación en lo referente a la disminución de pérdidas de carga. En cuanto a la variación de la velocidad de los ventiladores de acuerdo con los requerimientos de acondicionamiento del edificio y las presiones óptimas de diseño satisfaciendo todas las zonas de confort, la energía usada por el ventilador se puede ver reducida en hasta un 30%.

4.2.2.9 EMPLEO DE BOMBA DE CALOR EN GENERACIÓN

4.2.2.9.1 Descripción técnica

Las bombas de calor son capaces de forzar el flujo de calor en la dirección contraria a su forma natural, ya que el calor suele fluir de las altas temperaturas a las bajas temperaturas. Sin embargo, utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña consiguen que el calor fluya de las bajas temperaturas a las altas. Las bombas de calor pueden transferir este calor desde las fuentes naturales del entorno a baja temperatura (foco frío), tales como aire, agua o la propia tierra, hacia las dependencias interiores de los edificios que se pretendan calefactar (foco caliente), o bien para emplearlo en procesos que precisan calor en la edificación o la industria, como es el caso del agua caliente sanitaria.

Las bombas de calor también pueden ser utilizadas para refrigerar. En este caso la transferencia de calor se realizará en el sentido contrario, es decir desde la aplicación que requiere frío al entorno que se encuentra a temperatura superior. Se trata de bombas de calor reversibles, es decir, se pueden utilizar para calentar en invierno, y enfriar en verano. En el primer caso, el recinto es la zona caliente y en el segundo es la zona fría de la que se extrae el calor. Pero para que la bomba de calor funcione en ambos sentidos es preciso invertir el flujo de calor y adecuarlo a cada caso, lo que se consigue fácilmente con una válvula inversora. Esto representa una gran ventaja, pues un solo equipo puede hacer las funciones de dos sistemas; el de calefacción y el de refrigeración.

4.2.2.9.2 Criterios de diseño

Esta medida tiene un amplio campo de aplicación aunque su materialización depende de numerosas circunstancias.

La principal es la zona climática donde vaya a ser aplicado, puesto que una de las desventajas que presentan estos aparatos es que, la potencia calorífica que suministra una bomba de calor desciende a medida que la temperatura exterior baja, ya que la potencia calorífica es función del caudal máximo de refrigerante que el compresor bombea al circuito, y la densidad de éste desciende evaporándose el refrigerante a temperaturas más bajas. Por ello, con carácter general, las posibilidades de aplicarla aumentan cuando la temperatura de suministro disminuye y el foco frío está a un nivel térmico elevado. Son por tanto más adecuadas para la reconversión las instalaciones de calefacción resueltas a base de paneles radiantes, unidades de tratamiento de aire (UTA), siendo más dudosa, desde un punto de vista energético, la incorporación a instalaciones de calefacción por radiadores.

En caso de ser usada la bomba de calor para producir agua caliente sanitaria, se deberá comprobar que el equipo de transferencia agua del generador/agua de consumo, en caso de existir, sigue siendo válido o por el contrario necesita modificaciones.

Aparte, la aplicabilidad de esta máquina aumenta cuando la bomba de calor se ocupa de los períodos a carga parcial, reservando los generadores existentes para los períodos de arranque a carga elevada.

En cuanto al diseño de la bomba de calor adaptada a cada instalación, ha de estudiarse bajo la óptica del COP medio estacional y no sobre valores nominales de diseño de dicho parámetro. Igualmente, la comparación

con la generación térmica convencional debe realizarse en términos homogéneos, es decir, con el rendimiento medio estacional de los generadores existentes.

La bomba de Calor en sí, fue reconocida como energía renovable en determinadas condiciones por la *Directiva 2009/28/CE*, la cual dice que *las bombas de calor que podrán considerarse como renovables son aquellas en las que la producción final de energía supere de forma significativa el consumo de energía primaria necesaria para impulsar la bomba de calor.*

Por otro lado, para determinar el valor de las prestaciones medias estacionales (SPF) de las bombas de calor, debe seguirse la norma EN 14825:2012. En ella se establece una metodología para que determinadas bombas de calor accionadas eléctricamente puedan ser consideradas como bombas de calor renovables:

$$SPF = COP_{\text{nominal}} \cdot FP \cdot FC$$

Estos valores son determinados en el documento “Prestaciones medias estacionales de equipos y sistemas de producción de frío y calor en edificios de viviendas”, y son hallados dependiendo la zona climática, el tipo de sistema de calefacción de la instalación como se puede ver en la *tabla 11* y la temperatura de distribución de la calefacción en la *tabla 12*.

Fuente Energética de la bomba de calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aerotérmica. Equipos individuales tipo split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica.	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto.	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

Tabla 11. Factores de ponderación para sistemas de calefacción y/o ACS con bombas de calor.

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00					
40	0,87	1,00				
45	0,77	0,89	1,00			
50	0,68	0,78	0,88	1,00		
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

Tabla 12. Factores de corrección en función de las temperaturas de condensación.

La eficiencia nominal de las bombas de calor es, actualmente, una de las mayores que se pueden obtener. En condiciones óptimas, se pueden alcanzar valores de COP entre 5 y 6 dependiendo de los focos contra los cuales la maquina trabaje. Estos valores de COP se mantendrán en mayor o menor medida constante en

función de dichos focos.

4.2.2.9.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Las bombas de calor se pueden clasificar según diferentes criterios, estando la modalidad de la bomba bastante influenciada por la disponibilidad del fluido frío. De manera que las fuentes térmicas más comunes son el aire exterior o el aire de impulsión, el agua de condensación o el agua de pozo. A partir de estas fuentes podemos encontrarnos los siguientes tipos de bombas de calor.

Según el tipo de proceso:

- **Bombas de calor:** cuyo compresor está impulsado mecánicamente por un motor eléctrico de gas, diésel o de otro tipo.
- **Bombas de calor de absorción:** son bombas de accionamiento térmico, en las que el ciclo se impulsa mediante calor a temperaturas elevadas.
- **Bombas de calor electrotérmicas:** funcionan según el efecto Peltier.

Según su construcción:

- **Bombas de calor compactas:** en las que todos los elementos que constituyen la bomba de calor se encuentran alojados dentro de una misma carcasa.
- **Bombas de calor split o partidas:** están constituidas por dos unidades separadas. Una exterior donde se aloja el compresor y la válvula de expansión y una interior. De esta manera se consiguen evitar los ruidos en el interior del local.
- **Bombas de calor multi-split:** están constituidas por una unidad exterior y varias unidades interiores.

Según su funcionamiento:

- **Bombas de calor reversibles:** pueden funcionar tanto en ciclo de calefacción como en ciclo de refrigeración, invirtiendo el sentido de flujo del fluido.
- **Bombas de calor no reversibles:** sólo funcionan en ciclo de calefacción.
- **Termofrigobombas:** aquellas que producen simultáneamente frío y calor.

Según el medio de origen y según el destino de la energía:

- **Bombas de calor aire-aire:** son las más utilizadas, principalmente en climatización, aunque según la zona climática, no son recomendables.
- **Bombas de calor aire-agua:** se utilizan para producir agua fría para refrigeración o agua caliente para calefacción y agua sanitaria.
- **Bombas de calor agua-aire:** permiten aprovechar la energía contenida en el agua de los ríos, mares, aguas residuales, etc. Producen unos rendimientos energéticos mejores que las que utilizan aire exterior, debido a la mayor uniformidad de la temperatura del agua a lo largo del año.
- **Bombas de calor agua-agua:** similares a las anteriores, excepto que los emisores son radiadores a baja temperatura, fan-coils o suelo radiante.
- **Bombas de calor tierra-aire y tierra-agua:** aprovechan el calor contenido en el terreno.

Estas últimas son las que se suelen aplicar en climatización de edificios. Pero en todas ellas, el sistema debe incorporar además del equipo de bomba de calor elegido, la captación del fluido frío y la distribución del caloportador.

La principal ventaja de estas máquinas es que no requieren apenas mantenimiento, salvo una limpieza periódica del filtro de aire y sustitución del refrigerante cuando este pierdes sus propiedades.

La utilización de la bomba de calor para proporcionar refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria en viviendas o edificios, es una aplicación ampliamente difundida en España. La casi totalidad de equipos existentes en el mercado son de tipo reversible, pudiendo trabajar en dos ciclos: de invierno, proporcionando calefacción y de verano, proporcionando refrigeración. Es por esta razón que las bombas de calor están especialmente indicadas para situaciones en las que se prevea demanda de calefacción y refrigeración, ya que con un incremento en el precio del equipo, se pueden cubrir ambas necesidades con el mismo equipo. Además, la gama de potencias comercializadas es lo suficientemente amplia como para cubrir las necesidades de cualquier vivienda.

En el caso de la climatización del sector terciario, también es una aplicación muy habitual, ya que los grandes edificios se caracterizan por sus elevadas cargas internas de calor, ya sean originadas por la iluminación, los equipos existentes o el grado de ocupación. Por otra parte, sus fachadas suelen tener orientaciones diferentes, por lo que se presentan simultáneamente zonas en las que debido a la insolación y las cargas internas necesitan ser refrigeradas, mientras que otras zonas del edificio demandan calefacción.

Por otro lado, como ya se ha comentado, la bomba de calor también puede utilizarse para la producción de agua caliente sanitaria, donde el foco caliente o sumidero de calor es el agua. Para empezar, en este caso el COP estacional es superior al de la aplicación para climatización, ya que su utilización tiene lugar durante todo el año. En segundo lugar, el COP práctico en verano es muy elevado a consecuencia de las altas temperaturas del aire exterior. Y por último, dado que el pico de demanda de agua caliente sanitaria se da a primeras horas de la mañana, resulta económica la producción y acumulación de agua caliente sanitaria mediante la bomba de calor durante la noche, acogiéndonos de esta forma a la tarifa nocturna. Así conseguiremos además un importante ahorro económico.

4.2.2.9.4 Limitaciones

Las derivadas de las posibilidades de espacio y acceso de maquinaria. No sólo por el hecho de tener que incorporar la máquina de la bomba de calor en sí, sino que como se comentó antes, si nos encontramos con temperaturas exteriores bajas, esto se traduce en un descenso del caudal máximo de refrigerante que circula por el circuito, por lo que deberá existir un recipiente de almacenamiento para guardar el refrigerante sobrante, lo que hace que la instalación requiera de un mayor espacio para poder implantar la medida.

Entonces encontramos las siguientes limitaciones tanto en la producción de calefacción como de agua caliente sanitaria (ACS):

- Hay que prestar atención a la capacidad de carga del emplazamiento en caso de que ésta no se ubique en sótano.
- La posibilidad de empleo de bomba de calor debe hacerse tras haber contemplado el incremento del rendimiento medio estacional de la generación existente.

- Plantea frecuentes dificultades la versión aire/aire en la captación y expulsión del aire de alimentación al evaporador.
- A veces la limitación se da en la falta de potencia eléctrica disponible para suministro a la bomba de calor.
- La bomba de calor puede aumentar los niveles de ruido en la instalación, por lo que conviene sopesar las limitaciones acústicas sobre todo en las modalidades con aire en el evaporador.

4.2.2.9.5 Ahorro energético previsto

El objetivo final de la medida es lograr un rendimiento energético de la producción térmica mediante la bomba de calor, superior al alcanzable mediante los generadores existentes. Esto es posible debido a las ventajas que aportan este tipo de bombas. La principal es su alta eficiencia energética en calefacción, ya que es capaz de aportar más energía que la que consume (aproximadamente entre dos y tres veces más). Esto se debe a que el equipo recupera energía gratuita del ambiente exterior y la incorpora como energía útil para calefacción. Logrando consumir menos energía que otros sistemas de calefacción, reduciendo además costes y emisiones de CO₂.

4.2.2.9.6 Ahorro económico previsto

En ocasiones la incorporación de la Bomba de Calor puede representar un ahorro económico para el usuario, sin que conlleve una reducción de energía.

4.2.2.10 RECUPERACIÓN DEL CALOR DEL AIRE DE EXTRACCIÓN MEDIANTE BOMBA DE CALOR

4.2.2.10.1 Descripción técnica

Hay algunas ocasiones, en el que el calor extraído por la bomba en el enfriamiento es utilizado para cubrir una demanda simultánea de calor. Se trata de un uso específico de las bombas de calor vistas en el apartado 4.2.2.9 *Empleo de bomba de calor en generación*. La bomba de calor recupera el calor del aire de extracción para calentar parcial o totalmente una corriente de aire o agua, de manera que proporcione calefacción. Esta es una fuente de calor muy común en edificios residenciales y comerciales.

4.2.2.10.2 Criterios de diseño

Será posible adoptar esta medida en cualquier sistema de climatización que presente inversión simultánea, o sea, necesidades de frío en ciertas zonas y de calor en otras al mismo tiempo. Además existen sistemas diseñados para trabajar con una combinación de aire natural y aire de extracción.

Para llevar a cabo esta medida:

- Se requiere la incorporación de la bomba de calor y la canalización hasta ella de la corriente de extracción.
- La versión más frecuente es la bomba de calor aire-agua, lo que implica la modificación de la red de tuberías de agua caliente que abastecen a las unidades de tratamiento de aire (UTA) ligadas a la recuperación.
- Debe existir disponibilidad de potencia eléctrica suficiente para la alimentación de la bomba de calor, pero en el caso de la modalidad de la bomba de calor de aire-aire de extracción, se admite que ésta no dé la potencia térmica calorífica total, ya que será completada en las unidades de aire (UTA) por sus baterías de calefacción. Esto es porque en este caso, el aire caliente a la salida del condensador de la bomba de calor, alimenta a las unidades de tratamiento de aire (UTA) ligadas a la recuperación.
- Como ya se comentó en la medida anterior, habremos de asegurarnos que no queda perturbado el nivel acústico tanto de los locales propios como de los colindantes ajenos a la instalación.

Por otro lado, cabe resaltar que este tipo de bombas de calor mueven el calor de las zonas más frías a las zonas más cálidas bombeándola, por lo que no funciona como fuente primaria de calor. Es una fuente de calor suplementaria que devuelve al edificio el calor que este mismo edificio ha emitido, ya que el aire interior suele estar entre los 20 y los 25°. Por esta razón el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE) nos dice acerca de esta medida en *IT 1.2.4.5.2. Recuperación de calor del aire de extracción*, que:

- En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m³/s, se recuperará la energía del aire expulsado.
- Alternativamente al uso del aire exterior, el mantenimiento de la humedad relativa del ambiente puede lograrse por medio de una bomba de calor, dimensionada específicamente para esta función,

que enfríe, deshumedezca y recaliente el mismo aire del ambiente en ciclo cerrado.

4.2.2.10.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Las bombas destinadas a este uso específico son:

- **Bombas de calor aire-aire de extracción:** que transfieren el calor del aire de salida de un local o edificio al aire de suministro, al agua caliente del grifo y/o al sistema hidráulico de calefacción (suelo radiante, radiadores,...). Para ello se requiere de extracción mecánica y un cierto caudal de intercambio de aire para mantener su potencia de salida. Podemos ver en la *figura 22* la actuación en invierno y en verano.
- **Bombas de calor aire-agua de escape:** que transfieren calor a un circuito de calefacción y a un tanque de agua caliente sanitaria.

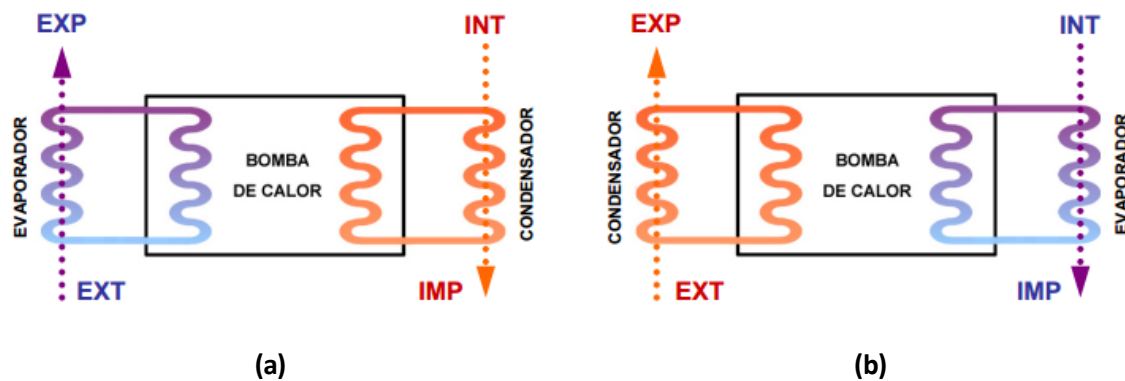


Figura 22. Bomba de calor aire-aire estándar

a) Modo invierno, b) Modo verano.

En el recuperador de calor (del aire de extracción) termodinámica, los rendimientos son muy elevados, debido al aprovechamiento de una fuente de energía estable. En este caso, la contenida en el aire de extracción. Estos aparatos aportan (o eliminan) una cantidad más constante de calor y menos dependiente de las condiciones exteriores. Esta es la diferencia con un recuperador de calor convencional, en el que el calor que se utiliza para precalentar el aire nuevo es menor debido a que no tiene que añadirle la potencia absorbida por el compresor, como es el caso de la bomba de calor. No obstante, con esta última se consigue una eficiencia mucho mayor manteniéndose el COP, ya que no ha variado la temperatura del aire que se está extrayendo. Y se suele usar este tipo de bomba de calor como deshumectador en verano.

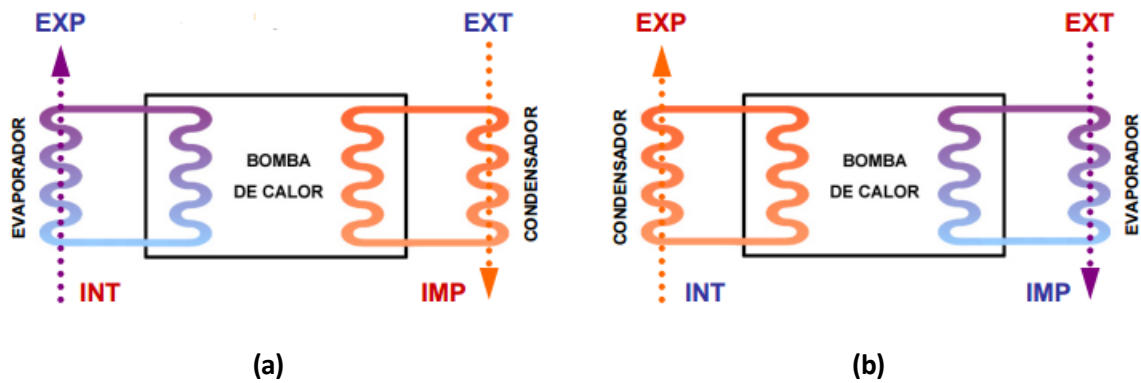


Figura 23. Bomba de calor termodinámica (recuperación de calor del aire de extracción)

b) Modo invierno, b) Modo verano.

También es posible llevar a cabo una configuración multifuncional, de manera que se produzca simultáneamente la acumulación de calor con apoyo solar y el aprovechamiento del calor del aire de extracción. Son combinaciones de bombas de calor con otras fuentes de generación térmica, sean renovables o convencionales, en determinadas aplicaciones para lograr una mayor rentabilidad de las inversiones. Se les llama también sistemas híbridos.

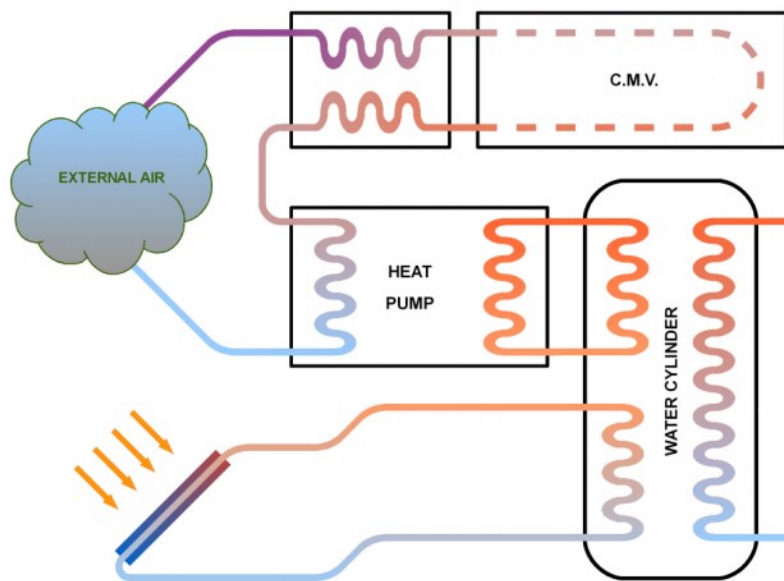


Figura 24. Configuración multifuncional.

Otra solución que ofrecen las bombas de calor es la transferencia del calor sobrante de unas zonas del edificio a otras con necesidades de calefacción. Es el caso de edificios muy compartimentados. Suelen ser bombas de calor del tipo agua-aire, y se encuentran repartidas por los locales y conectadas entre sí mediante un circuito de agua. De esta forma, las bombas de calor situadas en locales con necesidades de calefacción, toman el calor del circuito de agua y lo ceden al aire, y en los locales con necesidades de refrigeración, las bombas de calor evacúan al circuito de agua el calor excedente; por ello este bucle de agua conservará una temperatura constante, de entre 20 y 30°C. Para lograr esto, se incorpora un dispositivo compensador (una caldera o un dispositivo de enfriamiento), haciéndolo intervenir según la necesidad, ya que cuando una de las necesidades, bien de calor o bien de frío, llegue a ser preponderante, el excedente de la otra producción provocará un calentamiento o un enfriamiento del bucle de agua.

4.2.2.10.4 Limitaciones

Las limitaciones de esta medida se asocian al espacio disponible para el emplazamiento de la bomba de calor y las canalizaciones de la instalación. Da problemas también en casos en que las corrientes de extracción están muy distribuidas.

Otra de las restricciones es la disponibilidad de potencia eléctrica suficiente para la alimentación de la bomba de calor.

4.2.2.10.5 Ahorro energético previsto

El ahorro a conseguir estará ligado al grado de sustitución que la bomba de calor represente sobre el sistema de producción de calor, pero por regla general, los costos de energía del edificio se reducen considerablemente y además contribuyen a aminorar las emisiones de carbono.

Estos sistemas tienen un período de amortización de 5-7 años, según el fabricante Caverion, con un retorno de la inversión del 15% aproximadamente, mientras que la vida útil del sistema es de cerca de 20 años.

4.2.2.11 MEJORA DEL TRANSPORTE POR CAMBIO A BOMBAS HIDRÁULICAS MÁS EFICIENTES

4.2.2.11.1 Descripción técnica

Las bombas hidráulicas son los mecanismos encargados de producir presión hidráulica hasta el valor nominal que precise el sistema de acuerdo con sus condiciones de diseño. Para ello la bomba se alimenta de un fluido almacenado y la energía que ésta requiere se obtiene a partir de un motor eléctrico en el caso de las edificaciones.

Al incrementarse la energía del fluido, este aumenta tanto su presión como su velocidad y su altura, de manera que las bombas se utilizan para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud, y lo hacen sin alterar la densidad del fluido de trabajo.

4.2.2.11.2 Criterios de diseño

Esta medida podrá ser aplicada en toda red hidráulica donde se haya detectado muy bajo rendimiento de las bombas de circulación. Para proceder a su cambio debemos tener en cuenta que la bomba debe estar acoplada a un motor que la haga funcionar, pero el RITE nos prohíbe que estos motores estén directamente acoplados a las bombas en *IT 1.2.4.2.6. Eficiencia energética de los motores eléctricos*. Además según *IT 1.2.4.2.5. Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos*, habrá de equilibrarse de nuevo el circuito de la instalación tras el cambio de bomba, empleando válvulas de equilibrado si fuese necesario.

Por lo demás, tendremos que conocer el rendimiento de las diferentes bombas en aplicación a cada sistema para elegir la más eficiente y que consigamos con dicho cambio un importante ahorro energético pese al previo desembolso económico.

Cuanto mayor sea este rendimiento, mayor será la eficiencia de la bomba en su función de bombear líquido a presión con el mínimo aporte de energía al eje de la bomba. Por ello pasado un número determinado de años tendremos que proceder a cambiar las bombas. Según la Comisión Europea (CE), los rendimientos suelen disminuir entre un 10 y un 15% en comparación con sus valores originales en sus primeros años de operación. Esto suele ser debido principalmente a desgastes mecánicos y a la oxidación de éstas, pero a veces el bajo rendimiento es imputable al motor de arrastre únicamente, en cuyo caso la acción sobre el cuerpo de bomba no resultaría eficaz.

4.2.2.11.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

La principal clasificación de las bombas se hace según el funcionamiento en que se basen:

- **Bombas de desplazamiento positivo:** son elementos destinados a transformar la energía mecánica en hidráulica, de modo que el aumento de presión se realiza por el empuje de las paredes de las cámaras que contienen el fluido, que varían su volumen. Este tipo de bombas suministra la misma cantidad de líquido en cada ciclo o revolución del elemento de bombeo, de manera independiente de la presión a la que se encuentre el líquido a su salida. Como dichas bombas generan de manera positiva un volumen dado o cilindrada, se denominan

también **bombas volumétricas**.

En este tipo de bombas, la cantidad de líquido que se fuga interiormente es mínima, y prácticamente despreciable en el cómputo global. Esta característica hace que sean bombas de alto rendimiento, no siendo inferior al 85%. Además de esta característica encontramos que la bomba se detendrá automáticamente en caso de llegar a un valor determinado de esfuerzo a vencer por el sistema, dejando de dar caudal y consiguiendo que no se produzca un derroche de energía sin sentido. El inconveniente es que no se dispone de un control preciso de la velocidad de movimiento del sistema al llegar al valor concreto de presión antes mencionado, puesto que el caudal va disminuyendo de manera notable.

Según el elemento de bombeo, estas bombas hidrostáticas se dividen en dos grupos principales:

- **Bombas de caudal variable:** en caso de poder variar el volumen máximo de la cilindrada. El caudal de salida en este tipo de bombas puede cambiarse y alterar la geometría del elemento de bombeo o la cilindrada del mismo.
- **Bombas de caudal fijo:** en caso de que el desplazamiento de fluido en cada cilindrada se mantenga constante en cada ciclo o revolución, ya que el caudal es constante a una velocidad de trabajo determinada.

A su vez este tipo de bombas pueden subdividirse en

- **Bombas de émbolo alternativo:** tienen uno o varios compartimentos fijos pero de volumen variable, por la acción de un émbolo o de una membrana. En ellas el movimiento del fluido es discontinuo y los procesos de carga y descarga se realizan por válvulas que abren y cierran alternativamente. De este tipo son la bomba alternativa de pistón, rotativa de pistones y de pistones de accionamiento axial.
- **Bombas volumétricas rotativas o rotoestáticas:** una masa fluida es confinada en uno o varios compartimentos que se desplazan desde la zona de entrada (de baja presión) hasta la zona de salida (de alta presión) de la máquina. De este tipo son la bomba de paletas, de lóbulos, de engranajes, de tornillo y peristáltica.
- **Bombas rotodinámicas:** su principio de funcionamiento está basado en el intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido. Aplicando hidrodinámica. En este tipo de bombas hay uno o varios rodets con álabes que giran generando un campo de presiones en el fluido, siendo continuo el flujo.

A su vez pueden subdividirse en:

- **Bombas radiales o centrífugas:** cuando el movimiento del fluido sigue una trayectoria perpendicular al eje del rodete impulsor.
- **Bombas axiales:** cuando el fluido pasa por los canales de los álabes siguiendo una trayectoria contenida en un cilindro.
- **Bombas diagonales o helicocentrífugas:** cuando la trayectoria del fluido se realiza en otra dirección entre las anteriores, es decir, en un cono coaxial con el eje del rodete.

Pero además de dividir las según el elemento de bombeo, también podemos clasificarlas según el tipo de accionamiento:

- **Electrobombas.** Genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las motobombas, habitualmente accionadas por motores de combustión interna.
- **Bombas neumáticas:** son bombas de desplazamiento positivo en las que la energía de entrada es neumática, normalmente a partir de aire comprimido.
- **Bombas de accionamiento hidráulico:** como la bomba de ariete o la noria.
- **Bombas manuales:** un tipo de bomba manual es la bomba de balancín.

4.2.2.11.4 Limitaciones

Las limitaciones que encontramos a la hora de elegir una nueva bomba, ya sea del mismo tipo o de otro, será la compatibilidad que estas tengan con la instalación de los edificios existentes, así como de la potencia que requiera nuestro sistema. Esto es así porque la bomba debe estar fabricada de los materiales adecuados según el fluido que se maneje, y deberá ser elegida para dar el punto óptimo de rendimiento. Si esto último no es así habrá de que colocarse una válvula de regulación para adecuar su punto de funcionamiento con la consecuente pérdida energética.

Además de que requieren de un buen mantenimiento para evitar fenómenos de oxidación o incrustaciones que afecten negativamente a la máquina, en general, las limitaciones técnicas para llevar a cabo esta mejora son mínimas, a excepción de su alto precio en el mercado.

4.2.2.11.5 Ahorro energético previsto

Como ya hemos visto, las bombas de desplazamiento positivo o volumétricas son las de mayor rendimiento. Esto es porque las fugas internas suponen un elevado consumo de energía mecánica desaprovechada al no convertirse en energía hidráulica, por lo que al ser éstas las de menor caudal fugado, serán las más eficientes disminuyendo así el consumo de energía y conllevando a un mayor ahorro tanto energético como económico.

Aun así todo dependerá de cada instalación, pero con la adecuación de nuevas y mejores bombas se mejorará el factor de transporte de agua, y por tanto se reducirá el coste energético asociado.

4.2.2.12 CAMBIO DE CAUDAL CONSTANTE A CAUDAL VARIABLE

4.2.2.12.1 Descripción técnica

Llevar a cabo esta mejora es establecer el caudal de circulación de agua en función de la carga térmica a combatir. De esta manera conseguimos que llegue a cada punto de la instalación solamente el caudal exacto que se necesite, de manera que se consiga un gran ahorro tanto energético como económico.

Esto se podrá llevar a cabo en aquellos procesos que involucren bombas, siendo los organismos operadores de agua potable los que tienen mayor potencial de ahorro de energía mediante la aplicación de velocidad variable a sus sistemas de bombeo directo a la línea.

Según Schneider Electric, el 60% de la electricidad consumida en la industria es utilizada en motores para bombeo y ventilación y el 63% de esta energía se utiliza para aplicaciones con fluidos. Los porcentajes difieren en el ámbito de la edificación, donde son menores, pero estos nos dan una idea de que el ahorro que se puede conseguir con esta medida es grande.

Esto es así porque en muchas instalaciones el caudal de agua es impulsado por soluciones de arranque de motor simple. Esto significa que el motor funciona a máxima velocidad, aun cuando se requieren bajos niveles de flujo.

4.2.2.12.2 Criterios de diseño

Para la puesta en práctica de la medida será necesario entonces, no sólo incorporar bombas de caudal variable, sino que habrá que adaptar la red hidráulica al nuevo patrón de circulación y modificar los elementos de regulación a fin de lograr dicho caudal variable. Y esto diferirá en cada instalación.

4.2.2.12.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

En muchas ocasiones es preciso trabajar en condiciones de caudal inferiores al nominal. En esta situación, implantando el sistema de regulación de caudal más apropiado, se pueden realizar planteamientos que permitan ahorros energéticos considerables. Los métodos de regulación de caudal más utilizados son:

- **Regulación del caudal por arranque-parada:** para poder aplicar este método habrá de disponer en la instalación de bombeo de un depósito de almacenamiento suficientemente grande, de tal manera que durante los periodos en que la bomba esté en marcha se esté bombeando el líquido de que se trate con el máximo rendimiento, mientras que en los periodos en que la bomba esté parada se debe garantizar que no se produzcan pérdidas de ningún tipo.

En realidad, la base de este método consiste en el almacenamiento de líquido en un depósito de regulación (o acumulación) y a partir de este depósito realizar posteriormente la distribución de acuerdo a las necesidades del proceso en los diferentes puntos.

Este método se suele emplear en circuitos abiertos de bombeo a depósitos reguladores, y debe preverse una capacidad extra de las bombas en la instalación de bombeo, para que puedan existir

periodos de parada de la bomba.

- **Regulación del caudal por estrangulamiento de la tubería que conduce el fluido:** esta medida se obtiene por medio de una válvula montada en la tubería de impulsión de la bomba. De manera que al cerrar esta válvula se produce una pérdida de carga adicional, la cual cambia la altura manométrica total del sistema y en consecuencia, la característica dinámica de la instalación de bombeo.

El proceso de control a través de válvulas ofrece la ventaja de utilizar componentes estructuralmente simples pero tienen el gran problema de que se producen pérdidas de energía elevadas, lo cual hace descender de forma importante el rendimiento global de la planta y afecta por tanto al ahorro energético a conseguir.

- **Regulación del caudal por variación de la velocidad de la bomba:** la regulación de caudal a velocidad variable es la medida más económica de las que hemos visto. Con ella adaptamos una bomba centrífuga a unos datos de servicio determinados, dependiendo de los requerimientos de cada instalación. Es una de las formas más profusa en la práctica, pues el rendimiento apenas sufre modificación al variar la velocidad de funcionamiento, manteniéndose alto si actuamos correctamente según el punto de funcionamiento óptimo en cada momento.

Conociéndose el diagrama característico Q-H, puede observarse cómo las características presión-caudal de una bomba son modificables, haciendo variar la velocidad de giro del eje de la misma. Además, en caso de no disponer del citado diagrama, basta conocer cualquier punto de funcionamiento para, aplicando la ley de afinidad, deducir los datos que buscamos para el nuevo servicio que se exija a la bomba. Obtendremos así una familia de curvas paramétricas para una determinada velocidad en el eje.

Pero a veces una modificación de estas condiciones afectará a toda la red hidráulica en general y a algunos de sus componentes, por lo que habrá que tener especial cuidado en que sea viable la adaptación de esta medida en cada caso.

4.2.2.12.4 Limitaciones

Las limitaciones que implica la adopción de esta medida vienen de la mano de la factibilidad real que tenga sobre el esquema hidráulico de la instalación, de forma que habrá de examinarse éste con gran detenimiento y comprobar que sea aplicable. Entre estas, debemos comprobar que la planta enfriadora no quede en algún instante sometida a caudales de circulación por debajo de los recomendados por el fabricante, o afectaría a la máquina y por tanto a su eficiencia, acortando así su vida útil.

Otros elementos que tendremos que comprobar son las baterías de enfriamiento.

4.2.2.12.5 Ahorro energético previsto

Las soluciones para bombas y tratamiento de agua antes mencionadas, equipadas con variadores de velocidad, pueden brindar ahorros energéticos significativos comparados con las soluciones convencionales, que según Altivar, pueden alcanzarse un ahorro de hasta un 50% en ventiladores con

un retorno de la inversión dentro del año, y hasta un 30% en bombas con un retorno de la inversión dentro de los 2 años.

4.2.2.13 TRANSFORMACIÓN DE SISTEMAS DE CAUDAL CONSTANTE A CAUDAL VARIABLE

4.2.2.13.1 Descripción técnica

Esta medida es muy parecida a la anterior, con la singular diferencia de que en ella abordábamos la mejora desde el punto de vista de la conducción del agua, y ahora la abordamos desde la conducción del aire.

Estos sistemas de climatización basados en volumen de aire variable son conocidos desde hace bastante tiempo, pero en los últimos años han perdido peso a pesar de ser instalaciones especialmente eficientes energéticamente. Esta pérdida de relevancia es debida a que se trata de un sistema complejo de diseñar y operar, con una afección importante sobre los espacios del edificio y no resulta económico como inversión inicial.

Si vemos, los cambios que tendremos que llevar a cabo en la instalación serán los mismos ya que en este caso, al reducir los consumos en los ventiladores de impulsión, y de retorno en caso de que exista, a través de una disminución del caudal de los mismos, tendremos que actuar sobre los demás elementos de la instalación. Es por ello que, pese a que en este caso no es indispensable para llevar a cabo esta medida el uso de bombas de caudal variable, una adaptación de éstas según necesite la unidad de tratamiento de aire (UTA) en cada momento, resultará en un ahorro energético considerablemente mayor.

4.2.2.13.2 Criterios de diseño

Esta medida será aplicable simplemente siempre que una unidad de tratamiento de aire (UTA) de caudal constante pueda ser reemplazada por una de caudal variable. Para ello, habrá que sustituir tanto la UTA como la red de conductos y las unidades terminales de distribución de aire.

Resulta de gran aplicabilidad en la reconversión de zonas con horario de funcionamiento elevado.

Cabe destacar, que esta medida nace de buscar soluciones a la garantía en cuanto a la filtración de aire exterior y al rendimiento energético anual de la instalación, ya que existen cada vez mayores exigencias de calidad de aire en las instalaciones incluidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y la clasificación energética de los mismos.

4.2.2.13.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Podemos establecer diferentes modos de operación que redundan en mejoras de la eficiencia energética de la instalación y en la calidad del aire exterior. Para una unidad todo aire con capacidad de regulación tenemos los siguientes modos:

- **Barrido del edificio previo a puesta en servicio:** es recomendable realizar un barrido con todo aire exterior por la mañana en edificios en los que no hay actividad nocturna, para asegurar unos niveles óptimos de calidad de aire previamente al inicio de la actividad. Es posible que la instalación limite en gran medida la utilización de aire exterior en épocas extremas para mejorar dicha calidad.

- **Puesta en temperatura tras barrido:** posteriormente al barrido es necesario poner en consigna el edificio, para lo cual se procede a recircular todo el aire y ajustar la consigna. En este momento incluso se podría establecer una consigna variable con el tiempo de ocupación del edificio para aprovechar la inercia de los cerramientos.
- **Modo ocupación:** este es el modo habitual de trabajo, en el cual se establecen las consignas nominales y se trabaja de forma normal.
- **Modo no ocupación:** en él se pueden establecer consignas extremas para el tiempo en que el edificio no esté ocupado de forma que la puesta en servicio de la instalación sea más rápida y se reduzca la energía necesaria para la misma.

Además en general, tenemos que las instalaciones de caudal variable facilitan la supervisión y operación del sistema de gestión centralizada, de manera que se realicen barridos iniciales para garantizar la ventilación del edificio, puestas en régimen con climatizadores de fachada en el caso del modo no ocupación, mantenimiento de las condiciones interiores en los periodos de no ocupación,...

4.2.2.13.4 Limitaciones

No es viable la medida cuando la zona presenta inversión térmica simultánea (módulos diferentes necesitando frío unos, calor otros).

4.2.2.13.5 Ahorro energético previsto

Al adecuarse el caudal de impulsión a la carga instantánea a combatir, manteniendo constante la temperatura de impulsión, se produce un ahorro en el coste energético del transporte de aire en relación con un sistema equivalente de caudal constante y temperatura de impulsión variable.

En un sistema de caudal de aire variable (VAV) la totalidad de la energía térmica, salvo en algún ajuste de postcalentamiento local, se transmite a través del aire. Por tanto los caudales de aire que se mueven con relación a otros sistemas de climatización son sensiblemente mayores. Igualmente al trabajar con caudales de aire variables en el edificio desde una o varias salas, permite optimizar la eficiencia de la instalación ya que los valores anuales de los consumos de ventiladores y grupos de bombeo (SFP) son inferiores a los de una instalación con motores en el climatizador de aire exterior y en los elementos terminales; de ahí el ahorro antes comentado.

Este ahorro puede ser de hasta un 70% del consumo energético anual en motores de bombas y ventiladores con respecto a una instalación de caudal constante y transmisión de energía por agua.

Aparte, el sistema de VAV permite dejar zonas fuera de servicio en función de los diferentes horarios o usos de los locales del edificio, o con unas consignas mínimas de “no ocupación”, de forma que se ahorra la energía correspondiente al tratamiento de esos locales. Hay que tener en cuenta que se cerraría el paso de aire a ellos, totalmente o hasta un mínimo, y esto conlleva una reducción del consumo en los ventiladores y en los grupos de generación de frío/calor, y por tanto un ahorro energético y económico.

4.2.2.14 SUSTITUCIÓN DE CALDERA POR OTRA DE MEJOR RENDIMIENTO

4.2.2.14.1 Descripción técnica

El método es simple, se trata de incrementar el rendimiento nominal de la generación térmica en todas aquellas calderas de combustible sólido, líquido o gaseoso donde se haya detectado un bajo rendimiento nominal.

4.2.2.14.2 Criterios de diseño

La aplicación de esta medida es muy variable dependiendo en gran parte de la naturaleza del combustible empleado y de los agentes responsables del bajo rendimiento detectado. El problema puede radicar simplemente en calderas poco eficientes en general, lo que se solucionará con un cambio de ésta a una más actual o de otro tipo. O bien recaer sobre algún aspecto de la caldera; algunos de los posibles son:

- Posible cambio de combustible.
- Mejora de las condiciones de preparación del mismo.
- Mejor adecuación caldera-quemador: de manera que se controle mejor la cantidad de aire de combustión.
- Reducción del exceso de aire: los ventiladores de velocidad variable ayudarán a controlar el exceso de aire.
- Reducción de las pérdidas de calor: pérdidas de calor por humos debido a productos inquemados durante la combustión, que tratarán de eliminarse.
- Instalación de compuertas cortatiros durante periodos de parada.
- Limpieza de las superficies de transmisión.
- Limpieza de conductos de humos y chimeneas.
- Sustitución de generadores térmicos.
- Precalentamiento del aire de combustión.
- Reducción de la temperatura de gases.
- Aprovechamiento del calor residual de gases.
- Mejora del aislamiento de la envolvente: se producen pérdidas durante los períodos de paro de la caldera debidas a que la envolvente de la caldera cede calor.
- Empleo de técnicas de acumulación en hora valle.
- Mejora del aislamiento de acumuladores.

Habrá que intentar que todos estos factores sean lo más eficientes posible de manera que se maximice el rendimiento de la caldera. Para implementar con eficacia alguna medida correctora de las anteriores vistas, será necesario asegurarse previamente de los factores responsables del bajo rendimiento nominal mediante un acertado balance de energía de la generación térmica.

Igualmente, antes de llevar a cabo la incorporación de tales medidas, es imprescindible ser consciente de las interrelaciones entre ellas, a fin de que la mejora de uno de los factores no conlleve el empeoramiento de otro.

El procedimiento para determinar el rendimiento medio estacional de las calderas está basada en el Anexo E de la norma *UNE-EN 15378: Sistemas de calefacción en los edificios. Inspección de calderas y sistemas de calefacción*. El método descrito en este anexo realiza una estimación del rendimiento medio estacional de las calderas a partir del rendimiento de la combustión, obtenido con un análisis de los gases de combustión de la caldera, de manera que es un valor que el fabricante no nos puede proporcionar. Para ello se aplica la siguiente expresión:

$$\eta_{gn} = \eta_{cn} - \left(\frac{1}{FC} - 1 \right) \cdot P_{CH,off} - \frac{1}{FC} \cdot P_{gn,env}$$

Donde η_{gn} es el rendimiento medio estacional de la caldera, η_{cn} el rendimiento de la combustión, FC el factor de carga media de la caldera y $P_{CH,off}$ y $P_{gn,env}$ las pérdidas a través de la chimenea y las paredes de la caldera respectivamente, cuyos valores se pueden obtener en la norma.

Por otro lado, podemos obtener este rendimiento medio estacional del producto del rendimiento nominal de la caldera y los factores de ponderación que se presentan en la *tabla 13*, como guía general.

Tipo de Caldera	η nominal (%)	Factor de ponderación	η medio estacional (%)
Caldera convencional	84	0.97	81
	90		87
Caldera baja temperatura	87	1.00	87
	93		93
Calderas condensación	87	1.08	94
	97		105
Calderas biomasa	84	0.74	62
	90		67

Tabla 13. Rendimientos nominales, factores de ponderación y rendimientos medios estacionales.

Las relaciones de las medidas anteriores tienen una influencia directa en el rendimiento nominal, sin embargo se pueden dar circunstancias de elevado rendimiento nominal y bajo rendimiento estacional, como ocurre en las calderas convencionales y las de biomasa.

4.2.2.14.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Si bien, las posibles medidas de mejora a aplicar a nuestra caldera dependerán del tipo que ésta sea, por ello pasaremos a conocer primero las más usuales, que son:

- **Calderas de combustibles fósiles:**
 - **Calderas estándar:** son aquellas que no permiten su funcionamiento a temperaturas inferiores que las de diseño, porque el retorno del agua a una temperatura más baja favorecería la condensación de los gases productos de la combustión, provocando condensaciones ácidas que impedirían su buen funcionamiento. Es por ello que deben regularse de manera que la temperatura de retorno siempre sea superior al punto de rocío de los humos; utilizando temperaturas de agua de retorno superiores a 55°C. Aparte, estas calderas funcionan a una temperatura constante, de aproximadamente 80°C de media.

La principal desventaja con la que nos encontramos, es que no permiten adaptar el consumo a las diferentes demandas que se producen en función de la época del año, de manera que funcionarán igual independientemente de la temperatura exterior. Esto hace que se produzca un significativo derroche de energía, acompañado del derroche producido al funcionar siempre a la máxima capacidad para la que han sido diseñadas, por lo que generan temperaturas en muchos casos excesivas, desperdiciando hasta un 50 % del combustible.

- **Calderas de baja temperatura:** se trata de calderas más modernas y por tanto preparadas para condensaciones ácidas, de manera que han sido diseñadas para que aunque el agua retorne a temperaturas inferiores a las de condensación de los humos, éstos no lleguen a condensar.

Su principal ventaja es que permiten adaptar la temperatura de trabajo en función de las necesidades reales de cada momento, con el consiguiente ahorro de energía. De manera que cuanto mayor sea la temperatura exterior, menor sería la temperatura de impulsión hasta unos 30 o 40°C, que suele ser su límite inferior de trabajo. Excepto durante los periodos en los que no hay demanda, como por ejemplo en verano, que la caldera solo funciona para cubrir la demanda de ACS cuando la temperatura del agua descienda de 40°C.

- **Calderas de condensación:** estas calderas permiten aprovechar el calor latente de los gases derivados de la combustión para aumentar el rendimiento. Se fabrican con materiales especiales de modo que soporten las condensaciones sin deteriorarse, siendo éste el fenómeno deseado y con diseños que permiten la correcta evacuación de condensados, ya que en la fase de combustión los componentes combustibles, principalmente carbono e hidrógeno reaccionan con el oxígeno del aire generando calor, dióxido de carbono y vapor de agua.

Se hace así descender la temperatura de las paredes con el agua de la caldera que está a menor temperatura que el punto de rocío del vapor de agua y se consigue la condensación de este vapor. Al condensar el vapor de agua se desprende calor a las paredes que se utiliza para calentar el agua de la caldera. Y al igual que las de baja temperatura, utiliza temperaturas del agua de retorno entre 35 y 40°C.

Los rendimientos de este tipo de calderas suelen ser superiores al 100%. Esto se debe a que la referencia para el rendimiento es el poder calorífico inferior (PCI), que define la cantidad de calor liberada tras una combustión completa cuando el agua que contienen los gases se encuentra en forma de vapor. Por ello al aprovecharse el vapor de agua, el rendimiento es superior a cuando éste no se aprovecha, lográndose alcanzar rendimientos estacionales de hasta el 109% frente al 80% de las calderas estándar o el 96% de las de baja temperatura. Y con ello se consigue además, mejorar el aprovechamiento de la energía, es decir, reducir el consumo del combustible utilizado y la emisión de sustancias nocivas.

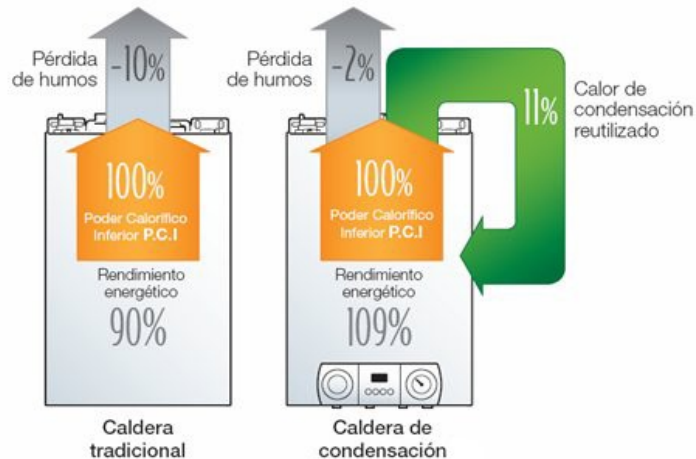


Figura 25. Comparación de rendimientos y pérdidas de humos en calderas.

En todas ellas debemos tener en cuenta que, cuanto menor sea la temperatura de retorno del agua, mayor será el aprovechamiento de la energía.

Por otro lado, nos encontramos con:

- **Calderas de biomasa**, de las cuales se han visto las ventajas y desventajas en el apartado *Energía de la biomasa* dentro de la medida de ahorro 4.2.2.2 *Empleo de la producción térmica solar*. Se trata de calderas que han ido evolucionando a lo largo de la historia de tal forma que en la actualidad disponen de alimentación automatizada de combustible y arranque automático. Todo esto supone una notable aportación a la reducción del efecto invernadero y una gran mejora de la economía, que alcanza en muchos casos un ahorro de hasta el 70 % frente a los combustibles fósiles.

Si se combinan a su vez estas calderas de biomasa con sistemas de placas solares térmicas y suelo radiante, el gasto energético y por tanto económico será aún menor.

- **Calderas de micro-cogeneración:** se basan en utilizar el calor que se produce al convertir la energía de un combustible en electricidad, a su vez como fuente de energía. Se considera micro-cogeneración a las plantas de cogeneración de potencia inferior a 50 kW, y cualquier edificio terciario que tenga una demanda razonable de energía térmica (calor y/o frío) será susceptible de albergar una de estas plantas y de compatibilizarse con su sistema actual.

Se trata de un buen sistema de ahorro energético y económico, aunque como la reducción del consumo eléctrico hoy por hoy no está contabilizada a la hora de mejorar la calificación energética, su implantación no significará un aumento de esta calificación.

La necesidad de reducir el consumo de energía y consecuentemente las emisiones de contaminantes, sin merma del confort de las personas, es lo que ha llevado a los fabricantes a la búsqueda de equipos cada vez más eficientes. En el caso de las calderas, la elevación más importante de este rendimiento se localiza en el aprovechamiento del calor de condensación del agua de los humos, que permite incrementos de hasta un 30% respecto a los máximos alcanzables con las calderas tradicionales.

Por todo esto los rendimientos de los sistemas actuales mejoran notablemente el de los sistemas convencionales, por lo que es importante identificar si la caída de rendimiento de nuestra caldera actual es por algún agente vinculado a la caldera o bien porque la caldera ha quedado obsoleta. Aunque en ciertos casos, si la razón de la caída de rendimiento es por la necesidad de llevar a cabo un cambio de la caldera, ésta puede ser motivada por que el agente causante sea un dispendio de combustible, por ejemplo.

4.2.2.14.4 Limitaciones

Las limitaciones, además del coste económico que producen, es la importancia que supone aislar muy bien térmicamente los tramos de tuberías que discurran por zonas no calefactadas, como son las salas de calderas, falsos techos, garajes,... ya que más del 10% de la energía empleada en calefacción se puede perder a través de las tuberías de distribución si no están aisladas adecuadamente.

4.2.2.14.5 Ahorro energético previsto

La mejora del rendimiento de la generación se traduce de un modo directo en la disminución de consumo de combustible, por ello los rendimientos de los sistemas actuales mejoran notablemente el de los sistemas convencionales como se muestra en la *figura 26*.

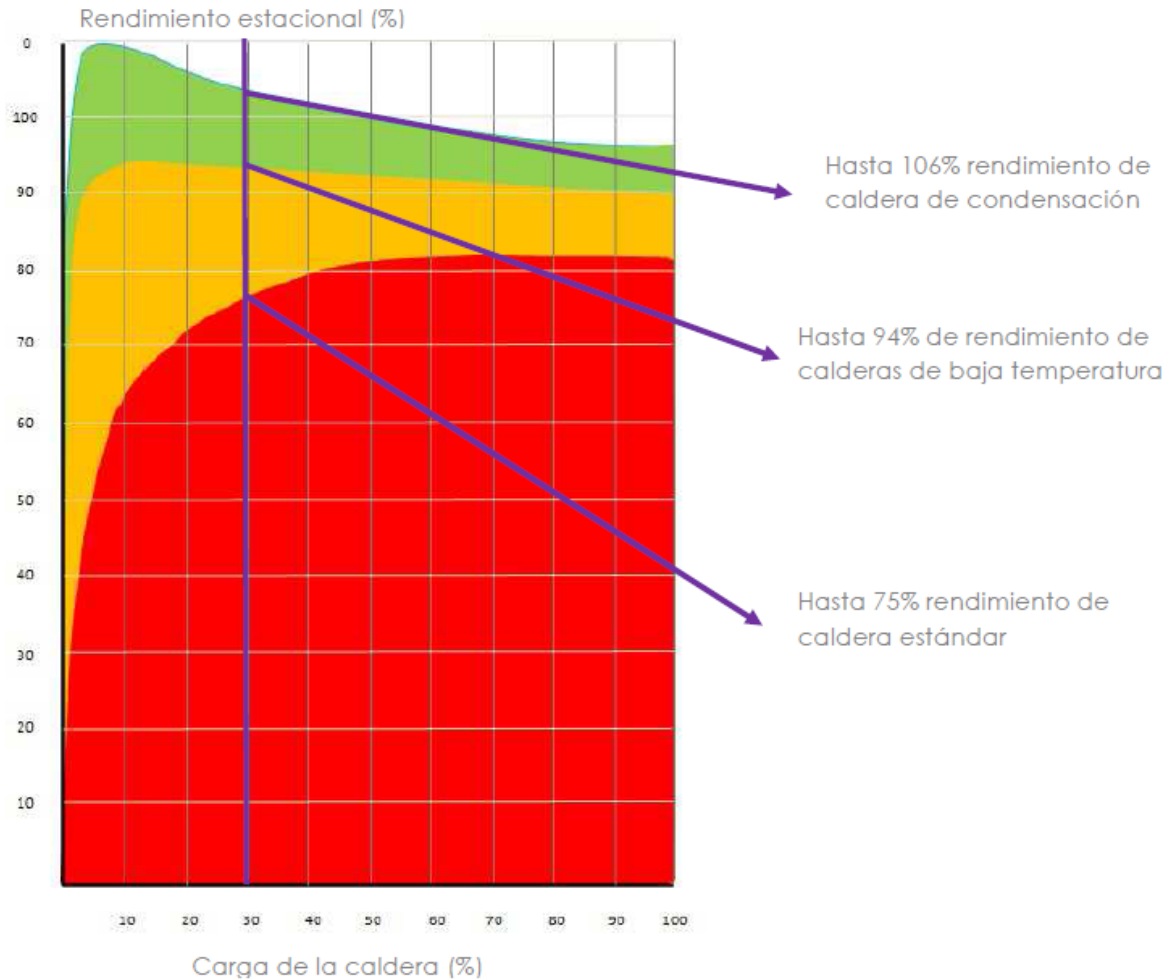


Figura 26. Rangos de rendimiento según el tipo de caldera.

(Rojo) Calderas estándar, (Amarillo) Calderas de baja temperatura, (Verde) Calderas de condensación

En ella vemos que una caldera de baja temperatura puede arrojar ahorros de un 15 % respecto a una estándar, y una de condensación un 30 % respecto a una estándar. Por lo que será interesante optar por una de ellas a la hora de realizar el cambio. El inconveniente que presentan es el alto desembolso económico inicial que producen al ser bastante caras, pero sus altos rendimientos provocan una amortización del sobre coste en un período de 5 a 8 años.

Aun así en la *figura 27* podemos ver el consumo de calefacción en energía primaria de los tres tipos de caldera de combustibles fósiles, de donde deducimos además, que una adecuación de éstas calderas de alta eficiencia energética con el uso de radiadores genera grandes ahorros de combustible, una importante disminución de partículas contaminantes a la atmósfera y un aumento considerable del confort. En definitiva, grandes ahorros económicos debidos a la disminución del consumo de energía.

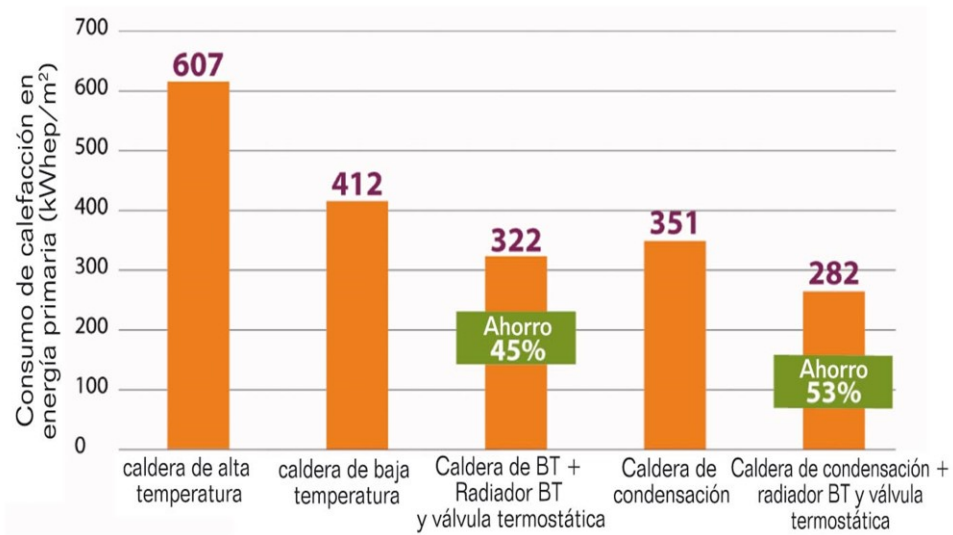


Figura 27. Consumo de calefacción en función de la tipología de las calderas.

4.2.2.15 MEJORA POR PARADA DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN

4.2.2.15.1 Descripción técnica

El objetivo de esta mejora es detener la bomba de recirculación durante largos períodos en los que no haya consumo. Y por tanto es posible aplicarla en cualquier instalación que esté dotada de recirculación.

4.2.2.15.2 Criterios de diseño

Estas bombas trabajan a potencias bajas, generalmente inferiores a 1 kW. Pero podemos encontrarlas hasta de 3 kW. Es por ello que el rendimiento de estas bombas suele ser muy bajo, estando en torno a un 30% frente al 70% aproximadamente de las demás bombas existentes en el mercado para otras finalidades.

4.2.2.15.3 Disposición, extrategias de control y esquemas

Estas bombas recirculadoras, son bombas centrífugas sencillas diseñadas para la recirculación de agua fría o caliente en los sistemas de climatización, agua caliente sanitaria y energía solar. Se trata de bombas de rotor húmedo donde el propio líquido refrigera el motor.

Son bombas bastante silenciosas debido a que el motor, tal y como hemos comentado, se refrigera con el fluido recirculado, no existiendo ventilador. Y poseen tres velocidades de giro distintas, siendo muy sencillo el cambio de velocidad.

Su operación suele estar controlada por un temporizador o un termostato de contacto, de manera que cuando no hay consumo de ACS o de climatización, la bomba permanece parada. Poniéndose de nuevo a funcionar automáticamente cuando se ponga en marcha algún servicio, haciendo circular todo el agua que estaba retenida a través de la recirculación, o cuando la temperatura donde esté el termostato disminuyese. En este último caso, una vez recuperada la temperatura, la bomba volvería a detenerse ya que no habría consumo de ningún tipo.

Otra de sus ventajas es que apenas necesita mantenimiento.

4.2.2.15.4 Limitaciones

Esta medida de ahorro se ve limitada por la funcionalidad de algunos edificios, que impiden la adopción de ésta.

Otra de sus limitaciones, o desventajas, es que en cualquier caso el restablecimiento de la circulación ha de hacerse con antelación suficiente para poner a régimen térmico la red, tal y como hemos dicho, mediante la actuación del termostato.

4.2.2.15.5 Ahorro energético previsto

Esta parada de la bomba de recirculación en periodos de no consumo, como suele ser por la noche, provoca tanto la disminución de pérdidas en tuberías como una reducción del consumo asociado a la bomba mencionada.

5 ESTUDIO DE RESULTADOS

5.1 INTRODUCCIÓN

Para abordar este estudio, debemos partir de un conocimiento previo de la situación energética del edificio. Una vez contemos con esta información podremos empezar a fijarnos unos objetivos de reducción y establecer las medidas que consideremos más apropiadas de ahorro y eficiencia energética, dentro de las antes vistas en *3. Medidas de mejora de ahorro energético*.

Pero para ello, habrá que realizar un estudio previo de cuáles son las medidas más óptimas a llevar a cabo, ya que la unión de dos o más de ellas de manera simultánea puede acarrear un ahorro incluso mayor que si se realizasen por separado.

5.1.1 CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA ELECCIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO

Realmente los criterios más notables a considerar, llegados a este punto, los hemos ido viendo en cada medida. Ahora las agruparemos dando un rango orientativo según sean bajos, medios o altos las siguientes dos pautas: ahorro energético y coste de la medida, ya que los demás criterios variarán según la instalación a la que sean aplicadas; pero también deberemos tenerlos presentes a la hora de rehabilitar un edificio.

- **Ahorro energético y económico**

Cualquier reducción del consumo energético llevará asociada una reducción de los gastos. Este ahorro económico vendrá determinado por el alcance del ahorro energético de la medida y del precio del combustible que se está ahorrando o sustituyendo.

Ya se ha visto cual es el alcance de dicho ahorro en cada medida y de dónde se obtiene en cada caso. Pero habrá de tenerse en cuenta que la magnitud del ahorro previsible oscilará dependiendo del clima, del tipo de edificio y del dimensionado específico de la mejora.

- **Dificultad de implantación**

Se valorará la dificultad de implantación de la medida, teniendo en cuenta cuestiones como la aceptación de la medida por parte del personal, el período de tiempo necesario para acometerlo o la disponibilidad de presupuesto y de espacio en algunos casos, y los recursos materiales y humanos para llevarla a cabo.

- **Disponibilidad de ayudas para acometer inversiones**

Se valorarán los programas de subvenciones y las bonificaciones fiscales existentes que puedan ayudar a la organización a acometer las inversiones necesarias para llevar a cabo las actuaciones de mejora del ahorro y la eficiencia energética previstas en el plan de mejora de la gestión energética del edificio.

- **Coste de la medida**

Se valorará la conveniencia de acometer la medida comparando su coste con los ahorros a los que dará lugar. Para ello se puede recurrir a diversos cálculos de rentabilidad financiera, pero en nuestro caso la decisión se tomará en base a la efectividad de la inversión en cuanto a su capacidad de reducir el consumo de energía y/o las emisiones evitadas.

5.1.2 RECAPITULACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO

A continuación se presenta la lista de las posibles medidas de ahorro y mejora de la eficiencia energética que se pueden llevar a cabo en edificios existentes. Dado que las medidas presentadas en este proyecto no conforman una lista cerrada, cada organización podrá posteriormente plantear y añadir cualesquiera otras que considere oportunas en función de sus propias características y posibilidades de reducción.

MEDIDAS DE MEJORA DE AHORRO ENERGÉTICO	Coste económico estimado	Ahorro de energía estimado
1. Enfriamiento gratuito por aire exterior (free-cooling)	Cero/Bajo	Medio
2. Recuperación de calor del aire de extracción	Bajo	Medio
3. Enfriamiento evaporativo en el aire de ventilación	Medio	Medio/Alto
4. Instalación o modificación de protecciones solares	Medio	Medio/Alto
5. Empleo de la producción térmica solar	Medio	Medio
6. Modificación del caudal del aire exterior	Medio	Bajo
7. Control de la demanda de ventilación en función de la ocupación	Bajo	Bajo/Medio
8. Modificación del caudal de infiltración	Bajo	Alto
9. Mejora de la hermeticidad de la toma de aire exterior	Bajo	Bajo
10. Mejora del factor de transporte de agua por disminución de pérdidas de carga	Alto	Medio
11. Mejora del factor de transporte de aire por disminución de pérdidas de carga	Alto	Medio
12. Empleo de la bomba de calor en generación	Medio	Medio
13. Recuperación del calor del aire de extracción mediante bomba de calor	Medio	Bajo/Medio
14. Mejora del transporte por cambio a bombas hidráulicas más eficientes	Medio	Medio
15. Cambio de caudal constante a caudal variable	Medio	Medio/Alto
16. Transformación de sistemas de caudal constante a caudal variable	Medio	Medio
17. Sustitución de caldera por otra de mejor rendimiento	Alto	Medio/Alto
18. Mejora por parada de bomba de recirculación	Bajo	Bajo/Medio

Tabla 14. Recopilación de medidas de ahorro energético

En el desarrollo de nuestro estudio nos hemos centrado en aquellas medidas que influyen en la utilización de sistemas secundarios puesto que son, en general, las que proporcionan un mayor potencial de ahorro energético con una inversión económica relativamente baja con respecto a las demás. Amén de ser las de mayor potencial de implantación en edificios terciarios. De esta manera conseguiremos un alto ahorro tanto energético como económico, lo cual es nuestra prioridad.

Las medidas elegidas han sido las siguientes, con sus variantes:

1. Recuperación de calor del aire de extracción
 - Recuperador sensible con una eficiencia del 60%
 - Recuperador sensible con una eficiencia del 80%
2. Enfriamiento gratuito por aire exterior (Freecooling):
 - Freecooling con control por temperatura
 - Freecooling con control por entalpía
3. Enfriamiento evaporativo en el aire de ventilación
 - Enfriamiento evaporativo directo
 - Enfriamiento evaporativo indirecto

Si bien, no todas estas medidas tienen el mismo grado de aplicabilidad en invierno que en verano. Por ello las medidas que finalmente vamos a estudiar serán diferentes en modo calefacción y en modo refrigeración.

- **Modo calefacción:** este modo es utilizado cuando las temperaturas exteriores son bajas y, generalmente, el ambiente contiene una humedad alta. Por esta razón hemos descartado la utilización del enfriamiento gratuito, pues la utilización de esta medida será más ventajosa cuanto menor sea la diferencia de temperatura entre el aire exterior y el del local, además de que la humedad contenida en el aire exterior debe ser menor que la del aire del local, y esto no puede garantizarse en invierno pues la humedad en el interior de los locales tiende a ser baja en contraposición con la del ambiente exterior. Y también del enfriamiento evaporativo, ya que la entrada de aire exterior con una humedad alta podría promover la condensación de agua en las baterías produciéndose así una pérdida de energía.

Por estas razones la mejor medida aplicable en modo calefacción será la adaptación de un recuperador sensible o entálpico, pues será capaz de transferir la humedad del aire exterior a la corriente de expulsión evitando así que condense en los equipos. Consideraremos la incorporación tanto de un recuperador de calor del aire de extracción de baja eficiencia (60%) como otro de alta (80%).

	Abrev.	MODO CALEFACCIÓN
MAE 1	REC60	Recuperador sensible de baja eficiencia (60%)
MAE 2	REC80	Recuperador sensible de alta eficiencia (80%)

Tabla 15. Medidas de ahorro energético a estudiar en calefacción.

- **Modo refrigeración:** este modo es utilizado cuando el ambiente se encuentra a altas temperaturas y humedades menores.

En este caso se ha descartado la utilización de recuperadores de calor puesto que, aunque ayuda a mantener el confort de los locales trasvasando humedad de la corriente de expulsión a la de ventilación, no siempre es apropiada esta medida en régimen de refrigeración. En cambio, sí que es beneficiosa cuando se combina con otras medidas de ahorro energético.

Ahora no tendremos el problema comentado en el modo calefacción, por ello vamos a estudiar de manera individual las medidas de enfriamiento gratuito por aire exterior con control por temperatura y humedad (también ventajoso en modo ventilación) y de enfriamiento evaporativo en el aire de ventilación directo e indirecto.

Podemos observar en la *tabla 16* la combinación de estas medidas que serán simuladas y estudiadas posteriormente.

	Abrev.	MODO REFRIGERACIÓN		
MAE 3	FREET	Freecooling con control por Temperatura		
MAE 4	FREEH	Freecooling con control por Entalpía		
MAE 5	EVAD	Enfriamiento evaporativo Directo		
MAE 6	EVAI	Enfriamiento evaporativo Indirecto		
MAE 7	R80 FT	Recuperador 80%	Freecooling Temperatura	
MAE 8	R80 FH	Recuperador 80%	Freecooling Entálpico	
MAE 9	FT ED	Freecooling Temperatura	Enfriamiento Directo	
MAE 10	FT EI	Freecooling Temperatura	Enfriamiento Indirecto	
MAE 11	FH ED	Freecooling Entálpico	Enfriamiento Directo	
MAE 12	FH EI	Freecooling Entálpico	Enfriamiento Indirecto	
MAE 13	R80 FT ED	Recuperador 80%	Freecooling Temperatura	Enfriamiento Directo
MAE 14	R80 FT EI	Recuperador 80%	Freecooling Temperatura	Enfriamiento Indirecto
MAE 15	R80 FH ED	Recuperador 80%	Freecooling Entálpico	Enfriamiento Directo
MAE 16	R80 FH EI	Recuperador 80%	Freecooling Entálpico	Enfriamiento Indirecto

Tabla 16. Medidas de ahorro energético a estudiar en refrigeración.

Cabe destacar que aplicar freecooling por temperatura en modo refrigeración será algo más beneficioso que por entalpía, y ambos aportarán, como ya veremos tras el estudio, ahorros mayores en climas fríos y secos que en climas cálidos al garantizar que tanto la temperatura como la entalpía del exterior sean menores que las de retorno en un mayor número de ocasiones. Por otro lado el enfriamiento evaporativo indirecto proporcionará mayor ahorro que el directo porque utiliza en su proceso una etapa de enfriamiento directo, por lo que la eficiencia resultante es mayor. Además tendrá mayores eficiencias en climas con condiciones de humedad relativa muy

bajas y temperaturas que no sean excesivamente altas, pues estos intercambiadores de calor no logran enfriar el aire hasta el límite.

Sin embargo, la combinación de un enfriamiento evaporativo indirecto con un freecooling, sólo conlleva la inclusión de un bypass como cambios técnicos, mientras que en valores de energía conlleva un aumento del potencial de recuperación de ésta en el régimen de refrigeración, pues se satura la corriente de aire de expulsión para enfriar el aire exterior a introducir en el sistema y se consiguen temperaturas más cercanas al límite.

Por esta razón vamos a estudiar, además de las medidas individuales, el producto de la unión entre ellas y con un recuperador sensible de alta eficiencia (80%), tal y como se ve en la *tabla 16*. Así lograremos ahorros energéticos bastante mayores que los que conseguiríamos aplicándolos por separado.

5.1.3 ZONAS CLIMÁTICAS ESPAÑOLAS

Las medidas seleccionadas, agrupadas en las *tablas 15 y 16*, van a ser analizadas en todo el territorio de la Península Ibérica de manera que hemos llevado a cabo la misma clasificación que realiza el Código Técnico de la Edificación (CTE) según la severidad climática. Ésta se divide por letras de la A a la E, incluyendo α para las Islas Canarias, según la severidad en invierno, mientras que en verano se divide con los números del 1 al 4. Podemos verlas gráficamente en *figura 28*.

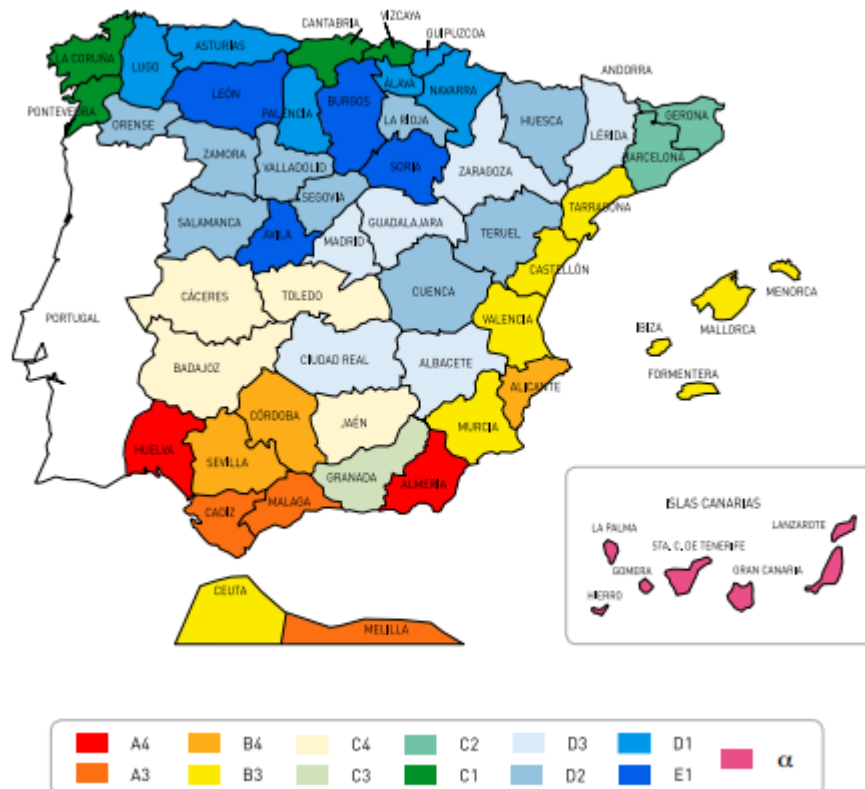


Figura 28. Zonas climáticas de España

Puesto que nuestro estudio se centra sólo en las zonas de la Península Ibérica podemos verlas de manera estructurada en la *tabla 17*.

ZONAS CLIMATICAS			
ZONAS	CAPITALES		
A3	Cádiz	C1	Bilbao
	Málaga		Coruña
	Melilla		San Sebastián
	Las Palmas		Oviedo
	Tenerife		Pontevedra
A4	Almería		Santander
B3	Castellón	C2	Barcelona
	Ceuta		Girona
	Murcia		Ourense
	Palma de Mallorca	C3	Granada
	Tarragona	C4	Badajoz
Valencia	Cáceres		
B4	Alicante	E1	Jaén
	Córdoba		Toledo
	Huelva		Avila
	Sevilla		Burgos
			León
			Soria
		D1	Lugo
			Palencia
			Pamplona
		D2	Vitoria
			Cuenca
			Huesca
			Logroño
			Salamanca
		D3	Segovia
			Teruel
			Valladolid
			Zamora
			Albacete
			Ciudad Real
			Guadalajara
			Lleida
			Madrid
			Zaragoza

Tabla 17. Zonas climáticas de la Península Ibérica.

5.2 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN

Para analizar estas medidas, se calcularán las relaciones de demanda y los ahorros ideales anuales que se conseguirían de implantar las medidas en cuatro edificios base que el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) propone como representativos del panorama español. Se trata de cuatro edificios tipo Gran Terciario (GT): un edificio comercial, una oficina, un centro cultural y un edificio deportivo, todos situados en la zona climática B4, en Sevilla.

5.2.1 EDIFICIOS EN ESTUDIO

Los edificios en estudio que a continuación se presentan tienen todos una característica común que consiste en la utilización de equipos autónomos a caudal constante como sistema de climatización, concretamente equipos rooftop, utilizados combinando sistemas unizona y multizona.

5.2.1.1 Edificio de uso deportivo

Edificio de uso deportivo, con 3117.48 m² de superficie repartidos en tres plantas. Éstas cuentan con 3 espacios acondicionados y otros 3 no acondicionados.

Utiliza 3 equipos autónomos unizona de caudal constante.

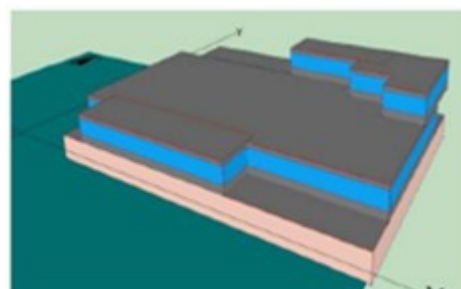


Figura 29. Edificio deportivo

5.2.1.2 Edificio de uso administrativo

Edificio de uso administrativo, con 7537.82 m² de superficie repartidos en siete plantas las cuales cuentan con 24 espacios acondicionados y 5 no acondicionados.

Utiliza 12 equipos autónomos unizona y 3 multizona, de caudal constante.

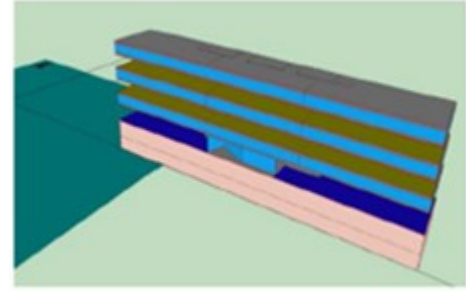


Figura 30. Bloque de oficinas

5.2.1.3 Edificio de uso comercial

Edificio de uso comercial, con 16809.63 m² de superficie repartidos en ocho plantas las cuales cuentan con 21 espacios acondicionados y otros 4 no acondicionados.

Utiliza 14 equipos autónomos unizona y 3 multizona, de caudal constante.

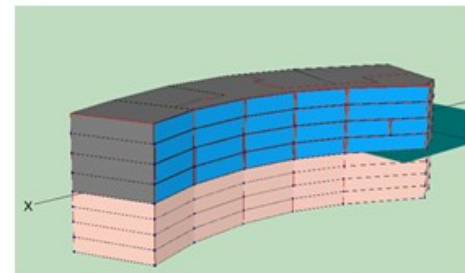


Figura 31. Edificio comercial

5.2.1.4 Edificio de uso cultural

Edificio de uso cultural, con 10237.21 m² de superficie repartidos en cuatro plantas las cuales cuentan con 32 espacios acondicionados.

Utiliza 24 equipos autónomos unizona y 6 multizona, de caudal constante.

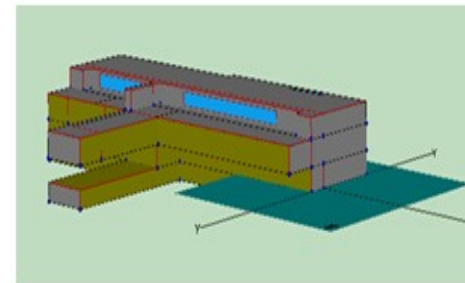


Figura 32. Edificio cultural

5.2.2 SIMULACIÓN DE DATOS

Una vez definidas las características de estos edificios se parametrizan para poder modelizar cada edificio de forma simplificada, de manera que puedan ser utilizados estos datos para ser introducidos en una herramienta detallada o bien utilizando el proceso simplificado visto en 3.4 *Procedimiento simplificado*. Simulando estos datos con la herramienta unificada Lider-Calener se crea una base de datos recogiendo los resultados relativos al cálculo de demandas de los edificios, de energía térmica suministrada por el equipo de climatización y el cociente de estas, la relación de demandas, en un caso base.

$$\text{Relación de demanda} = \frac{\text{Energía térmica suministrada}}{\text{Demanda del edificio}}$$

Con la intención de abarcar toda la casuística posible dentro de la geografía nacional y dado que dichos edificios presentan cierta incertidumbre relacionada con su uso, se ha decidido estudiar la influencia de los 12 posibles usos del Código Técnico de la Edificación (CTE), es decir, de la combinación entre los 4 horarios de operación (8h, 12h, 16h y 24h) y los tres niveles de ganancias internas (baja, media y alta).

Esta mecánica, que se puede ver a continuación en *figura 33*, se llevará a cabo no sólo para el caso base sino también para cada una de las medidas vistas en *tabla 15* y *16*, de forma que se pueda estudiar la influencia de dichas medidas sobre secundarios en los diferentes climas y usos.

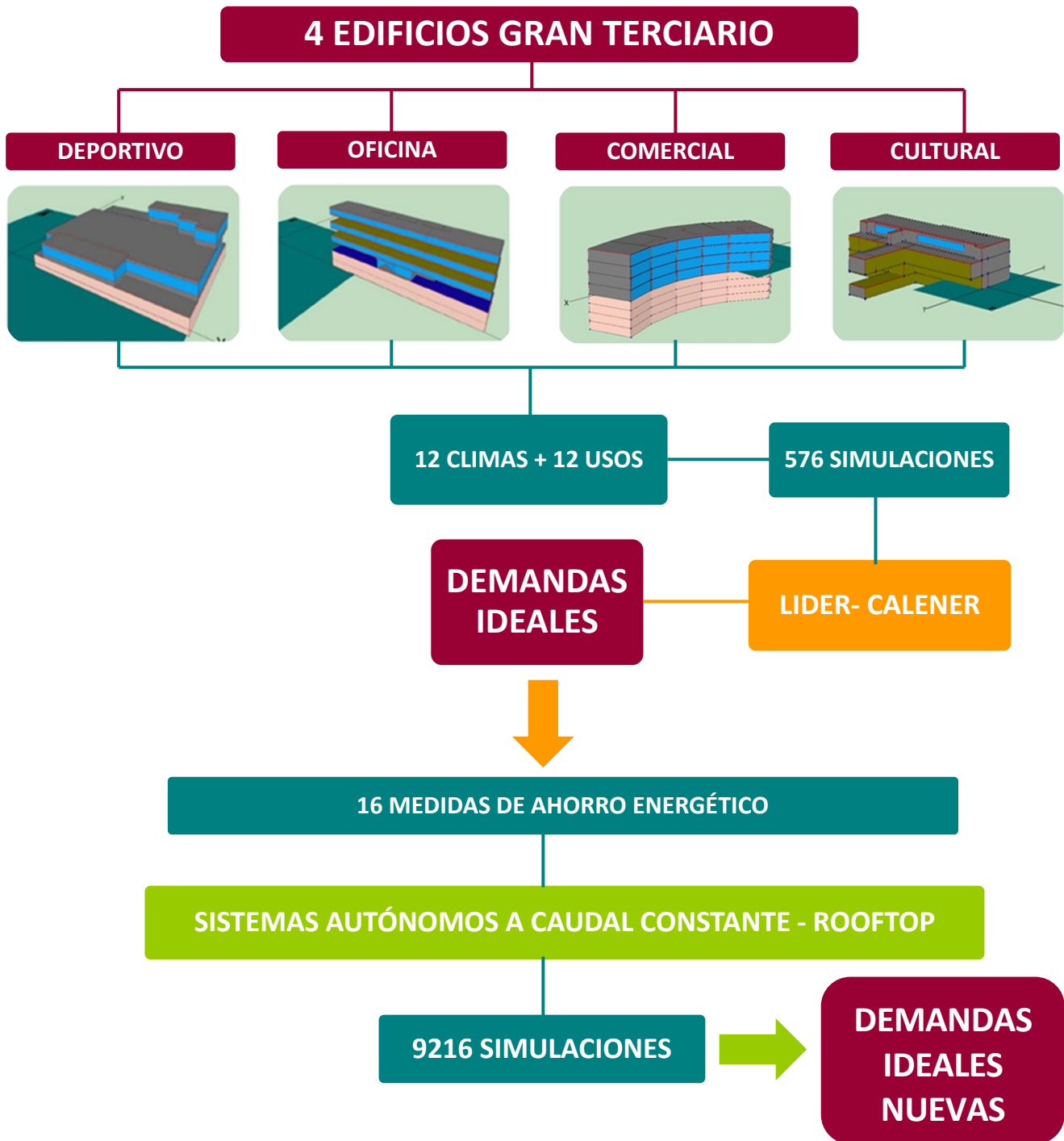


Figura 33. Diagrama de flujos de la simulación para la obtención de demandas ideales

Tras realizar todas las simulaciones obtenemos nuevas demandas, gracias a la aplicación de las medidas de ahorro energético, que nos permitirán obtener relaciones de demanda, con las que trabajaremos a partir de ahora.

5.3 RESULTADOS

El análisis de los resultados lo hemos realizado para el clima B4 comparándolo en ciertas ocasiones con el clima D3 para poder cerciorarnos de que los resultados son correctos.

5.3.1 USO DE UN EDIFICIO PROMEDIO

Podemos preguntarnos qué hacer si nuestro edificio no se encuadra en ninguno de las cuatro anteriores citados. Por ello se ha evaluado la utilización de un edificio promedio que reúna unos requisitos intermedios y pueda ser utilizado de manera general. A continuación se muestra que es viable esta posibilidad pues vemos que para todas las combinaciones de horario y nivel de fuentes internas el edificio promedio se encuentra dentro de los parámetros.

Se ha realizado este estudio tanto para modo calefacción como refrigeración, aunque aquí se muestra sólo el primero.

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1.125	1.113	1.128	1.128	1.124
8h - Media	1.123	1.107	1.124	1.123	1.119
8h - Alta	1.117	1.097	1.121	1.117	1.113
12h - Baja	1.117	1.097	1.121	1.117	1.118
12h - Media	1.115	1.097	1.120	1.120	1.113
12h - Alta	1.104	1.087	1.115	1.111	1.104
16h - Baja	1.117	1.105	1.122	1.123	1.117
16h - Media	1.115	1.097	1.120	1.120	1.110
16h - Alta	1.097	1.082	1.111	1.103	1.098
24h - Baja	1.112	1.108	0	1.121	1.114
24h - Media	1.093	1.093	0	1.109	1.098
24h - Alta	1.091	1.090	0	1.105	1.095

Tabla 18. Relaciones de demanda base en modo calefacción.

Observamos que en el edificio comercial las relaciones de demanda para un horario de operación de 24 horas se hacen cero. Sin embargo, pese a que este primer estudio ha sido realizado con los datos aportados en enero de 2015, la obtención de datos finales para todos los climas se ha llevado a cabo con datos más recientes de marzo 2015. Ahí podremos observar que este problema desaparece para las 24 h.

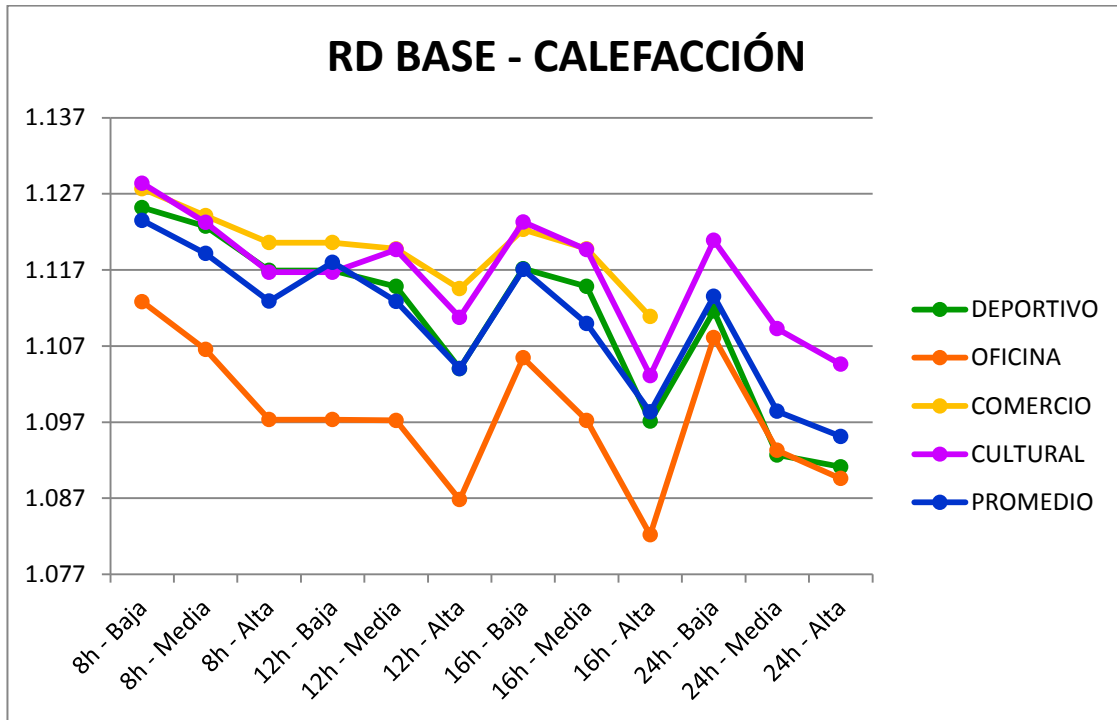


Figura 34. Relaciones de demanda base en modo calefacción.

MIN	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	1.113	1.107	1.097
12H	1.102	1.097	1.087
16H	1.105	1.097	1.082
24H	1.108	1.093	1.090

Debemos tener en cuenta que dicho promedio variará considerablemente para cada clima, que podrán consultarse en 8. Anexos, puesto que los valores mínimos y máximos los aportarán edificios diferentes en cada caso. En este caso, como ejemplo, dichos valores son los siguientes y vienen representados con el color característico asignado a cada edificio.

MAX	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	1.128	1.124	1.121
12H	1.125	1.120	1.115
16H	1.123	1.117	1.111
24H	1.121	1.109	1.105

Así mismo se aportan los rangos de variación a partir de dicho edificio promedio de forma que se pueda adecuar a cada situación y edificio concreto. Primero para consultar según las ganancias internas:

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0.011	1.124	0.005	0.013	1.119	0.005	0.016	1.113	0.008
12H	0.016	1.118	0.007	0.016	1.113	0.007	0.017	1.104	0.010
16H	0.012	1.117	0.006	0.013	1.110	0.007	0.016	1.098	0.013
24H	0.005	1.114	0.007	0.006	1.098	0.011	0.006	1.095	0.010

Tabla 19. Rango de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0.961	1.124	0.433	1.141	1.119	0.444	1.418	1.113	0.693
12H	1.447	1.118	0.604	1.425	1.113	0.621	1.585	1.104	0.950
16H	1.050	1.117	0.559	1.155	1.110	0.615	1.491	1.098	1.142
24H	0.489	1.114	0.660	0.525	1.098	0.989	0.507	1.095	0.868

Tabla 20. Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio.

O bien para consultar según el horario:

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0.011	0.013	0.016
	PROMEDIO	1.124	1.119	1.113
	+	0.005	0.005	0.008
12H	-	0.016	0.016	0.017
	PROMEDIO	1.118	1.113	1.104
	+	0.007	0.007	0.010
16H	-	0.012	0.013	0.016
	PROMEDIO	1.117	1.110	1.098
	+	0.006	0.007	0.013
24H	-	0.005	0.006	0.006
	PROMEDIO	1.114	1.098	1.095
	+	0.007	0.011	0.010

Tabla 21. Rango de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0.961	1.141	1.418
	PROMEDIO	1.124	1.119	1.113
	+	0.433	0.444	0.693
12H	-	1.447	1.425	1.585
	PROMEDIO	1.118	1.113	1.104
	+	0.604	0.621	0.950
16H	-	1.050	1.155	1.491
	PROMEDIO	1.117	1.110	1.098
	+	0.559	0.615	1.142
24H	-	0.489	0.525	0.507
	PROMEDIO	1.114	1.098	1.095
	+	0.660	0.989	0.868

Tabla 22. Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II.

En caso de salirse las relaciones de demanda de nuestro edificio del rango de operación o dar errores

mayores, no podrá acogerse a la utilización del caso promedio.

5.3.2 COMPARACIÓN DEL HORARIO CON EL NIVEL DE FUENTES INTERNAS

Hemos dejado claro que podemos entrar en dichas tablas mediante el horario del edificio y mediante el nivel de ganancias internas que suele tener éste. Por ello el estudio que veremos en el siguiente apartado 5.3.2 *Factores de corrección* nos ha servido también para ver de cuál de estas dos vías son más dependientes las relaciones de demanda.

El resultado ha sido que en todos los climas el error entre entrar en las tablas con el horario o con el nivel de fuentes internas fue de 3.80% como máximo. Puesto que se trata de un valor muy pequeño e inferior al 10% lo consideraremos despreciable, de manera que será indiferente optar por una vía u otra.

5.3.3 FACTORES DE CORRECCIÓN

Mediante la base de datos generada inicialmente, contábamos con las relaciones de demanda base. Y con las posteriores simulaciones para cada medida de ahorro energético, tenemos, como hemos venido diciendo, unas nuevas relaciones de demanda que denominaremos relaciones de demanda nuevas.

Este proceso se ha realizado para los 12 usos y los 12 climas en el caso nominal, es decir, para 1 renovación hora o también conocido como cambio de aire por hora (ACH). Y a partir de aquí se ha generado una base de datos para cuatro tipos diferentes al nominal: 0.5, 2, 3 y 4.5 ACH.

Para facilitar al usuario la conversión del valor nominal a otros, se ha realizado una herramienta donde cada uno de estos valores de ACH corrige al valor nominal. Esta herramienta consiste básicamente en la aplicación de unos factores correctores sobre los valores nominales medios de cada clima, corrigiendo primero en base al uso y a continuación a los cambios de aire por hora (ACH) requeridos. Dichos valores hallados para el clima B4 son los que siguen en las *tablas 23, 24 y 25*.

- **Paso 1:** Tomar la relación de demanda media específico de la *tabla 23*. Tendremos una distinta dependiente de la zona climática.

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0.86	0.77	0.94	0.98	0.89	0.87	0.85	0.88	0.50	0.42	0.74	0.49	0.49	0.42	0.74	0.48
12H	0.83	0.74	1.00	1.02	0.83	0.80	0.87	0.89	0.51	0.43	0.71	0.47	0.51	0.43	0.71	0.46
16H	0.81	0.71	1.03	1.04	0.82	0.78	0.89	0.90	0.50	0.41	0.66	0.44	0.50	0.41	0.66	0.44
24H	0.59	0.51	0.88	0.89	0.78	0.77	0.82	0.84	0.51	0.45	0.61	0.48	0.51	0.45	0.61	0.48

Tabla 23. Relaciones de demanda nominales de uso medio para clima B4.

- **Paso 2:** Aplicar el factor corrector correspondiente de la *tabla 24* a la relación de demanda media determinada antes, según el uso del edificio.

FC - USO		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	1.03	1.04	1.02	1.02	0.94	0.94	0.99	0.99	0.93	0.92	0.96	0.94	0.93	0.92	0.96	0.94
	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	A	0.97	0.95	0.97	0.98	1.05	1.05	1.00	1.00	1.07	1.08	1.04	1.07	1.07	1.08	1.04	1.07
12H	B	1.03	1.05	1.02	1.02	0.95	0.94	0.98	0.98	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94
	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	A	0.96	0.94	0.97	0.97	1.05	1.06	1.01	1.01	1.05	1.07	1.04	1.06	1.06	1.07	1.04	1.06
16H	B	1.04	1.06	1.02	1.02	0.94	0.94	0.97	0.98	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	A	0.95	0.93	0.97	0.97	1.06	1.06	1.01	1.01	1.07	1.08	1.06	1.07	1.07	1.08	1.06	1.07
24H	B	1.40	1.42	1.18	1.18	1.02	1.00	1.07	1.07	0.87	0.84	1.04	0.87	0.87	0.84	1.04	0.86
	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	A	1.28	1.25	1.09	1.09	1.15	1.14	1.06	1.07	0.98	0.97	1.11	0.97	0.98	0.96	1.11	0.97

Tabla 24. Factores de corrección según el uso del edificio para clima B4.

- **Paso 3:** Aplicar el factor corrector correspondiente de la *tabla 25* a la relación de demanda media determinada, según las renovaciones por hora (ACH).

FC - ACH		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN														
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI	
8H	B	0.5	1.13	1.18	1.02	1.03	1.16	1.18	1.08	1.09	1.08	1.08	1.18	1.20	1.08	1.08	1.18	1.20
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	0.85	0.80	0.94	0.93	0.80	0.78	0.86	0.85	0.85	0.85	0.73	0.78	0.85	0.85	0.72	0.78
		3	0.77	0.68	0.86	0.84	0.70	0.67	0.75	0.73	0.73	0.73	0.56	0.65	0.72	0.72	0.55	0.64
		4.5	0.70	0.58	0.77	0.74	0.64	0.61	0.65	0.63	0.65	0.66	0.44	0.56	0.65	0.65	0.44	0.56
	M	0.5	1.13	1.19	1.01	1.02	1.13	1.15	1.06	1.07	1.06	1.06	1.15	1.16	1.06	1.06	1.15	1.17
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	0.85	0.79	0.94	0.92	0.82	0.80	0.87	0.86	0.87	0.87	0.76	0.81	0.87	0.87	0.75	0.81
		3	0.77	0.67	0.86	0.84	0.72	0.69	0.77	0.75	0.75	0.75	0.59	0.68	0.75	0.75	0.59	0.67
		4.5	0.70	0.57	0.76	0.73	0.65	0.62	0.66	0.64	0.67	0.67	0.47	0.59	0.66	0.67	0.47	0.58
	A	0.5	1.14	1.21	1.00	1.02	1.11	1.12	1.04	1.06	1.05	1.04	1.11	1.12	1.05	1.05	1.12	1.12
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2		0.85	0.78	0.94	0.92	0.84	0.82	0.89	0.88	0.89	0.89	0.78	0.83	0.88	0.88	0.78	0.83	
3		0.77	0.66	0.85	0.83	0.74	0.71	0.78	0.77	0.77	0.77	0.62	0.71	0.77	0.77	0.62	0.70	
4.5		0.70	0.56	0.75	0.72	0.66	0.63	0.68	0.66	0.68	0.69	0.50	0.61	0.68	0.68	0.49	0.60	
12H	B	0.5	1.13	1.19	1.03	1.04	1.19	1.21	1.11	1.11	1.12	1.12	1.23	1.19	1.12	1.13	1.23	1.19
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	0.85	0.79	0.92	0.91	0.77	0.75	0.84	0.83	0.82	0.82	0.72	0.78	0.82	0.81	0.72	0.78

16H	M	3	0.77	0.67	0.83	0.82	0.65	0.62	0.73	0.72	0.69	0.69	0.56	0.64	0.69	0.68	0.56	0.64	
		4.5	0.70	0.57	0.73	0.72	0.57	0.53	0.63	0.62	0.60	0.60	0.45	0.55	0.60	0.60	0.44	0.55	
		0.5	1.14	1.21	1.03	1.03	1.16	1.18	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.20	1.15	1.10	1.10	1.20	1.16
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	0.85	0.78	0.92	0.91	0.79	0.77	0.85	0.85	0.84	0.84	0.74	0.80	0.84	0.83	0.74	0.80	
	A	3	0.76	0.66	0.83	0.82	0.67	0.64	0.75	0.74	0.72	0.71	0.58	0.67	0.71	0.71	0.58	0.67	
		4.5	0.70	0.56	0.72	0.71	0.59	0.55	0.64	0.63	0.62	0.62	0.46	0.57	0.61	0.62	0.46	0.57	
		0.5	1.16	1.23	1.03	1.03	1.14	1.16	1.07	1.08	1.08	1.08	1.16	1.13	1.08	1.08	1.16	1.13	
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
		2	0.84	0.77	0.91	0.91	0.80	0.78	0.87	0.86	0.86	0.86	0.76	0.83	0.85	0.85	0.76	0.82	
	B	3	0.76	0.65	0.82	0.81	0.68	0.65	0.76	0.75	0.74	0.74	0.61	0.70	0.74	0.73	0.60	0.70	
		4.5	0.70	0.56	0.72	0.70	0.59	0.55	0.66	0.65	0.64	0.64	0.48	0.60	0.63	0.63	0.48	0.59	
		0.5	1.14	1.20	1.03	1.03	1.20	1.23	1.12	1.12	1.13	1.14	1.27	1.19	1.13	1.14	1.27	1.19	
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
		2	0.85	0.78	0.92	0.92	0.76	0.73	0.84	0.83	0.81	0.81	0.72	0.78	0.81	0.81	0.72	0.78	
		3	0.77	0.67	0.84	0.83	0.64	0.60	0.73	0.72	0.68	0.68	0.56	0.64	0.68	0.67	0.56	0.64	
		4.5	0.70	0.57	0.74	0.73	0.56	0.52	0.63	0.62	0.59	0.59	0.46	0.55	0.59	0.59	0.46	0.55	
		0.5	1.15	1.22	1.03	1.03	1.18	1.20	1.09	1.10	1.11	1.11	1.23	1.16	1.11	1.11	1.23	1.16	
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
		2	0.84	0.77	0.92	0.91	0.77	0.75	0.85	0.85	0.83	0.83	0.73	0.80	0.83	0.83	0.73	0.80	
A	3	0.76	0.66	0.83	0.82	0.65	0.61	0.75	0.74	0.71	0.71	0.58	0.68	0.71	0.70	0.58	0.67		
	4.5	0.70	0.56	0.73	0.72	0.57	0.53	0.64	0.64	0.61	0.61	0.47	0.57	0.60	0.60	0.47	0.57		
	0.5	1.17	1.24	1.03	1.03	1.15	1.17	1.08	1.08	1.09	1.09	1.20	1.12	1.09	1.09	1.20	1.13		
	Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
	2	0.84	0.76	0.92	0.91	0.78	0.76	0.87	0.86	0.85	0.85	0.75	0.83	0.85	0.85	0.75	0.82		
24H	B	3	0.76	0.65	0.82	0.82	0.66	0.62	0.76	0.76	0.73	0.73	0.61	0.70	0.73	0.73	0.61	0.70	
		4.5	0.70	0.56	0.72	0.71	0.56	0.52	0.66	0.65	0.63	0.63	0.49	0.59	0.62	0.62	0.49	0.59	
		0.5	1.15	1.22	1.02	1.03	1.19	1.21	1.10	1.10	1.11	1.11	1.27	1.18	1.11	1.11	1.27	1.18	
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
		2	0.84	0.77	0.93	0.93	0.76	0.74	0.85	0.84	0.83	0.82	0.70	0.79	0.82	0.82	0.70	0.79	
	M	3	0.76	0.66	0.85	0.84	0.65	0.62	0.74	0.73	0.70	0.70	0.54	0.65	0.69	0.69	0.54	0.65	
		4.5	0.70	0.56	0.77	0.76	0.58	0.55	0.66	0.65	0.64	0.64	0.46	0.59	0.63	0.63	0.45	0.59	
		0.5	1.16	1.24	1.05	1.06	1.14	1.14	1.08	1.09	1.09	1.09	1.18	1.14	1.09	1.09	1.18	1.14	
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
		2	0.84	0.76	0.90	0.89	0.81	0.79	0.87	0.86	0.86	0.86	0.80	0.83	0.86	0.86	0.80	0.83	
A	3	0.76	0.65	0.81	0.80	0.69	0.66	0.76	0.76	0.75	0.75	0.67	0.71	0.75	0.75	0.67	0.71		
	4.5	0.70	0.55	0.73	0.72	0.58	0.55	0.67	0.67	0.67	0.66	0.57	0.63	0.67	0.66	0.57	0.63		
	0.5	1.17	1.26	1.02	1.03	1.13	1.14	1.06	1.07	1.07	1.07	1.19	1.11	1.07	1.07	1.19	1.11		
	Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
	2	0.84	0.76	0.92	0.91	0.81	0.79	0.87	0.87	0.86	0.86	0.75	0.84	0.86	0.86	0.75	0.83		
3	0.76	0.65	0.83	0.82	0.70	0.67	0.77	0.76	0.75	0.74	0.60	0.71	0.74	0.74	0.60	0.71			
4.5	0.70	0.55	0.71	0.70	0.62	0.58	0.64	0.64	0.62	0.61	0.46	0.58	0.61	0.61	0.46	0.57			

Tabla 25. Factores de corrección según el ACH del edificio para clima B4.

Llegados a este punto se hallaron por el mismo procedimiento anterior los factores correctores para el caso nominal mencionados, pero para la zona climática D3, y a continuación se realizó una comparación entre éstos y los hallados para B3. El resultado fue que la variación era mínima, es por ello que es válido suponer que las variaciones de las renovaciones por hora respecto de la nominal (1 ACH) son proporcionales en todas y cada una de las zonas climáticas.

Tanto es así, que se ha realizado una *tabla 26* de factores de corrección conjunta tanto para sus diferentes usos como para los cambios de aire por hora. Y que será general, utilizándose así para hallar la conversión del nivel de fuentes internas medio a otros y para la conversión del número de renovaciones por hora.

FACTOR CORRECTOR ÚNICO		CAL		REFRIGERACIÓN														
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI	
8H	B	0.5	1.16	1.22	1.04	1.05	1.10	1.11	1.07	1.08	1.01	1.00	1.13	1.13	1.01	1.00	1.13	1.13
		Nom	1.03	1.04	1.02	1.02	0.94	0.94	0.99	0.99	0.93	0.92	0.96	0.94	0.93	0.92	0.96	0.94
		2	0.88	0.83	0.96	0.95	0.75	0.73	0.85	0.84	0.79	0.79	0.70	0.74	0.79	0.78	0.69	0.73
		3	0.80	0.71	0.88	0.86	0.66	0.63	0.74	0.72	0.68	0.67	0.53	0.61	0.67	0.67	0.53	0.60
		4.5	0.72	0.60	0.79	0.76	0.60	0.57	0.64	0.62	0.61	0.61	0.42	0.53	0.60	0.60	0.42	0.52
	M	0.5	1.13	1.19	1.01	1.02	1.13	1.15	1.06	1.07	1.06	1.06	1.15	1.16	1.06	1.06	1.15	1.17
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	0.85	0.79	0.94	0.92	0.82	0.80	0.87	0.86	0.87	0.87	0.76	0.81	0.87	0.87	0.75	0.81
		3	0.77	0.67	0.86	0.84	0.72	0.69	0.77	0.75	0.75	0.75	0.59	0.68	0.75	0.75	0.59	0.67
		4.5	0.70	0.57	0.76	0.73	0.65	0.62	0.66	0.64	0.67	0.67	0.47	0.59	0.66	0.67	0.47	0.58
	A	0.5	1.11	1.15	0.98	0.99	1.16	1.18	1.04	1.06	1.12	1.13	1.16	1.19	1.12	1.13	1.16	1.20
		Nom	0.97	0.95	0.97	0.98	1.05	1.05	1.00	1.00	1.07	1.08	1.04	1.07	1.07	1.08	1.04	1.07
		2	0.82	0.74	0.91	0.90	0.88	0.86	0.89	0.88	0.95	0.96	0.81	0.89	0.94	0.96	0.81	0.89
		3	0.74	0.63	0.83	0.81	0.77	0.75	0.78	0.77	0.83	0.84	0.65	0.75	0.82	0.83	0.64	0.75
		4.5	0.67	0.54	0.73	0.71	0.70	0.66	0.68	0.66	0.73	0.74	0.52	0.65	0.72	0.73	0.51	0.64
12H	B	0.5	1.17	1.25	1.05	1.06	1.12	1.14	1.09	1.09	1.05	1.05	1.16	1.12	1.05	1.05	1.16	1.12
		Nom	1.03	1.05	1.02	1.02	0.95	0.94	0.98	0.98	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94
		2	0.88	0.83	0.94	0.93	0.73	0.70	0.82	0.82	0.77	0.76	0.67	0.73	0.77	0.76	0.67	0.73
		3	0.79	0.70	0.85	0.84	0.62	0.58	0.71	0.71	0.65	0.64	0.52	0.60	0.65	0.64	0.52	0.60
		4.5	0.72	0.60	0.75	0.73	0.54	0.50	0.62	0.61	0.56	0.56	0.42	0.52	0.56	0.55	0.42	0.51
	M	0.5	1.14	1.21	1.03	1.03	1.16	1.18	1.09	1.10	1.10	1.10	1.20	1.15	1.10	1.10	1.20	1.16
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	0.85	0.78	0.92	0.91	0.79	0.77	0.85	0.85	0.84	0.84	0.74	0.80	0.84	0.83	0.74	0.80
		3	0.76	0.66	0.83	0.82	0.67	0.64	0.75	0.74	0.72	0.71	0.58	0.67	0.71	0.71	0.58	0.67
		4.5	0.70	0.56	0.72	0.71	0.59	0.55	0.64	0.63	0.62	0.62	0.46	0.57	0.61	0.62	0.46	0.57
	A	0.5	1.11	1.16	1.00	1.01	1.20	1.22	1.08	1.09	1.14	1.15	1.21	1.19	1.14	1.15	1.21	1.19
		Nom	0.96	0.94	0.97	0.97	1.05	1.06	1.01	1.01	1.05	1.07	1.04	1.06	1.06	1.07	1.04	1.06
		2	0.81	0.73	0.89	0.88	0.84	0.82	0.87	0.87	0.90	0.91	0.79	0.87	0.90	0.91	0.79	0.87
		3	0.73	0.62	0.80	0.79	0.72	0.68	0.77	0.76	0.78	0.79	0.63	0.74	0.78	0.78	0.63	0.74
		4.5	0.67	0.53	0.70	0.68	0.62	0.58	0.66	0.65	0.67	0.68	0.50	0.63	0.67	0.68	0.50	0.63
16H	B	0.5	1.19	1.27	1.05	1.06	1.13	1.15	1.09	1.09	1.05	1.04	1.16	1.10	1.05	1.04	1.16	1.10
		Nom	1.04	1.06	1.02	1.02	0.94	0.94	0.97	0.98	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
		2	0.88	0.83	0.94	0.94	0.71	0.68	0.82	0.81	0.75	0.74	0.66	0.72	0.75	0.74	0.66	0.72
		3	0.80	0.71	0.86	0.85	0.60	0.56	0.71	0.70	0.63	0.62	0.52	0.60	0.63	0.62	0.51	0.59
		4.5	0.73	0.60	0.75	0.74	0.53	0.49	0.61	0.61	0.55	0.54	0.42	0.51	0.54	0.54	0.42	0.51
	M	0.5	1.15	1.22	1.03	1.03	1.18	1.20	1.09	1.10	1.11	1.11	1.23	1.16	1.11	1.11	1.23	1.16
		Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	0.84	0.77	0.92	0.91	0.77	0.75	0.85	0.85	0.83	0.83	0.73	0.80	0.83	0.83	0.73	0.80

24H	A	3	0.76	0.66	0.83	0.82	0.65	0.61	0.75	0.74	0.71	0.71	0.58	0.68	0.71	0.70	0.58	0.67	
		4.5	0.70	0.56	0.73	0.72	0.57	0.53	0.64	0.64	0.61	0.61	0.47	0.57	0.60	0.60	0.47	0.57	
		0.5	1.11	1.16	1.00	1.01	1.21	1.24	1.08	1.09	1.16	1.17	1.26	1.21	1.16	1.17	1.27	1.21	
		Nom	0.95	0.93	0.97	0.97	1.06	1.06	1.01	1.01	1.07	1.08	1.06	1.07	1.07	1.08	1.06	1.07	
		2	0.80	0.71	0.89	0.89	0.83	0.81	0.87	0.87	0.91	0.92	0.80	0.89	0.91	0.92	0.80	0.88	
		3	0.73	0.61	0.80	0.79	0.69	0.66	0.77	0.76	0.78	0.79	0.64	0.75	0.78	0.79	0.64	0.75	
		4.5	0.67	0.52	0.70	0.69	0.60	0.56	0.66	0.66	0.67	0.68	0.52	0.64	0.66	0.67	0.51	0.63	
	B	0.5	1.61	1.73	1.21	1.22	1.22	1.21	1.17	1.19	0.97	0.94	1.32	1.02	0.97	0.94	1.32	1.02	
		Nom	1.40	1.42	1.18	1.18	1.02	1.00	1.07	1.07	0.87	0.84	1.04	0.87	0.87	0.84	1.04	0.86	
		2	1.18	1.10	1.10	1.09	0.78	0.74	0.91	0.91	0.72	0.69	0.73	0.68	0.72	0.69	0.73	0.68	
		3	1.07	0.94	1.00	1.00	0.66	0.62	0.79	0.79	0.61	0.59	0.57	0.57	0.61	0.58	0.56	0.56	
		4.5	0.97	0.80	0.91	0.90	0.59	0.55	0.70	0.70	0.56	0.54	0.48	0.51	0.55	0.53	0.47	0.51	
		M	0.5	1.16	1.24	1.05	1.06	1.14	1.14	1.08	1.09	1.09	1.09	1.18	1.14	1.09	1.09	1.18	1.14
			Nom	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2			0.84	0.76	0.90	0.89	0.81	0.79	0.87	0.86	0.86	0.86	0.80	0.83	0.86	0.86	0.80	0.83	
3			0.76	0.65	0.81	0.80	0.69	0.66	0.76	0.76	0.75	0.75	0.67	0.71	0.75	0.75	0.67	0.71	
4.5			0.70	0.55	0.73	0.72	0.58	0.55	0.67	0.67	0.67	0.66	0.57	0.63	0.67	0.66	0.57	0.63	
A	0.5	1.50	1.58	1.11	1.12	1.30	1.31	1.12	1.14	1.04	1.03	1.32	1.08	1.04	1.03	1.32	1.08		
	Nom	1.28	1.25	1.09	1.09	1.15	1.14	1.06	1.07	0.98	0.97	1.11	0.97	0.98	0.96	1.11	0.97		
	2	1.07	0.95	1.00	1.00	0.93	0.91	0.93	0.93	0.85	0.83	0.84	0.81	0.84	0.83	0.84	0.81		
	3	0.98	0.81	0.90	0.90	0.80	0.76	0.81	0.81	0.73	0.72	0.67	0.69	0.73	0.71	0.67	0.68		
	4.5	0.90	0.69	0.77	0.77	0.71	0.67	0.68	0.68	0.60	0.59	0.52	0.56	0.60	0.58	0.51	0.55		

Tabla 26. Factores de corrección universales para corregir uso y ACH.

Las nuevas relaciones de demanda se calcularán como:

$$RD_{NUEVA} = RD_{BASE_{media}} \cdot FC_{UNIVERSAL}$$

5.3.4 AHORROS EN REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN

Mediante las sucesivas simulaciones llevadas a cabo, además de hallar las relaciones de demanda se han hallado los ahorros que se pueden conseguir de aplicar cada una de las medidas de ahorro energético en estudio. Pese a que estas 14 medidas para refrigeración son propuestas para conseguir ahorrar tanto energética como económicamente, no todas contribuyen en este objetivo.

Aunque este estudio se ha realizado para todos los climas se han tomado de nuevo como referencia solamente los datos referidos al uso medio. En caso de querer hallar dichos ahorros en otras situaciones o bien para el modo calefacción, la formulación es la que sigue:

$$Ahorro \% = \frac{RD_{BASE} - RD_{NUEVA}}{RD_{BASE}} \cdot 100$$

Una vez representados los resultados en *figura 35* encontramos una disparidad de ocurrencias tal y como era de preveer, haciéndose nulo el ahorro para el caso de aplicar enfriamiento evaporativo directo o indirecto, por ejemplo.

Para facilitar visualmente el análisis se ha tomado como leyenda: 8h (magenta), 12h (verde), 16h (amarillo) y 24h (cian).

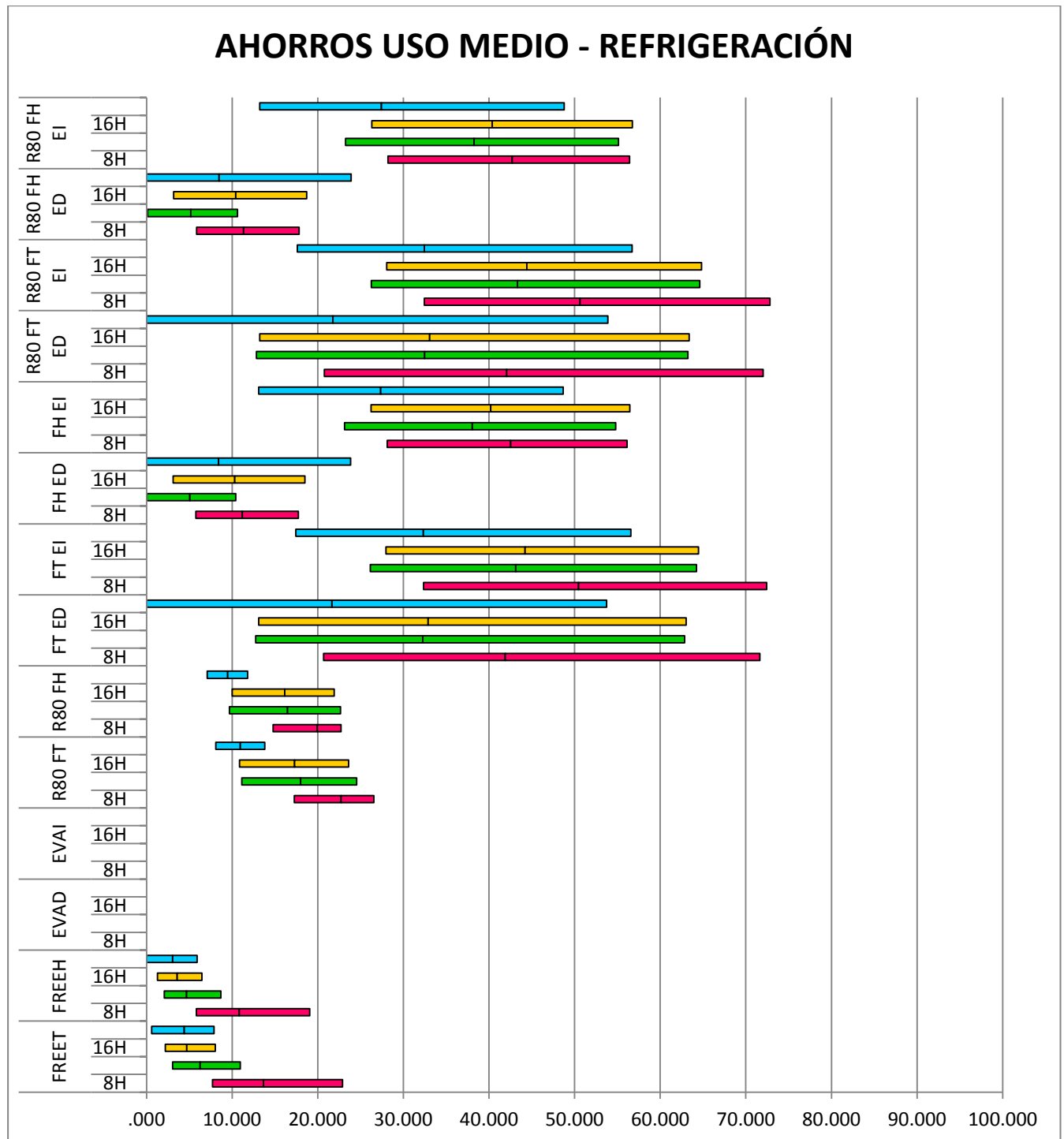


Figura 35. Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima B4.

Cabe destacar que se ha querido representar en el mismo rango de ahorro el valor del edificio promedio, de manera que se puede observar que éste no se encuentra necesariamente en medio, lo que se traduce en que el ahorro obtenido con dicho edificio puede ser menor o mayor que el que se obtendría si nuestro

edificio se asimilase más a uno de los otros cuatro edificios estudiados.

Resulta también interesante representar los ahorros que conseguiríamos en otra zona climática aplicando las mismas medidas. Hemos optado de nuevo por la zona D3 con la que venimos comparando resultados.

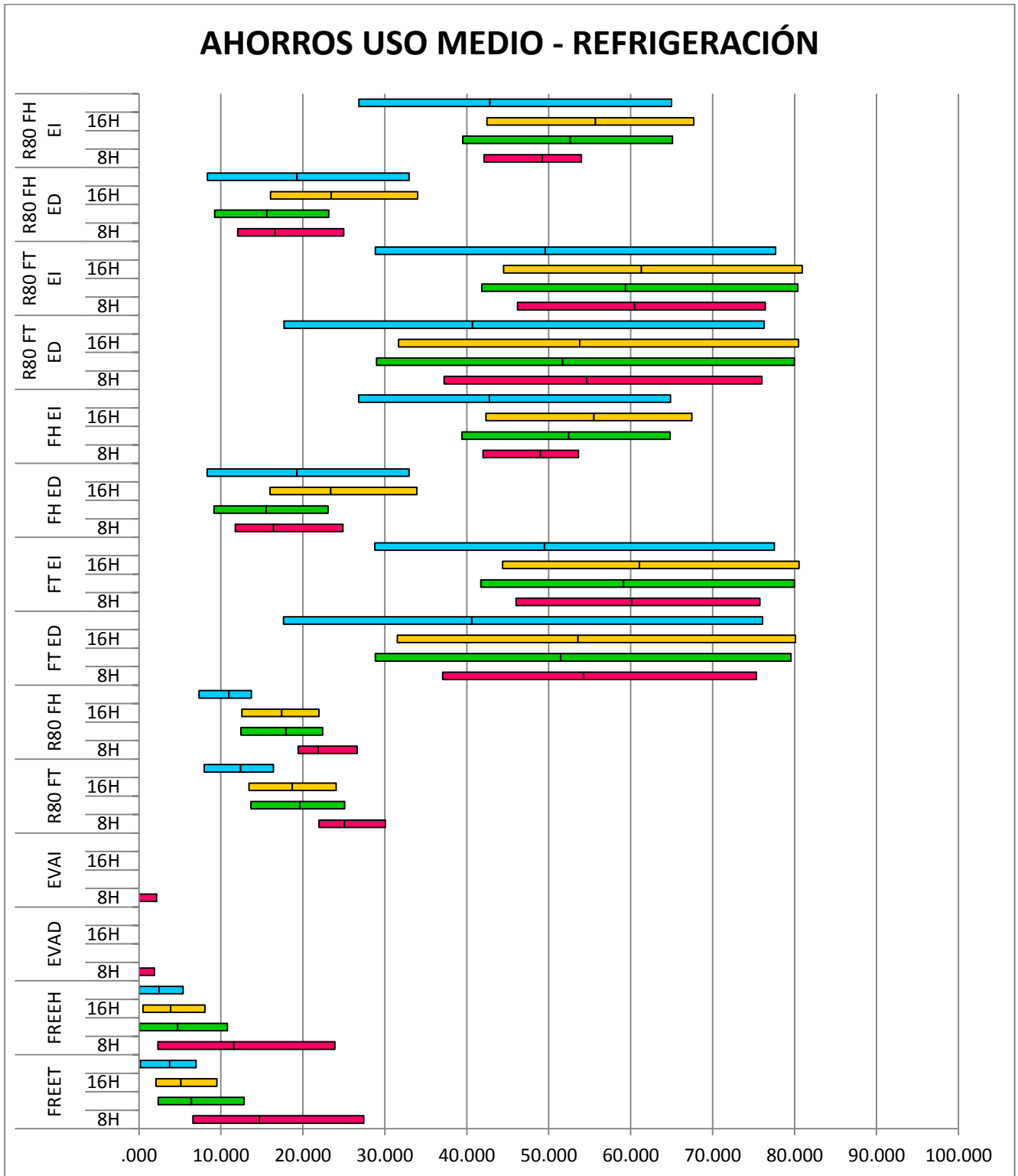


Figura 36. Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima B4.

En este caso los ahorros logrados con el enfriamiento evaporativo directo e indirecto, en comparación, dejan de ser nulos para el uso horario de 8h. Pero hay que matizar que no se ve reflejado en el rango el edificio promedio, con el que la aplicación de estas medidas sigue acarreado un ahorro nulo.

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Dada la actual problemática energética, creciente en los últimos años, se ha enfocado el presente proyecto con vistas a mejorar el sector de la edificación española del Sector Terciario, en concreto, en cuanto a gestión y ahorro energético se refiere.

Para ello se han definido tres grandes bloques en los que se desarrollan algunos puntos clave para la realización de proyectos de rehabilitación energética, de manera que podamos reducir tanto la demanda energética exterior del país como la generación de ésta en el cómputo global. Cumpliendo así las imposiciones legales en esta materia que han ido surgiendo en los últimos años y la consecución de un equilibrio entre los intereses sociales, ambientales, económicos y energéticos, que estando interrelacionados, ayudarán a la consecución de un futuro sostenible.

En primer lugar, se ha hecho hincapié en la realización de Sistemas de Gestión energético o en su defecto, la ejecución de Auditorías Energéticas. Estas nos darán una visión realista del edificio en estudio que resultará clave para cumplir el objetivo marcado: poner solución a los derroches de energía innecesarios logrando una buena gestión energética y ahorrando tanto energética como económicamente.

Para cumplir con dichas pautas se ha elaborado una guía de medidas de mejora de ahorro energética. Esta guía contiene una pincelada de todas las medidas existentes que podrían llevarse a cabo en el sector de la edificación. La elección se ha llevado a cabo pensando en las que mayor ahorro energético y económico podrían aportar en la rehabilitación de edificios terciarios. De ahí que la clasificación de las medidas sea según sistemas secundarios, en demanda, en transporte y en sistemas primarios.

Tras una breve descripción de cada medida aportando los criterios de diseño, la tecnología aplicable y el ahorro energético que suscitan, se ha llegado a la conclusión de que son las actuaciones sobre medidas de ahorro en sistemas secundarios las que nos aportan un mayor beneficio; ya que son las que mayor potencial de ahorro tienen y las que menos desembolso económico requieren. Tanto es así que para llevar a cabo un estudio de medidas sobre ciertos edificios nos hemos centrado únicamente en ellos.

Sobre este tema se ha centrado la tercera y última parte. Para dicho estudio se han tomado cuatro edificios representativos de la geografía española: un edificio comercial, una oficina, un centro cultural y un edificio deportivo. A estos edificios se les ha aplicado una serie de medidas sobre sistemas secundarios de manera individual y de manera colectiva.

En modo calefacción se ha aplicado un recuperador sensible de baja eficiencia (60%) y otro de alta eficiencia (80%). Mientras que en modo refrigeración han sido: un enfriamiento gratuito con control por temperatura y por entalpía, un enfriamiento evaporativo directo e indirecto y un recuperador de alta eficiencia (80%) en combinación con las medidas anteriores.

Tras simular estos cuatro edificios mediante una herramienta detallada, se obtuvieron las relaciones de demanda tanto en un caso base (sin aplicación de medidas de ahorro energético) como para cada una de las

medidas aplicadas (en total 16).

Sobre los resultados obtenidos, se ha elaborado primero un estudio de dichas relaciones de demanda en modo calefacción y refrigeración, en donde se ha hecho patente la necesidad de constituir un edificio promedio ideal que agrupe a estos cuatro edificios en estudio y que por tanto permita adoptarse para cualquier edificio que se acerque a sus características. Es por lo que se aportan los errores que pueden permitirse en caso de acogerse a este edificio promedio.

A continuación, y ya trabajando con dicho edificio promedio, se han confeccionado unos factores correctores universales aplicables a las relaciones de demanda medias de cualquier zona climática, de forma que conociendo sólo el caso nominal (1 renovación por hora) para el uso medio, pueda extrapolarse a los doce usos (combinaciones entre el horario: 8h, 12h 16h y 24h y el nivel de fuentes internas: bajo, medio y alto) y a cinco cambios de aire por hora (ACH). De esta manera simplificada se consigue abarcar y simplificar las relaciones de demanda de las doce zonas climáticas que existen en España.

Por último, un análisis sobre el rango de ahorro que cada medida produce así como el ahorro estimado concreto que ocasionan en su aplicación al edificio promedio, nos ha posibilitado dilucidar que la aplicación del recuperador de alta eficiencia junto con el freecooling controlado por temperatura y el enfriamiento evaporativo indirecto es la medida que en conjunto genera un mayor potencial de ahorro energético, y por tanto económico. De hecho, esta máxima se cumple, con la consecución de unos ahorros mayores o menores dependiendo de cada caso, en las doce zonas climáticas de España.

Tras realizar este estudio y advertir la gran utilidad que tiene y tendrá en el futuro conocer de primera mano cómo las medidas de mejora de ahorro energético varían de unas zonas climáticas a otras y el provecho que tiene poder asemejar cualquier edificio del sector terciario a un edificio promedio, se nos plantean nuevos frentes que serían interesantes estudiarlos con profundidad en un futuro.

Destaca entre ellos, la ampliación de la guía de medidas de mejora, pues como se ha dicho, ésta es sólo una pequeña muestra de todas las posibles que se llevan a cabo actualmente y/o que se podrían realizar.

Así mismo, resultaría interesante estudiar las relaciones de demanda y los ahorros que producirían sobre el edificio promedio no sólo las medidas referidas a sistemas secundarios, sino ampliar a medidas relativas a la demanda energética y sobre todo, al transporte y sistemas primarios.

En el marco de este proyecto se ha hablado sobre energías renovables y la importancia de adaptarlas en edificios de cara a la gestión de la energía, pero se ha pasado por alto la manera de integrarlas. Es por ello que, debido a la gran variedad de tecnología que existe a día de hoy y el bajo coste de aplicación que la mayoría tiene, acompañado de las ventajas que traen consigo, resultará atractivo centrarnos en ellas para seguir las mismas pautas que este proyecto presenta. Y así establecer unos criterios de aplicación según el tipo de edificio y la zona en la que este se encuentre, maximizando el aprovechamiento de las fuentes renovables en un futuro.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Delvaux, M. Hunt y K. Talus, *European energy law and policy issues*, Intersentia, 2013.
- [2] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE); Garrigues Medio Ambiente; Centro de Estudios Económicos Tomillo, «Impacto socioeconómico del mercado de la eficiencia energética en el horizonte 2020,» 2011.
- [3] Rio to Rio+20, *Keeping Track of Our Changing Environment*, United Nations Environment Programme, 2011.
- [4] Comisión Europea, «Libro Verde: Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura,» 2006.
- [5] Comunicación de la Comisión al Consejo Europeo y al Parlamento Europeo, «Una política energética para Europa,» 2007.
- [6] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), «2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-2020,» 2011.
- [7] Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI); Ministerio de Economía y competitividad (MINECO); Oficina Europea (FECYT-MINECO), «Guía del participante. Horizonte 2020,» Creative Commons, España, 2014.
- [8] Grupo de Trabajo sobre rehabilitación (GTR), «Estrategia para la rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España.,» Climate & Strategy Partners, 2013.
- [9] Agencia Internacional de Energía (AIE)/Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), «Manual de Estadísticas Energéticas,» EUROSTAT, L, 2007.
- [10] Organización Internacional de Normalización, «Norma UNE-EN ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.,» 2011.
- [11] L. P.-L. M. d. Oliva, *metodología de análisis de eficiencia energética de sistemas de climatización. Aplicación a edificios del sector terciario*, 2008.
- [12] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), «Climatización con Energía Solar Térmica en Edificios: Estudio Técnico PER 2011-2020,» 2011.
- [13] Ministerio de Industria, Energía y Turismo; Secretaría de Estado de Energía, «Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE),» 2013.
- [16] Ministerio de Fomento, «Código Técnico de la Edificación (CTE),» 2006.
- [17] L. P.-L. M. d. Oliva, *Metodología de análisis de eficiencia energética de sistemas de climatización. Aplicación a edificios del sector terciario*, 2008.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO A – ZONA CLIMÁTICA A3

8.1.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1.125	1.103	1.129	1.130	1.122
8h - Media	1.119	1.090	1.125	1.125	1.115
8h - Alta	1.113	1.084	1.121	1.118	1.109
12h - Baja	1.118	1.096	1.126	1.127	1.117
12h - Media	1.111	1.082	1.121	1.119	1.108
12h - Alta	1.096	1.071	1.114	1.107	1.097
16h - Baja	1.114	1.098	1.123	1.124	1.115
16h - Media	1.105	1.083	1.118	1.116	1.105
16h - Alta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24h - Baja	1.110	1.104	1.120	1.122	1.114
24h - Media	1.084	1.073	1.114	1.110	1.095
24h - Alta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla A.1: Relaciones de demandas base en calefacción para A3

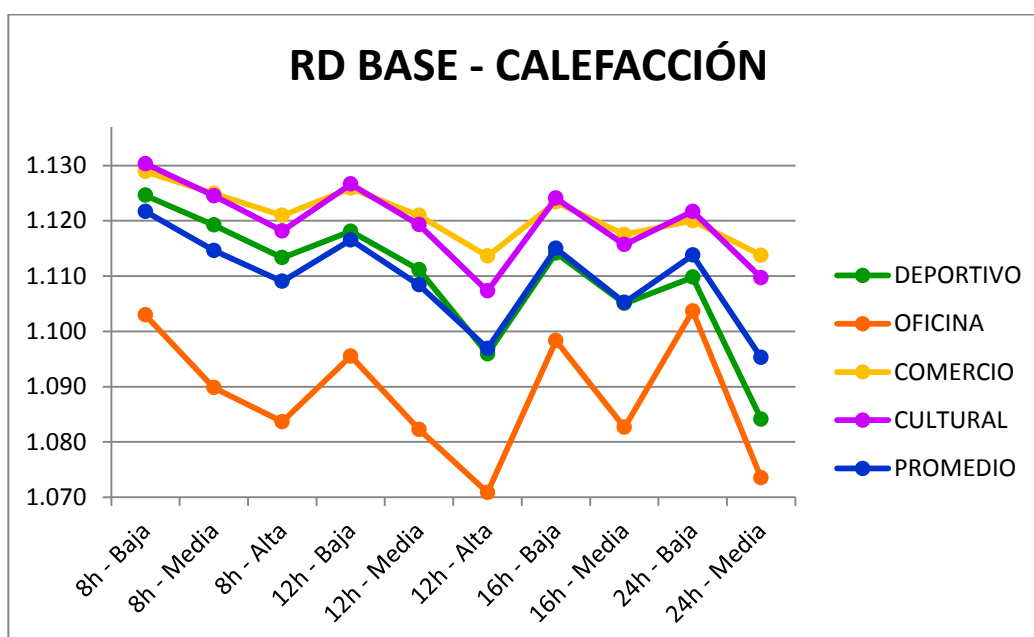


Figura A.1: Relaciones de demandas base en calefacción para A3

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.1.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1.103	1.122	1.130	1.090	1.115	1.125	1.084	1.109	1.121
12H	1.096	1.117	1.127	1.082	1.108	1.118	1.071	1.097	1.114
16H	1.098	1.115	1.124	1.083	1.105	1.117	0.000	0.000	0.000
24H	1.104	1.114	1.122	1.073	1.095	1.114	0.000	0.000	0.000

Tabla A.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para A3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0.019	1.122	0.009	0.025	1.115	0.010	0.025	1.109	0.012
12H	0.021	1.117	0.010	0.026	1.108	0.009	0.026	1.097	0.017
16H	0.017	1.115	0.009	0.023	1.105	0.012	0.000	0.000	0.000
24H	0.010	1.114	0.008	0.022	1.095	0.018	0.000	0.000	0.000

Tabla A.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	1,670	1,122	0,768	2,224	1,115	0,924	2,288	1,109	1,077
12H	1,882	1,117	0,904	2,358	1,108	0,820	2,376	1,097	1,520
16H	1,493	1,115	0,816	2,042	1,105	1,045	0,000	0,000	0,000
24H	0,907	1,114	0,709	1,988	1,095	1,688	0,000	0,000	0,000

Tabla A.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1.103	1.090	1.084
	PROMEDIO	1.122	1.115	1.109
	MAX	1.130	1.125	1.121
12H	MIN	1.096	1.082	1.071
	PROMEDIO	1.117	1.108	1.097
	MAX	1.127	1.118	1.114
16H	MIN	1.098	1.083	0.000
	PROMEDIO	1.115	1.105	0.000
	MAX	1.124	1.117	0.000
24H	MIN	1.104	1.073	0.000
	PROMEDIO	1.114	1.095	0.000
	MAX	1.122	1.114	0.000

Tabla A.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para A3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0.019	0.025	0.025
	PROMEDIO	1.122	1.115	1.109
	+	0.009	0.010	0.012
12H	-	0.021	0.026	0.026
	PROMEDIO	1.117	1.108	1.097
	+	0.010	0.009	0.017
16H	-	0.017	0.023	0.000
	PROMEDIO	1.115	1.105	0.000
	+	0.009	0.012	0.000
24H	-	0.010	0.022	0.000
	PROMEDIO	1.114	1.095	0.000
	+	0.008	0.018	0.000

Tabla A.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	1,670	2,224	2,288
	PROMEDIO	1,122	1,115	1,109
	+	0,768	0,924	1,077
12H	-	1,882	2,358	2,376
	PROMEDIO	1,117	1,108	1,097
	+	0,904	0,820	1,520
16H	-	1,493	2,042	0,000
	PROMEDIO	1,115	1,105	0,000
	+	0,816	1,045	0,000
24H	-	0,907	1,988	0,000
	PROMEDIO	1,114	1,095	0,000
	+	0,709	1,688	0,000

Tabla A.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.1.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,060	1,127	1,046	1,008	1,060
8h - Media	1,066	1,122	1,075	1,045	1,077
8h - Alta	1,074	1,112	1,099	1,080	1,091
12h - Baja	1,036	1,092	1,086	1,053	1,067
12h - Media	1,035	1,079	1,109	1,084	1,077
12h - Alta	1,027	1,080	1,112	1,096	1,079
16h - Baja	1,066	1,113	1,107	1,081	1,092
16h - Media	1,061	1,100	1,121	1,107	1,097
16h - Alta	1,050	1,099	1,124	1,113	1,096
24h - Baja	1,093	1,126	1,118	1,094	1,108
24h - Media	0,864	1,007	1,028	1,042	0,985
24h - Alta	1,067	1,115	1,135	1,115	1,108

Tabla A.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para A3.

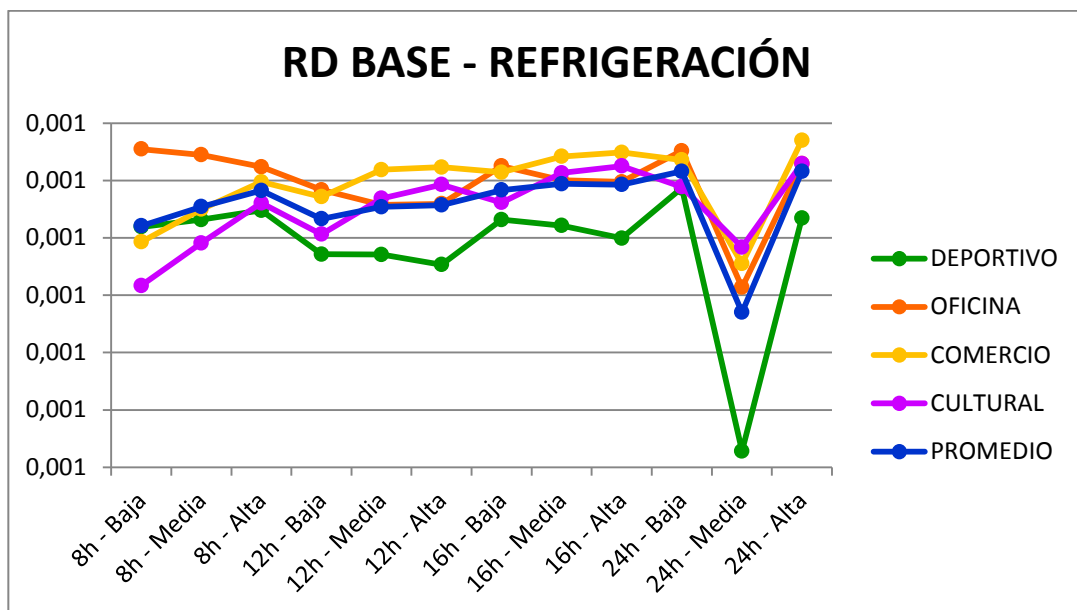


Figura A.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para A3.

8.1.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,008	1,060	1,060	1,045	1,077	1,066	1,074	1,091	1,080
12H	1,036	1,067	1,053	1,035	1,077	1,084	1,027	1,079	1,096
16H	1,066	1,092	1,081	1,061	1,097	1,107	1,050	1,096	1,113
24H	1,093	1,108	1,094	0,864	0,985	1,042	1,067	1,108	1,115

Tabla A.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para A3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,052	1,060	-0,001	0,032	1,077	-0,011	0,017	1,091	-0,011
12H	0,031	1,067	-0,013	0,042	1,077	0,007	0,052	1,079	0,018
16H	0,026	1,092	-0,011	0,036	1,097	0,009	0,047	1,096	0,016
24H	0,014	1,108	-0,013	0,121	0,985	0,057	0,041	1,108	0,007

Tabla A.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	5,158	1,060	-0,085	3,032	1,077	-1,043	1,613	1,091	-0,999
12H	2,987	1,067	-1,260	4,018	1,077	0,684	5,061	1,079	1,658
16H	2,412	1,092	-0,990	3,434	1,097	0,865	4,453	1,096	1,481
24H	1,319	1,108	-1,217	13,998	0,985	5,762	3,804	1,108	0,613

Tabla A.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,008	1,045	1,074
	PROMEDIO	1,060	1,077	1,091
	MAX	1,060	1,066	1,080
12H	MIN	1,036	1,035	1,027
	PROMEDIO	1,067	1,077	1,079
	MAX	1,053	1,084	1,096
16H	MIN	1,066	1,061	1,050
	PROMEDIO	1,092	1,097	1,096
	MAX	1,081	1,107	1,113
24H	MIN	1,093	0,864	1,067
	PROMEDIO	1,108	0,985	1,108
	MAX	1,094	1,042	1,115

Tabla A.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para A3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,052	0,032	0,017
	PROMEDIO	1,060	1,077	1,091
	+	-0,001	-0,011	-0,011
12H	-	0,031	0,042	0,052
	PROMEDIO	1,067	1,077	1,079
	+	-0,013	0,007	0,018
16H	-	0,026	0,036	0,047
	PROMEDIO	1,092	1,097	1,096
	+	-0,011	0,009	0,016
24H	-	0,014	0,121	0,041
	PROMEDIO	1,108	0,985	1,108
	+	-0,013	0,057	0,007

Tabla A.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	5,158	3,032	1,613
	PROMEDIO	1,060	1,077	1,091
	+	-0,085	-1,043	-0,999
12H	-	2,987	4,018	5,061
	PROMEDIO	1,067	1,077	1,079
	+	-1,260	0,684	1,658
16H	-	2,412	3,434	4,453
	PROMEDIO	1,092	1,097	1,096
	+	-0,990	0,865	1,481
24H	-	1,319	13,998	3,804
	PROMEDIO	1,108	0,985	1,108
	+	-1,217	5,762	0,613

Tabla A.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.1.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0.869	0.785	0.935	0.964	1.071	1.053	0.795	0.825	0.446	0.394	0.859	0.502	0.443	0.391	0.857	0.499
	M	0.839	0.747	0.919	0.949	1.110	1.092	0.814	0.844	0.483	0.427	0.884	0.520	0.480	0.425	0.882	0.517
	A	0.811	0.711	0.894	0.924	1.137	1.119	0.816	0.847	0.509	0.452	0.884	0.537	0.507	0.450	0.882	0.535
12H	B	0.848	0.758	1.020	1.034	1.122	1.093	0.839	0.853	0.479	0.401	0.844	0.473	0.477	0.399	0.844	0.472
	M	0.812	0.714	1.009	1.024	1.152	1.122	0.867	0.883	0.519	0.435	0.892	0.498	0.517	0.433	0.891	0.496
	A	0.774	0.667	0.961	0.981	1.153	1.124	0.859	0.879	0.560	0.478	0.892	0.543	0.558	0.476	0.891	0.542
16H	B	0.833	0.739	1.057	1.070	1.163	1.130	0.864	0.878	0.467	0.388	0.772	0.457	0.466	0.386	0.772	0.455
	M	0.791	0.686	1.042	1.054	1.182	1.148	0.892	0.906	0.512	0.426	0.826	0.485	0.510	0.423	0.825	0.483
	A	0.000	0.000	0.987	1.004	1.179	1.146	0.881	0.899	0.560	0.475	0.832	0.527	0.558	0.473	0.831	0.525
24H	B	0.821	0.723	1.050	1.069	1.177	1.149	0.861	0.881	0.468	0.398	0.820	0.469	0.465	0.394	0.819	0.467
	M	0.776	0.670	0.935	0.951	1.087	1.060	0.849	0.866	0.598	0.502	0.786	0.568	0.596	0.501	0.785	0.566
	A	0.000	0.000	0.915	0.938	1.173	1.148	0.823	0.846	0.519	0.449	0.758	0.498	0.516	0.447	0.756	0.496

Tabla A.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción-refrigeración tras aplicación de MAE, para A3.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.1.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0.839	0.747	0.919	0.949	1.110	1.092	0.814	0.844	0.483	0.427	0.884	0.520	0.480	0.425	0.882	0.517
12H	0.812	0.714	1.009	1.024	1.152	1.122	0.867	0.883	0.519	0.435	0.892	0.498	0.517	0.433	0.891	0.496
16H	0.791	0.686	1.042	1.054	1.182	1.148	0.892	0.906	0.512	0.426	0.826	0.485	0.510	0.423	0.825	0.483
24H	0.776	0.670	0.935	0.951	1.087	1.060	0.849	0.866	0.598	0.502	0.786	0.568	0.596	0.501	0.785	0.566

Tabla A.16: Relaciones de demanda medias para clima A3 (a aplicar factor corrector)

* Factores de corrección de la Tabla A.16 en 6.13 Anexo M

8.1.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	6.91	26.82	14.49
	12H	2.58	12.23	6.36
	16H	2.06	9.42	5.09
	24H	0.66	9.69	5.15
FREEH	8H	3.69	23.48	11.75
	12H	1.03	10.15	4.92
	16H	0.78	7.83	3.93
	24H	-0.23	7.57	3.62
EVAD	8H	-6.57	1.62	-3.02
	12H	-11.37	-1.82	-6.98
	16H	-11.79	-3.45	-7.81
	24H	-19.72	-3.25	-10.41
EVAI	8H	-3.95	1.89	-1.33
	12H	-7.03	-1.30	-4.20
	16H	-6.81	-2.88	-4.68
	24H	-12.19	-2.55	-7.68
R80 FT	8H	20.37	29.39	24.37
	12H	13.63	24.83	19.42
	16H	13.50	23.70	18.59
	24H	9.08	16.87	13.65
R80 FH	8H	18.73	26.13	21.58
	12H	12.70	22.57	17.91
	16H	12.89	21.65	17.38
	24H	8.16	14.38	11.92
FT ED	8H	35.75	76.93	55.33
	12H	29.11	80.55	51.60
	16H	31.32	80.46	53.10
	24H	17.74	72.75	38.33
FT EI	8H	45.44	77.13	60.45
	12H	41.62	80.94	59.39
	16H	44.38	80.92	61.02
	24H	28.19	74.47	48.09
FH ED	8H	14.35	24.33	17.83
	12H	10.63	24.23	17.07
	16H	17.37	32.89	24.63
	24H	10.07	31.47	19.78
FH EI	8H	42.22	57.65	51.80
	12H	40.10	67.75	53.62
	16H	42.88	68.11	55.66
	24H	26.61	62.00	41.67
R80 FT ED	8H	35.86	77.35	55.56
	12H	29.23	80.82	51.78
	16H	31.45	80.78	53.31
	24H	17.83	72.97	38.47
R80 FT EI	8H	45.55	77.55	60.68
	12H	41.74	81.20	59.57
	16H	44.51	81.23	61.22
	24H	28.28	74.69	48.24
R80 FH ED	8H	14.45	24.40	18.01
	12H	10.71	24.32	17.15
	16H	17.46	33.01	24.73
	24H	10.10	31.54	19.83
R80 FH EI	8H	42.32	58.02	52.01
	12H	40.20	67.96	53.76
	16H	42.99	68.37	55.83
	24H	26.68	62.17	41.78

Tabla A.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima A3

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

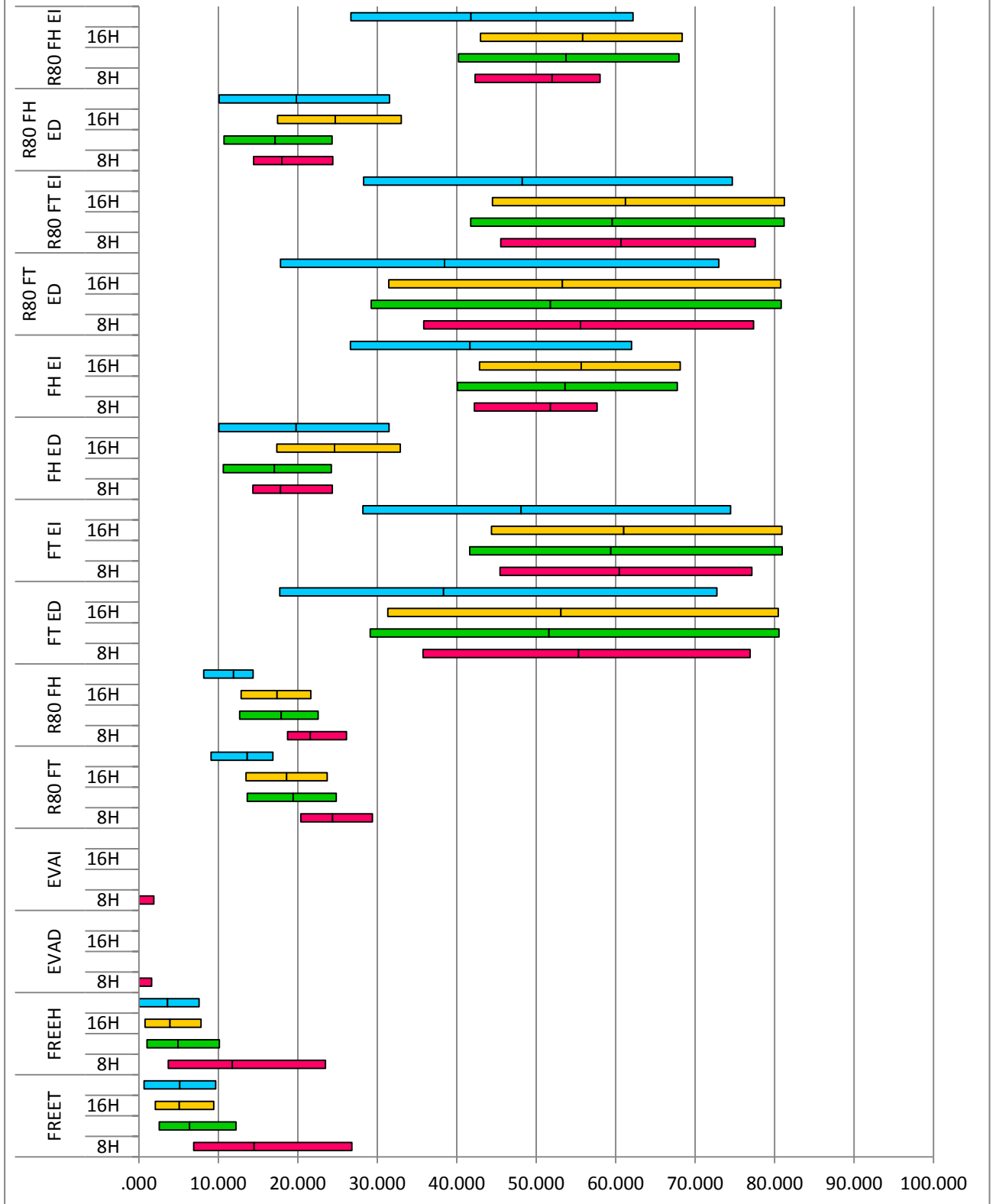


Figura A.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima A3

*NOTA: Valores negativos en la tabla A.17 serán contabilizados como "0".

8.2 ANEXO B – ZONA CLIMÁTICA A4

8.2.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,124	1,102	1,129	1,130	1,121
8h - Media	1,119	1,094	1,125	1,125	1,116
8h - Alta	1,115	1,087	1,121	1,118	1,110
12h - Baja	1,117	1,092	1,126	1,127	1,115
12h - Media	1,109	1,082	1,121	1,119	1,108
12h - Alta	1,096	1,065	1,114	1,106	1,095
16h - Baja	1,116	1,095	1,124	1,124	1,115
16h - Media	1,106	1,084	1,118	1,115	1,106
16h - Alta	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
24h - Baja	1,110	1,103	1,120	1,122	1,114
24h - Media	1,077	1,075	1,114	1,110	1,094
24h - Alta	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla B.1: Relaciones de demandas base en calefacción para A4

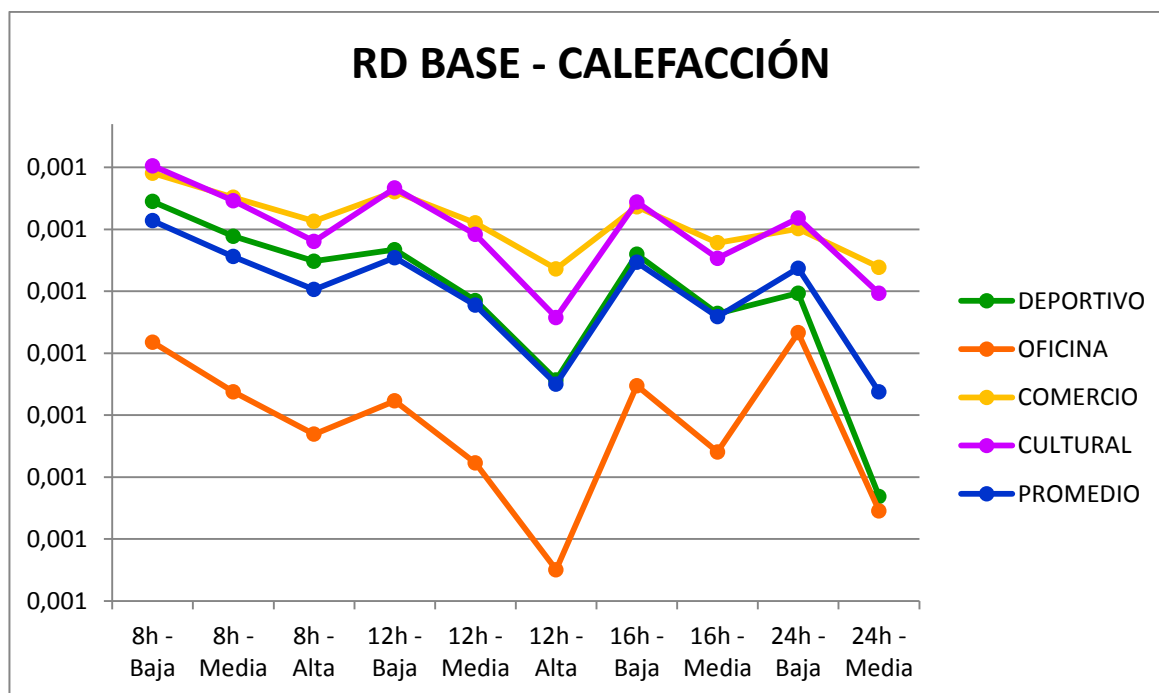


Figura B.1: Relaciones de demandas base en calefacción para A4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.2.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,102	1,121	1,130	1,094	1,116	1,125	1,087	1,110	1,121
12H	1,092	1,115	1,127	1,082	1,108	1,121	1,065	1,095	1,114
16H	1,095	1,115	1,124	1,084	1,106	1,118	0,000	0,000	0,000
24H	1,103	1,114	1,122	1,075	1,094	1,114	0,000	0,000	0,000

Tabla B.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para A4.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,020	1,121	0,009	0,022	1,116	0,010	0,023	1,110	0,011
12H	0,023	1,115	0,011	0,025	1,108	0,013	0,030	1,095	0,019
16H	0,020	1,115	0,010	0,022	1,106	0,012	0,000	0,000	0,000
24H	0,010	1,114	0,008	0,019	1,094	0,020	0,000	0,000	0,000

Tabla B.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A4.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	1,750	1,121	0,790	1,958	1,116	0,856	2,104	1,110	0,993
12H	2,073	1,115	1,007	2,300	1,108	1,199	2,738	1,095	1,698
16H	1,789	1,115	0,872	1,975	1,106	1,078	0,000	0,000	0,000
24H	0,936	1,114	0,726	1,754	1,094	1,842	0,000	0,000	0,000

Tabla B.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,102	1,094	1,087
	PROMEDIO	1,121	1,116	1,110
	MAX	1,130	1,125	1,121
12H	MIN	1,092	1,082	1,065
	PROMEDIO	1,115	1,108	1,095
	MAX	1,127	1,121	1,114
16H	MIN	1,095	1,084	0,000
	PROMEDIO	1,115	1,106	0,000
	MAX	1,124	1,118	0,000
24H	MIN	1,103	1,075	0,000
	PROMEDIO	1,114	1,094	0,000
	MAX	1,122	1,114	0,000

Tabla B.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para A4.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,020	0,022	0,023
	PROMEDIO	1,121	1,116	1,110
	+	0,009	0,010	0,011
12H	-	0,023	0,025	0,030
	PROMEDIO	1,115	1,108	1,095
	+	0,011	0,013	0,019
16H	-	0,020	0,022	0,000
	PROMEDIO	1,115	1,106	0,000
	+	0,010	0,012	0,000
24H	-	0,010	0,019	0,000
	PROMEDIO	1,114	1,094	0,000
	+	0,008	0,020	0,000

Tabla B.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	1,750	1,958	2,104
	PROMEDIO	1,121	1,116	1,110
	+	0,790	0,856	0,993
12H	-	2,073	2,300	2,738
	PROMEDIO	1,115	1,108	1,095
	+	1,007	1,199	1,698
16H	-	1,789	1,975	0,000
	PROMEDIO	1,115	1,106	0,000
	+	0,872	1,078	0,000
24H	-	0,936	1,754	0,000
	PROMEDIO	1,114	1,094	0,000
	+	0,726	1,842	0,000

Tabla B.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.2.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,072	1,113	1,111	1,077	1,093
8h - Media	1,062	1,100	1,125	1,099	1,096
8h - Alta	1,044	1,089	1,139	1,113	1,096
12h - Baja	0,999	1,062	1,114	1,090	1,066
12h - Media	0,988	1,049	1,119	1,104	1,065
12h - Alta	0,969	1,053	1,110	1,101	1,058
16h - Baja	1,029	1,083	1,124	1,103	1,085
16h - Media	1,009	1,069	1,126	1,115	1,080
16h - Alta	0,999	1,070	1,121	1,116	1,077
24h - Baja	1,069	1,104	1,132	1,114	1,105
24h - Media	0,798	0,964	0,944	1,007	0,928
24h - Alta	1,036	1,095	1,133	1,123	1,097

Tabla B.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para A4.

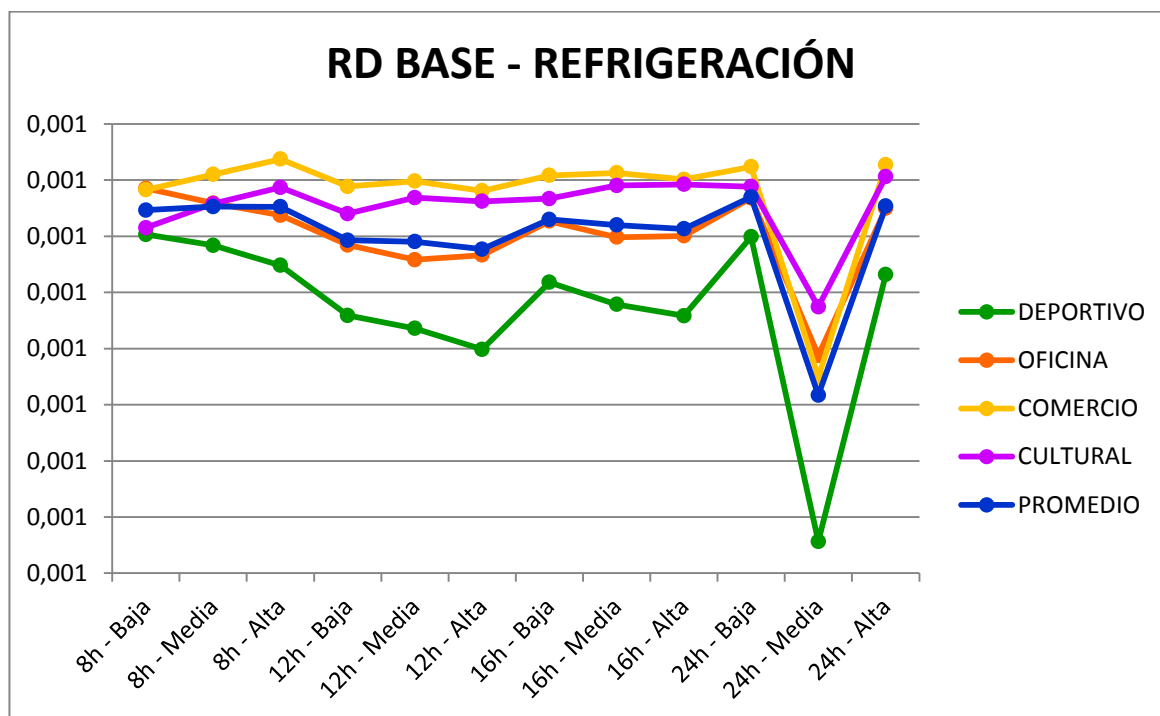


Figura B.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para A4.

8.2.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,072	1,093	1,113	1,062	1,096	1,125	1,044	1,096	1,139
12H	0,999	1,066	1,114	0,988	1,065	1,119	0,969	1,058	1,110
16H	1,029	1,085	1,124	1,009	1,080	1,126	0,999	1,077	1,121
24H	1,069	1,105	1,132	0,798	0,928	1,007	1,036	1,097	1,133

Tabla B.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para A4.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,022	1,093	0,019	0,034	1,096	0,029	0,052	1,096	0,043
12H	0,067	1,066	0,048	0,077	1,065	0,054	0,089	1,058	0,052
16H	0,056	1,085	0,039	0,071	1,080	0,046	0,077	1,077	0,044
24H	0,035	1,105	0,027	0,130	0,928	0,079	0,061	1,097	0,037

Tabla B.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A4.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	1,977	1,093	1,768	3,140	1,096	2,618	4,759	1,096	3,878
12H	6,284	1,066	4,481	7,243	1,065	5,065	8,427	1,058	4,909
16H	5,165	1,085	3,601	6,547	1,080	4,295	7,182	1,077	4,091
24H	3,208	1,105	2,438	14,025	0,928	8,484	5,556	1,097	3,345

Tabla B.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para A4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,072	1,062	1,044
	PROMEDIO	1,093	1,096	1,096
	MAX	1,113	1,125	1,139
12H	MIN	0,999	0,988	0,969
	PROMEDIO	1,066	1,065	1,058
	MAX	1,114	1,119	1,110
16H	MIN	1,029	1,009	0,999
	PROMEDIO	1,085	1,080	1,077
	MAX	1,124	1,126	1,121
24H	MIN	1,069	0,798	1,036
	PROMEDIO	1,105	0,928	1,097
	MAX	1,132	1,007	1,133

Tabla B.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para A4.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,022	0,034	0,052
	PROMEDIO	1,093	1,096	1,096
	+	0,019	0,029	0,043
12H	-	0,067	0,077	0,089
	PROMEDIO	1,066	1,065	1,058
	+	0,048	0,054	0,052
16H	-	0,056	0,071	0,077
	PROMEDIO	1,085	1,080	1,077
	+	0,039	0,046	0,044
24H	-	0,035	0,130	0,061
	PROMEDIO	1,105	0,928	1,097
	+	0,027	0,079	0,037

Tabla B.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	1,977	3,140	4,759
	PROMEDIO	1,093	1,096	1,096
	+	1,768	2,618	3,878
12H	-	6,284	7,243	8,427
	PROMEDIO	1,066	1,065	1,058
	+	4,481	5,065	4,909
16H	-	5,165	6,547	7,182
	PROMEDIO	1,085	1,080	1,077
	+	3,601	4,295	4,091
24H	-	3,208	14,025	5,556
	PROMEDIO	1,105	0,928	1,097
	+	2,438	8,484	3,345

Tabla B.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para A4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.2.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,869	0,785	0,970	1,001	1,174	1,133	0,843	0,873	0,683	0,573	1,004	0,678	0,681	0,570	1,002	0,676
	M	0,840	0,748	0,949	0,981	1,180	1,143	0,850	0,880	0,692	0,587	0,992	0,681	0,690	0,585	0,990	0,680
	A	0,812	0,713	0,924	0,958	1,182	1,149	0,850	0,883	0,702	0,603	0,978	0,689	0,701	0,602	0,977	0,688
12H	B	0,847	0,758	1,020	1,037	1,185	1,128	0,854	0,871	0,777	0,643	1,032	0,705	0,774	0,640	1,030	0,703
	M	0,812	0,714	1,000	1,017	1,189	1,136	0,872	0,888	0,778	0,648	1,040	0,706	0,776	0,646	1,039	0,704
	A	0,773	0,666	0,954	0,974	1,171	1,128	0,862	0,881	0,752	0,637	0,992	0,695	0,750	0,636	0,991	0,694
16H	B	0,833	0,739	1,053	1,065	1,214	1,149	0,871	0,883	0,781	0,640	1,006	0,693	0,778	0,637	1,004	0,691
	M	0,792	0,687	1,031	1,042	1,213	1,153	0,892	0,903	0,784	0,646	1,014	0,694	0,782	0,644	1,013	0,692
	A	0,000	0,000	0,983	0,997	1,197	1,148	0,884	0,898	0,764	0,641	0,971	0,686	0,762	0,640	0,970	0,685
24H	B	0,821	0,724	1,053	1,068	1,220	1,166	0,872	0,889	0,741	0,613	0,984	0,667	0,737	0,610	0,982	0,664
	M	0,776	0,670	0,887	0,902	1,062	1,032	0,824	0,840	0,761	0,661	0,866	0,708	0,760	0,660	0,865	0,707
	A	0,000	0,000	0,935	0,953	1,193	1,155	0,843	0,862	0,691	0,587	0,876	0,630	0,689	0,585	0,874	0,629

Tabla B.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción -refrigeración tras aplicación de MAE, para A4.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.2.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,840	0,748	0,949	0,981	1,180	1,143	0,850	0,880	0,692	0,587	0,992	0,681	0,690	0,585	0,990	0,680
12H	0,812	0,714	1,000	1,017	1,189	1,136	0,872	0,888	0,778	0,648	1,040	0,706	0,776	0,646	1,039	0,704
16H	0,792	0,687	1,031	1,042	1,213	1,153	0,892	0,903	0,784	0,646	1,014	0,694	0,782	0,644	1,013	0,692
24H	0,776	0,670	0,887	0,902	1,062	1,032	0,824	0,840	0,761	0,661	0,866	0,708	0,760	0,660	0,865	0,707

Tabla B.16: Relaciones de demanda medias para clima A4 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla B.16 en 6.13 Anexo M

8.2.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	7,62	22,81	13,47
	12H	3,08	10,83	6,21
	16H	2,21	7,80	4,56
	24H	0,66	7,92	4,56
FREEH	8H	5,81	18,98	10,57
	12H	1,91	8,62	4,62
	16H	1,49	6,44	3,56
	24H	-0,17	5,96	3,02
EVAD	8H	-11,16	-2,16	-7,67
	12H	-17,60	-4,17	-11,73
	16H	-17,64	-4,84	-12,35
	24H	-28,34	-8,40	-14,48
EVAI	8H	-7,91	-1,75	-4,30
	12H	-11,33	-3,34	-6,82
	16H	-11,00	-3,90	-6,86
	24H	-20,31	-6,57	-11,26
R80 FT	8H	16,36	26,45	22,41
	12H	10,90	24,53	17,92
	16H	10,48	23,69	17,20
	24H	8,43	14,03	11,11
R80 FH	8H	14,01	22,66	19,65
	12H	9,45	22,55	16,35
	16H	9,65	22,24	16,18
	24H	7,43	11,42	9,40
FT ED	8H	16,51	67,47	36,77
	12H	9,03	57,16	26,51
	16H	8,30	57,94	26,98
	24H	-6,18	47,67	17,09
FT EI	8H	27,65	68,40	46,35
	12H	22,35	58,75	38,74
	16H	23,28	59,65	39,74
	24H	12,51	51,13	27,95
FH ED	8H	3,23	17,46	9,54
	12H	-3,51	7,56	2,30
	16H	0,14	12,97	5,97
	24H	-9,65	20,74	6,32
FH EI	8H	23,29	50,46	37,75
	12H	19,21	48,65	33,31
	16H	21,32	50,66	35,35
	24H	8,47	42,84	23,02
R80 FT ED	8H	16,58	67,84	36,95
	12H	9,10	57,56	26,70
	16H	8,38	58,33	27,18
	24H	-6,08	47,87	17,20
R80 FT EI	8H	27,73	68,76	46,53
	12H	22,42	59,14	38,94
	16H	23,36	60,03	39,94
	24H	12,61	51,33	28,06
R80 FH ED	8H	3,38	17,52	9,66
	12H	-3,42	7,80	2,41
	16H	0,19	13,19	6,08
	24H	-9,62	20,83	6,36
R80 FH EI	8H	23,36	50,72	37,88
	12H	19,27	48,98	33,48
	16H	21,39	50,98	35,53
	24H	8,54	43,01	23,12

Tabla B.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima A4

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

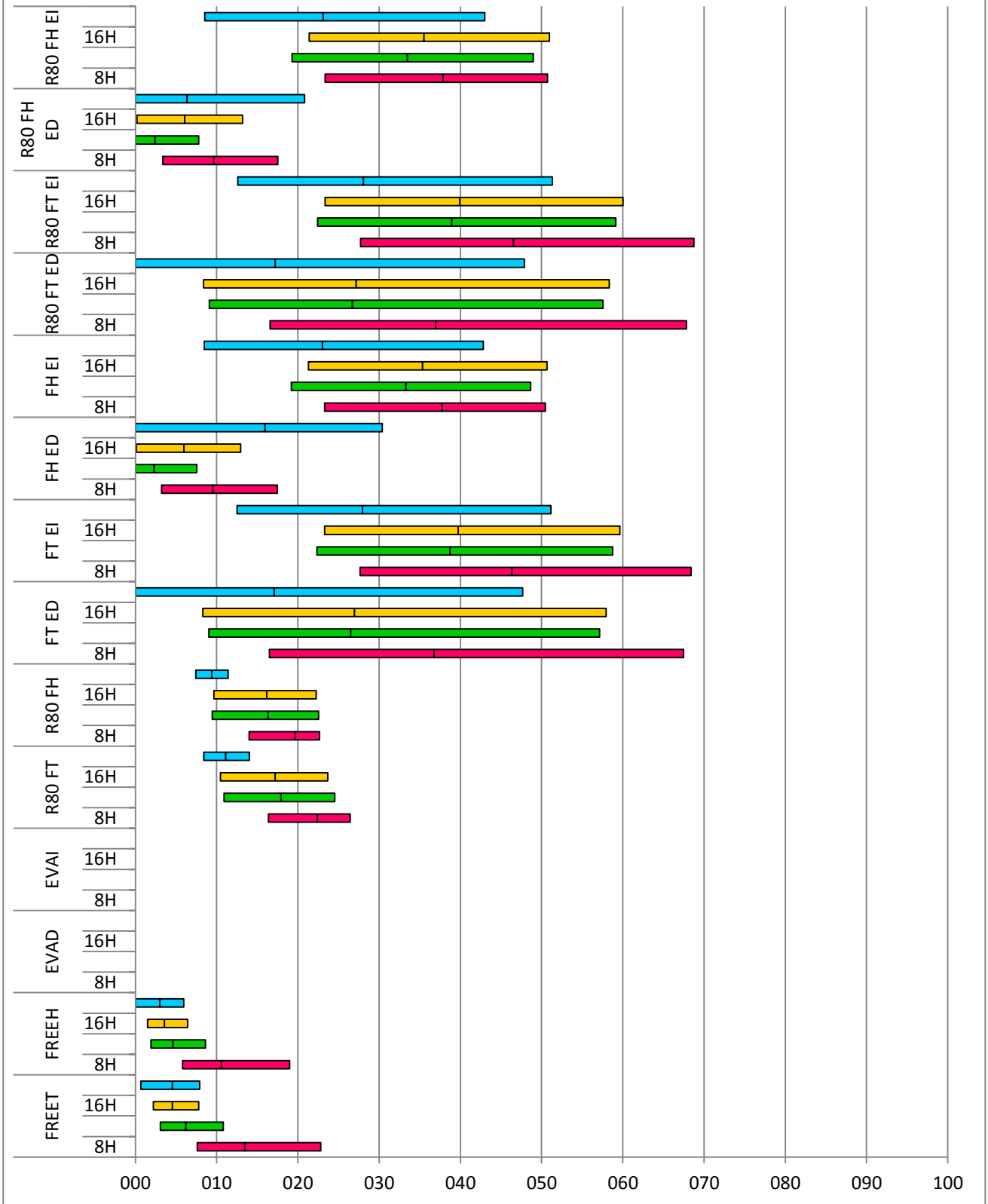


Figura B.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima A4

*NOTA: Valores negativos en la tabla B.17 serán contabilizados como "0".

8.3 ANEXO C – ZONA CLIMÁTICA B3

8.3.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,126	1,113	1,128	1,130	1,124
8h - Media	1,123	1,105	1,125	1,125	1,119
8h - Alta	1,120	1,100	1,122	1,120	1,116
12h - Baja	1,121	1,105	1,125	1,127	1,119
12h - Media	1,116	1,100	1,121	1,121	1,115
12h - Alta	1,110	1,089	1,116	1,113	1,107
16h - Baja	1,119	1,107	1,123	1,124	1,118
16h - Media	1,113	1,101	1,118	1,118	1,112
16h - Alta	1,108	1,087	1,112	1,110	1,104
24h - Baja	1,114	1,110	1,121	1,122	1,117
24h - Media	1,100	1,097	1,115	1,113	1,106
24h - Alta	1,100	1,095	1,109	1,107	1,103

Tabla C.1: Relaciones de demandas base en calefacción para B3

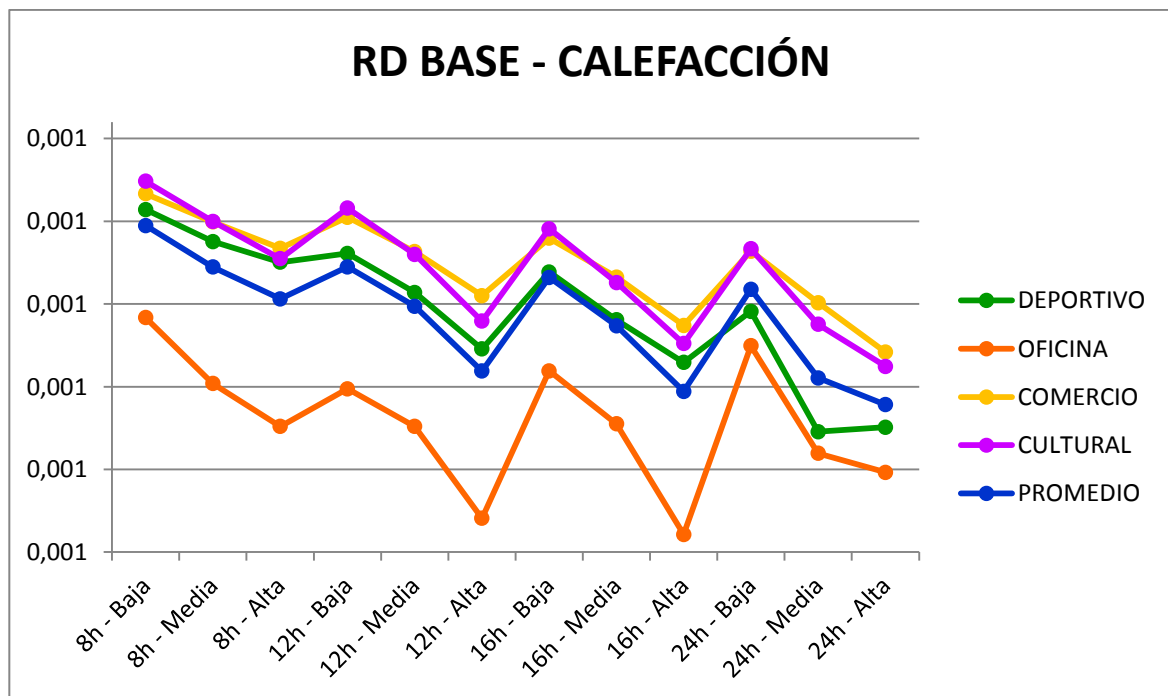


Figura C.1: Relaciones de demandas base en calefacción para B3.

8.3.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,11335	1,12448	1,1298	1,10537	1,11946	1,1250	1,10019	1,11561	1,1217
12H	1,10474	1,11948	1,1266	1,10020	1,11473	1,1213	1,08908	1,10689	1,1160
16H	1,10692	1,11820	1,1241	1,10051	1,11236	1,1183	1,08715	1,10443	1,1124
24H	1,10996	1,11678	1,1217	1,09695	1,10605	1,1152	1,09464	1,10284	1,1092

Tabla C.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para B3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,011	1,124	0,005	0,014	1,119	0,006	0,015	1,116	0,006
12H	0,015	1,119	0,007	0,015	1,115	0,007	0,018	1,107	0,009
16H	0,011	1,118	0,006	0,012	1,112	0,006	0,017	1,104	0,008
24H	0,007	1,117	0,005	0,009	1,106	0,009	0,008	1,103	0,006

Tabla C.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para B3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,990	1,124	0,476	1,258	1,119	0,493	1,382	1,116	0,548
12H	1,316	1,119	0,635	1,304	1,115	0,592	1,609	1,107	0,823
16H	1,010	1,118	0,526	1,065	1,112	0,530	1,565	1,104	0,722
24H	0,611	1,117	0,438	0,823	1,106	0,823	0,743	1,103	0,574

Tabla C.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para BA.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,113	1,105	1,100
	PROMEDIO	1,124	1,119	1,116
	MAX	1,130	1,125	1,122
12H	MIN	1,105	1,100	1,089
	PROMEDIO	1,119	1,115	1,107
	MAX	1,127	1,121	1,116
16H	MIN	1,107	1,101	1,087
	PROMEDIO	1,118	1,112	1,104
	MAX	1,124	1,118	1,112
24H	MIN	1,110	1,097	1,095
	PROMEDIO	1,117	1,106	1,103
	MAX	1,122	1,115	1,109

Tabla C.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para B3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,011	0,014	0,015
	PROMEDIO	1,124	1,119	1,116
	+	0,005	0,006	0,006
12H	-	0,015	0,015	0,018
	PROMEDIO	1,119	1,115	1,107
	+	0,007	0,007	0,009
16H	-	0,011	0,012	0,017
	PROMEDIO	1,118	1,112	1,104
	+	0,006	0,006	0,008
24H	-	0,007	0,009	0,008
	PROMEDIO	1,117	1,106	1,103
	+	0,005	0,009	0,006

Tabla C.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,990	1,258	1,382
	PROMEDIO	1,124	1,119	1,116
	+	0,476	0,493	0,548
12H	-	1,316	1,304	1,609
	PROMEDIO	1,119	1,115	1,107
	+	0,635	0,592	0,823
16H	-	1,010	1,065	1,565
	PROMEDIO	1,118	1,112	1,104
	+	0,526	0,530	0,722
24H	-	0,611	0,823	0,743
	PROMEDIO	1,117	1,106	1,103
	+	0,438	0,823	0,574

Tabla C.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.3.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,068	1,128	1,048	0,978	1,056
8h - Media	1,071	1,123	1,059	1,035	1,072
8h - Alta	1,073	1,115	1,096	1,074	1,090
12h - Baja	1,025	1,082	1,082	1,047	1,059
12h - Media	1,020	1,071	1,097	1,083	1,068
12h - Alta	0,997	1,070	1,106	1,095	1,067
16h - Baja	1,055	1,104	1,101	1,084	1,086
16h - Media	1,043	1,092	1,117	1,103	1,089
16h - Alta	1,025	1,089	1,120	1,109	1,086
24h - Baja	1,083	1,118	1,046	1,092	1,085
24h - Media	0,832	0,995	1,010	1,030	0,967
24h - Alta	1,043	1,105	1,078	1,117	1,086

Tabla C.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para B3.

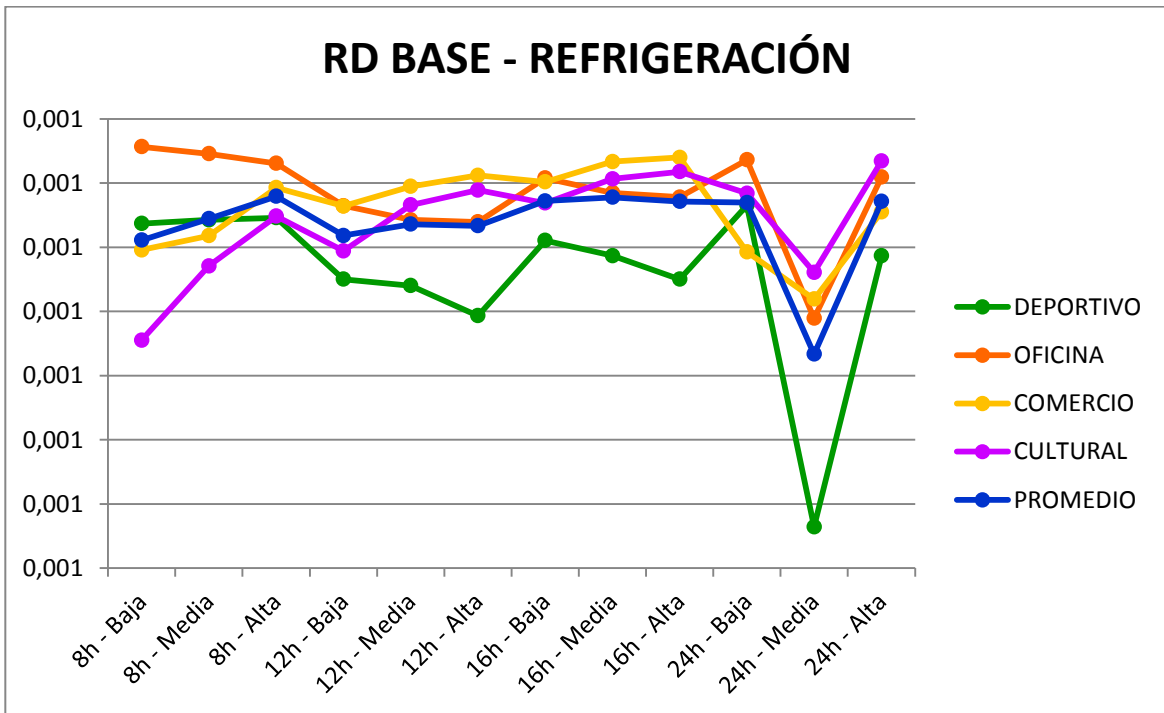


Figura C.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para B3.

8.3.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,978	1,056	1,128	1,035	1,072	1,123	1,073	1,090	1,115
12H	1,025	1,059	1,082	1,020	1,068	1,097	0,997	1,067	1,106
16H	1,055	1,086	1,104	1,043	1,089	1,117	1,025	1,086	1,120
24H	1,046	1,085	1,118	0,832	0,967	1,030	1,043	1,086	1,117

Tabla C.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para B3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,078	1,056	0,073	0,037	1,072	0,051	0,017	1,090	0,026
12H	0,034	1,059	0,023	0,048	1,068	0,029	0,070	1,067	0,039
16H	0,031	1,086	0,018	0,046	1,089	0,028	0,061	1,086	0,034
24H	0,038	1,085	0,033	0,135	0,967	0,064	0,042	1,086	0,031

Tabla C.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para B3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	7,384	1,056	6,892	3,424	1,072	4,726	1,541	1,090	2,347
12H	3,212	1,059	2,187	4,477	1,068	2,758	6,570	1,067	3,677
16H	2,844	1,086	1,639	4,182	1,089	2,547	5,590	1,086	3,158
24H	3,541	1,085	3,072	13,914	0,967	6,590	3,905	1,086	2,897

Tabla C.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para B3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,978	1,035	1,073
	PROMEDIO	1,056	1,072	1,090
	MAX	1,128	1,123	1,115
12H	MIN	1,025	1,020	0,997
	PROMEDIO	1,059	1,068	1,067
	MAX	1,082	1,097	1,106
16H	MIN	1,055	1,043	1,025
	PROMEDIO	1,086	1,089	1,086
	MAX	1,104	1,117	1,120
24H	MIN	1,046	0,832	1,043
	PROMEDIO	1,085	0,967	1,086
	MAX	1,118	1,030	1,117

Tabla C.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para B3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,078	0,037	0,017
	PROMEDIO	1,056	1,072	1,090
	+	0,073	0,051	0,026
12H	-	0,034	0,048	0,070
	PROMEDIO	1,059	1,068	1,067
	+	0,023	0,029	0,039
16H	-	0,031	0,046	0,061
	PROMEDIO	1,086	1,089	1,086
	+	0,018	0,028	0,034
24H	-	0,038	0,135	0,042
	PROMEDIO	1,085	0,967	1,086
	+	0,033	0,064	0,031

Tabla C.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	7,384	3,424	1,541
	PROMEDIO	1,056	1,072	1,090
	+	6,892	4,726	2,347
12H	-	3,212	4,477	6,570
	PROMEDIO	1,059	1,068	1,067
	+	2,187	2,758	3,677
16H	-	2,844	4,182	5,590
	PROMEDIO	1,086	1,089	1,086
	+	1,639	2,547	3,158
24H	-	3,541	13,914	3,905
	PROMEDIO	1,085	0,967	1,086
	+	3,072	6,590	2,897

Tabla C.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.3.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,886	0,806	0,923	0,955	1,061	1,044	0,784	0,818	0,424	0,372	0,840	0,477	0,422	0,369	0,839	0,476
	M	0,860	0,773	0,904	0,938	1,103	1,084	0,800	0,834	0,464	0,406	0,880	0,511	0,462	0,404	0,879	0,510
	A	0,839	0,747	0,880	0,916	1,136	1,116	0,803	0,839	0,495	0,433	0,884	0,531	0,493	0,431	0,883	0,530
12H	B	0,864	0,779	1,011	1,027	1,118	1,087	0,829	0,846	0,496	0,413	0,865	0,480	0,494	0,412	0,864	0,479
	M	0,838	0,745	0,996	1,015	1,146	1,114	0,856	0,875	0,533	0,443	0,915	0,500	0,531	0,441	0,915	0,499
	A	0,804	0,703	0,950	0,973	1,146	1,115	0,847	0,870	0,563	0,474	0,910	0,534	0,561	0,473	0,910	0,533
16H	B	0,848	0,758	1,051	1,064	1,163	1,127	0,858	0,871	0,496	0,410	0,796	0,467	0,494	0,408	0,795	0,466
	M	0,817	0,719	1,034	1,047	1,179	1,141	0,885	0,899	0,539	0,445	0,853	0,495	0,537	0,443	0,853	0,493
	A	0,781	0,674	0,981	0,997	1,173	1,139	0,874	0,891	0,567	0,475	0,853	0,523	0,566	0,473	0,853	0,522
24H	B	0,838	0,745	1,027	1,044	1,169	1,144	0,831	0,849	0,471	0,399	0,848	0,458	0,469	0,397	0,847	0,457
	M	0,800	0,698	0,922	0,936	1,074	1,045	0,835	0,850	0,618	0,511	0,787	0,581	0,617	0,510	0,787	0,580
	A	0,765	0,652	0,912	0,931	1,168	1,142	0,815	0,836	0,527	0,445	0,811	0,497	0,525	0,443	0,810	0,496

Tabla C.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción y refrigeración tras aplicación de MAE, para B3

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.3.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,860	0,773	0,904	0,938	1,103	1,084	0,800	0,834	0,464	0,406	0,880	0,511	0,462	0,404	0,879	0,510
12H	0,838	0,745	0,996	1,015	1,146	1,114	0,856	0,875	0,533	0,443	0,915	0,500	0,531	0,441	0,915	0,499
16H	0,817	0,719	1,034	1,047	1,179	1,141	0,885	0,899	0,539	0,445	0,853	0,495	0,537	0,443	0,853	0,493
24H	0,800	0,698	0,922	0,936	1,074	1,045	0,835	0,850	0,618	0,511	0,787	0,581	0,617	0,510	0,787	0,580

Tabla C.16: Relaciones de demanda medias para clima B3 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla C.16 en 6.13 Anexo M

8.3.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	7,78	28,04	15,46
	12H	2,67	12,81	6,79
	16H	2,06	9,50	5,12
	24H	0,57	9,21	4,74
FREEH	8H	4,58	23,97	12,29
	12H	0,45	10,71	5,04
	16H	0,54	8,14	3,92
	24H	-0,21	7,51	3,34
EVAD	8H	-7,15	2,29	-2,82
	12H	-12,98	-1,72	-7,44
	16H	-13,19	-3,16	-8,30
	24H	-22,02	-3,69	-11,15
EVAI	8H	-3,92	2,54	-1,02
	12H	-8,11	-1,22	-4,40
	16H	-7,57	-2,62	-4,87
	24H	-13,80	-2,92	-8,18
R80 FT	8H	21,40	30,59	25,34
	12H	13,92	25,13	19,77
	16H	13,08	23,92	18,63
	24H	8,51	16,90	13,42
R80 FH	8H	19,09	26,67	22,14
	12H	12,66	22,25	17,97
	16H	12,32	21,76	17,37
	24H	7,71	14,32	11,84
FT ED	8H	36,07	79,37	57,00
	12H	25,71	80,38	49,75
	16H	26,82	79,19	50,17
	24H	15,17	71,97	34,98
FT EI	8H	46,47	79,52	62,30
	12H	40,03	80,79	58,24
	16H	41,66	79,70	58,92
	24H	26,13	73,69	46,06
FH ED	8H	13,19	23,96	17,88
	12H	6,80	19,94	14,18
	16H	12,20	29,45	21,46
	24H	7,73	33,06	18,02
FH EI	8H	41,90	59,46	52,43
	12H	37,68	69,75	52,91
	16H	39,56	70,74	54,36
	24H	24,37	61,09	39,09
R80 FT ED	8H	36,15	79,72	57,19
	12H	25,78	80,61	49,88
	16H	26,90	79,46	50,33
	24H	15,24	72,17	35,10
R80 FT EI	8H	46,55	79,87	62,50
	12H	40,11	81,02	58,38
	16H	41,75	79,97	59,08
	24H	26,19	73,89	46,19
R80 FH ED	8H	13,24	24,00	17,99
	12H	6,83	19,99	14,23
	16H	12,24	29,52	21,52
	24H	7,74	33,12	18,04
R80 FH EI	8H	41,95	59,66	52,55
	12H	37,73	69,88	53,00
	16H	39,61	70,93	54,47
	24H	24,41	61,22	39,17

Tabla C.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima B3

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

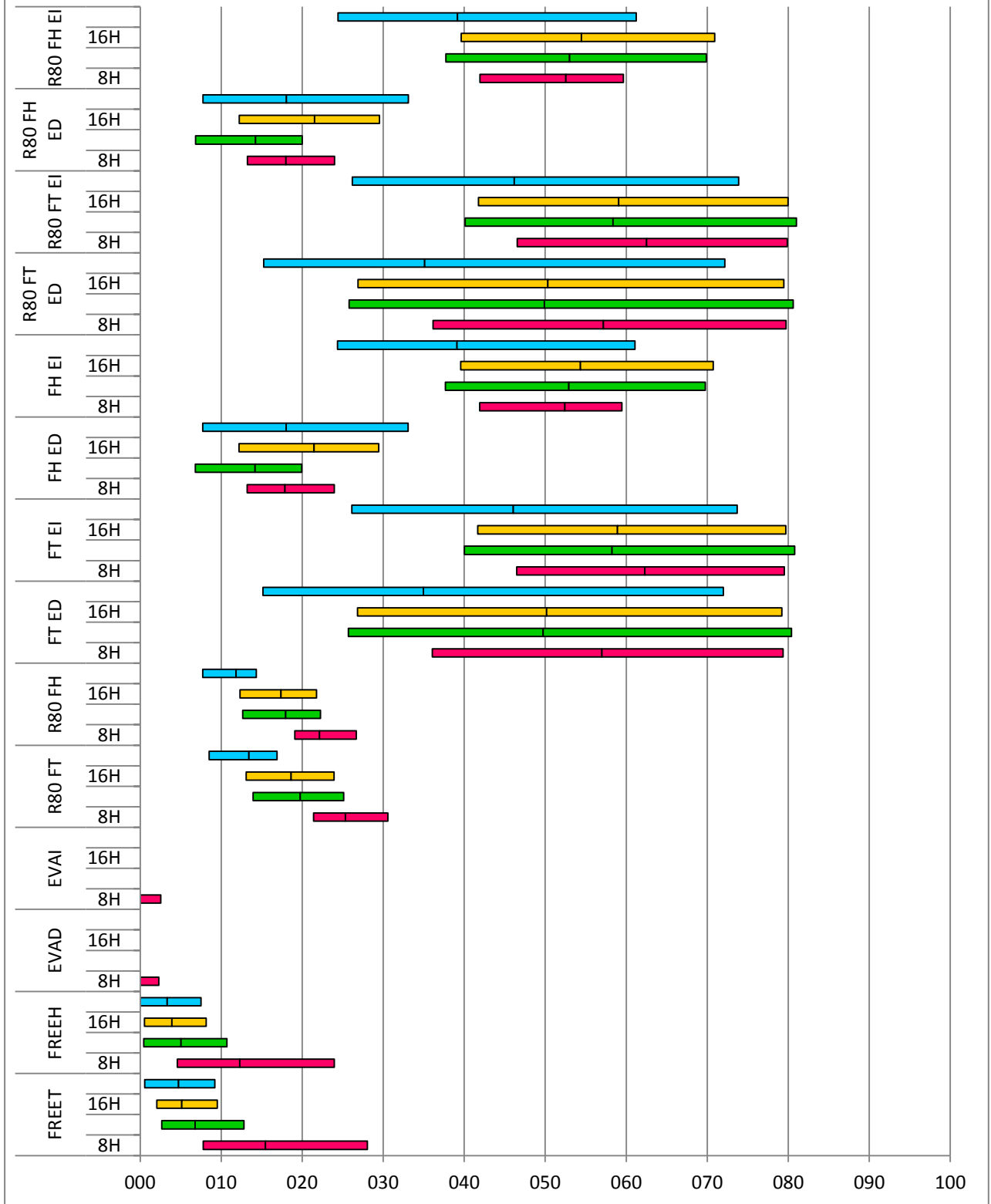


Figura C.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima B3

*NOTA: Valores negativos en la tabla C.17 serán contabilizados como "0".

8.4 ANEXO D – ZONA CLIMÁTICA B4

8.4.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,127	1,113	1,128	1,130	1,124
8h - Media	1,124	1,106	1,125	1,125	1,120
8h - Alta	1,121	1,102	1,122	1,120	1,116
12h - Baja	1,121	1,105	1,125	1,126	1,119
12h - Media	1,117	1,100	1,121	1,121	1,115
12h - Alta	1,109	1,090	1,116	1,113	1,107
16h - Baja	1,118	1,107	1,123	1,124	1,118
16h - Media	1,114	1,100	1,118	1,118	1,112
16h - Alta	1,105	1,089	1,113	1,110	1,104
24h - Baja	1,113	1,110	1,121	1,122	1,117
24h - Media	1,101	1,096	1,115	1,113	1,106
24h - Alta	1,103	1,094	1,110	1,107	1,103

Tabla D.1: Relaciones de demandas base en calefacción para B4

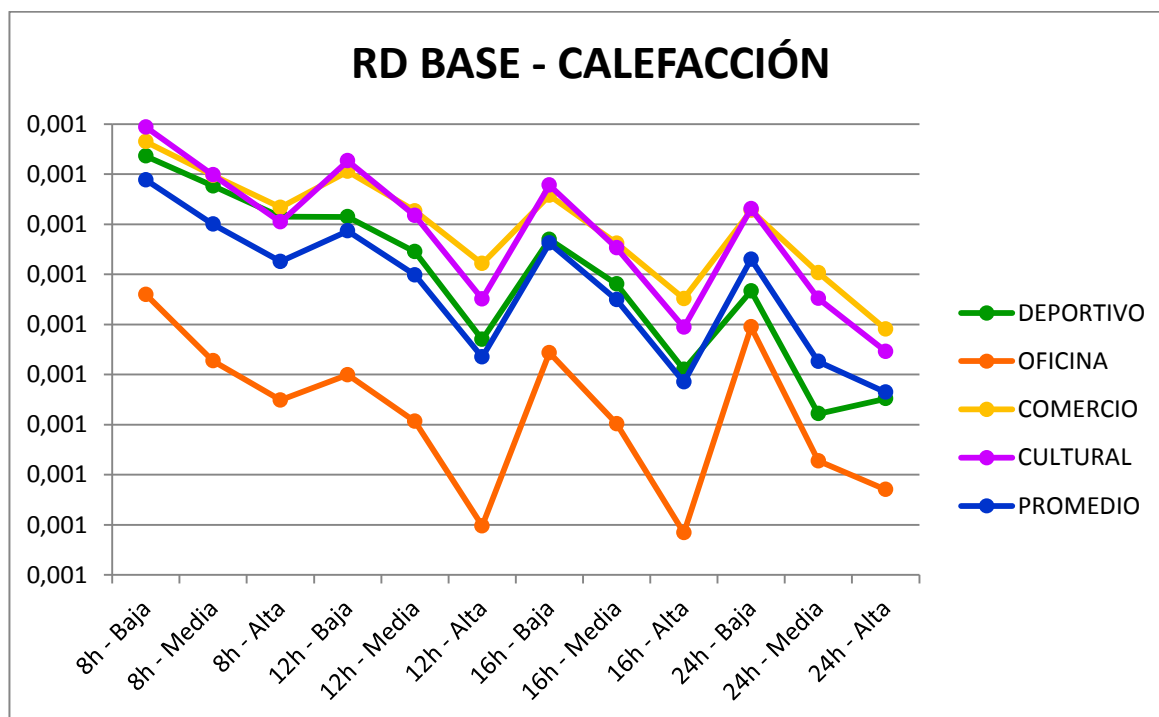


Figura D.1: Relaciones de demandas base en calefacción para B4.

8.4.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,113	1,124	1,130	1,106	1,120	1,125	1,102	1,116	1,122
12H	1,105	1,119	1,126	1,100	1,115	1,121	1,090	1,107	1,116
16H	1,107	1,118	1,124	1,100	1,112	1,118	1,089	1,104	1,113
24H	1,110	1,117	1,122	1,096	1,106	1,115	1,110	1,103	1,110

Tabla D.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para B4.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,011	1,124	0,005	0,014	1,120	0,005	0,014	1,116	0,005
12H	0,014	1,119	0,007	0,015	1,115	0,006	0,017	1,107	0,009
16H	0,011	1,118	0,006	0,012	1,112	0,006	0,015	1,104	0,008
24H	0,007	1,117	0,005	0,010	1,106	0,009	-0,006	1,103	0,006

Tabla D.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para B4.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	1,018	1,124	0,468	1,217	1,120	0,439	1,240	1,116	0,484
12H	1,282	1,119	0,626	1,311	1,115	0,573	1,523	1,107	0,842
16H	0,978	1,118	0,518	1,112	1,112	0,506	1,362	1,104	0,754
24H	0,605	1,117	0,452	0,897	1,106	0,800	-0,570	1,103	0,570

Tabla D.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para B4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,113	1,106	1,102
	PROMEDIO	1,124	1,120	1,116
	MAX	1,130	1,125	1,122
12H	MIN	1,105	1,100	1,090
	PROMEDIO	1,119	1,115	1,107
	MAX	1,126	1,121	1,116
16H	MIN	1,107	1,100	1,089
	PROMEDIO	1,118	1,112	1,104
	MAX	1,124	1,118	1,113
24H	MIN	1,110	1,096	1,110
	PROMEDIO	1,117	1,106	1,103
	MAX	1,122	1,115	1,110

Tabla D.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para B4.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,011	0,014	0,014
	PROMEDIO	1,124	1,120	1,116
	+	0,005	0,005	0,005
12H	-	0,014	0,015	0,017
	PROMEDIO	1,119	1,115	1,107
	+	0,007	0,006	0,009
16H	-	0,011	0,012	0,015
	PROMEDIO	1,118	1,112	1,104
	+	0,006	0,006	0,008
24H	-	0,007	0,010	-0,006
	PROMEDIO	1,117	1,106	1,103
	+	0,005	0,009	0,006

Tabla D.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	1,018	1,217	1,240
	PROMEDIO	1,124	1,120	1,116
	+	0,468	0,439	0,484
12H	-	1,282	1,311	1,523
	PROMEDIO	1,119	1,115	1,107
	+	0,626	0,573	0,842
16H	-	0,978	1,112	1,362
	PROMEDIO	1,118	1,112	1,104
	+	0,518	0,506	0,754
24H	-	0,605	0,897	-0,570
	PROMEDIO	1,117	1,106	1,103
	+	0,452	0,800	0,570

Tabla D.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.4.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,068	1,111	1,106	1,077	1,091
8h - Media	1,060	1,100	1,119	1,097	1,094
8h - Alta	1,045	1,088	1,131	1,110	1,093
12h - Baja	1,006	1,063	1,113	1,089	1,068
12h - Media	0,990	1,050	1,117	1,102	1,065
12h - Alta	0,971	1,048	1,106	1,100	1,056
16h - Baja	1,027	1,084	1,123	1,103	1,084
16h - Media	1,011	1,070	1,126	1,114	1,080
16h - Alta	0,991	1,065	1,114	1,112	1,071
24h - Baja	1,067	1,104	1,041	1,113	1,081
24h - Media	0,792	0,959	0,943	1,002	0,924
24h - Alta	1,029	1,086	1,064	1,121	1,075

Tabla D.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para B4.

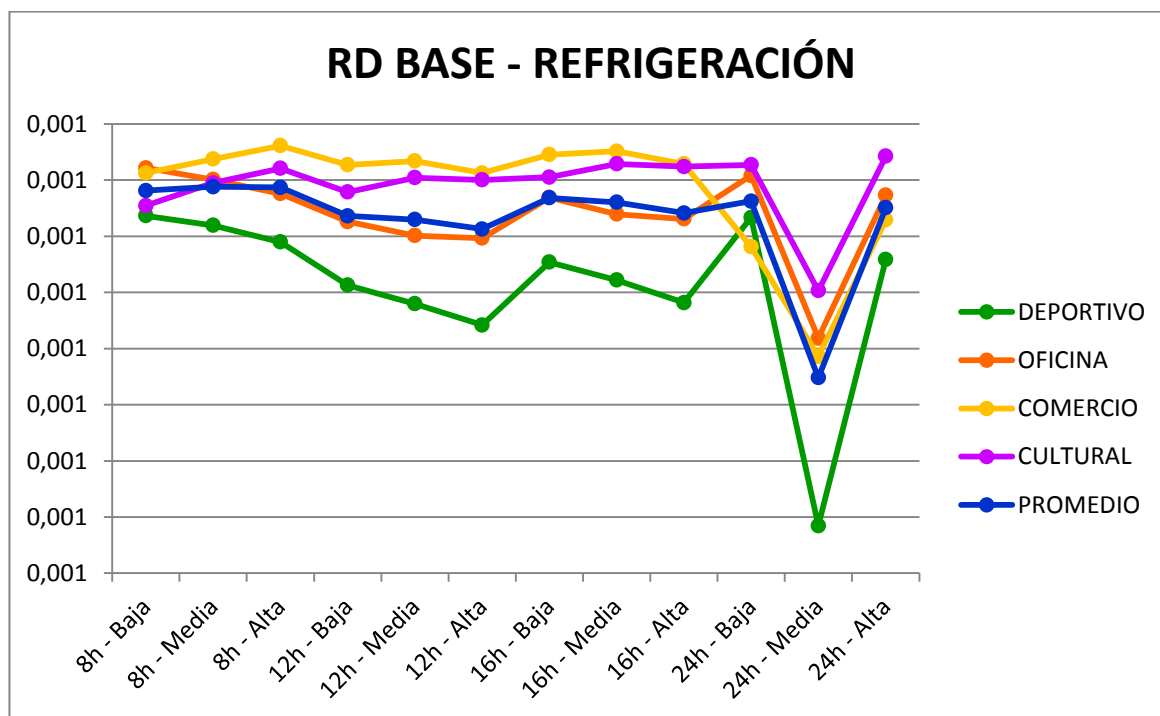


Figura D.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para B4.

8.4.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,068	1,091	1,111	1,060	1,094	1,119	1,045	1,093	1,131
12H	1,006	1,068	1,113	0,990	1,065	1,117	0,971	1,056	1,106
16H	1,027	1,084	1,123	1,011	1,080	1,126	0,991	1,071	1,114
24H	1,041	1,081	1,113	0,792	0,924	1,002	1,029	1,075	1,121

Tabla D.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para B4.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,022	1,091	0,020	0,034	1,094	0,025	0,049	1,093	0,037
12H	0,062	1,068	0,045	0,075	1,065	0,052	0,085	1,056	0,050
16H	0,057	1,084	0,038	0,069	1,080	0,046	0,080	1,071	0,044
24H	0,041	1,081	0,032	0,132	0,924	0,078	0,046	1,075	0,046

Tabla C.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para B4.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	2,051	1,091	1,845	3,149	1,094	2,249	4,447	1,093	3,397
12H	5,773	1,068	4,256	7,044	1,065	4,889	8,091	1,056	4,723
16H	5,283	1,084	3,546	6,410	1,080	4,213	7,454	1,071	4,081
24H	3,749	1,081	2,986	14,264	0,924	8,398	4,279	1,075	4,260

Tabla D.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para B4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,068	1,060	1,045
	PROMEDIO	1,091	1,094	1,093
	MAX	1,111	1,119	1,131
12H	MIN	1,006	0,990	0,971
	PROMEDIO	1,068	1,065	1,056
	MAX	1,113	1,117	1,106
16H	MIN	1,027	1,011	0,991
	PROMEDIO	1,084	1,080	1,071
	MAX	1,123	1,126	1,114
24H	MIN	1,041	0,792	1,029
	PROMEDIO	1,081	0,924	1,075
	MAX	1,113	1,002	1,121

Tabla D.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para B4.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,022	0,034	0,049
	PROMEDIO	1,091	1,094	1,093
	+	0,020	0,025	0,037
12H	-	0,062	0,075	0,085
	PROMEDIO	1,068	1,065	1,056
	+	0,045	0,052	0,050
16H	-	0,057	0,069	0,080
	PROMEDIO	1,084	1,080	1,071
	+	0,038	0,046	0,044
24H	-	0,041	0,132	0,046
	PROMEDIO	1,081	0,924	1,075
	+	0,032	0,078	0,046

Tabla D.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	2,051	3,149	4,447
	PROMEDIO	1,091	1,094	1,093
	+	1,845	2,249	3,397
12H	-	5,773	7,044	8,091
	PROMEDIO	1,068	1,065	1,056
	+	4,256	4,889	4,723
16H	-	5,283	6,410	7,454
	PROMEDIO	1,084	1,080	1,071
	+	3,546	4,213	4,081
24H	-	3,749	14,264	4,279
	PROMEDIO	1,081	0,924	1,075
	+	2,986	8,398	4,260

Tabla D.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para B4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.4.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,886	0,807	0,967	0,996	1,164	1,127	0,837	0,866	0,618	0,523	0,982	0,620	0,615	0,520	0,980	0,618
	M	0,861	0,774	0,945	0,976	1,171	1,138	0,845	0,875	0,634	0,540	0,971	0,627	0,632	0,538	0,970	0,625
	A	0,841	0,749	0,919	0,953	1,173	1,144	0,845	0,878	0,653	0,564	0,962	0,643	0,651	0,562	0,960	0,641
12H	B	0,864	0,779	1,020	1,037	1,180	1,130	0,854	0,871	0,707	0,589	0,998	0,649	0,704	0,586	0,997	0,647
	M	0,838	0,746	0,999	1,016	1,181	1,135	0,871	0,887	0,716	0,601	1,010	0,655	0,714	0,598	1,009	0,653
	A	0,804	0,703	0,953	0,972	1,166	1,127	0,859	0,878	0,699	0,595	0,970	0,648	0,697	0,593	0,969	0,646
16H	B	0,848	0,758	1,051	1,064	1,203	1,147	0,869	0,882	0,704	0,581	0,936	0,630	0,702	0,579	0,934	0,628
	M	0,817	0,719	1,030	1,042	1,205	1,153	0,891	0,904	0,720	0,598	0,967	0,642	0,718	0,596	0,966	0,640
	A	0,782	0,674	0,980	0,995	1,187	1,143	0,879	0,894	0,701	0,592	0,931	0,637	0,700	0,591	0,929	0,636
24H	B	0,838	0,745	1,031	1,047	1,204	1,160	0,851	0,868	0,666	0,560	0,956	0,617	0,663	0,557	0,954	0,615
	M	0,800	0,698	0,884	0,897	1,057	1,029	0,821	0,835	0,714	0,616	0,842	0,664	0,713	0,615	0,841	0,663
	A	0,766	0,653	0,930	0,949	1,187	1,150	0,839	0,859	0,659	0,559	0,888	0,606	0,657	0,557	0,887	0,604

Tabla D.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción y refrigeración tras aplicación de MAE, para B4

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.4.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,861	0,774	0,945	0,976	1,171	1,138	0,845	0,875	0,634	0,540	0,971	0,627	0,632	0,538	0,970	0,625
12H	0,838	0,746	0,999	1,016	1,181	1,135	0,871	0,887	0,716	0,601	1,010	0,655	0,714	0,598	1,009	0,653
16H	0,817	0,719	1,030	1,042	1,205	1,153	0,891	0,904	0,720	0,598	0,967	0,642	0,718	0,596	0,966	0,640
24H	0,800	0,698	0,884	0,897	1,057	1,029	0,821	0,835	0,714	0,616	0,842	0,664	0,713	0,615	0,841	0,663

Tabla D.16: Relaciones de demanda medias para clima B4 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla D.16 en 6.13 Anexo M

8.4.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	7,70	22,89	13,67
	12H	3,04	10,94	6,26
	16H	2,20	8,02	4,69
	24H	0,61	7,90	4,41
FREEH	8H	5,81	19,06	10,83
	12H	2,08	8,67	4,68
	16H	1,28	6,48	3,57
	24H	-0,01	5,92	3,05
EVAD	8H	-10,64	-2,24	-7,09
	12H	-15,47	-4,03	-11,02
	16H	-16,26	-4,89	-11,68
	24H	-27,73	-8,38	-14,49
EVAI	8H	-7,16	-1,84	-4,08
	12H	-11,24	-3,27	-6,75
	16H	-10,82	-4,02	-6,89
	24H	-20,18	-6,84	-11,47
R80 FT	8H	17,25	26,55	22,71
	12H	11,12	24,56	17,99
	16H	10,86	23,60	17,28
	24H	8,10	13,80	10,96
R80 FH	8H	14,80	22,72	19,95
	12H	9,69	22,67	16,45
	16H	10,01	21,93	16,15
	24H	7,08	11,80	9,48
FT ED	8H	20,69	71,64	41,87
	12H	12,74	62,84	32,28
	16H	13,11	63,02	32,88
	24H	-2,21	53,73	21,66
FT EI	8H	32,36	72,45	50,45
	12H	26,15	64,24	43,12
	16H	27,95	64,46	44,21
	24H	17,45	56,57	32,34
FH ED	8H	5,77	17,75	11,19
	12H	0,04	10,42	5,05
	16H	3,11	18,51	10,32
	24H	-8,35	23,84	8,43
FH EI	8H	28,11	56,13	42,52
	12H	23,14	54,81	38,07
	16H	26,22	56,45	40,21
	24H	13,11	48,66	27,35
R80 FT ED	8H	20,78	72,01	42,07
	12H	12,84	63,24	32,49
	16H	13,21	63,39	33,08
	24H	-2,06	53,89	21,76
R80 FT EI	8H	32,45	72,81	50,66
	12H	26,25	64,63	43,33
	16H	28,05	64,82	44,42
	24H	17,61	56,72	32,45
R80 FH ED	8H	5,86	17,82	11,34
	12H	0,12	10,64	5,17
	16H	3,18	18,71	10,43
	24H	-8,30	23,90	8,47
R80 FH EI	8H	28,20	56,42	42,70
	12H	23,24	55,13	38,25
	16H	26,32	56,76	40,39
	24H	13,21	48,77	27,43

Tabla D.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima B4

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

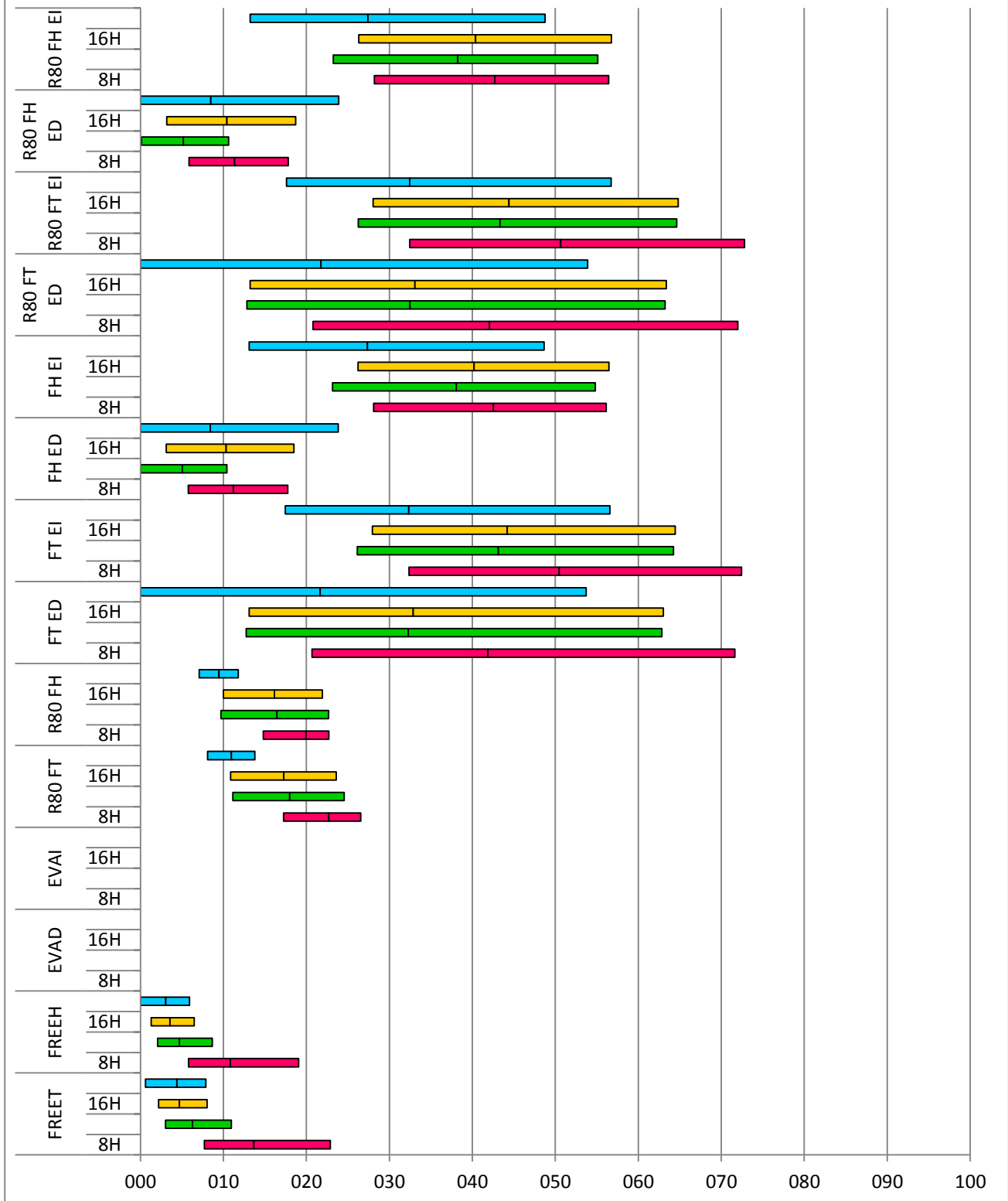


Figura D.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima B4

**NOTA: Valores negativos en la tabla D.17 serán contabilizados como "0".*

8.5 ANEXO E – ZONA CLIMÁTICA C1

8.5.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,128	1,124	1,127	1,129	1,127
8h - Media	1,127	1,120	1,125	1,126	1,124
8h - Alta	1,125	1,118	1,123	1,123	1,122
12h - Baja	1,125	1,119	1,124	1,127	1,124
12h - Media	1,123	1,116	1,122	1,122	1,121
12h - Alta	1,119	1,111	1,118	1,117	1,116
16h - Baja	1,122	1,118	1,122	1,124	1,122
16h - Media	1,119	1,114	1,118	1,119	1,118
16h - Alta	1,117	1,109	1,114	1,114	1,113
24h - Baja	1,118	1,117	1,120	1,122	1,119
24h - Media	1,112	1,110	1,115	1,115	1,113
24h - Alta	1,110	1,108	1,111	1,110	1,110

Tabla E.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C1

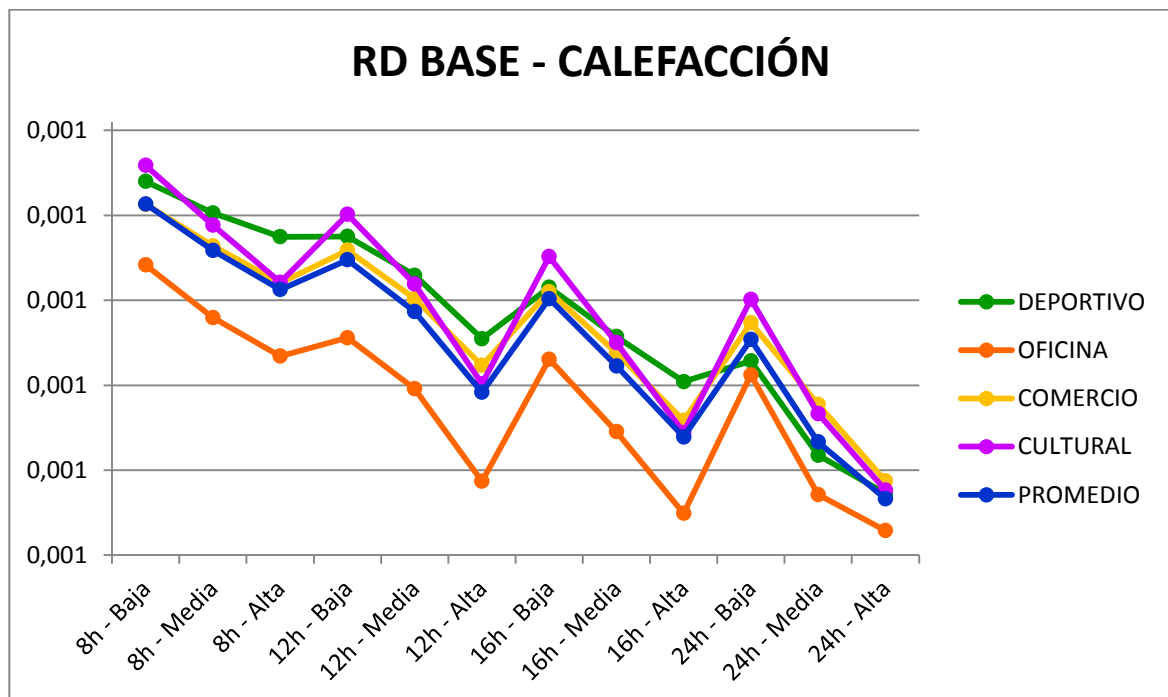


Figura E.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C1.

8.5.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,124	1,127	1,129	1,120	1,124	1,127	1,118	1,122	1,125
12H	1,119	1,124	1,127	1,116	1,121	1,123	1,111	1,116	1,119
16H	1,118	1,122	1,124	1,114	1,118	1,119	1,109	1,113	1,117
24H	1,117	1,119	1,122	1,110	1,113	1,115	1,108	1,110	1,111

Tabla E.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C1.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,004	1,127	0,002	0,004	1,124	0,002	0,004	1,122	0,003
12H	0,005	1,124	0,003	0,005	1,121	0,002	0,005	1,116	0,003
16H	0,004	1,122	0,002	0,004	1,118	0,002	0,004	1,113	0,003
24H	0,002	1,119	0,002	0,003	1,113	0,002	0,002	1,110	0,001

Tabla E.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C1.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,318	1,127	0,202	0,352	1,124	0,196	0,349	1,122	0,277
12H	0,409	1,124	0,237	0,404	1,121	0,191	0,469	1,116	0,283
16H	0,318	1,122	0,221	0,346	1,118	0,154	0,403	1,113	0,293
24H	0,186	1,119	0,211	0,278	1,113	0,198	0,168	1,110	0,095

Tabla E.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,124	1,120	1,118
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	MAX	1,129	1,127	1,125
12H	MIN	1,119	1,116	1,111
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	MAX	1,127	1,123	1,119
16H	MIN	1,118	1,114	1,109
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,113
	MAX	1,124	1,119	1,117
24H	MIN	1,117	1,110	1,108
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	MAX	1,122	1,115	1,111

Tabla E.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C1.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,004	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,002	0,002	0,003
12H	-	0,005	0,005	0,005
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,003	0,002	0,003
16H	-	0,004	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,113
	+	0,002	0,002	0,003
24H	-	0,002	0,003	0,002
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,002	0,002	0,001

Tabla E.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,318	0,352	0,349
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,202	0,196	0,277
12H	-	0,409	0,404	0,469
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,237	0,191	0,283
16H	-	0,318	0,346	0,403
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,113
	+	0,221	0,154	0,293
24H	-	0,186	0,278	0,168
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,211	0,198	0,095

Tabla E.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.5.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	0,527	1,043	0,021	0,051	0,411
8h - Media	0,677	1,067	0,139	0,052	0,484
8h - Alta	0,791	1,103	0,400	0,267	0,641
12h - Baja	0,936	1,093	0,331	0,139	0,625
12h - Media	0,997	1,110	0,721	0,579	0,852
12h - Alta	0,954	1,105	0,937	0,871	0,967
16h - Baja	1,035	1,127	0,622	0,325	0,777
16h - Media	1,042	1,131	0,963	0,865	1,000
16h - Alta	0,994	1,121	1,041	0,991	1,037
24h - Baja	1,042	1,134	0,360	0,349	0,721
24h - Media	0,874	1,097	1,038	0,811	0,955
24h - Alta	1,036	1,130	1,089	1,030	1,072

Tabla E.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para C1.

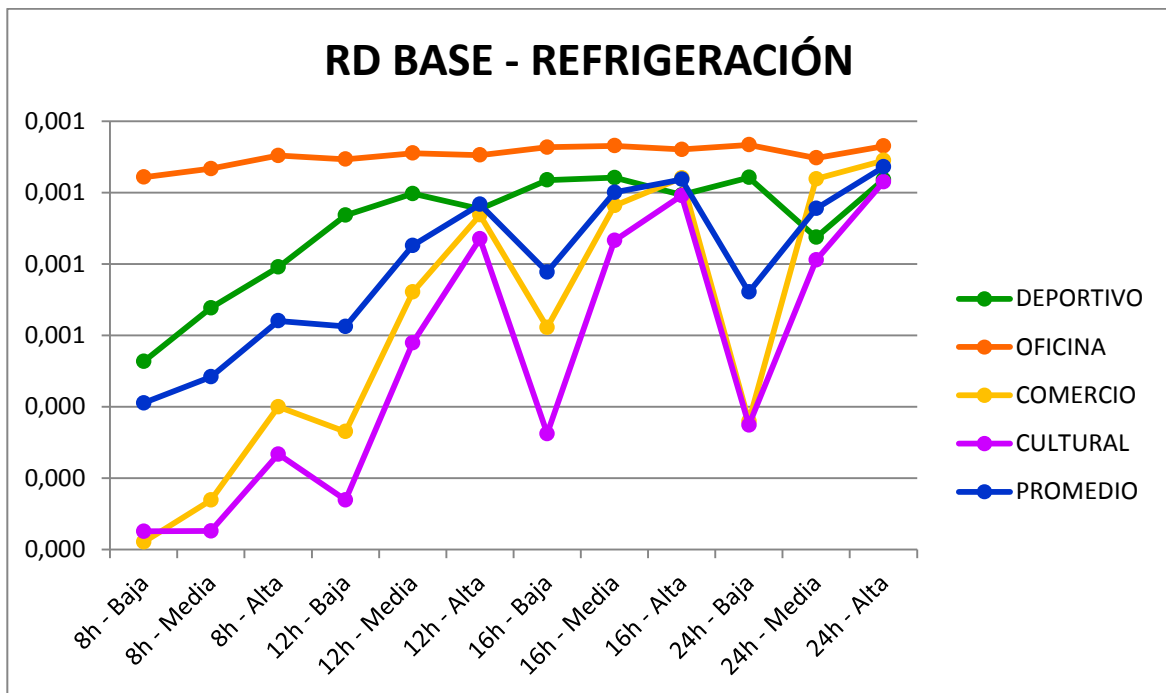


Figura E.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para C1.

8.5.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,021	0,411	1,043	0,052	0,484	1,067	0,267	0,641	1,103
12H	0,139	0,625	1,093	0,579	0,852	1,110	0,871	0,967	1,105
16H	0,325	0,777	1,127	0,865	1,000	1,131	0,991	1,037	1,121
24H	0,349	0,721	1,134	0,811	0,955	1,097	1,030	1,072	1,130

Tabla E.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C1.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,389	0,411	0,633	0,432	0,484	0,583	0,373	0,641	0,463
12H	0,486	0,625	0,469	0,273	0,852	0,258	0,096	0,967	0,138
16H	0,452	0,777	0,350	0,135	1,000	0,130	0,045	1,037	0,084
24H	0,372	0,721	0,413	0,144	0,955	0,142	0,041	1,072	0,059

Tabla E.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C1.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	94,807	0,411	154,052	89,242	0,484	120,578	58,248	0,641	72,261
12H	77,756	0,625	74,993	32,018	0,852	30,332	9,947	0,967	14,286
16H	58,204	0,777	45,006	13,486	1,000	13,043	4,364	1,037	8,099
24H	51,599	0,721	57,219	15,085	0,955	14,845	3,856	1,072	5,471

Tabla E.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,021	0,052	0,267
	PROMEDIO	0,411	0,484	0,641
	MAX	1,043	1,067	1,103
12H	MIN	0,139	0,579	0,871
	PROMEDIO	0,625	0,852	0,967
	MAX	1,093	1,110	1,105
16H	MIN	0,325	0,865	0,991
	PROMEDIO	0,777	1,000	1,037
	MAX	1,127	1,131	1,121
24H	MIN	0,349	0,811	1,030
	PROMEDIO	0,721	0,955	1,072
	MAX	1,134	1,097	1,130

Tabla E.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C1.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,389	0,432	0,373
	PROMEDIO	0,411	0,484	0,641
	+	0,633	0,583	0,463
12H	-	0,486	0,273	0,096
	PROMEDIO	0,625	0,852	0,967
	+	0,469	0,258	0,138
16H	-	0,452	0,135	0,045
	PROMEDIO	0,777	1,000	1,037
	+	0,350	0,130	0,084
24H	-	0,372	0,144	0,041
	PROMEDIO	0,721	0,955	1,072
	+	0,413	0,142	0,059

Tabla E.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	94,807	89,242	58,248
	PROMEDIO	0,411	0,484	0,641
	+	154,052	120,578	72,261
12H	-	77,756	32,018	9,947
	PROMEDIO	0,625	0,852	0,967
	+	74,993	30,332	14,286
16H	-	58,204	13,486	4,364
	PROMEDIO	0,777	1,000	1,037
	+	45,006	13,043	8,099
24H	-	51,599	15,085	3,856
	PROMEDIO	0,721	0,955	1,072
	+	57,219	14,845	5,471

Tabla E.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.5.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,912	0,840	0,266	0,292	0,395	0,395	0,248	0,275	0,166	0,166	0,235	0,193	0,164	0,164	0,233	0,191
	M	0,893	0,816	0,302	0,326	0,463	0,463	0,281	0,306	0,192	0,192	0,265	0,218	0,189	0,189	0,263	0,216
	A	0,878	0,796	0,409	0,433	0,602	0,601	0,375	0,400	0,256	0,256	0,338	0,284	0,252	0,252	0,336	0,280
12H	B	0,890	0,813	0,577	0,593	0,561	0,559	0,500	0,516	0,183	0,182	0,310	0,198	0,180	0,179	0,309	0,196
	M	0,870	0,787	0,774	0,809	0,773	0,771	0,649	0,688	0,222	0,221	0,363	0,248	0,218	0,216	0,362	0,246
	A	0,843	0,752	0,838	0,872	0,897	0,895	0,749	0,785	0,348	0,345	0,518	0,383	0,342	0,339	0,516	0,379
16H	B	0,872	0,789	0,715	0,744	0,738	0,736	0,595	0,627	0,223	0,223	0,317	0,241	0,219	0,218	0,316	0,237
	M	0,847	0,757	0,894	0,926	0,942	0,940	0,763	0,798	0,303	0,302	0,418	0,332	0,296	0,295	0,415	0,326
	A	0,822	0,725	0,857	0,890	1,010	1,008	0,781	0,816	0,402	0,399	0,556	0,441	0,396	0,393	0,553	0,437
24H	B	0,857	0,769	0,655	0,674	0,730	0,727	0,533	0,554	0,208	0,208	0,302	0,225	0,204	0,204	0,300	0,222
	M	0,824	0,728	0,863	0,899	0,903	0,897	0,729	0,770	0,265	0,251	0,437	0,282	0,260	0,246	0,435	0,279
	A	0,799	0,695	0,804	0,834	1,063	1,058	0,720	0,752	0,350	0,334	0,511	0,371	0,344	0,329	0,508	0,367

Tabla E.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción y refrigeración tras aplicación de MAE, para C1

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.5.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,893	0,816	0,302	0,326	0,463	0,463	0,281	0,306	0,192	0,192	0,265	0,218	0,189	0,189	0,263	0,216
12H	0,870	0,787	0,774	0,809	0,773	0,771	0,649	0,688	0,222	0,221	0,363	0,248	0,218	0,216	0,362	0,246
16H	0,847	0,757	0,894	0,926	0,942	0,940	0,763	0,798	0,303	0,302	0,418	0,332	0,296	0,295	0,415	0,326
24H	0,824	0,728	0,863	0,899	0,903	0,897	0,729	0,770	0,265	0,251	0,437	0,282	0,260	0,246	0,435	0,279

Tabla E.16: Relaciones de demanda medias para clima C1 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla E.16 en 6.13 Anexo M

8.5.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	1,24	47,81	21,80
	12H	0,86	18,22	7,46
	16H	4,59	18,67	10,15
	24H	0,11	17,20	9,57
FREEH	8H	-5,15	42,59	16,53
	12H	-7,93	14,89	2,76
	16H	-0,83	15,60	6,78
	24H	-1,07	13,62	5,59
EVAD	8H	-0,06	29,60	13,33
	12H	-2,82	24,99	12,35
	16H	-2,86	15,76	6,55
	24H	-3,07	18,56	6,23
EVAI	8H	-0,02	29,67	13,40
	12H	-2,60	25,18	12,58
	16H	-2,63	15,98	6,81
	24H	-2,82	18,75	6,76
R80 FT	8H	21,00	49,18	33,05
	12H	16,94	31,96	25,18
	16H	18,65	28,90	24,03
	24H	16,78	31,42	23,57
R80 FH	8H	15,78	43,91	27,28
	12H	14,58	24,14	19,93
	16H	16,70	22,64	20,41
	24H	15,05	28,76	19,02
FT ED	8H	54,30	70,91	62,82
	12H	63,23	91,55	77,21
	16H	60,56	80,59	70,52
	24H	61,84	88,49	72,20
FT EI	8H	54,31	70,92	62,83
	12H	63,52	91,56	77,39
	16H	60,74	80,61	70,60
	24H	62,53	91,98	73,50
FH ED	8H	37,89	66,03	49,45
	12H	37,54	87,28	62,41
	16H	43,31	73,88	59,32
	24H	40,41	73,98	54,27
FH EI	8H	49,21	68,00	57,50
	12H	59,73	88,64	74,01
	16H	58,50	76,21	67,57
	24H	60,18	89,52	70,22
R80 FT ED	8H	54,83	73,83	64,10
	12H	63,45	92,35	77,82
	16H	61,02	81,71	71,25
	24H	62,11	89,21	72,75
R80 FT EI	8H	54,84	73,84	64,12
	12H	63,74	92,37	77,99
	16H	61,20	81,72	71,33
	24H	62,80	92,69	74,05
R80 FH ED	8H	38,31	67,53	50,25
	12H	37,68	87,39	62,57
	16H	43,47	74,18	59,61
	24H	40,51	74,13	54,47
R80 FH EI	8H	49,64	70,09	58,55
	12H	59,92	89,13	74,37
	16H	58,93	77,10	68,19
	24H	60,36	89,93	70,60

Tabla E.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima C1

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

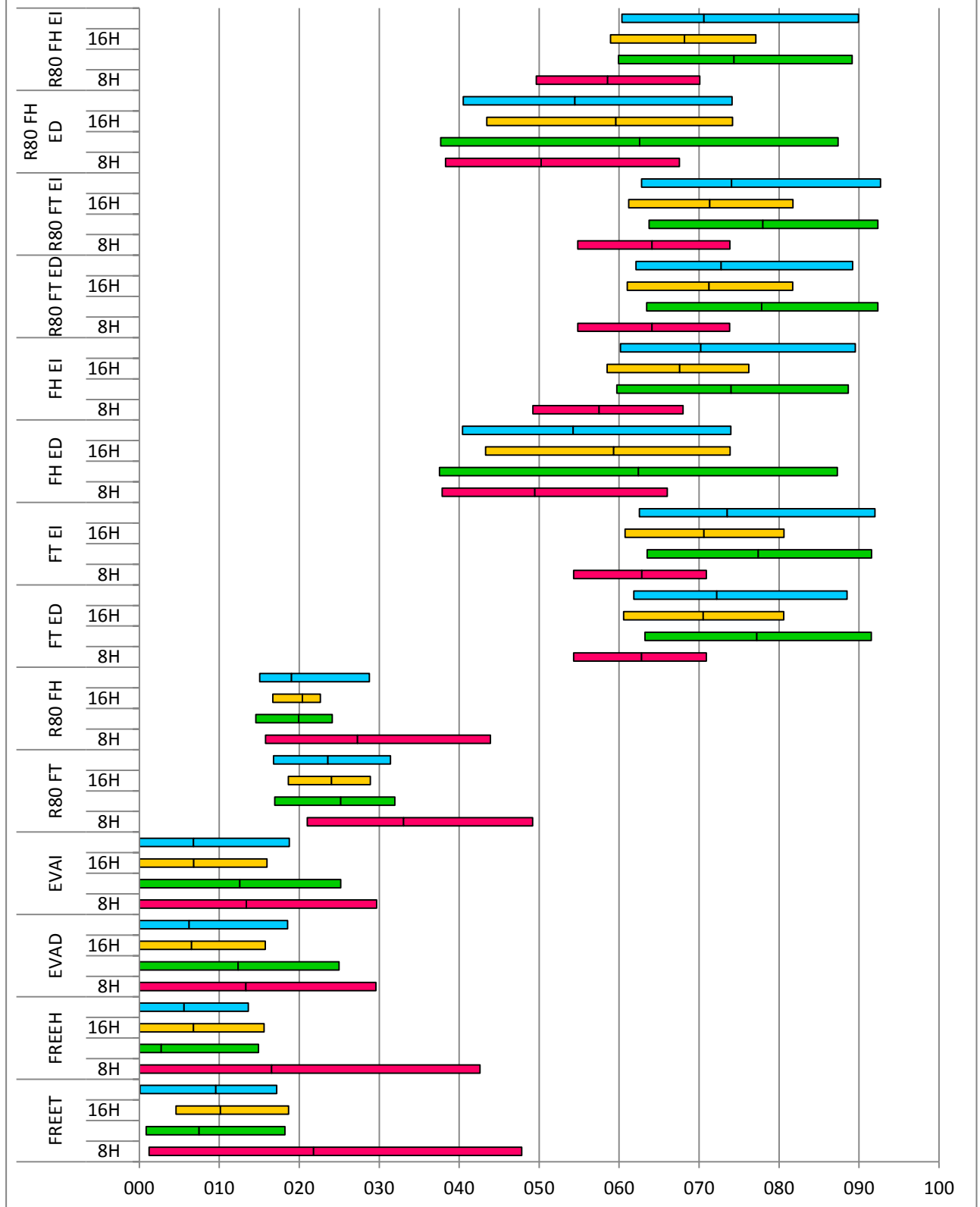


Figura E.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima C1

*NOTA: Valores negativos en la tabla E.17 serán contabilizados como "0".

8.6 ANEXO F – ZONA CLIMÁTICA C2

8.6.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,128	1,123	1,127	1,129	1,127
8h - Media	1,127	1,120	1,125	1,126	1,124
8h - Alta	1,125	1,118	1,122	1,122	1,122
12h - Baja	1,125	1,119	1,124	1,126	1,124
12h - Media	1,123	1,115	1,122	1,122	1,121
12h - Alta	1,120	1,110	1,118	1,116	1,116
16h - Baja	1,122	1,118	1,122	1,124	1,121
16h - Media	1,119	1,113	1,118	1,119	1,117
16h - Alta	1,116	1,109	1,115	1,114	1,113
24h - Baja	1,118	1,117	1,120	1,122	1,119
24h - Media	1,111	1,110	1,115	1,115	1,113
24h - Alta	1,110	1,108	1,111	1,111	1,110

Tabla F.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C2

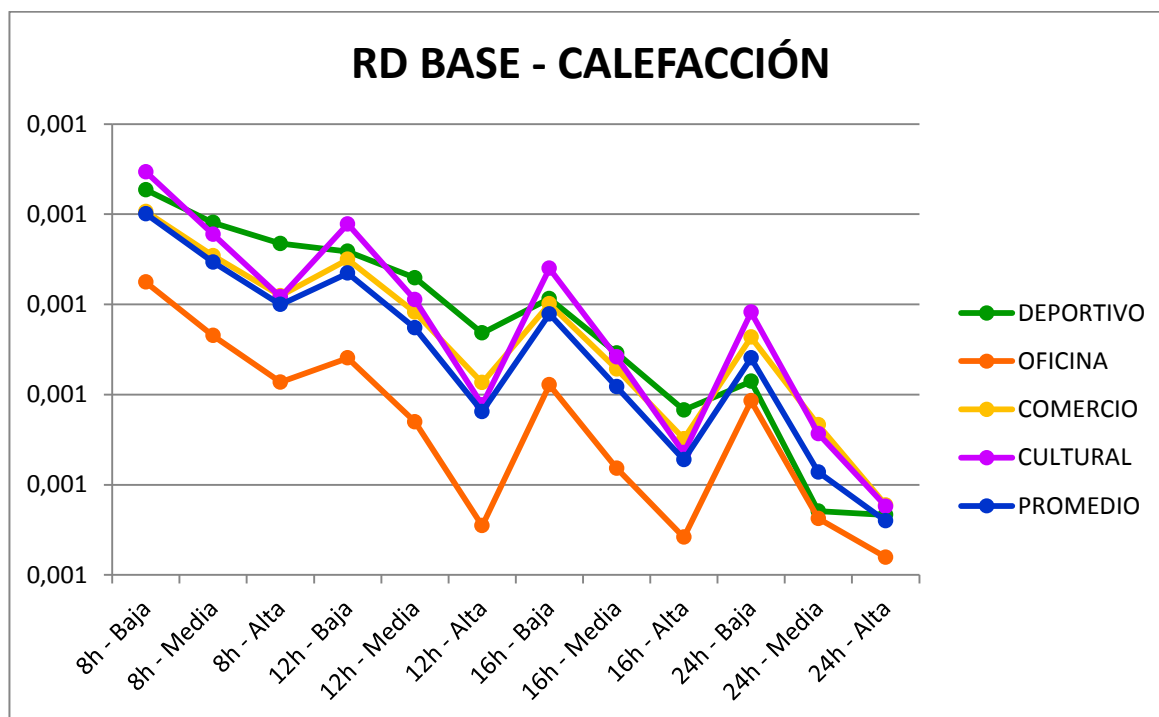


Figura F.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C2.

8.6.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,123	1,127	1,129	1,120	1,124	1,127	1,118	1,122	1,125
12H	1,119	1,124	1,126	1,115	1,121	1,123	1,110	1,116	1,120
16H	1,118	1,121	1,124	1,113	1,117	1,119	1,109	1,113	1,116
24H	1,117	1,119	1,122	1,110	1,113	1,115	1,111	1,110	1,111

Tabla F.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C2.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,004	1,127	0,002	0,004	1,124	0,002	0,004	1,122	0,003
12H	0,005	1,124	0,003	0,005	1,121	0,003	0,006	1,116	0,004
16H	0,004	1,121	0,003	0,005	1,117	0,002	0,004	1,113	0,003
24H	0,002	1,119	0,003	0,003	1,113	0,003	-0,001	1,110	0,001

Tabla F.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C2.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,336	1,127	0,207	0,363	1,124	0,195	0,383	1,122	0,301
12H	0,418	1,124	0,243	0,465	1,121	0,248	0,567	1,116	0,390
16H	0,350	1,121	0,225	0,404	1,117	0,168	0,386	1,113	0,247
24H	0,213	1,119	0,226	0,231	1,113	0,235	-0,079	1,110	0,079

Tabla F.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,123	1,120	1,118
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	MAX	1,129	1,127	1,125
12H	MIN	1,119	1,115	1,110
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	MAX	1,126	1,123	1,120
16H	MIN	1,118	1,113	1,109
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,113
	MAX	1,124	1,119	1,116
24H	MIN	1,117	1,110	1,111
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	MAX	1,122	1,115	1,111

Tabla F.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C2.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,004	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,002	0,002	0,003
12H	-	0,005	0,005	0,006
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,003	0,003	0,004
16H	-	0,004	0,005	0,004
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,113
	+	0,003	0,002	0,003
24H	-	0,002	0,003	-0,001
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,003	0,003	0,001

Tabla F.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,336	0,363	0,383
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,207	0,195	0,301
12H	-	0,418	0,465	0,567
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,243	0,248	0,390
16H	-	0,350	0,404	0,386
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,113
	+	0,225	0,168	0,247
24H	-	0,213	0,231	-0,079
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,226	0,235	0,079

Tabla F.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.6.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	0,961	1,123	0,755	0,562	0,850
8h - Media	0,994	1,132	0,891	0,799	0,954
8h - Alta	1,017	1,135	1,000	0,932	1,021
12h - Baja	1,024	1,112	0,988	0,859	0,996
12h - Media	1,027	1,108	1,048	0,993	1,044
12h - Alta	1,034	1,104	1,072	1,042	1,063
16h - Baja	1,053	1,133	1,058	0,989	1,058
16h - Media	1,057	1,131	1,082	1,056	1,081
16h - Alta	1,068	1,125	1,104	1,090	1,097
24h - Baja	1,091	1,140	1,055	1,006	1,073
24h - Media	0,927	1,057	1,074	1,017	1,019
24h - Alta	1,078	1,133	1,102	1,097	1,102

Tabla F.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para C2.

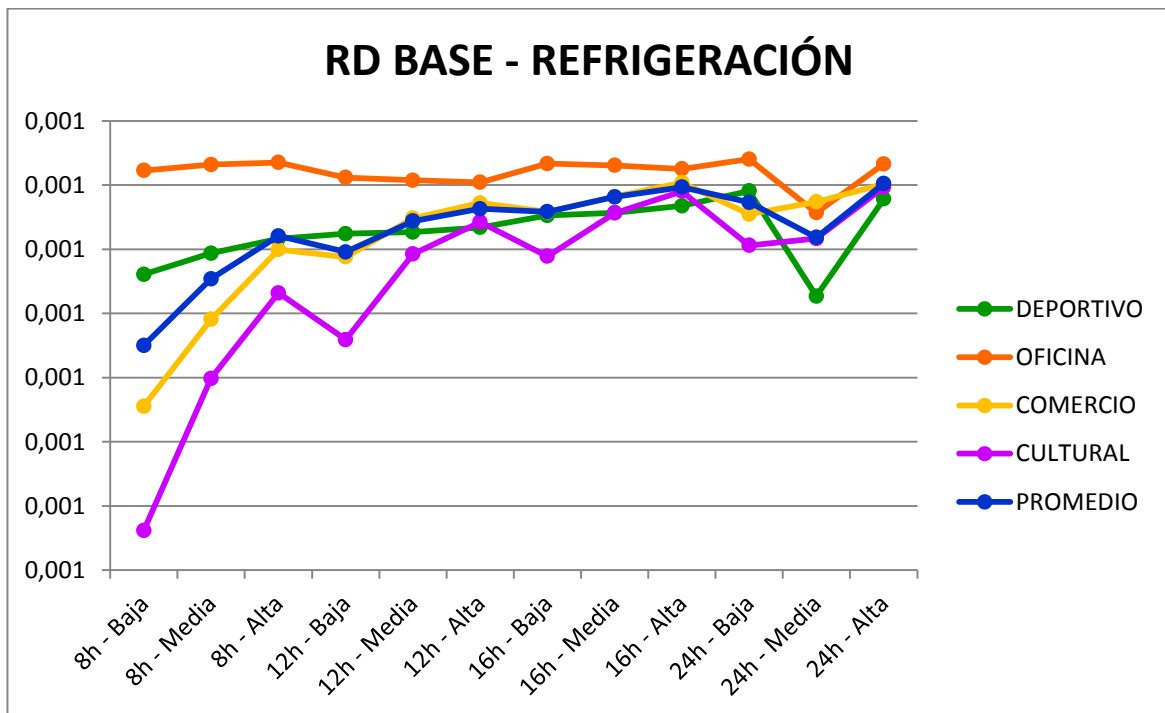


Figura F.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para C2.

8.6.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,562	0,850	1,123	0,799	0,954	1,132	0,932	1,021	1,135
12H	0,859	0,996	1,112	0,993	1,044	1,108	1,034	1,063	1,104
16H	0,989	1,058	1,133	1,056	1,081	1,131	1,068	1,097	1,125
24H	1,006	1,073	1,140	0,927	1,019	1,074	1,078	1,102	1,133

Tabla F.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C2.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,288	0,850	0,272	0,155	0,954	0,178	0,089	1,021	0,114
12H	0,137	0,996	0,116	0,051	1,044	0,064	0,029	1,063	0,041
16H	0,069	1,058	0,075	0,025	1,081	0,049	0,029	1,097	0,029
24H	0,067	1,073	0,067	0,092	1,019	0,055	0,024	1,102	0,031

Tabla F.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C2.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	33,912	0,850	32,049	16,260	0,954	18,672	8,706	1,021	11,197
12H	13,713	0,996	11,652	4,905	1,044	6,103	2,744	1,063	3,868
16H	6,540	1,058	7,088	2,335	1,081	4,542	2,657	1,097	2,604
24H	6,246	1,073	6,285	9,004	1,019	5,414	2,191	1,102	2,774

Tabla F.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

	RANGO	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,562	0,799	0,932
	PROMEDIO	0,850	0,954	1,021
	MAX	1,123	1,132	1,135
12H	MIN	0,859	0,993	1,034
	PROMEDIO	0,996	1,044	1,063
	MAX	1,112	1,108	1,104
16H	MIN	0,989	1,056	1,068
	PROMEDIO	1,058	1,081	1,097
	MAX	1,133	1,131	1,125
24H	MIN	1,006	0,927	1,078
	PROMEDIO	1,073	1,019	1,102
	MAX	1,140	1,074	1,133

Tabla F.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C2.

	VARIACIÓN	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,288	0,155	0,089
	PROMEDIO	0,850	0,954	1,021
	+	0,272	0,178	0,114
12H	-	0,137	0,051	0,029
	PROMEDIO	0,996	1,044	1,063
	+	0,116	0,064	0,041
16H	-	0,069	0,025	0,029
	PROMEDIO	1,058	1,081	1,097
	+	0,075	0,049	0,029
24H	-	0,067	0,092	0,024
	PROMEDIO	1,073	1,019	1,102
	+	0,067	0,055	0,031

Tabla F.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	33,912	16,260	8,706
	PROMEDIO	0,850	0,954	1,021
	+	32,049	18,672	11,197
12H	-	13,713	4,905	2,744
	PROMEDIO	0,996	1,044	1,063
	+	11,652	6,103	3,868
16H	-	6,540	2,335	2,657
	PROMEDIO	1,058	1,081	1,097
	+	7,088	4,542	2,604
24H	-	6,246	9,004	2,191
	PROMEDIO	1,073	1,019	1,102
	+	6,285	5,414	2,774

Tabla F.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.6.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,911	0,839	0,702	0,760	0,744	0,740	0,589	0,652	0,250	0,239	0,482	0,315	0,246	0,235	0,480	0,313
	M	0,892	0,815	0,767	0,814	0,883	0,879	0,673	0,722	0,323	0,310	0,626	0,414	0,318	0,304	0,623	0,411
	A	0,877	0,796	0,773	0,820	1,004	0,999	0,708	0,758	0,397	0,380	0,714	0,481	0,391	0,375	0,710	0,477
12H	B	0,890	0,812	0,940	0,979	0,920	0,913	0,752	0,795	0,232	0,214	0,498	0,269	0,229	0,210	0,497	0,266
	M	0,870	0,786	0,962	0,993	1,029	1,020	0,821	0,855	0,310	0,287	0,648	0,347	0,305	0,282	0,646	0,343
	A	0,843	0,753	0,936	0,970	1,086	1,076	0,837	0,873	0,362	0,334	0,705	0,392	0,358	0,331	0,704	0,389
16H	B	0,872	0,789	1,009	1,042	1,022	1,014	0,814	0,852	0,259	0,244	0,498	0,299	0,254	0,239	0,497	0,295
	M	0,847	0,757	1,001	1,031	1,097	1,087	0,864	0,896	0,332	0,313	0,609	0,367	0,327	0,308	0,608	0,364
	A	0,823	0,727	0,972	1,003	1,135	1,123	0,875	0,907	0,381	0,356	0,652	0,403	0,378	0,353	0,650	0,400
24H	B	0,856	0,769	1,003	1,033	1,063	1,055	0,783	0,816	0,257	0,238	0,520	0,294	0,252	0,233	0,518	0,290
	M	0,824	0,728	0,959	0,984	1,057	1,048	0,847	0,876	0,348	0,307	0,596	0,376	0,346	0,306	0,596	0,374
	A	0,800	0,696	0,879	0,911	1,136	1,128	0,787	0,821	0,352	0,329	0,622	0,378	0,349	0,326	0,620	0,375

Tabla F.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción y refrigeración tras aplicación de MAE, para C2.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.6.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,8923	0,8149	0,7673	0,8144	0,8833	0,8788	0,6731	0,7224	0,3235	0,3097	0,6255	0,4144	0,3175	0,3038	0,6226	0,4108
12H	0,8698	0,7862	0,9617	0,9929	1,0288	1,0204	0,821	0,8548	0,3095	0,2871	0,648	0,3466	0,3048	0,2824	0,6465	0,3433
16H	0,8471	0,757	1,0008	1,0308	1,097	1,0874	0,8638	0,8959	0,3316	0,3128	0,6093	0,3673	0,3268	0,308	0,6078	0,3637
24H	0,8243	0,7282	0,9587	0,984	1,0567	1,0478	0,8474	0,8761	0,3477	0,3073	0,5959	0,3755	0,3459	0,3056	0,5957	0,3742

Tabla F.16: Relaciones de demanda medias para clima C2(a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla A. en 6.13 Anexo M

8.6.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	5,37	37,10	17,90
	12H	2,14	16,72	7,68
	16H	2,88	14,18	7,37
	24H	1,27	10,23	5,93
FREEH	8H	-2,84	30,83	12,93
	12H	-2,75	13,01	4,68
	16H	-1,58	10,93	4,59
	24H	0,10	7,40	3,46
EVAD	8H	-2,06	22,85	8,66
	12H	-5,13	11,18	1,64
	16H	-5,06	3,27	-1,38
	24H	-6,75	3,11	-3,77
EVAI	8H	-1,36	22,99	9,10
	12H	-4,07	11,49	2,43
	16H	-3,79	3,61	-0,49
	24H	-5,68	3,43	-2,88
R80 FT	8H	23,18	38,97	28,78
	12H	16,42	25,65	21,38
	16H	16,32	23,73	20,14
	24H	10,76	21,94	16,62
R80 FH	8H	17,38	32,71	23,54
	12H	14,73	20,33	18,13
	16H	14,98	19,03	17,17
	24H	9,32	19,98	13,83
FT ED	8H	54,93	79,16	67,17
	12H	56,82	83,17	70,59
	16H	58,46	78,46	69,39
	24H	38,62	86,37	65,10
FT EI	8H	57,60	79,20	68,48
	12H	61,02	83,18	72,70
	16H	61,91	78,56	71,12
	24H	47,99	87,83	69,20
FH ED	8H	26,92	39,35	34,80
	12H	25,79	53,72	38,08
	16H	33,29	59,90	43,74
	24H	25,34	68,87	40,88
FH EI	8H	53,27	63,81	56,88
	12H	58,61	79,71	66,91
	16H	60,39	75,78	66,06
	24H	46,09	80,24	62,61
R80 FT ED	8H	55,21	80,19	67,85
	12H	57,03	83,93	71,05
	16H	58,68	79,09	69,85
	24H	38,74	86,45	65,27
R80 FT EI	8H	57,88	80,22	69,15
	12H	61,23	83,94	73,16
	16H	62,14	79,19	71,57
	24H	48,10	87,91	69,37
R80 FH ED	8H	27,11	39,71	35,12
	12H	25,89	53,87	38,23
	16H	33,37	60,04	43,88
	24H	25,36	68,87	40,91
R80 FH EI	8H	53,41	64,60	57,29
	12H	58,73	80,20	67,24
	16H	60,55	76,25	66,39
	24H	46,16	80,32	62,75

Tabla F.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima C2

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

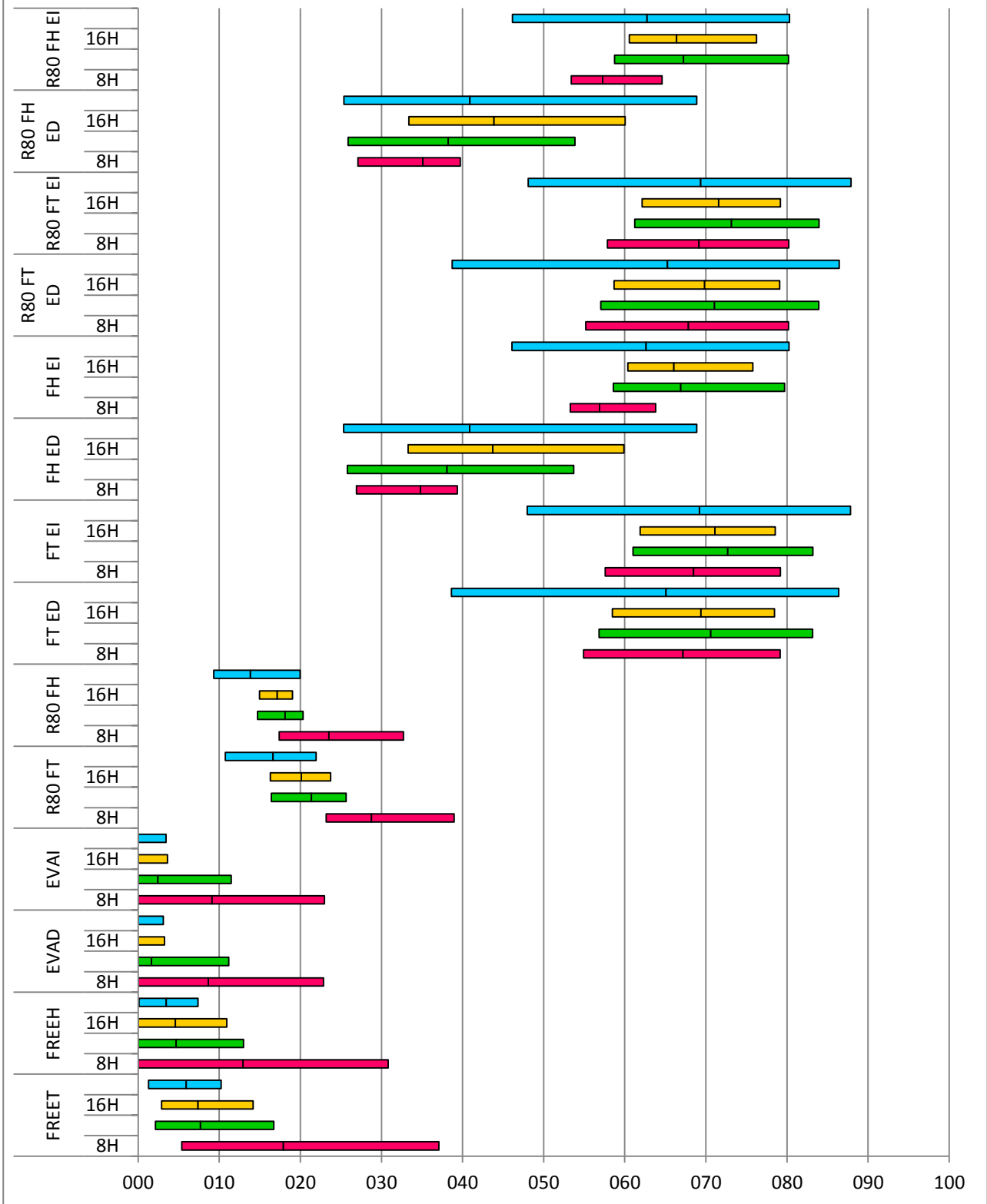


Figura F.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima C2

*NOTA: Valores negativos en la tabla A. serán contabilizados como "0".

8.7 ANEXO G – ZONA CLIMÁTICA C3

8.7.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,128	1,124	1,127	1,129	1,127
8h - Media	1,127	1,120	1,125	1,126	1,124
8h - Alta	1,126	1,118	1,122	1,122	1,122
12h - Baja	1,125	1,119	1,124	1,126	1,124
12h - Media	1,123	1,116	1,122	1,122	1,121
12h - Alta	1,119	1,110	1,118	1,116	1,116
16h - Baja	1,122	1,117	1,122	1,124	1,121
16h - Media	1,120	1,113	1,118	1,119	1,118
16h - Alta	1,117	1,109	1,114	1,114	1,113
24h - Baja	1,118	1,117	1,120	1,121	1,119
24h - Media	1,112	1,110	1,115	1,115	1,113
24h - Alta	1,111	1,107	1,111	1,110	1,110

Tabla G.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C3

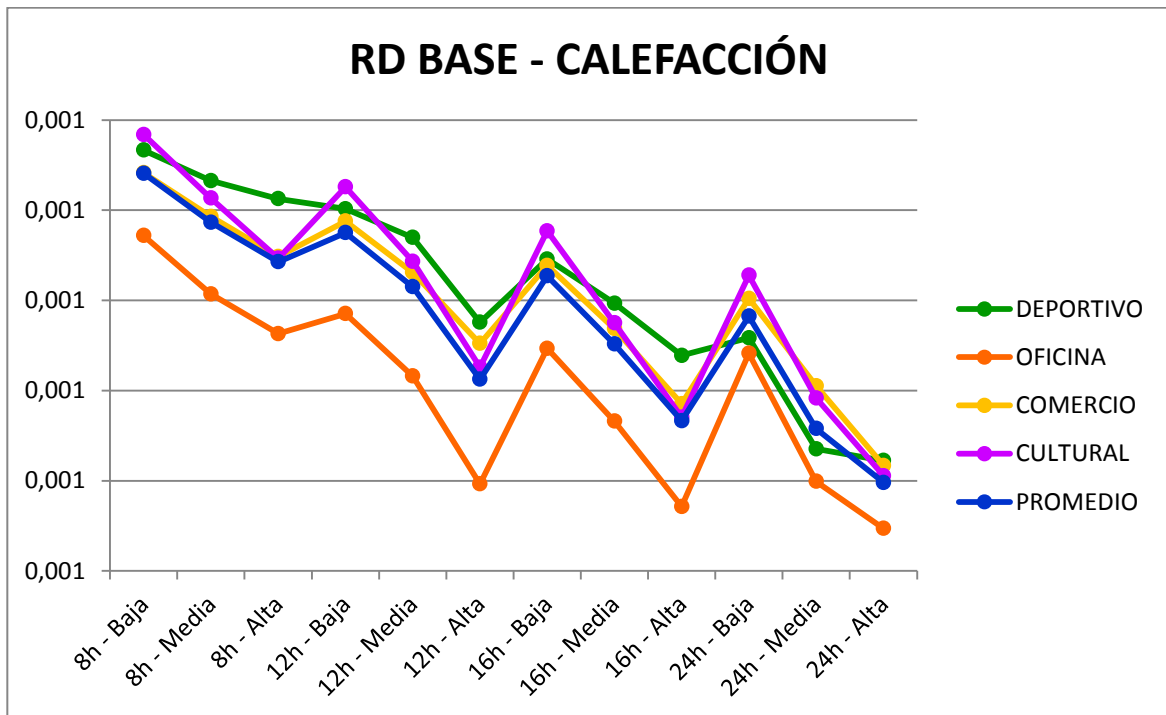


Figura G.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C3.

8.7.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,124	1,127	1,129	1,120	1,124	1,127	1,118	1,122	1,126
12H	1,119	1,124	1,126	1,116	1,121	1,123	1,110	1,116	1,119
16H	1,117	1,121	1,124	1,113	1,118	1,120	1,109	1,113	1,117
24H	1,117	1,119	1,121	1,110	1,113	1,115	1,107	1,110	1,111

Tabla G.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,003	1,127	0,002	0,004	1,124	0,002	0,004	1,122	0,003
12H	0,004	1,124	0,003	0,005	1,121	0,003	0,006	1,116	0,003
16H	0,004	1,121	0,002	0,004	1,118	0,002	0,005	1,113	0,004
24H	0,002	1,119	0,002	0,003	1,113	0,002	0,003	1,110	0,001

Tabla G.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,306	1,127	0,190	0,353	1,124	0,205	0,355	1,122	0,312
12H	0,400	1,124	0,226	0,441	1,121	0,244	0,521	1,116	0,283
16H	0,358	1,121	0,223	0,383	1,118	0,203	0,427	1,113	0,325
24H	0,184	1,119	0,203	0,263	1,113	0,212	0,229	1,110	0,110

Tabla G.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,124	1,120	1,118
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	MAX	1,129	1,127	1,126
12H	MIN	1,119	1,116	1,110
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	MAX	1,126	1,123	1,119
16H	MIN	1,117	1,113	1,109
	PROMEDIO	1,121	1,118	1,113
	MAX	1,124	1,120	1,117
24H	MIN	1,117	1,110	1,107
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	MAX	1,121	1,115	1,111

Tabla G.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,003	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,002	0,002	0,003
12H	-	0,004	0,005	0,006
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,003	0,003	0,003
16H	-	0,004	0,004	0,005
	PROMEDIO	1,121	1,118	1,113
	+	0,002	0,002	0,004
24H	-	0,002	0,003	0,003
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,002	0,002	0,001

Tabla G.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,306	0,353	0,355
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,190	0,205	0,312
12H	-	0,400	0,441	0,521
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,226	0,244	0,283
16H	-	0,358	0,383	0,427
	PROMEDIO	1,121	1,118	1,113
	+	0,223	0,203	0,325
24H	-	0,184	0,263	0,229
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,203	0,212	0,110

Tabla G.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.7.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,059	1,126	1,035	0,979	1,050
8h - Media	1,051	1,121	1,057	1,042	1,068
8h - Alta	1,071	1,113	1,091	1,081	1,089
12h - Baja	1,032	1,082	1,085	1,043	1,061
12h - Media	1,020	1,071	1,105	1,086	1,071
12h - Alta	1,002	1,061	1,102	1,092	1,064
16h - Baja	1,059	1,105	1,100	1,081	1,087
16h - Media	1,050	1,094	1,117	1,103	1,091
16h - Alta	1,026	1,083	1,117	1,111	1,084
24h - Baja	1,082	1,120	1,048	1,096	1,087
24h - Media	0,847	0,990	1,013	1,030	0,970
24h - Alta	1,049	1,099	1,076	1,123	1,087

Tabla G.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para C3.

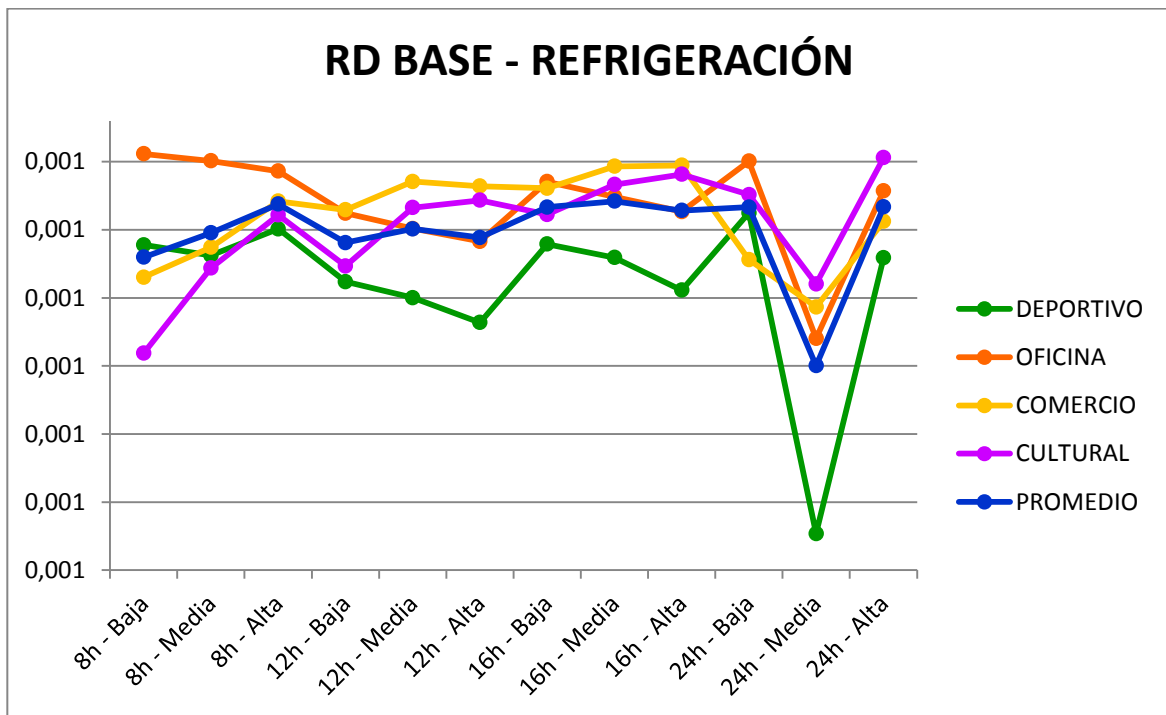


Figura G.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para C3.

8.7.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,979	1,050	1,126	1,042	1,068	1,121	1,071	1,089	1,113
12H	1,032	1,061	1,085	1,020	1,071	1,105	1,002	1,064	1,102
16H	1,059	1,087	1,105	1,050	1,091	1,117	1,026	1,084	1,117
24H	1,048	1,087	1,120	0,847	0,970	1,030	1,049	1,087	1,123

Tabla G.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,070	1,050	0,076	0,026	1,068	0,053	0,018	1,089	0,024
12H	0,029	1,061	0,024	0,051	1,071	0,035	0,062	1,064	0,038
16H	0,027	1,087	0,019	0,041	1,091	0,026	0,059	1,084	0,033
24H	0,039	1,087	0,034	0,123	0,970	0,060	0,037	1,087	0,036

Tabla G.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	6,712	1,050	7,242	2,417	1,068	4,960	1,682	1,089	2,223
12H	2,699	1,061	2,273	4,725	1,071	3,245	5,860	1,064	3,546
16H	2,501	1,087	1,724	3,790	1,091	2,359	5,406	1,084	3,049
24H	3,547	1,087	3,102	12,704	0,970	6,194	3,437	1,087	3,327

Tabla G.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,979	1,042	1,071
	PROMEDIO	1,050	1,068	1,089
	MAX	1,126	1,121	1,113
12H	MIN	1,032	1,020	1,002
	PROMEDIO	1,061	1,071	1,064
	MAX	1,085	1,105	1,102
16H	MIN	1,059	1,050	1,026
	PROMEDIO	1,087	1,091	1,084
	MAX	1,105	1,117	1,117
24H	MIN	1,048	0,847	1,049
	PROMEDIO	1,087	0,970	1,087
	MAX	1,120	1,030	1,123

Tabla G.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,070	0,026	0,018
	PROMEDIO	1,050	1,068	1,089
	+	0,076	0,053	0,024
12H	-	0,029	0,051	0,062
	PROMEDIO	1,061	1,071	1,064
	+	0,024	0,035	0,038
16H	-	0,027	0,041	0,059
	PROMEDIO	1,087	1,091	1,084
	+	0,019	0,026	0,033
24H	-	0,039	0,123	0,037
	PROMEDIO	1,087	0,970	1,087
	+	0,034	0,060	0,036

Tabla G.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	6,712	2,417	1,682
	PROMEDIO	1,050	1,068	1,089
	+	7,242	4,960	2,223
12H	-	2,699	4,725	5,860
	PROMEDIO	1,061	1,071	1,064
	+	2,273	3,245	3,546
16H	-	2,501	3,790	5,406
	PROMEDIO	1,087	1,091	1,084
	+	1,724	2,359	3,049
24H	-	3,547	12,704	3,437
	PROMEDIO	1,087	0,970	1,087
	+	3,102	6,194	3,327

Tabla G.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.7.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN						REFRIGERACIÓN									
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,911	0,839	0,925	0,958	1,048	1,032	0,783	0,817	0,413	0,368	0,835	0,468	0,409	0,364	0,834	0,465
	M	0,892	0,815	0,908	0,939	1,094	1,078	0,800	0,831	0,451	0,402	0,872	0,489	0,448	0,400	0,871	0,487
	A	0,877	0,796	0,888	0,920	1,133	1,116	0,808	0,840	0,488	0,434	0,882	0,516	0,486	0,431	0,881	0,514
12H	B	0,890	0,812	1,016	1,032	1,113	1,086	0,831	0,848	0,457	0,387	0,834	0,447	0,455	0,385	0,833	0,445
	M	0,870	0,786	1,005	1,023	1,146	1,118	0,862	0,880	0,497	0,421	0,888	0,473	0,495	0,419	0,887	0,471
	A	0,843	0,752	0,960	0,979	1,141	1,114	0,854	0,874	0,520	0,444	0,887	0,493	0,518	0,442	0,886	0,491
16H	B	0,872	0,789	1,054	1,067	1,156	1,126	0,857	0,872	0,450	0,380	0,769	0,427	0,447	0,378	0,768	0,426
	M	0,847	0,757	1,037	1,050	1,174	1,142	0,888	0,902	0,496	0,419	0,828	0,463	0,493	0,416	0,827	0,461
	A	0,823	0,726	0,989	1,004	1,168	1,138	0,880	0,896	0,522	0,446	0,833	0,487	0,520	0,445	0,832	0,486
24H	B	0,857	0,769	1,033	1,052	1,165	1,144	0,834	0,854	0,434	0,377	0,818	0,436	0,430	0,374	0,817	0,434
	M	0,824	0,728	0,933	0,947	1,077	1,051	0,845	0,861	0,563	0,471	0,763	0,531	0,562	0,470	0,763	0,530
	A	0,799	0,696	0,931	0,950	1,168	1,145	0,833	0,852	0,495	0,428	0,801	0,471	0,493	0,426	0,800	0,470

Tabla G.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción-refrigeración tras aplicación de MAE, para C3.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.7.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,892	0,815	0,908	0,939	1,094	1,078	0,800	0,831	0,451	0,402	0,872	0,489	0,448	0,400	0,871	0,487
12H	0,870	0,786	1,005	1,023	1,146	1,118	0,862	0,880	0,497	0,421	0,888	0,473	0,495	0,419	0,887	0,471
16H	0,847	0,757	1,037	1,050	1,174	1,142	0,888	0,902	0,496	0,419	0,828	0,463	0,493	0,416	0,827	0,461
24H	0,824	0,728	0,933	0,947	1,077	1,051	0,845	0,861	0,563	0,471	0,763	0,531	0,562	0,470	0,763	0,530

Tabla G.16: Relaciones de demanda medias para clima C3 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla A. en 6.13 Anexo M

8.7.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	6,70	27,50	14,72
	12H	2,28	12,33	6,18
	16H	1,96	9,40	5,01
	24H	0,20	7,49	3,98
FREEH	8H	2,74	24,00	11,87
	12H	0,32	10,21	4,56
	16H	0,44	7,86	3,77
	24H	-0,62	5,53	2,57
EVAD	8H	-6,10	2,09	-2,38
	12H	-11,97	-2,01	-7,11
	16H	-12,01	-3,18	-7,68
	24H	-21,02	-3,46	-11,09
EVAI	8H	-3,89	2,36	-0,90
	12H	-7,51	-1,51	-4,46
	16H	-7,08	-2,64	-4,74
	24H	-13,69	-2,73	-8,44
R80 FT	8H	22,04	30,14	25,00
	12H	13,35	24,76	19,35
	16H	13,25	23,85	18,56
	24H	8,25	16,30	12,67
R80 FH	8H	19,79	26,80	22,10
	12H	12,11	22,47	17,69
	16H	12,45	21,74	17,27
	24H	7,51	13,99	11,09
FT ED	8H	39,10	77,44	57,87
	12H	30,46	80,60	53,16
	16H	32,48	80,21	54,28
	24H	18,71	76,16	40,85
FT EI	8H	48,09	77,53	62,41
	12H	42,87	80,88	60,35
	16H	44,93	80,57	61,42
	24H	29,84	77,33	50,45
FH ED	8H	15,11	24,61	18,21
	12H	10,16	25,04	16,92
	16H	16,80	34,41	23,96
	24H	9,42	35,47	20,76
FH EI	8H	43,95	61,21	54,23
	12H	40,50	71,79	55,58
	16H	43,19	72,70	57,39
	24H	27,45	68,10	44,41
R80 FT ED	8H	39,21	77,94	58,14
	12H	30,56	80,90	53,34
	16H	32,60	80,57	54,50
	24H	18,79	76,37	40,98
R80 FT EI	8H	48,20	78,03	62,68
	12H	42,98	81,18	60,53
	16H	45,06	80,93	61,64
	24H	29,92	77,54	50,57
R80 FH ED	8H	15,39	24,66	18,35
	12H	10,22	25,12	16,99
	16H	16,86	34,51	24,04
	24H	9,45	35,54	20,80
R80 FH EI	8H	44,04	61,52	54,44
	12H	40,59	72,01	55,72
	16H	43,29	73,00	57,57
	24H	27,52	68,28	44,51

Tabla G.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima C3

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

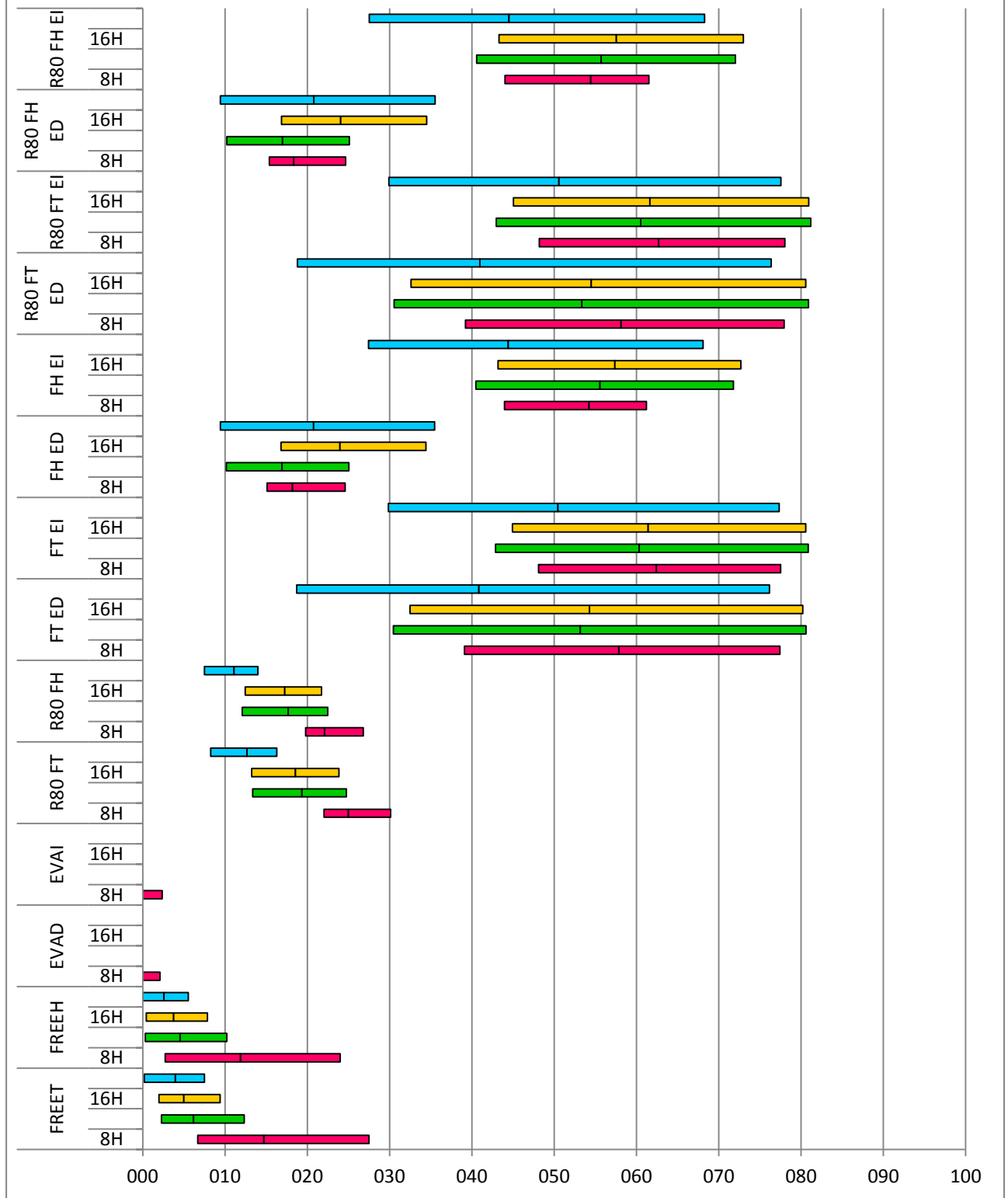


Figura G.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima C3

*NOTA: Valores negativos en la tabla A. serán contabilizados como "0".

8.8 ANEXO H – ZONA CLIMÁTICA C4

8.8.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,128	1,123	1,127	1,129	1,127
8h - Media	1,126	1,120	1,125	1,126	1,124
8h - Alta	1,126	1,118	1,123	1,122	1,122
12h - Baja	1,125	1,119	1,125	1,126	1,124
12h - Media	1,123	1,116	1,122	1,122	1,121
12h - Alta	1,119	1,110	1,118	1,117	1,116
16h - Baja	1,122	1,118	1,122	1,124	1,122
16h - Media	1,120	1,113	1,118	1,119	1,118
16h - Alta	1,117	1,109	1,115	1,114	1,114
24h - Baja	1,118	1,117	1,120	1,122	1,119
24h - Media	1,112	1,110	1,115	1,115	1,113
24h - Alta	1,111	1,108	1,111	1,110	1,110

Tabla H.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C4

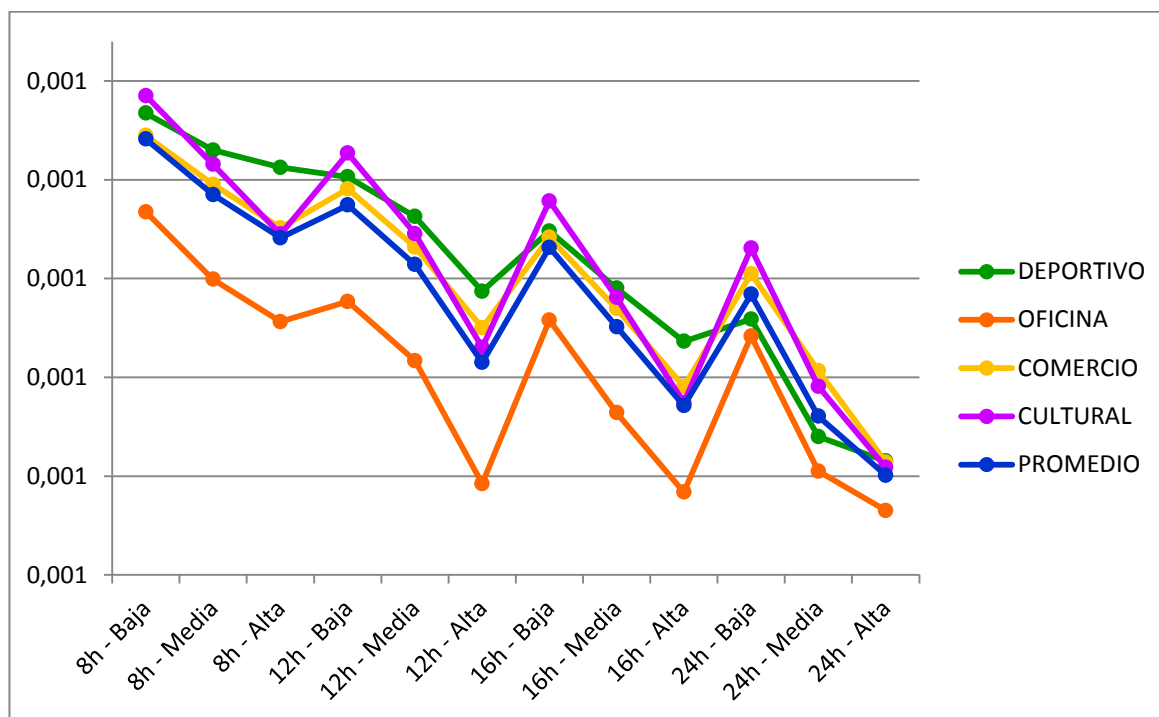


Figura H.1: Relaciones de demandas base en calefacción para C4.

8.8.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,123	1,127	1,129	1,120	1,124	1,126	1,118	1,122	1,126
12H	1,119	1,124	1,126	1,116	1,121	1,123	1,110	1,116	1,119
16H	1,118	1,122	1,124	1,113	1,118	1,120	1,109	1,114	1,117
24H	1,117	1,119	1,122	1,110	1,113	1,115	1,108	1,110	1,111

Tabla H.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C4.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,004	1,127	0,002	0,004	1,124	0,002	0,004	1,122	0,004
12H	0,005	1,124	0,003	0,005	1,121	0,002	0,006	1,116	0,004
16H	0,004	1,122	0,002	0,004	1,118	0,002	0,004	1,114	0,003
24H	0,002	1,119	0,002	0,003	1,113	0,002	0,002	1,110	0,001

Tabla H.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C4.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,327	1,127	0,195	0,382	1,124	0,200	0,379	1,122	0,317
12H	0,434	1,124	0,234	0,434	1,121	0,216	0,549	1,116	0,323
16H	0,328	1,122	0,209	0,389	1,118	0,175	0,393	1,114	0,293
24H	0,189	1,119	0,208	0,250	1,113	0,207	0,160	1,110	0,065

Tabla H.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,123	1,120	1,118
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	MAX	1,129	1,126	1,126
12H	MIN	1,119	1,116	1,110
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	MAX	1,126	1,123	1,119
16H	MIN	1,118	1,113	1,109
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,114
	MAX	1,124	1,120	1,117
24H	MIN	1,117	1,110	1,108
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	MAX	1,122	1,115	1,111

Tabla H.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C4.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,004	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,002	0,002	0,004
12H	-	0,005	0,005	0,006
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,003	0,002	0,004
16H	-	0,004	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,114
	+	0,002	0,002	0,003
24H	-	0,002	0,003	0,002
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,002	0,002	0,001

Tabla H.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C4.

C3.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,327	0,382	0,379
	PROMEDIO	1,127	1,124	1,122
	+	0,195	0,200	0,317
12H	-	0,434	0,434	0,549
	PROMEDIO	1,124	1,121	1,116
	+	0,234	0,216	0,323
16H	-	0,328	0,389	0,393
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,114
	+	0,209	0,175	0,293
24H	-	0,189	0,250	0,160
	PROMEDIO	1,119	1,113	1,110
	+	0,208	0,207	0,065

Tabla H.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.8.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,085	1,115	1,116	1,076	1,098
8h - Media	1,060	1,103	1,132	1,104	1,100
8h - Alta	1,049	1,089	1,143	1,121	1,100
12h - Baja	1,003	1,061	1,122	1,090	1,069
12h - Media	0,990	1,049	1,124	1,107	1,067
12h - Alta	0,962	1,036	1,112	1,102	1,053
16h - Baja	1,029	1,084	1,130	1,103	1,087
16h - Media	1,008	1,069	1,132	1,116	1,081
16h - Alta	0,979	1,055	1,122	1,112	1,067
24h - Baja	1,068	1,104	1,046	1,115	1,083
24h - Media	0,781	0,946	0,941	1,001	0,917
24h - Alta	1,027	1,079	1,067	1,127	1,075

Tabla H.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para C4.

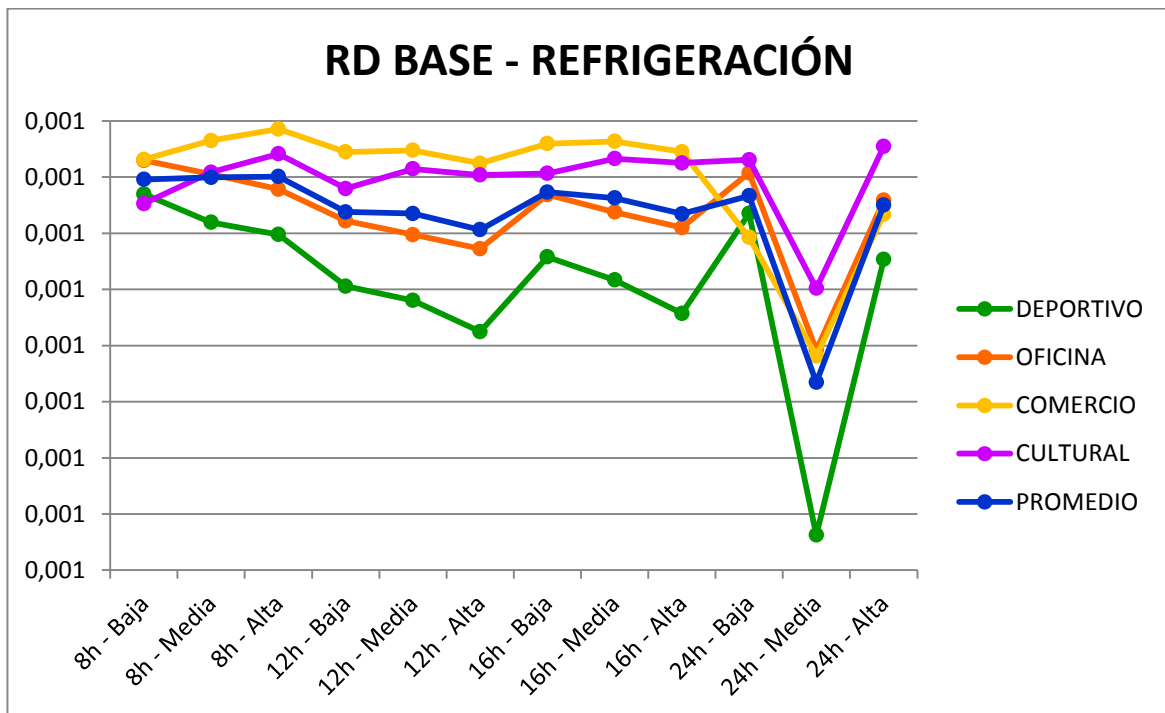


Figura H.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para C4.

8.8.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,076	1,098	1,116	1,060	1,100	1,132	1,049	1,100	1,143
12H	1,003	1,069	1,122	0,990	1,067	1,124	0,962	1,053	1,112
16H	1,029	1,087	1,130	1,008	1,081	1,132	0,979	1,067	1,122
24H	1,046	1,083	1,115	0,781	0,917	1,001	1,027	1,075	1,127

Tabla H.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para C4.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,022	1,098	0,018	0,040	1,100	0,033	0,052	1,100	0,042
12H	0,066	1,069	0,053	0,077	1,067	0,056	0,091	1,053	0,059
16H	0,058	1,087	0,043	0,073	1,081	0,050	0,089	1,067	0,055
24H	0,037	1,083	0,032	0,136	0,917	0,084	0,048	1,075	0,052

Tabla H.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C4.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	1,962	1,098	1,617	3,640	1,100	2,971	4,681	1,100	3,850
12H	6,188	1,069	5,001	7,241	1,067	5,273	8,625	1,053	5,611
16H	5,307	1,087	3,981	6,743	1,081	4,669	8,293	1,067	5,183
24H	3,413	1,083	2,969	14,826	0,917	9,126	4,493	1,075	4,862

Tabla H.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para C4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

	RANGO	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,076	1,060	1,049
	PROMEDIO	1,098	1,100	1,100
	MAX	1,116	1,132	1,143
12H	MIN	1,003	0,990	0,962
	PROMEDIO	1,069	1,067	1,053
	MAX	1,122	1,124	1,112
16H	MIN	1,029	1,008	0,979
	PROMEDIO	1,087	1,081	1,067
	MAX	1,130	1,132	1,122
24H	MIN	1,046	0,781	1,027
	PROMEDIO	1,083	0,917	1,075
	MAX	1,115	1,001	1,127

Tabla H.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para C4.

	VARIACIÓN	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,022	0,040	0,052
	PROMEDIO	1,098	1,100	1,100
	+	0,018	0,033	0,042
12H	-	0,066	0,077	0,091
	PROMEDIO	1,069	1,067	1,053
	+	0,053	0,056	0,059
16H	-	0,058	0,073	0,089
	PROMEDIO	1,087	1,081	1,067
	+	0,043	0,050	0,055
24H	-	0,037	0,136	0,048
	PROMEDIO	1,083	0,917	1,075
	+	0,032	0,084	0,052

Tabla H.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	1,962	3,640	4,681
	PROMEDIO	1,098	1,100	1,100
	+	1,617	2,971	3,850
12H	-	6,188	7,241	8,625
	PROMEDIO	1,069	1,067	1,053
	+	5,001	5,273	5,611
16H	-	5,307	6,743	8,293
	PROMEDIO	1,087	1,081	1,067
	+	3,981	4,669	5,183
24H	-	3,413	14,826	4,493
	PROMEDIO	1,083	0,917	1,075
	+	2,969	9,126	4,862

Tabla H.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para C4.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.8.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,911	0,839	0,970	1,000	1,174	1,135	0,845	0,874	0,652	0,549	0,988	0,650	0,649	0,547	0,986	0,648
	M	0,892	0,815	0,949	0,977	1,180	1,145	0,851	0,879	0,665	0,567	0,980	0,654	0,663	0,565	0,978	0,653
	A	0,877	0,795	0,925	0,955	1,182	1,152	0,852	0,881	0,681	0,587	0,972	0,664	0,679	0,586	0,971	0,663
12H	B	0,890	0,812	1,021	1,036	1,185	1,131	0,855	0,870	0,748	0,622	1,021	0,684	0,746	0,619	1,019	0,682
	M	0,870	0,786	1,002	1,017	1,188	1,139	0,875	0,889	0,755	0,632	1,032	0,686	0,753	0,629	1,031	0,684
	A	0,843	0,752	0,960	0,977	1,168	1,127	0,867	0,882	0,734	0,623	1,000	0,671	0,733	0,621	0,999	0,669
16H	B	0,872	0,789	1,053	1,065	1,212	1,150	0,872	0,884	0,754	0,621	0,979	0,673	0,752	0,618	0,978	0,671
	M	0,847	0,757	1,031	1,042	1,211	1,155	0,893	0,904	0,760	0,630	0,998	0,675	0,758	0,627	0,997	0,673
	A	0,824	0,727	0,987	1,000	1,190	1,143	0,885	0,898	0,740	0,621	0,969	0,660	0,738	0,620	0,968	0,659
24H	B	0,856	0,769	1,031	1,046	1,211	1,162	0,851	0,868	0,709	0,592	0,975	0,654	0,706	0,588	0,973	0,651
	M	0,825	0,729	0,884	0,895	1,055	1,025	0,821	0,832	0,752	0,647	0,860	0,689	0,751	0,646	0,860	0,688
	A	0,800	0,697	0,949	0,965	1,196	1,156	0,856	0,872	0,704	0,592	0,925	0,635	0,702	0,590	0,924	0,633

Tabla H.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción-refrigeración tras aplicación de MAE, para C4.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.8.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,892	0,815	0,949	0,977	1,180	1,145	0,851	0,879	0,665	0,567	0,980	0,654	0,663	0,565	0,978	0,653
12H	0,870	0,786	1,002	1,017	1,188	1,139	0,875	0,889	0,755	0,632	1,032	0,686	0,753	0,629	1,031	0,684
16H	0,847	0,757	1,031	1,042	1,211	1,155	0,893	0,904	0,760	0,630	0,998	0,675	0,758	0,627	0,997	0,673
24H	0,825	0,729	0,884	0,895	1,055	1,025	0,821	0,832	0,752	0,647	0,860	0,689	0,751	0,646	0,860	0,688

Tabla H.16: Relaciones de demanda medias para clima C4 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla A. en 6.13 Anexo M

8.8.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	7,96	22,98	13,79
	12H	3,04	10,80	6,19
	16H	2,27	8,04	4,72
	24H	0,42	6,38	3,71
FREEH	8H	6,65	19,42	11,16
	12H	2,34	8,94	4,83
	16H	1,52	6,77	3,68
	24H	0,01	5,04	2,59
EVAD	8H	-10,74	-2,29	-7,29
	12H	-16,49	-4,25	-11,39
	16H	-16,81	-4,81	-12,03
	24H	-29,43	-8,67	-15,07
EVAI	8H	-7,36	-1,91	-4,19
	12H	-11,35	-3,45	-6,84
	16H	-11,14	-3,90	-6,92
	24H	-21,09	-6,88	-11,81
R80 FT	8H	16,46	26,84	22,56
	12H	10,65	24,69	17,81
	16H	10,38	23,90	17,21
	24H	7,61	13,48	10,31
R80 FH	8H	14,08	23,35	19,98
	12H	9,29	22,95	16,47
	16H	9,52	22,27	16,15
	24H	6,75	11,47	9,10
FT ED	8H	18,29	70,11	39,35
	12H	10,79	59,51	28,87
	16H	10,44	59,76	29,29
	24H	-8,98	48,22	17,08
FT EI	8H	29,51	71,12	48,28
	12H	23,95	61,08	40,38
	16H	25,23	61,43	41,38
	24H	12,23	51,47	28,55
FH ED	8H	4,91	17,75	10,90
	12H	-1,74	9,86	3,26
	16H	1,19	15,79	7,53
	24H	-11,90	21,36	5,74
FH EI	8H	25,76	53,95	40,33
	12H	20,93	51,05	35,39
	16H	23,25	52,98	37,24
	24H	8,72	44,27	24,07
R80 FT ED	8H	18,36	70,48	39,53
	12H	10,86	59,92	29,07
	16H	10,51	60,14	29,48
	24H	-8,87	48,41	17,18
R80 FT EI	8H	29,58	71,45	48,45
	12H	24,03	61,47	40,58
	16H	25,30	61,80	41,58
	24H	12,34	51,66	28,65
R80 FH ED	8H	5,09	17,80	11,04
	12H	-1,63	10,12	3,38
	16H	1,24	16,01	7,64
	24H	-11,84	21,49	5,80
R80 FH EI	8H	25,82	54,21	40,49
	12H	21,00	51,38	35,57
	16H	23,31	53,30	37,42
	24H	8,81	44,43	24,16

Tabla H.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima C4

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

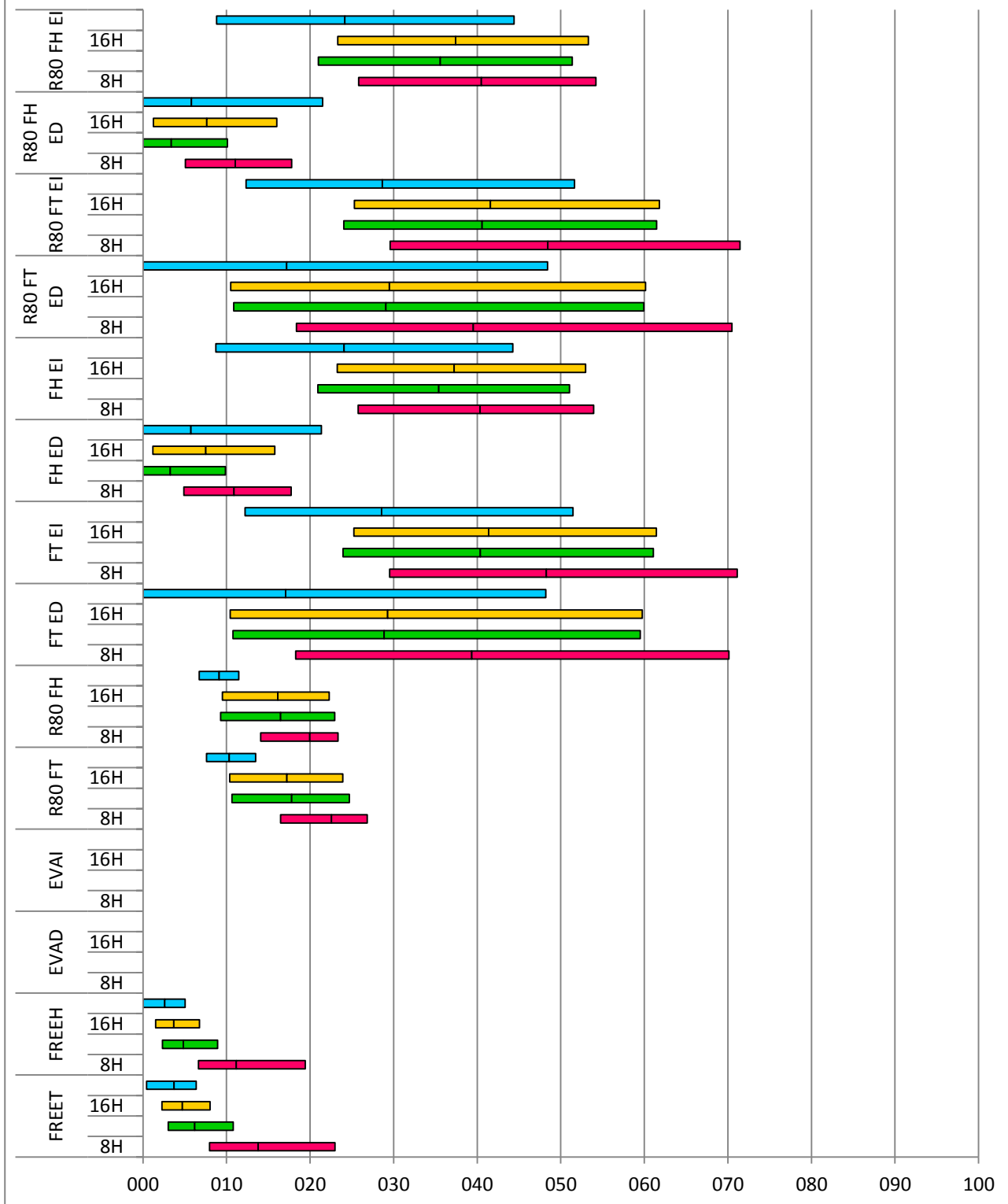


Figura H.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima C4

*NOTA: Valores negativos en la tabla A. serán contabilizados como "0".

8.9 ANEXO I – ZONA CLIMÁTICA D1

8.9.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,128	1,124	1,127	1,129	1,127
8h - Media	1,127	1,120	1,125	1,126	1,124
8h - Alta	1,126	1,118	1,122	1,122	1,122
12h - Baja	1,125	1,119	1,124	1,126	1,124
12h - Media	1,123	1,116	1,122	1,122	1,121
12h - Alta	1,119	1,110	1,118	1,116	1,116
16h - Baja	1,122	1,117	1,122	1,124	1,121
16h - Media	1,120	1,113	1,118	1,119	1,118
16h - Alta	1,117	1,109	1,114	1,114	1,113
24h - Baja	1,118	1,117	1,120	1,121	1,119
24h - Media	1,112	1,110	1,115	1,115	1,113
24h - Alta	1,111	1,107	1,111	1,110	1,110

Tabla I.1: Relaciones de demandas base en calefacción para D1

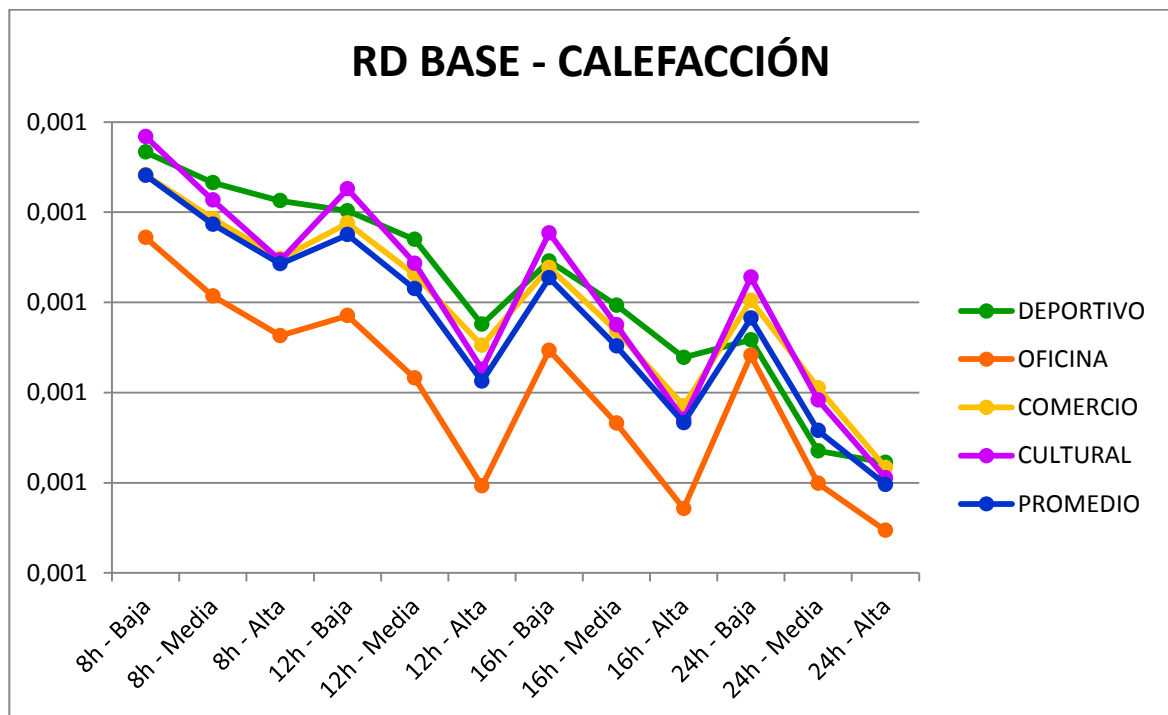


Figura I.1: Relaciones de demandas base en calefacción para D1.

8.9.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,124	1,126	1,127	1,121	1,124	1,126	1,119	1,122	1,124
12H	1,119	1,123	1,125	1,117	1,120	1,122	1,112	1,117	1,120
16H	1,119	1,121	1,122	1,115	1,117	1,119	1,112	1,114	1,117
24H	1,117	1,118	1,120	1,113	1,114	1,115	1,110	1,111	1,112

Tabla I.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para D1.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,002	1,126	0,002	0,002	1,124	0,002	0,003	1,122	0,003
12H	0,003	1,123	0,002	0,004	1,120	0,002	0,004	1,117	0,003
16H	0,002	1,121	0,002	0,003	1,117	0,002	0,003	1,114	0,003
24H	0,001	1,118	0,002	0,001	1,114	0,001	0,001	1,111	0,001

Tabla I.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D1.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,195	1,126	0,142	0,217	1,124	0,179	0,252	1,122	0,252
12H	0,292	1,123	0,186	0,313	1,120	0,189	0,391	1,117	0,280
16H	0,183	1,121	0,155	0,233	1,117	0,147	0,253	1,114	0,263
24H	0,074	1,118	0,180	0,114	1,114	0,123	0,106	1,111	0,090

Tabla I.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,124	1,121	1,119
	PROMEDIO	1,126	1,124	1,122
	MAX	1,127	1,126	1,124
12H	MIN	1,119	1,117	1,112
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,117
	MAX	1,125	1,122	1,120
16H	MIN	1,119	1,115	1,112
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,114
	MAX	1,122	1,119	1,117
24H	MIN	1,117	1,113	1,110
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	MAX	1,120	1,115	1,112

Tabla I.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para D1.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,002	0,002	0,003
	PROMEDIO	1,126	1,124	1,122
	+	0,002	0,002	0,003
12H	-	0,003	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,117
	+	0,002	0,002	0,003
16H	-	0,002	0,003	0,003
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,114
	+	0,002	0,002	0,003
24H	-	0,001	0,001	0,001
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	+	0,002	0,001	0,001

Tabla I.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,195	0,217	0,252
	PROMEDIO	1,126	1,124	1,122
	+	0,142	0,179	0,252
12H	-	0,292	0,313	0,391
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,117
	+	0,186	0,189	0,280
16H	-	0,183	0,233	0,253
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,114
	+	0,155	0,147	0,263
24H	-	0,074	0,114	0,106
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	+	0,180	0,123	0,090

Tabla I.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.9.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	0,691	1,063	0,007	0,037	0,449
8h - Media	0,781	1,074	0,065	0,040	0,490
8h - Alta	0,896	1,097	0,392	0,316	0,675
12h - Baja	0,935	1,105	0,336	0,187	0,641
12h - Media	0,979	1,100	0,784	0,653	0,879
12h - Alta	0,959	1,091	0,953	0,892	0,974
16h - Baja	1,014	1,130	0,675	0,450	0,817
16h - Media	1,025	1,129	0,967	0,908	1,007
16h - Alta	1,000	1,119	1,040	1,005	1,041
24h - Baja	1,041	1,131	0,526	0,446	0,786
24h - Media	0,876	1,077	1,031	0,812	0,949
24h - Alta	1,028	1,121	1,087	1,009	1,061

Tabla I.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para D1.

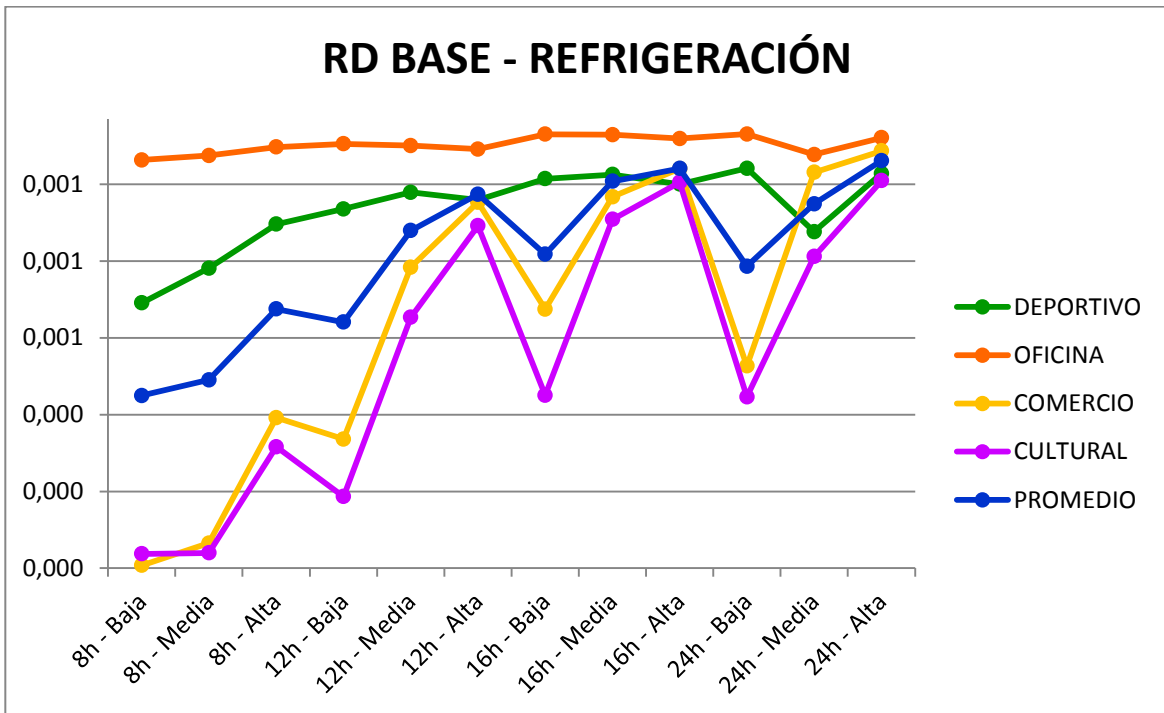


Figura I.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para D1.

8.9.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,007	0,449	1,063	0,040	0,490	1,074	0,316	0,675	1,097
12H	0,187	0,641	1,105	0,653	0,879	1,100	0,892	0,974	1,091
16H	0,450	0,817	1,130	0,908	1,007	1,129	1,000	1,041	1,119
24H	0,446	0,786	1,131	0,812	0,949	1,077	1,009	1,061	1,121

Tabla I.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para D1.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,442	0,449	0,613	0,450	0,490	0,584	0,359	0,675	0,422
12H	0,454	0,641	0,464	0,226	0,879	0,221	0,082	0,974	0,118
16H	0,367	0,817	0,313	0,099	1,007	0,121	0,041	1,041	0,078
24H	0,340	0,786	0,345	0,137	0,949	0,128	0,052	1,061	0,060

Tabla I.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D1.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	98,402	0,449	136,424	91,903	0,490	119,199	53,160	0,675	62,463
12H	70,891	0,641	72,433	25,677	0,879	25,168	8,412	0,974	12,093
16H	44,895	0,817	38,261	9,823	1,007	12,042	3,937	1,041	7,464
24H	43,257	0,786	43,830	14,457	0,949	13,497	4,898	1,061	5,616

Tabla I.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,007	0,040	0,316
	PROMEDIO	0,449	0,490	0,675
	MAX	1,063	1,074	1,097
12H	MIN	0,187	0,653	0,892
	PROMEDIO	0,641	0,879	0,974
	MAX	1,105	1,100	1,091
16H	MIN	0,450	0,908	1,000
	PROMEDIO	0,817	1,007	1,041
	MAX	1,130	1,129	1,119
24H	MIN	0,446	0,812	1,009
	PROMEDIO	0,786	0,949	1,061
	MAX	1,131	1,077	1,121

Tabla I.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para D1.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,442	0,450	0,359
	PROMEDIO	0,449	0,490	0,675
	+	0,613	0,584	0,422
12H	-	0,454	0,226	0,082
	PROMEDIO	0,641	0,879	0,974
	+	0,464	0,221	0,118
16H	-	0,367	0,099	0,041
	PROMEDIO	0,817	1,007	1,041
	+	0,313	0,121	0,078
24H	-	0,340	0,137	0,052
	PROMEDIO	0,786	0,949	1,061
	+	0,345	0,128	0,060

Tabla I.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	98,402	91,903	53,160
	PROMEDIO	0,449	0,490	0,675
	+	136,424	119,199	62,463
12H	-	70,891	25,677	8,412
	PROMEDIO	0,641	0,879	0,974
	+	72,433	25,168	12,093
16H	-	44,895	9,823	3,937
	PROMEDIO	0,817	1,007	1,041
	+	38,261	12,042	7,464
24H	-	43,257	14,457	4,898
	PROMEDIO	0,786	0,949	1,061
	+	43,830	13,497	5,616

Tabla I.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.9.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,915	0,845	0,314	0,336	0,433	0,432	0,292	0,316	0,215	0,215	0,291	0,242	0,211	0,210	0,288	0,239
	M	0,901	0,827	0,321	0,342	0,474	0,473	0,300	0,323	0,220	0,220	0,299	0,248	0,216	0,216	0,297	0,245
	A	0,885	0,807	0,461	0,490	0,637	0,637	0,420	0,452	0,301	0,301	0,399	0,338	0,293	0,293	0,394	0,333
12H	B	0,895	0,819	0,592	0,614	0,589	0,587	0,492	0,517	0,155	0,154	0,311	0,171	0,153	0,151	0,310	0,169
	M	0,876	0,795	0,802	0,844	0,785	0,782	0,649	0,696	0,185	0,183	0,349	0,205	0,181	0,180	0,348	0,202
	A	0,855	0,768	0,846	0,878	0,897	0,895	0,744	0,779	0,297	0,293	0,507	0,328	0,291	0,287	0,505	0,323
16H	B	0,878	0,797	0,761	0,802	0,763	0,760	0,602	0,649	0,171	0,170	0,276	0,186	0,168	0,167	0,275	0,184
	M	0,855	0,768	0,909	0,937	0,926	0,923	0,757	0,787	0,236	0,235	0,363	0,262	0,231	0,230	0,362	0,259
	A	0,835	0,741	0,863	0,897	1,017	1,014	0,777	0,812	0,334	0,330	0,490	0,372	0,329	0,326	0,488	0,369
24H	B	0,862	0,777	0,729	0,755	0,748	0,746	0,557	0,586	0,169	0,168	0,283	0,183	0,166	0,165	0,282	0,181
	M	0,834	0,741	0,862	0,890	0,893	0,886	0,717	0,750	0,209	0,196	0,371	0,216	0,206	0,194	0,371	0,214
	A	0,814	0,715	0,795	0,825	1,049	1,045	0,703	0,736	0,279	0,268	0,452	0,301	0,275	0,264	0,450	0,298

Tabla I.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción-refrigeración tras aplicación de MAE, para D1.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.9.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,901	0,827	0,321	0,342	0,474	0,473	0,300	0,323	0,220	0,220	0,299	0,248	0,216	0,216	0,297	0,245
12H	0,876	0,795	0,802	0,844	0,785	0,782	0,649	0,696	0,185	0,183	0,349	0,205	0,181	0,180	0,348	0,202
16H	0,855	0,768	0,909	0,937	0,926	0,923	0,757	0,787	0,236	0,235	0,363	0,262	0,231	0,230	0,362	0,259
24H	0,834	0,741	0,862	0,890	0,893	0,886	0,717	0,750	0,209	0,196	0,371	0,216	0,206	0,194	0,371	0,214

Tabla I.16: Relaciones de demanda medias para clima D1 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla A. en 6.13 Anexo M

8.9.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	-0,08	44,36	19,06
	12H	0,41	18,56	7,31
	16H	3,46	18,25	9,28
	24H	0,21	17,47	9,04
FREEH	8H	-3,03	39,51	15,51
	12H	-12,07	15,13	1,90
	16H	-2,06	15,39	6,45
	24H	-0,79	13,84	5,91
EVAD	8H	-0,24	27,45	13,94
	12H	-3,59	27,68	13,32
	16H	-3,40	20,42	8,80
	24H	-4,04	22,14	6,73
EVAI	8H	-0,20	27,55	14,00
	12H	-3,29	27,96	13,61
	16H	-3,10	20,68	9,10
	24H	-3,66	22,35	7,45
R80 FT	8H	21,33	45,77	34,62
	12H	17,98	35,29	27,37
	16H	19,29	30,44	25,10
	24H	16,90	33,64	24,27
R80 FH	8H	18,59	40,80	30,74
	12H	16,35	28,13	21,32
	16H	17,78	25,70	22,02
	24H	15,67	31,28	20,62
FT ED	8H	47,20	87,75	61,60
	12H	67,98	94,61	81,39
	16H	67,70	86,36	77,16
	24H	68,78	92,36	77,93
FT EI	8H	47,22	87,75	61,61
	12H	68,35	94,62	81,51
	16H	67,94	86,37	77,25
	24H	69,69	95,42	79,18
FH ED	8H	30,78	78,69	48,85
	12H	35,76	90,71	64,64
	16H	46,81	80,56	64,95
	24H	43,99	85,10	60,79
FH EI	8H	41,89	84,75	56,67
	12H	64,31	93,36	79,27
	16H	65,66	83,23	74,58
	24H	67,62	94,13	77,07
R80 FT ED	8H	48,27	91,15	63,22
	12H	68,19	95,29	81,83
	16H	68,05	87,06	77,67
	24H	68,89	92,67	78,19
R80 FT EI	8H	48,28	91,15	63,22
	12H	68,55	95,30	81,96
	16H	68,29	87,08	77,76
	24H	69,80	95,73	79,44
R80 FH ED	8H	31,34	79,47	49,65
	12H	35,84	90,76	64,75
	16H	46,89	80,67	65,06
	24H	44,01	85,11	60,83
R80 FH EI	8H	42,54	87,29	57,94
	12H	64,44	93,79	79,59
	16H	65,89	83,77	74,92
	24H	67,71	94,29	77,26

Tabla I.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima D1

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

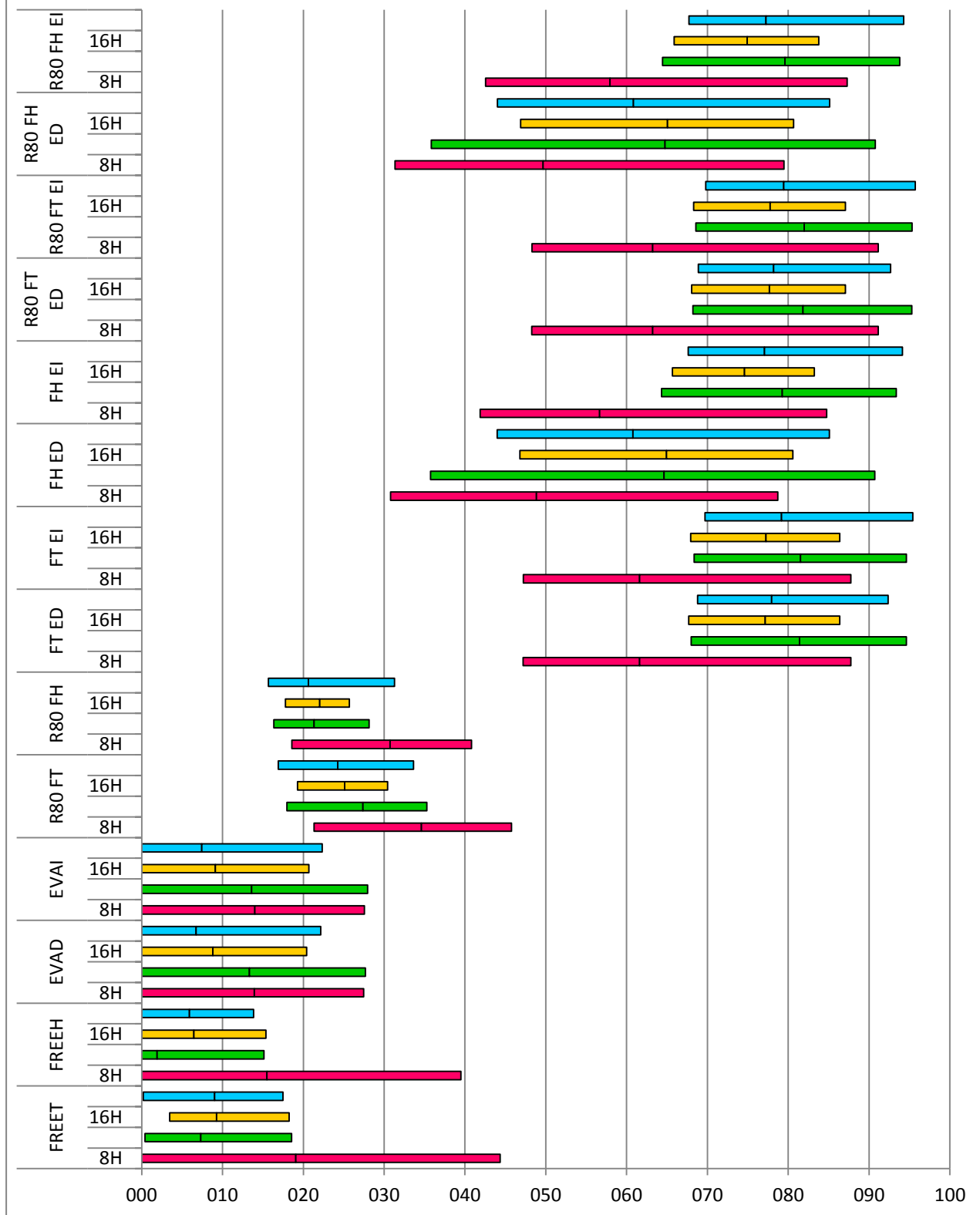


Figura I.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima D1

*NOTA: Valores negativos en la tabla A. serán contabilizados como "0".

8.10 ANEXO J – ZONA CLIMÁTICA D2

8.10.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,127	1,137	1,125	1,128	1,129
8h - Media	1,126	1,137	1,123	1,125	1,128
8h - Alta	1,124	1,137	1,121	1,122	1,126
12h - Baja	1,124	1,143	1,123	1,125	1,129
12h - Media	1,122	1,142	1,120	1,121	1,127
12h - Alta	1,120	1,141	1,117	1,117	1,124
16h - Baja	1,122	1,135	1,120	1,123	1,125
16h - Media	1,119	1,134	1,117	1,119	1,122
16h - Alta	1,117	1,132	1,114	1,114	1,119
24h - Baja	1,118	1,132	1,118	1,120	1,122
24h - Media	1,114	1,129	1,114	1,115	1,118
24h - Alta	1,112	1,128	1,111	1,112	1,116

Tabla J.1: Relaciones de demandas base en calefacción para D2

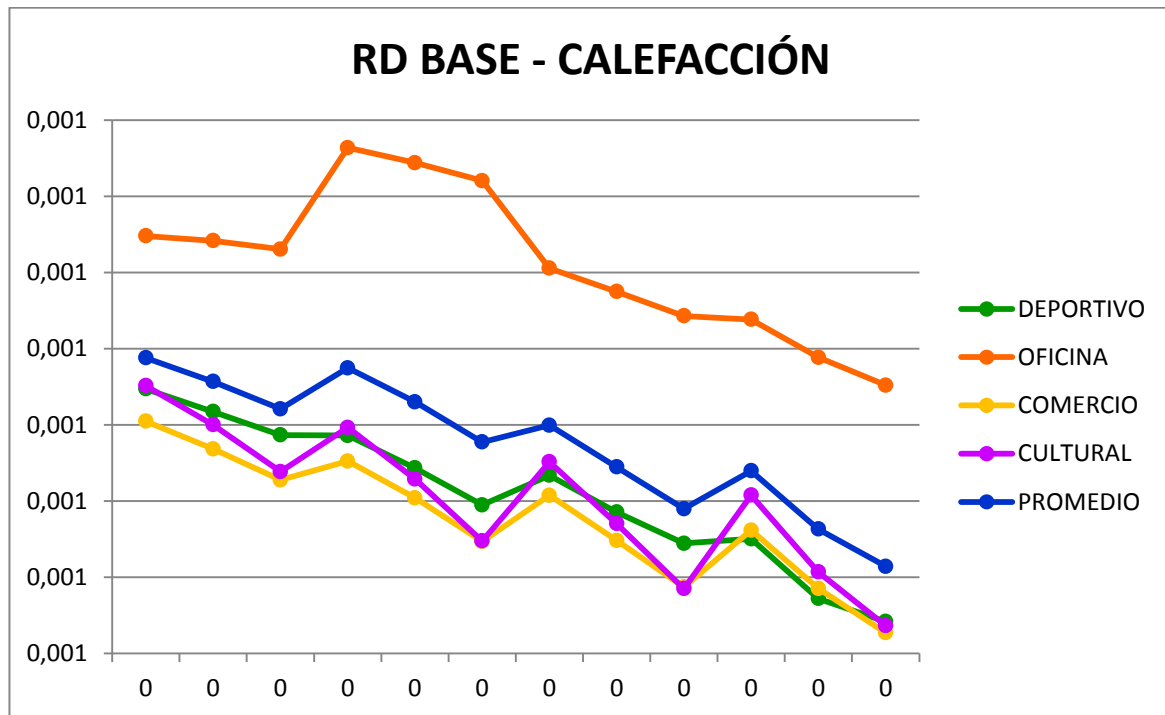


Figura J.1: Relaciones de demandas base en calefacción para D2.

8.10.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,125	1,129	1,137	1,123	1,128	1,137	1,121	1,126	1,137
12H	1,123	1,129	1,143	1,120	1,127	1,142	1,117	1,124	1,141
16H	1,120	1,125	1,135	1,117	1,122	1,134	1,114	1,119	1,132
24H	1,118	1,122	1,132	1,114	1,118	1,129	1,111	1,116	1,128

Tabla J.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para D2.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,004	1,129	0,008	0,004	1,128	0,009	0,005	1,126	0,010
12H	0,006	1,129	0,014	0,006	1,127	0,016	0,006	1,124	0,017
16H	0,005	1,125	0,010	0,005	1,122	0,012	0,005	1,119	0,013
24H	0,004	1,122	0,010	0,005	1,118	0,011	0,004	1,116	0,012

Tabla J.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D2.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,367	1,129	0,709	0,392	1,128	0,819	0,414	1,126	0,931
12H	0,541	1,129	1,280	0,559	1,127	1,393	0,577	1,124	1,525
16H	0,409	1,125	0,915	0,429	1,122	1,025	0,459	1,119	1,130
24H	0,397	1,122	0,885	0,407	1,118	1,007	0,391	1,116	1,065

Tabla J.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,125	1,123	1,121
	PROMEDIO	1,129	1,128	1,126
	MAX	1,137	1,137	1,137
12H	MIN	1,123	1,120	1,117
	PROMEDIO	1,129	1,127	1,124
	MAX	1,143	1,142	1,141
16H	MIN	1,120	1,117	1,114
	PROMEDIO	1,125	1,122	1,119
	MAX	1,135	1,134	1,132
24H	MIN	1,118	1,114	1,111
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,116
	MAX	1,132	1,129	1,128

Tabla J.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para D2.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,004	0,004	0,005
	PROMEDIO	1,129	1,128	1,126
	+	0,008	0,009	0,010
12H	-	0,006	0,006	0,006
	PROMEDIO	1,129	1,127	1,124
	+	0,014	0,016	0,017
16H	-	0,005	0,005	0,005
	PROMEDIO	1,125	1,122	1,119
	+	0,010	0,012	0,013
24H	-	0,004	0,005	0,004
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,116
	+	0,010	0,011	0,012

Tabla J.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,367	0,392	0,414
	PROMEDIO	1,129	1,128	1,126
	+	0,709	0,819	0,931
12H	-	0,541	0,559	0,577
	PROMEDIO	1,129	1,127	1,124
	+	1,280	1,393	1,525
16H	-	0,409	0,429	0,459
	PROMEDIO	1,125	1,122	1,119
	+	0,915	1,025	1,130
24H	-	0,397	0,407	0,391
	PROMEDIO	1,122	1,118	1,116
	+	0,885	1,007	1,065

Tabla J.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.10.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,00	1,13	0,69	0,50	0,831
8h - Media	1,02	1,13	0,90	0,80	0,961
8h - Alta	1,01	1,13	0,98	0,94	1,014
12h - Baja	1,03	1,14	0,99	0,88	1,011
12h - Media	1,03	1,14	1,05	0,99	1,055
12h - Alta	1,03	1,14	1,08	1,06	1,077
16h - Baja	1,06	1,13	1,06	1,00	1,063
16h - Media	1,05	1,14	1,09	1,06	1,086
16h - Alta	1,06	1,14	1,10	1,09	1,099
24h - Baja	1,09	1,12	1,06	1,02	1,074
24h - Media	0,91	1,13	1,08	1,03	1,036
24h - Alta	1,07	1,13	1,10	1,10	1,102

Tabla J.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para D2.

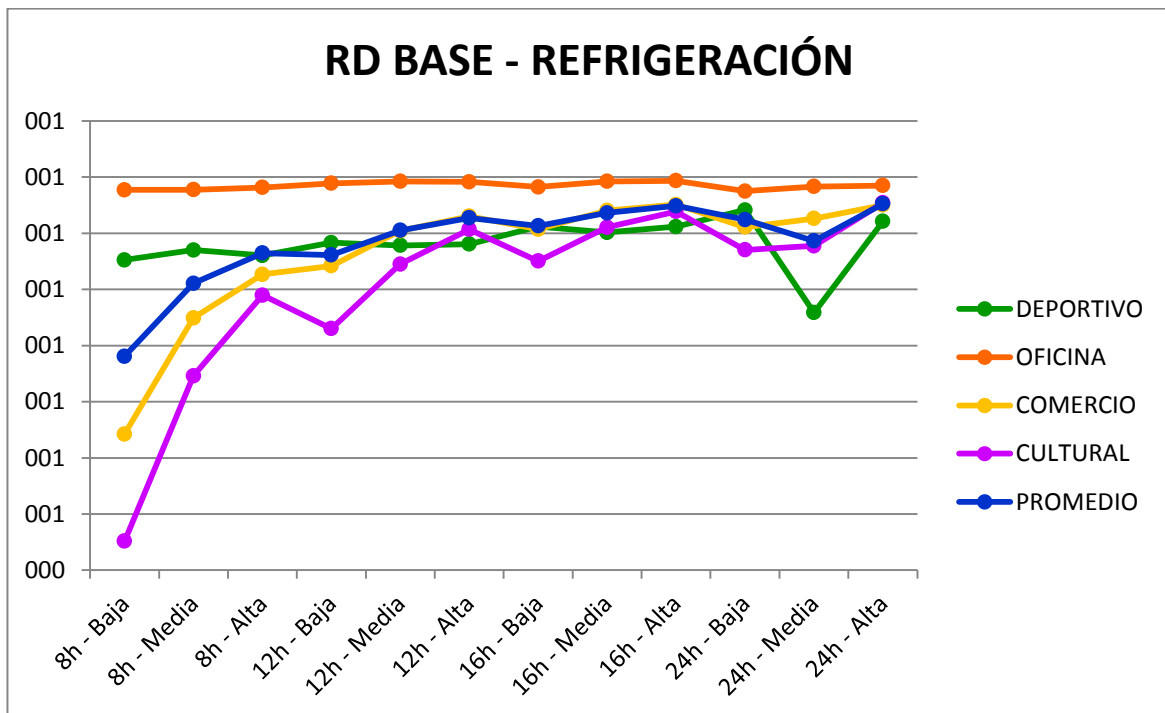


Figura J.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para D2.

8.10.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,502	0,831	1,127	0,796	0,961	1,127	0,940	1,014	1,131
12H	0,880	1,011	1,139	0,995	1,055	1,142	1,031	1,077	1,141
16H	1,000	1,063	1,132	1,051	1,086	1,142	1,062	1,099	1,143
24H	1,020	1,074	1,125	0,909	1,036	1,133	1,071	1,102	1,135

Tabla J.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para D2.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,329	0,831	0,296	0,165	0,961	0,167	0,075	1,014	0,117
12H	0,131	1,011	0,128	0,060	1,055	0,087	0,047	1,077	0,064
16H	0,062	1,063	0,069	0,035	1,086	0,056	0,037	1,099	0,045
24H	0,054	1,074	0,051	0,128	1,036	0,097	0,032	1,102	0,032

Tabla J.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D2.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	39,604	0,831	35,649	17,128	0,961	17,355	7,387	1,014	11,521
12H	12,941	1,011	12,648	5,683	1,055	8,269	4,329	1,077	5,962
16H	5,878	1,063	6,515	3,204	1,086	5,163	3,371	1,099	4,066
24H	5,032	1,074	4,707	12,318	1,036	9,330	2,859	1,102	2,924

Tabla J.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,502	0,796	0,940
	PROMEDIO	0,831	0,961	1,014
	MAX	1,127	1,127	1,131
12H	MIN	0,880	0,995	1,031
	PROMEDIO	1,011	1,055	1,077
	MAX	1,139	1,142	1,141
16H	MIN	1,000	1,051	1,062
	PROMEDIO	1,063	1,086	1,099
	MAX	1,132	1,142	1,143
24H	MIN	1,020	0,909	1,071
	PROMEDIO	1,074	1,036	1,102
	MAX	1,125	1,133	1,135

Tabla J.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para D2.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,329	0,165	0,075
	PROMEDIO	0,831	0,961	1,014
	+	0,296	0,167	0,117
12H	-	0,131	0,060	0,047
	PROMEDIO	1,011	1,055	1,077
	+	0,128	0,087	0,064
16H	-	0,062	0,035	0,037
	PROMEDIO	1,063	1,086	1,099
	+	0,069	0,056	0,045
24H	-	0,054	0,128	0,032
	PROMEDIO	1,074	1,036	1,102
	+	0,051	0,097	0,032

Tabla J.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	39,604	17,128	7,387
	PROMEDIO	0,831	0,961	1,014
	+	35,649	17,355	11,521
12H	-	12,941	5,683	4,329
	PROMEDIO	1,011	1,055	1,077
	+	12,648	8,269	5,962
16H	-	5,878	3,204	3,371
	PROMEDIO	1,063	1,086	1,099
	+	6,515	5,163	4,066
24H	-	5,032	12,318	2,859
	PROMEDIO	1,074	1,036	1,102
	+	4,707	9,330	2,924

Tabla J.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D2.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.10.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,945	0,884	0,692	0,728	0,741	0,738	0,582	0,619	0,236	0,226	0,457	0,276	0,233	0,223	0,455	0,273
	M	0,933	0,869	0,792	0,824	0,883	0,881	0,686	0,720	0,302	0,292	0,582	0,354	0,297	0,287	0,579	0,350
	A	0,920	0,852	0,787	0,829	0,989	0,987	0,716	0,758	0,353	0,343	0,669	0,413	0,350	0,339	0,666	0,410
12H	B	0,933	0,868	0,974	0,995	0,939	0,931	0,770	0,793	0,284	0,266	0,522	0,309	0,281	0,263	0,521	0,307
	M	0,918	0,848	0,998	1,018	1,038	1,029	0,844	0,866	0,357	0,335	0,656	0,382	0,351	0,330	0,654	0,378
	A	0,900	0,826	0,983	1,006	1,099	1,090	0,874	0,898	0,396	0,371	0,723	0,412	0,392	0,367	0,721	0,409
16H	B	0,909	0,837	1,029	1,049	1,031	1,022	0,810	0,832	0,248	0,232	0,463	0,275	0,243	0,227	0,460	0,271
	M	0,889	0,812	1,028	1,049	1,104	1,095	0,873	0,895	0,326	0,308	0,577	0,349	0,320	0,303	0,574	0,345
	A	0,871	0,788	1,001	1,023	1,133	1,123	0,891	0,913	0,363	0,342	0,620	0,379	0,359	0,338	0,618	0,376
24H	B	0,889	0,811	1,019	1,036	1,066	1,058	0,776	0,796	0,247	0,229	0,498	0,276	0,244	0,225	0,496	0,273
	M	0,865	0,780	0,995	1,015	1,073	1,063	0,865	0,887	0,346	0,305	0,619	0,363	0,343	0,302	0,618	0,361
	A	0,844	0,753	0,919	0,943	1,134	1,126	0,815	0,841	0,338	0,318	0,609	0,358	0,334	0,315	0,606	0,355

Tabla J.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción-refrigeración tras aplicación de MAE, para D2.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.10.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,933	0,869	0,792	0,824	0,883	0,881	0,686	0,720	0,302	0,292	0,582	0,354	0,297	0,287	0,579	0,350
12H	0,918	0,848	0,998	1,018	1,038	1,029	0,844	0,866	0,357	0,335	0,656	0,382	0,351	0,330	0,654	0,378
16H	0,889	0,812	1,028	1,049	1,104	1,095	0,873	0,895	0,326	0,308	0,577	0,349	0,320	0,303	0,574	0,345
24H	0,865	0,780	0,995	1,015	1,073	1,063	0,865	0,887	0,346	0,305	0,619	0,363	0,343	0,302	0,618	0,361

Tabla J.16: Relaciones de demanda medias para clima D2 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla A. en 6.13 Anexo M

8.10.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	5,75	29,12	16,33
	12H	2,08	9,88	5,38
	16H	2,77	8,70	5,33
	24H	0,51	7,11	4,08
FREEH	8H	3,20	23,64	13,11
	12H	-0,59	8,46	3,46
	16H	0,19	7,41	3,42
	24H	-0,34	6,17	2,21
EVAD	8H	-1,35	24,64	9,46
	12H	-3,80	11,24	1,84
	16H	-4,22	2,89	-1,62
	24H	-6,28	2,53	-3,55
EVAI	8H	-1,19	24,78	9,69
	12H	-2,56	11,57	2,67
	16H	-3,27	3,24	-0,73
	24H	-5,00	2,87	-2,61
R80 FT	8H	24,92	34,37	28,17
	12H	16,21	25,41	20,09
	16H	15,74	23,66	19,64
	24H	10,24	21,18	16,34
R80 FH	8H	22,64	28,81	24,83
	12H	13,78	22,51	18,03
	16H	14,42	20,49	17,65
	24H	9,28	19,86	14,24
FT ED	8H	57,49	78,38	69,50
	12H	51,77	80,74	66,64
	16H	57,20	76,35	69,94
	24H	38,57	80,72	65,73
FT EI	8H	59,79	78,40	70,46
	12H	54,45	80,78	68,64
	16H	61,31	76,35	71,57
	24H	47,37	82,06	69,79
FH ED	8H	27,98	49,42	40,37
	12H	24,42	55,75	38,05
	16H	41,28	61,69	46,89
	24H	23,99	54,24	39,68
FH EI	8H	56,20	73,05	63,95
	12H	50,20	76,33	64,14
	16H	59,55	73,32	67,76
	24H	46,01	74,06	64,30
R80 FT ED	8H	57,63	79,29	70,07
	12H	52,00	81,53	67,13
	16H	57,42	77,10	70,42
	24H	38,70	81,06	66,03
R80 FT EI	8H	59,94	79,31	71,03
	12H	54,69	81,57	69,13
	16H	61,53	77,11	72,05
	24H	47,50	82,58	70,09
R80 FH ED	8H	28,12	49,96	40,70
	12H	24,55	56,05	38,29
	16H	41,68	62,02	47,16
	24H	24,06	54,44	39,82
R80 FH EI	8H	56,34	73,77	64,39
	12H	50,38	76,88	64,51
	16H	59,74	73,83	68,15
	24H	46,11	74,39	64,52

Tabla J.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima D2.

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

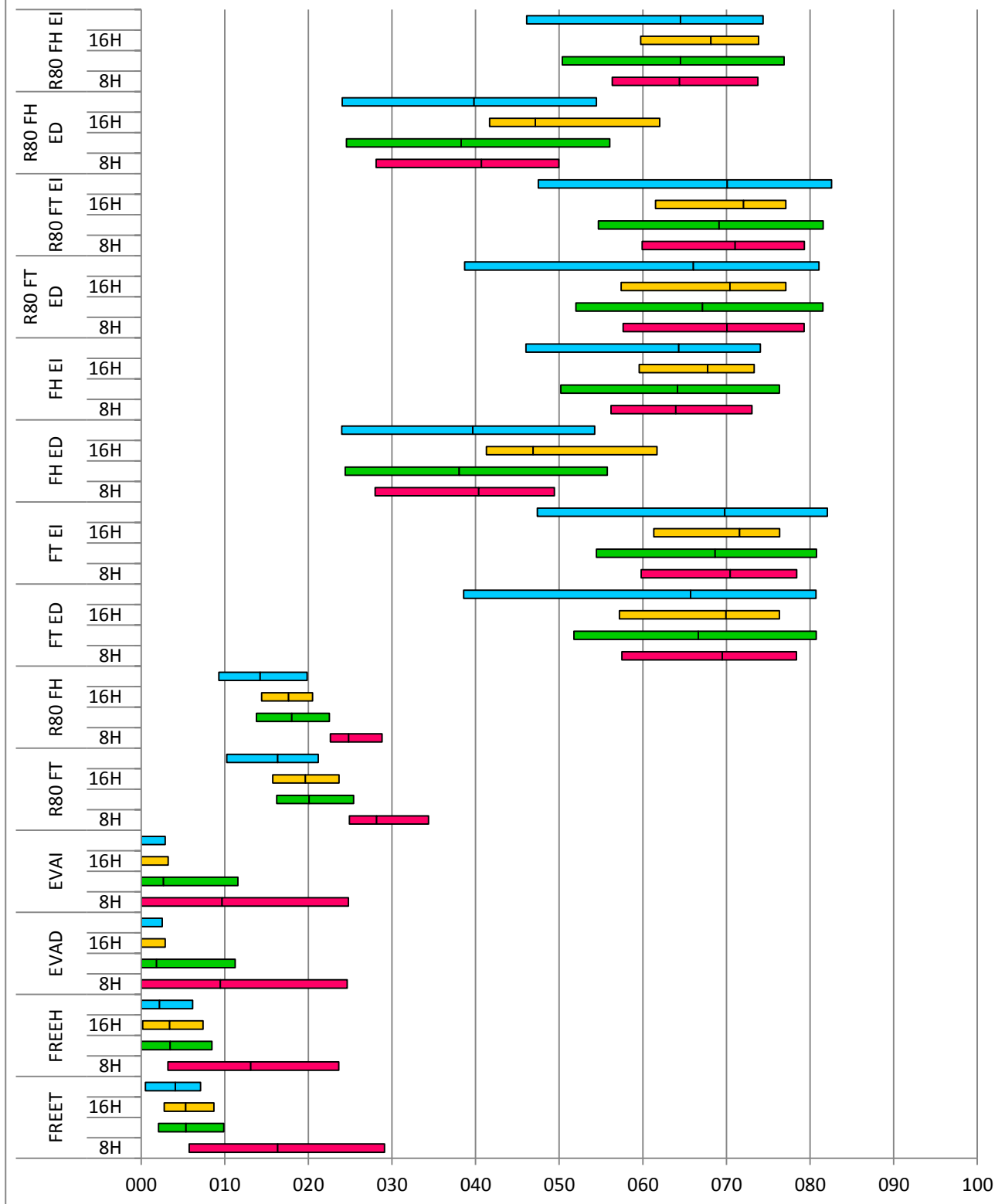


Figura J.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima D2.

*NOTA: Valores negativos en la tabla A. serán contabilizados como "0".

8.11 ANEXO K- ZONA CLIMÁTICA D3

8.11.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,127	1,124	1,125	1,127	1,126
8h - Media	1,126	1,121	1,123	1,125	1,124
8h - Alta	1,124	1,119	1,121	1,122	1,122
12h - Baja	1,124	1,120	1,122	1,125	1,123
12h - Media	1,122	1,116	1,120	1,121	1,120
12h - Alta	1,119	1,112	1,117	1,117	1,117
16h - Baja	1,122	1,119	1,120	1,122	1,121
16h - Media	1,119	1,115	1,117	1,118	1,117
16h - Alta	1,117	1,112	1,114	1,114	1,114
24h - Baja	1,117	1,117	1,118	1,120	1,118
24h - Media	1,114	1,112	1,114	1,115	1,114
24h - Alta	1,112	1,110	1,111	1,112	1,111

Tabla K.1: Relaciones de demandas base en calefacción para D3

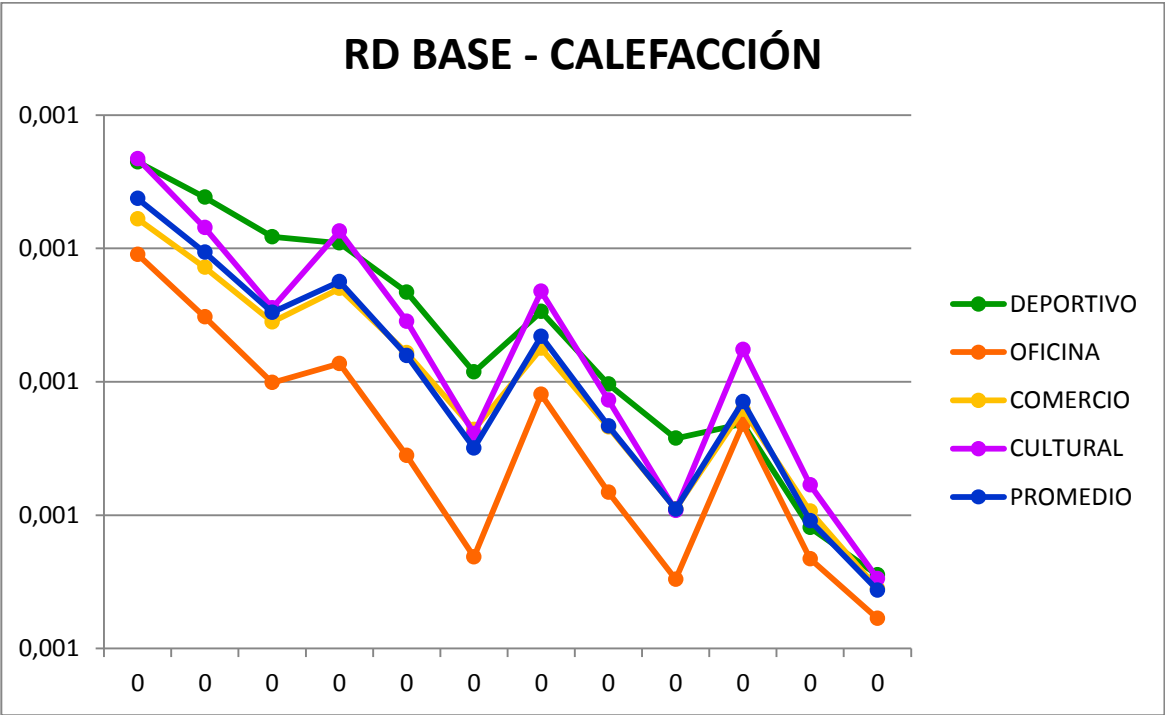


Figura K.1: Relaciones de demandas base en calefacción para D3.

8.11.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,124	1,126	1,127	1,121	1,124	1,126	1,119	1,122	1,124
12H	1,120	1,123	1,125	1,116	1,120	1,122	1,112	1,117	1,119
16H	1,119	1,121	1,122	1,115	1,117	1,119	1,112	1,114	1,117
24H	1,117	1,118	1,120	1,112	1,114	1,115	1,110	1,111	1,112

Tabla K.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para D3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,002	1,126	0,001	0,002	1,124	0,002	0,003	1,122	0,003
12H	0,003	1,123	0,002	0,004	1,120	0,002	0,004	1,117	0,003
16H	0,002	1,121	0,002	0,002	1,117	0,002	0,003	1,114	0,003
24H	0,001	1,118	0,002	0,001	1,114	0,001	0,001	1,111	0,001

Tabla K.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,186	1,126	0,132	0,216	1,124	0,184	0,235	1,122	0,252
12H	0,274	1,123	0,168	0,335	1,120	0,212	0,366	1,117	0,255
16H	0,194	1,121	0,151	0,222	1,117	0,140	0,236	1,114	0,239
24H	0,075	1,118	0,175	0,128	1,114	0,120	0,096	1,111	0,051

Tabla K.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,124	1,121	1,119
	PROMEDIO	1,126	1,124	1,122
	MAX	1,127	1,126	1,124
12H	MIN	1,120	1,116	1,112
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,117
	MAX	1,125	1,122	1,119
16H	MIN	1,119	1,115	1,112
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,114
	MAX	1,122	1,119	1,117
24H	MIN	1,117	1,112	1,110
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	MAX	1,120	1,115	1,112

Tabla K.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para D3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,002	0,002	0,003
	PROMEDIO	1,126	1,124	1,122
	+	0,001	0,002	0,003
12H	-	0,003	0,004	0,004
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,117
	+	0,002	0,002	0,003
16H	-	0,002	0,002	0,003
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,114
	+	0,002	0,002	0,003
24H	-	0,001	0,001	0,001
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	+	0,002	0,001	0,001

Tabla K.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,186	0,216	0,235
	PROMEDIO	1,126	1,124	1,122
	+	0,132	0,184	0,252
12H	-	0,274	0,335	0,366
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,117
	+	0,168	0,212	0,255
16H	-	0,194	0,222	0,236
	PROMEDIO	1,121	1,117	1,114
	+	0,151	0,140	0,239
24H	-	0,075	0,128	0,096
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	+	0,175	0,120	0,051

Tabla K.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.11.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,075	1,130	1,045	0,973	1,056
8h - Media	1,081	1,124	1,076	1,042	1,081
8h - Alta	1,082	1,116	1,107	1,078	1,096
12h - Baja	1,038	1,086	1,084	1,047	1,064
12h - Media	1,026	1,075	1,105	1,088	1,074
12h - Alta	1,003	1,062	1,112	1,095	1,068
16h - Baja	1,066	1,109	1,106	1,081	1,091
16h - Media	1,054	1,096	1,118	1,103	1,093
16h - Alta	1,027	1,081	1,120	1,112	1,085
24h - Baja	1,087	1,122	1,047	1,094	1,087
24h - Media	0,835	0,984	1,011	1,036	0,967
24h - Alta	1,051	1,096	1,077	1,125	1,087

Tabla K.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para D3.

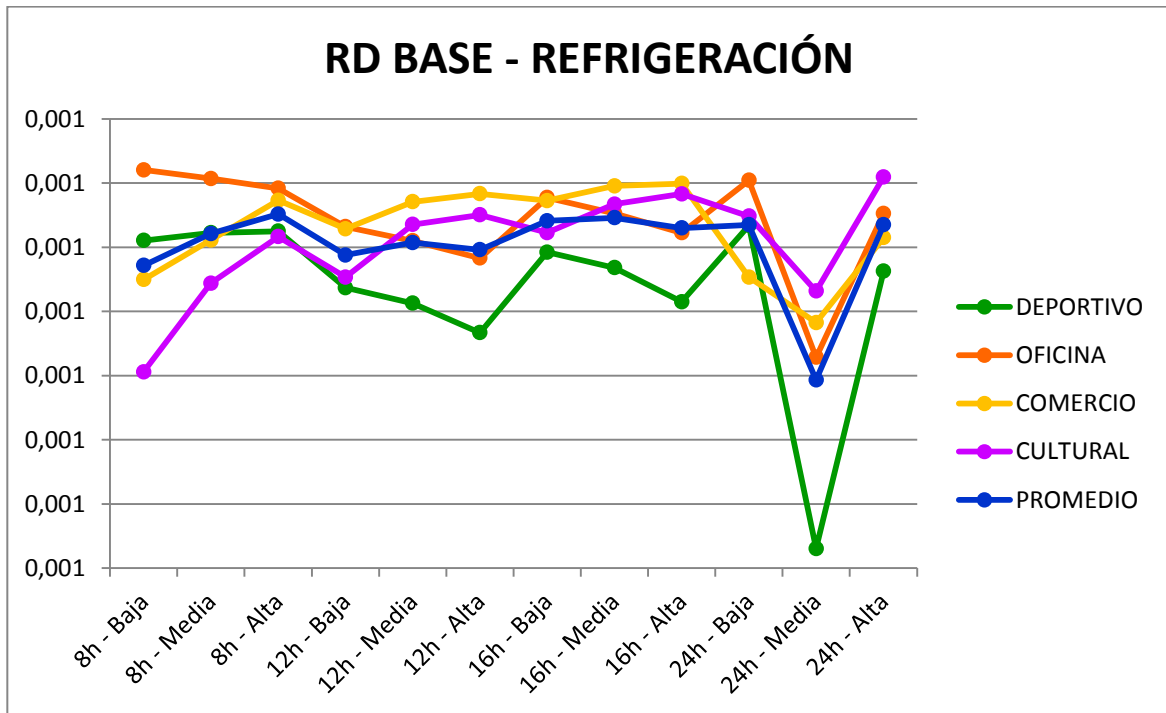


Figura K.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para D3.

8.11.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,973	1,056	1,130	1,042	1,081	1,124	1,078	1,096	1,116
12H	1,038	1,064	1,086	1,026	1,074	1,105	1,003	1,068	1,112
16H	1,066	1,091	1,109	1,054	1,093	1,118	1,027	1,085	1,120
24H	1,047	1,087	1,122	0,835	0,967	1,036	1,051	1,087	1,125

Tabla K.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para D3.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,083	1,056	0,074	0,039	1,081	0,043	0,018	1,096	0,020
12H	0,025	1,064	0,022	0,047	1,074	0,032	0,065	1,068	0,044
16H	0,024	1,091	0,018	0,039	1,093	0,025	0,057	1,085	0,035
24H	0,041	1,087	0,035	0,131	0,967	0,069	0,036	1,087	0,037

Tabla K.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D3.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	7,848	1,056	7,047	3,572	1,081	3,972	1,604	1,096	1,832
12H	2,388	1,064	2,073	4,400	1,074	2,962	6,044	1,068	4,095
16H	2,242	1,091	1,657	3,556	1,093	2,271	5,298	1,085	3,196
24H	3,755	1,087	3,187	13,596	0,967	7,157	3,329	1,087	3,434

Tabla K.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para D3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,973	1,042	1,078
	PROMEDIO	1,056	1,081	1,096
	MAX	1,130	1,124	1,116
12H	MIN	1,038	1,026	1,003
	PROMEDIO	1,064	1,074	1,068
	MAX	1,086	1,105	1,112
16H	MIN	1,066	1,054	1,027
	PROMEDIO	1,091	1,093	1,085
	MAX	1,109	1,118	1,120
24H	MIN	1,047	0,835	1,051
	PROMEDIO	1,087	0,967	1,087
	MAX	1,122	1,036	1,125

Tabla K.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para D3.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,083	0,039	0,018
	PROMEDIO	1,056	1,081	1,096
	+	0,074	0,043	0,020
12H	-	0,025	0,047	0,065
	PROMEDIO	1,064	1,074	1,068
	+	0,022	0,032	0,044
16H	-	0,024	0,039	0,057
	PROMEDIO	1,091	1,093	1,085
	+	0,018	0,025	0,035
24H	-	0,041	0,131	0,036
	PROMEDIO	1,087	0,967	1,087
	+	0,035	0,069	0,037

Tabla K.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	7,848	3,572	1,604
	PROMEDIO	1,056	1,081	1,096
	+	7,047	3,972	1,832
12H	-	2,388	4,400	6,044
	PROMEDIO	1,064	1,074	1,068
	+	2,073	2,962	4,095
16H	-	2,242	3,556	5,298
	PROMEDIO	1,091	1,093	1,085
	+	1,657	2,271	3,196
24H	-	3,755	13,596	3,329
	PROMEDIO	1,087	0,967	1,087
	+	3,187	7,157	3,434

Tabla K.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para D3.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.11.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN						REFRIGERACIÓN									
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,916	0,846	0,928	0,960	1,063	1,041	0,784	0,817	0,454	0,395	0,856	0,522	0,450	0,391	0,854	0,519
	M	0,901	0,827	0,920	0,953	1,116	1,094	0,809	0,844	0,497	0,433	0,902	0,552	0,493	0,429	0,900	0,549
	A	0,886	0,807	0,897	0,932	1,143	1,123	0,816	0,850	0,528	0,465	0,899	0,567	0,525	0,461	0,897	0,564
12H	B	0,895	0,819	1,016	1,033	1,120	1,091	0,830	0,848	0,479	0,403	0,851	0,480	0,476	0,400	0,850	0,478
	M	0,876	0,795	1,005	1,023	1,151	1,121	0,862	0,880	0,518	0,436	0,906	0,508	0,515	0,433	0,905	0,506
	A	0,855	0,768	0,965	0,984	1,149	1,121	0,859	0,877	0,542	0,460	0,910	0,526	0,539	0,458	0,909	0,524
16H	B	0,878	0,797	1,056	1,069	1,164	1,132	0,859	0,873	0,462	0,386	0,787	0,455	0,459	0,383	0,787	0,453
	M	0,855	0,768	1,037	1,051	1,178	1,146	0,888	0,902	0,505	0,423	0,836	0,484	0,502	0,421	0,835	0,482
	A	0,835	0,741	0,994	1,008	1,173	1,141	0,883	0,898	0,529	0,448	0,840	0,499	0,528	0,446	0,839	0,498
24H	B	0,862	0,777	1,030	1,047	1,168	1,145	0,830	0,848	0,440	0,376	0,831	0,456	0,437	0,373	0,830	0,453
	M	0,834	0,741	0,932	0,944	1,074	1,050	0,844	0,859	0,562	0,477	0,775	0,545	0,561	0,476	0,775	0,544
	A	0,814	0,715	0,938	0,957	1,173	1,149	0,838	0,857	0,501	0,428	0,811	0,483	0,499	0,426	0,810	0,481

Tabla K.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción-refrigeración tras aplicación de MAE, para D3.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.11.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,901	0,827	0,920	0,953	1,116	1,094	0,809	0,844	0,497	0,433	0,902	0,552	0,493	0,429	0,900	0,549
12H	0,876	0,795	1,005	1,023	1,151	1,121	0,862	0,880	0,518	0,436	0,906	0,508	0,515	0,433	0,905	0,506
16H	0,855	0,768	1,037	1,051	1,178	1,146	0,888	0,902	0,505	0,423	0,836	0,484	0,502	0,421	0,835	0,482
24H	0,834	0,741	0,932	0,944	1,074	1,050	0,844	0,859	0,562	0,477	0,775	0,545	0,561	0,476	0,775	0,544

Tabla K.16: Relaciones de demanda medias para clima D3 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla K.16 en 6.13 Anexo M

8.11.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	6,60	27,45	14,70
	12H	2,35	12,82	6,41
	16H	2,06	9,52	5,12
	24H	0,17	6,96	3,75
FREEH	8H	2,31	23,90	11,57
	12H	0,05	10,80	4,74
	16H	0,50	8,05	3,87
	24H	-0,38	5,39	2,47
EVAD	8H	-6,62	1,89	-3,22
	12H	-12,19	-2,06	-7,26
	16H	-12,39	-3,22	-7,88
	24H	-20,56	-4,01	-11,20
EVAI	8H	-3,98	2,16	-1,20
	12H	-7,59	-1,55	-4,44
	16H	-7,32	-2,66	-4,86
	24H	-14,11	-3,28	-8,74
R80 FT	8H	21,96	30,08	25,07
	12H	13,65	25,11	19,65
	16H	13,42	24,07	18,71
	24H	7,95	16,40	12,42
R80 FH	8H	19,42	26,64	21,87
	12H	12,43	22,43	17,94
	16H	12,56	21,96	17,41
	24H	7,35	13,71	10,98
FT ED	8H	37,06	75,37	54,27
	12H	28,85	79,57	51,44
	16H	31,53	80,12	53,57
	24H	17,65	76,10	40,60
FT EI	8H	46,03	75,77	60,11
	12H	41,71	79,99	59,13
	16H	44,37	80,56	61,08
	24H	28,79	77,53	49,49
FH ED	8H	11,76	24,89	16,42
	12H	9,16	23,07	15,53
	16H	15,98	33,93	23,39
	24H	8,33	32,96	19,28
FH EI	8H	41,97	53,62	48,97
	12H	39,41	64,82	52,43
	16H	42,34	67,46	55,53
	24H	26,80	64,87	42,77
R80 FT ED	8H	37,23	76,02	54,63
	12H	28,99	79,99	51,69
	16H	31,66	80,48	53,79
	24H	17,71	76,27	40,70
R80 FT EI	8H	46,19	76,42	60,46
	12H	41,84	80,41	59,38
	16H	44,50	80,93	61,31
	24H	28,84	77,70	49,58
R80 FH ED	8H	12,04	24,98	16,63
	12H	9,24	23,16	15,62
	16H	16,05	34,02	23,47
	24H	8,34	32,97	19,29
R80 FH EI	8H	42,10	53,99	49,22
	12H	39,51	65,11	52,61
	16H	42,45	67,72	55,70
	24H	26,84	65,00	42,84

Tabla K.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima D3.

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

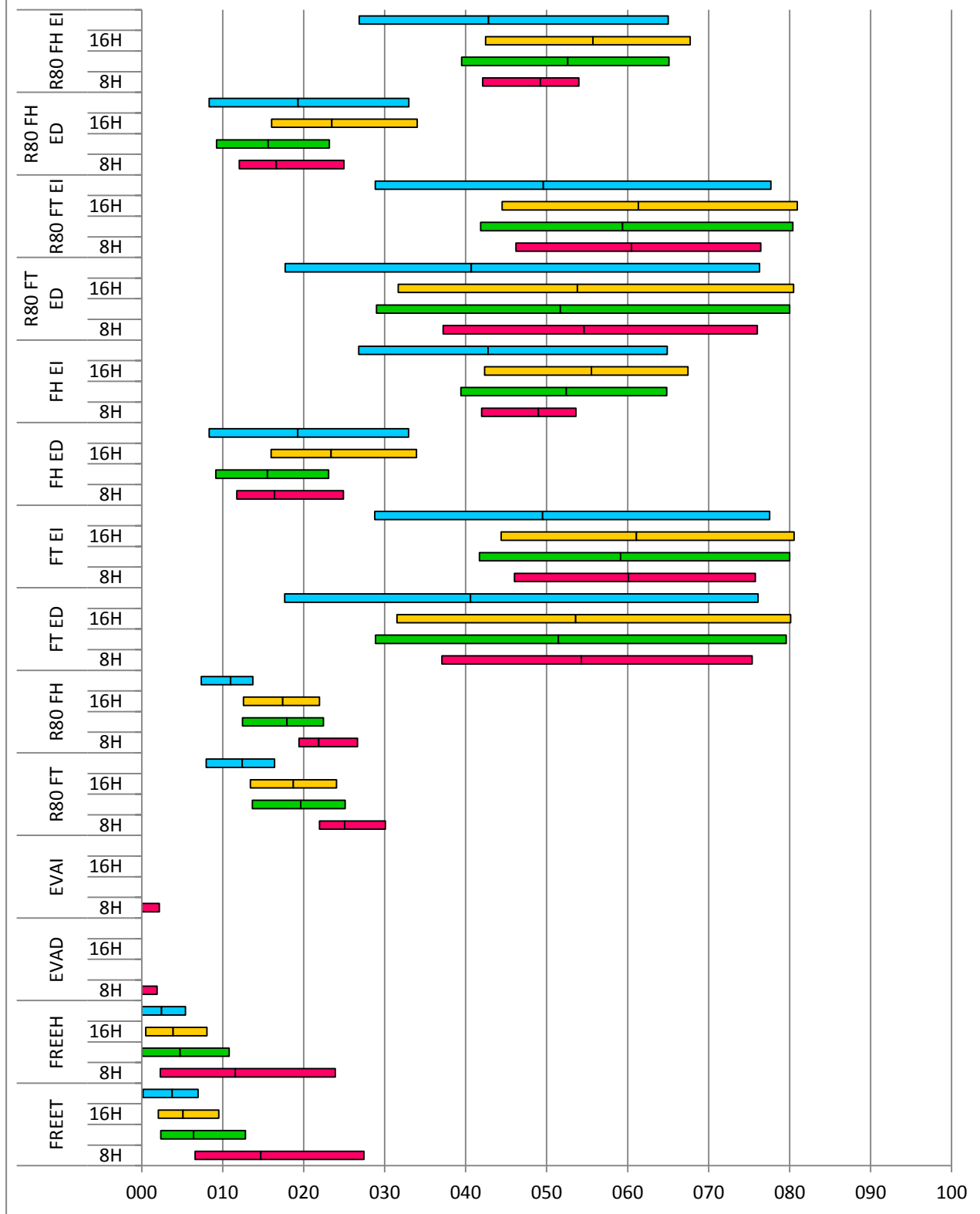


Figura K.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima D3.

*NOTA: Valores negativos en la tabla A. serán contabilizados como "0".

8.12 ANEXO L- ZONA CLIMÁTICA E1

8.12.1 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN CALEFACCIÓN

CAL - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	1,127	1,124	1,124	1,127	1,125
8h - Media	1,126	1,122	1,123	1,124	1,124
8h - Alta	1,124	1,120	1,121	1,122	1,122
12h - Baja	1,124	1,121	1,121	1,124	1,123
12h - Media	1,122	1,118	1,119	1,121	1,120
12h - Alta	1,121	1,115	1,117	1,118	1,118
16h - Baja	1,121	1,119	1,119	1,122	1,120
16h - Media	1,119	1,116	1,117	1,118	1,118
16h - Alta	1,116	1,112	1,114	1,114	1,114
24h - Baja	1,117	1,118	1,117	1,120	1,118
24h - Media	1,114	1,114	1,113	1,116	1,114
24h - Alta	1,112	1,110	1,111	1,112	1,111

Tabla L.1: Relaciones de demandas base en calefacción para E1

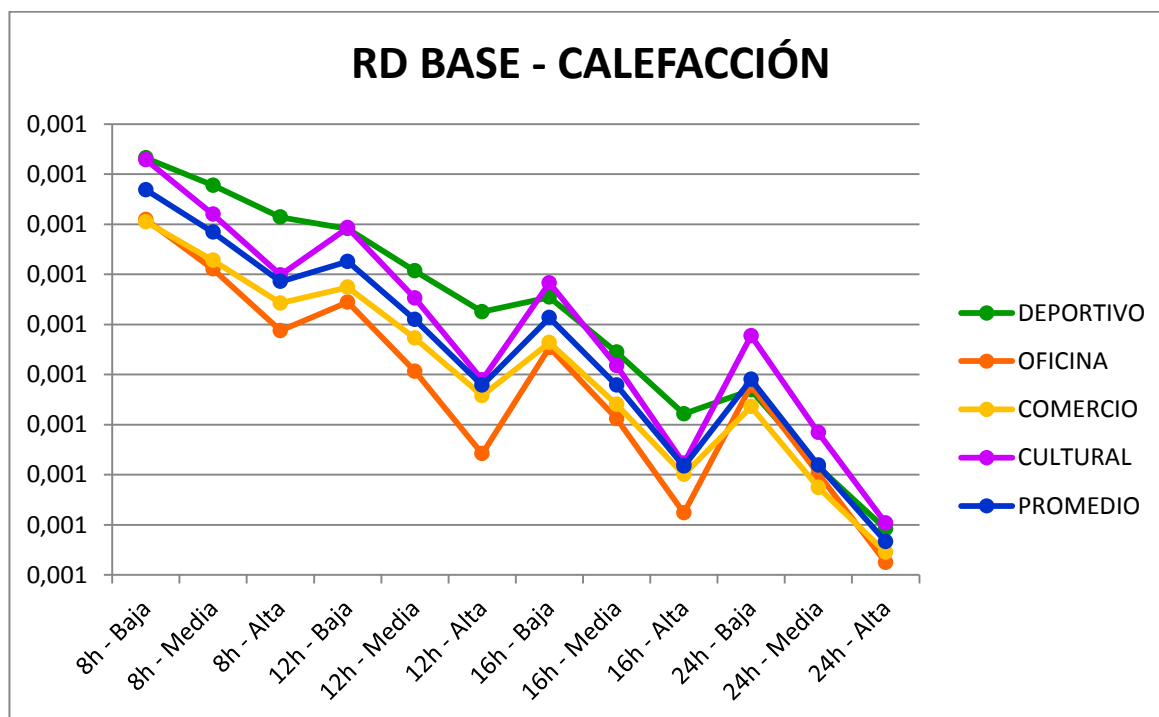


Figura L.1: Relaciones de demandas base en calefacción para E1.

8.12.1.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN CALEFACCIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	1,124	1,125	1,127	1,122	1,124	1,126	1,120	1,122	1,124
12H	1,121	1,123	1,124	1,118	1,120	1,122	1,115	1,118	1,121
16H	1,119	1,120	1,122	1,116	1,118	1,119	1,112	1,114	1,116
24H	1,117	1,118	1,120	1,113	1,114	1,116	1,111	1,111	1,112

Tabla L.2: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para E1.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,001	1,125	0,001	0,001	1,124	0,002	0,002	1,122	0,003
12H	0,002	1,123	0,001	0,002	1,120	0,002	0,003	1,118	0,003
16H	0,001	1,120	0,001	0,001	1,118	0,001	0,002	1,114	0,002
24H	0,001	1,118	0,002	0,001	1,114	0,001	0,000	1,111	0,001

Tabla L.3: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para E1.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,114	1,125	0,113	0,130	1,124	0,167	0,175	1,122	0,229
12H	0,145	1,123	0,120	0,184	1,120	0,174	0,245	1,118	0,262
16H	0,107	1,120	0,123	0,119	1,118	0,118	0,168	1,114	0,187
24H	0,097	1,118	0,156	0,080	1,114	0,117	0,038	1,111	0,067

Tabla L.4: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para E1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

RANGO		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	1,124	1,122	1,120
	PROMEDIO	1,125	1,124	1,122
	MAX	1,127	1,126	1,124
12H	MIN	1,121	1,118	1,115
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,118
	MAX	1,124	1,122	1,121
16H	MIN	1,119	1,116	1,112
	PROMEDIO	1,120	1,118	1,114
	MAX	1,122	1,119	1,116
24H	MIN	1,117	1,113	1,111
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	MAX	1,120	1,116	1,112

Tabla L.5: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para E1.

VARIACIÓN		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,001	0,001	0,002
	PROMEDIO	1,125	1,124	1,122
	+	0,001	0,002	0,003
12H	-	0,002	0,002	0,003
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,118
	+	0,001	0,002	0,003
16H	-	0,001	0,001	0,002
	PROMEDIO	1,120	1,118	1,114
	+	0,001	0,001	0,002
24H	-	0,001	0,001	0,000
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	+	0,002	0,001	0,001

Tabla L.6: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para E1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,114	0,130	0,175
	PROMEDIO	1,125	1,124	1,122
	+	0,113	0,167	0,229
12H	-	0,145	0,184	0,245
	PROMEDIO	1,123	1,120	1,118
	+	0,120	0,174	0,262
16H	-	0,107	0,119	0,168
	PROMEDIO	1,120	1,118	1,114
	+	0,123	0,118	0,187
24H	-	0,097	0,080	0,038
	PROMEDIO	1,118	1,114	1,111
	+	0,156	0,117	0,067

Tabla L.7: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para E1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.12.2 RELACIONES DE DEMANDA BASE EN REFRIGERACIÓN

REF - BASE	DEPORTIVO	OFICINA	COMERCIO	CULTURAL	PROMEDIO
8h - Baja	0,608	1,045	0,001	0,059	0,428
8h - Media	0,695	1,059	0,142	0,056	0,488
8h - Alta	0,763	1,084	0,474	0,371	0,673
12h - Baja	0,917	1,093	0,418	0,165	0,648
12h - Media	0,965	1,097	0,796	0,609	0,867
12h - Alta	0,953	1,098	0,943	0,873	0,966
16h - Baja	0,983	1,111	0,727	0,458	0,820
16h - Media	1,019	1,126	0,969	0,877	0,998
16h - Alta	1,009	1,121	1,039	0,999	1,042
24h - Baja	1,026	1,125	0,688	0,415	0,813
24h - Media	0,854	1,080	1,022	0,789	0,936
24h - Alta	1,012	1,118	1,088	1,042	1,065

Tabla L.8: Relaciones de demandas base en refrigeración para E1.

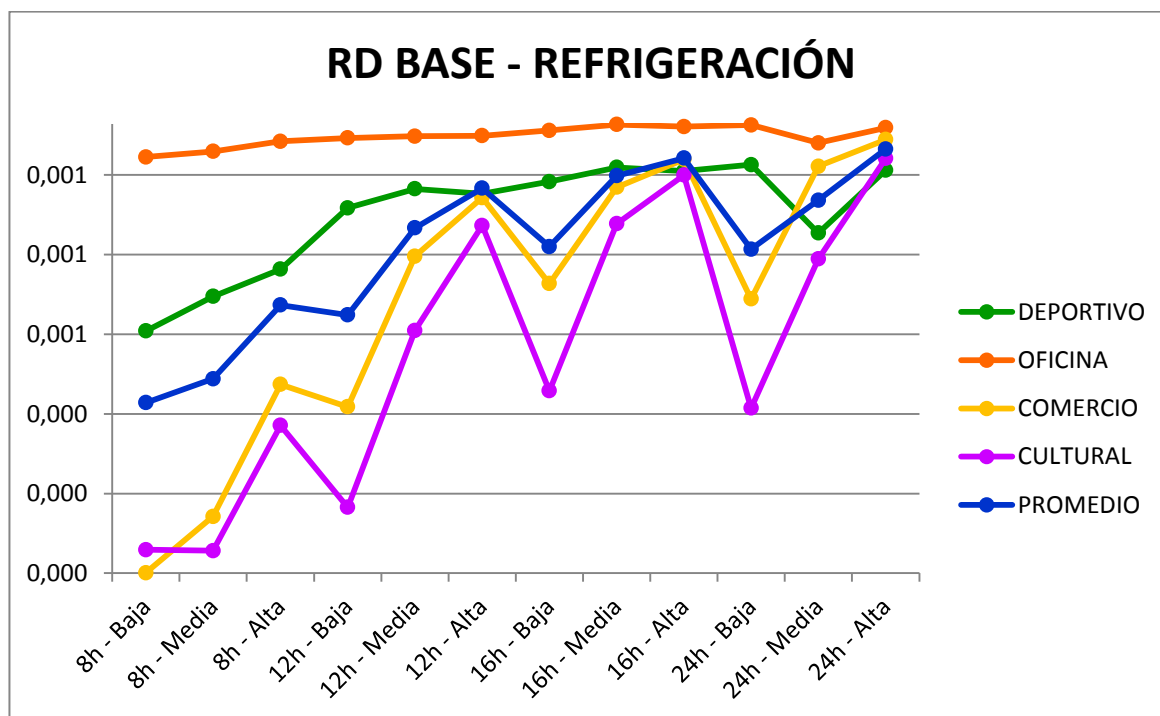


Figura L.2: Relaciones de demandas base en refrigeración para E1.

8.12.2.1 VARIACIÓN DE RELACIONES DE DEMANDA BASE EN EDIFICIO PROMEDIO EN REFRIGERACIÓN

- Para consultar según las ganancias internas:

RANGO	BAJA			MEDIA			ALTA		
	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX
8H	0,001	0,428	1,045	0,056	0,488	1,059	0,371	0,673	1,084
12H	0,165	0,648	1,093	0,609	0,867	1,097	0,873	0,966	1,098
16H	0,458	0,820	1,111	0,877	0,998	1,126	0,999	1,042	1,121
24H	0,415	0,813	1,125	0,789	0,936	1,080	1,012	1,065	1,118

Tabla L.9: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda I, para E1.

VARIACIÓN	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	0,427	0,428	0,616	0,432	0,488	0,571	0,302	0,673	0,411
12H	0,483	0,648	0,445	0,258	0,867	0,230	0,094	0,966	0,132
16H	0,362	0,820	0,292	0,121	0,998	0,128	0,043	1,042	0,079
24H	0,399	0,813	0,312	0,147	0,936	0,144	0,053	1,065	0,053

Tabla L.10: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para E1.

ERRORES (%)	BAJA			MEDIA			ALTA		
	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+	-	PROMEDIO	+
8H	99,777	0,428	143,969	88,465	0,488	116,916	44,852	0,673	61,072
12H	74,494	0,648	68,599	29,716	0,867	26,589	9,709	0,966	13,615
16H	44,149	0,820	35,570	12,085	0,998	12,878	4,090	1,042	7,574
24H	49,042	0,813	38,332	15,721	0,936	15,379	5,004	1,065	5,006

Tabla L.11: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio I, para E1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

- Para consultar según el horario:

	RANGO	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	MIN	0,001	0,056	0,371
	PROMEDIO	0,428	0,488	0,673
	MAX	1,045	1,059	1,084
12H	MIN	0,165	0,609	0,873
	PROMEDIO	0,648	0,867	0,966
	MAX	1,093	1,097	1,098
16H	MIN	0,458	0,877	0,999
	PROMEDIO	0,820	0,998	1,042
	MAX	1,111	1,126	1,121
24H	MIN	0,415	0,789	1,012
	PROMEDIO	0,813	0,936	1,065
	MAX	1,125	1,080	1,118

Tabla L.12: Mínimos y máximos admisibles de las relaciones de demanda II, para E1.

	VARIACIÓN	BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	0,427	0,432	0,302
	PROMEDIO	0,428	0,488	0,673
	+	0,616	0,571	0,411
12H	-	0,483	0,258	0,094
	PROMEDIO	0,648	0,867	0,966
	+	0,445	0,230	0,132
16H	-	0,362	0,121	0,043
	PROMEDIO	0,820	0,998	1,042
	+	0,292	0,128	0,079
24H	-	0,399	0,147	0,053
	PROMEDIO	0,813	0,936	1,065
	+	0,312	0,144	0,053

Tabla L.13: Rangos de operación sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para E1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

ERRORES (%)		BAJA	MEDIA	ALTA
8H	-	99,777	88,465	44,852
	PROMEDIO	0,428	0,488	0,673
	+	143,969	116,916	61,072
12H	-	74,494	29,716	9,709
	PROMEDIO	0,648	0,867	0,966
	+	68,599	26,589	13,615
16H	-	44,149	12,085	4,090
	PROMEDIO	0,820	0,998	1,042
	+	35,570	12,878	7,574
24H	-	49,042	15,721	5,004
	PROMEDIO	0,813	0,936	1,065
	+	38,332	15,379	5,006

Tabla L.14: Errores máximos aceptables sobre las relaciones de demanda del edificio promedio II, para E1.

* NOTA: No es aplicable para estos usos.

8.12.3 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS EN CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

RELACIÓN DE DEMANDAS		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	B	0,919	0,851	0,287	0,303	0,399	0,399	0,265	0,282	0,128	0,128	0,189	0,149	0,128	0,127	0,188	0,149
	M	0,907	0,835	0,310	0,328	0,459	0,459	0,281	0,300	0,143	0,143	0,209	0,163	0,142	0,142	0,209	0,163
	A	0,894	0,818	0,445	0,475	0,614	0,614	0,385	0,416	0,191	0,190	0,265	0,212	0,190	0,189	0,264	0,211
12H	B	0,899	0,824	0,588	0,604	0,575	0,573	0,490	0,508	0,157	0,154	0,262	0,170	0,155	0,152	0,261	0,169
	M	0,883	0,804	0,779	0,806	0,751	0,749	0,632	0,662	0,217	0,213	0,342	0,239	0,212	0,208	0,341	0,236
	A	0,866	0,782	0,807	0,836	0,904	0,902	0,701	0,732	0,297	0,293	0,469	0,324	0,293	0,288	0,467	0,320
16H	B	0,882	0,802	0,752	0,783	0,745	0,743	0,598	0,632	0,188	0,187	0,275	0,211	0,183	0,182	0,274	0,208
	M	0,863	0,778	0,887	0,922	0,923	0,920	0,738	0,776	0,289	0,287	0,408	0,319	0,282	0,279	0,406	0,313
	A	0,842	0,751	0,845	0,875	1,023	1,020	0,755	0,787	0,365	0,361	0,507	0,397	0,360	0,356	0,505	0,393
24H	B	0,866	0,782	0,746	0,769	0,782	0,780	0,558	0,583	0,175	0,174	0,260	0,190	0,172	0,171	0,259	0,188
	M	0,843	0,752	0,833	0,864	0,887	0,881	0,693	0,730	0,259	0,245	0,442	0,270	0,254	0,240	0,440	0,267
	A	0,822	0,725	0,798	0,825	1,063	1,059	0,705	0,733	0,313	0,301	0,473	0,334	0,308	0,297	0,471	0,330

Tabla L.15: Relaciones de demandas nuevas en calefacción-refrigeración tras aplicación de MAE, para E1.

* MAE: Medidas de ahorro energético

8.12.3.1 RELACIONES DE DEMANDA NUEVAS REFERIDAS AL USO MEDIO

RD	CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN													
	REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI
8H	0,907	0,835	0,310	0,328	0,459	0,459	0,281	0,300	0,143	0,143	0,209	0,163	0,142	0,142	0,209	0,163
12H	0,883	0,804	0,779	0,806	0,751	0,749	0,632	0,662	0,217	0,213	0,342	0,239	0,212	0,208	0,341	0,236
16H	0,863	0,778	0,887	0,922	0,923	0,920	0,738	0,776	0,289	0,287	0,408	0,319	0,282	0,279	0,406	0,313
24H	0,843	0,752	0,833	0,864	0,887	0,881	0,693	0,730	0,259	0,245	0,442	0,270	0,254	0,240	0,440	0,267

Tabla L.16: Relaciones de demanda medias para clima E1 (a aplicar factor corrector).

* Factores de corrección de la Tabla A. en 6.13 Anexo M

8.12.4 AHORROS A CONSEGUIR EN REFRIGERACIÓN

AHORROS MEDIA - REF		MIN	MAX	PROM
FREET	8H	3,71	47,59	22,23
	12H	0,59	20,94	8,47
	16H	4,14	20,09	10,59
	24H	1,00	19,89	10,84
FREEH	8H	2,53	42,99	18,59
	12H	-6,29	18,02	5,02
	16H	-3,36	17,32	6,92
	24H	-1,07	16,95	7,31
EVAD	8H	-0,60	39,79	17,25
	12H	-3,57	36,38	16,84
	16H	-3,54	22,59	8,41
	24H	-3,68	22,52	6,27
EVAI	8H	-0,52	39,87	17,35
	12H	-3,29	36,55	17,10
	16H	-3,23	22,82	8,71
	24H	-3,36	22,70	6,81
R80 FT	8H	28,14	49,17	37,74
	12H	19,71	35,17	28,10
	16H	21,09	30,93	26,25
	24H	19,67	32,90	25,86
R80 FH	8H	21,39	44,54	34,10
	12H	18,23	29,16	24,31
	16H	19,42	24,79	22,24
	24H	18,46	29,45	21,71
FT ED	8H	68,96	79,61	74,19
	12H	65,69	88,84	77,11
	16H	65,07	78,29	71,45
	24H	60,98	89,75	72,31
FT EI	8H	69,00	79,63	74,22
	12H	66,44	88,85	77,51
	16H	65,57	78,32	71,68
	24H	62,32	92,36	73,66
FH ED	8H	54,44	77,60	63,74
	12H	41,17	81,77	63,75
	16H	48,06	71,40	59,60
	24H	40,25	71,32	52,70
FH EI	8H	65,48	77,25	70,36
	12H	62,72	85,08	74,35
	16H	63,02	74,92	68,40
	24H	59,98	91,28	70,87
R80 FT ED	8H	69,06	79,61	74,23
	12H	65,85	89,67	77,66
	16H	65,41	79,62	72,26
	24H	61,22	90,32	72,86
R80 FT EI	8H	69,09	79,63	74,25
	12H	66,60	89,68	78,06
	16H	65,91	79,64	72,49
	24H	62,56	92,92	74,21
R80 FH ED	8H	54,48	77,60	63,75
	12H	41,26	81,88	63,87
	16H	48,15	71,70	59,80
	24H	40,36	71,46	52,87
R80 FH EI	8H	65,57	77,25	70,40
	12H	62,85	85,62	74,68
	16H	63,21	76,03	69,03
	24H	60,19	91,69	71,28

Tabla L.17: Rango de ahorro de las MAE y ahorro medio del edificio promedio para clima E1.

AHORROS USO MEDIO - REFRIGERACIÓN

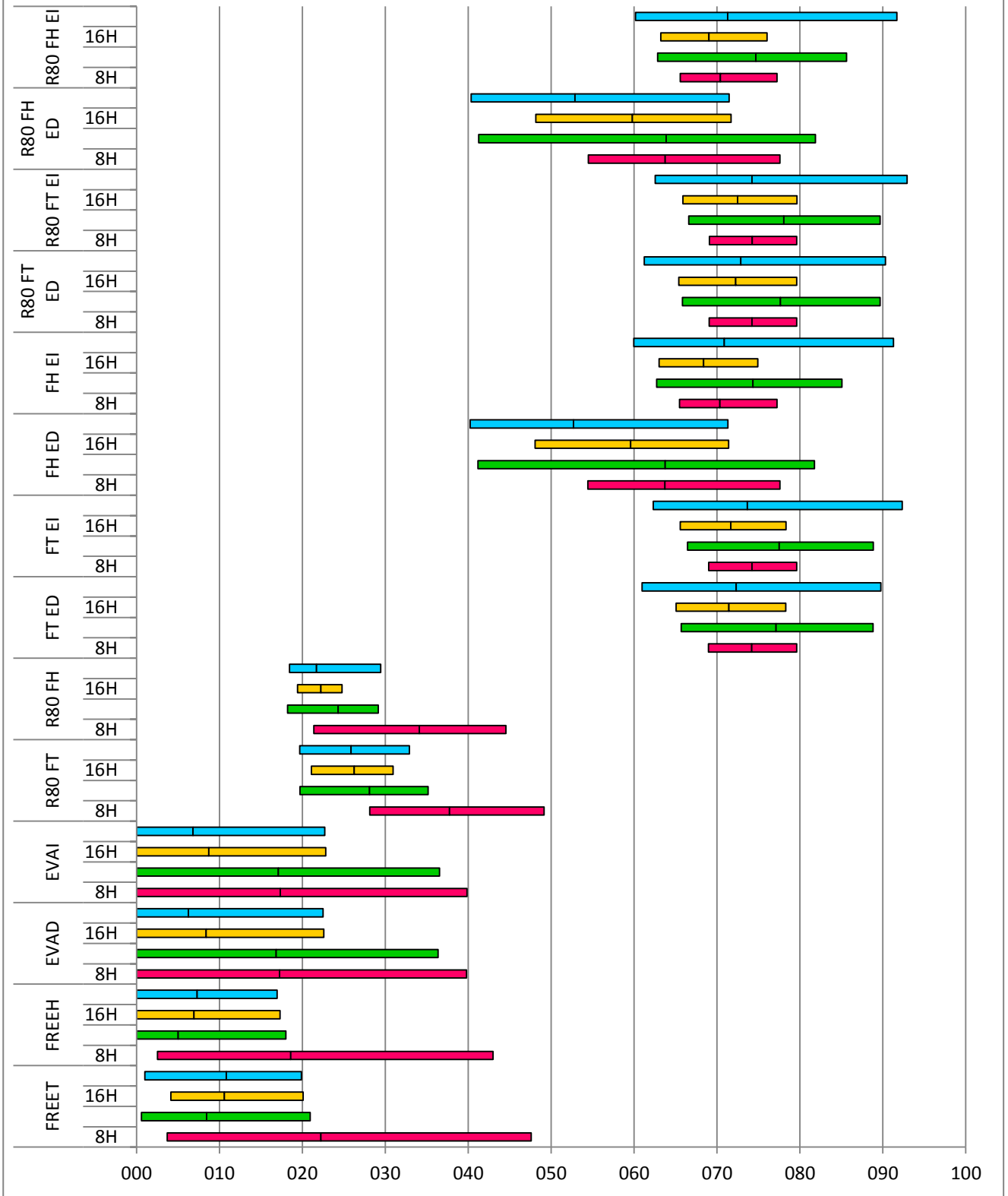


Figura L.3: Rango de ahorro y señalización del valor promedio para clima E1.

*NOTA: Valores negativos en la tabla A. serán contabilizados como "0".

8.13 ANEXO M- FACTORES DE CORRECCIÓN UNIVERSALES

FACTOR CORRECTOR ÚNICO		CALEFACCIÓN		REFRIGERACIÓN														
		REC60	REC80	FREET	FREEH	EVAD	EVAI	R80 FT	R80 FH	FT ED	FT EI	FH ED	FH EI	R80 FT ED	R80 FT EI	R80 FH ED	R80 FH EI	
8H	B	0,5	1,158	1,225	1,039	1,048	1,095	1,108	1,071	1,079	1,007	0,999	1,127	1,129	1,008	1,000	1,128	1,130
		Nom	1,029	1,042	1,023	1,021	0,943	0,940	0,991	0,989	0,932	0,925	0,958	0,939	0,931	0,924	0,958	0,939
		2	0,880	0,829	0,960	0,947	0,754	0,732	0,851	0,840	0,793	0,788	0,696	0,737	0,790	0,784	0,695	0,734
		3	0,795	0,709	0,881	0,861	0,660	0,630	0,739	0,725	0,678	0,674	0,534	0,609	0,674	0,668	0,532	0,604
		4,5	0,720	0,602	0,786	0,758	0,602	0,571	0,641	0,622	0,609	0,611	0,425	0,530	0,601	0,601	0,421	0,523
	M	0,5	1,135	1,191	1,011	1,024	1,133	1,148	1,063	1,074	1,063	1,063	1,145	1,164	1,065	1,064	1,146	1,165
		Nom	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		2	0,850	0,787	0,937	0,925	0,819	0,799	0,874	0,863	0,869	0,870	0,755	0,811	0,867	0,867	0,754	0,808
		3	0,768	0,671	0,855	0,837	0,720	0,690	0,765	0,750	0,752	0,752	0,589	0,678	0,747	0,748	0,587	0,674
		4,5	0,697	0,570	0,759	0,733	0,651	0,619	0,663	0,642	0,667	0,674	0,470	0,588	0,659	0,666	0,466	0,581
	A	0,5	1,108	1,153	0,978	0,994	1,163	1,181	1,044	1,060	1,116	1,131	1,155	1,194	1,118	1,133	1,156	1,196
		Nom	0,968	0,955	0,973	0,976	1,048	1,051	1,000	1,003	1,068	1,082	1,036	1,068	1,068	1,083	1,036	1,069
		2	0,819	0,744	0,912	0,902	0,876	0,859	0,890	0,879	0,946	0,959	0,810	0,890	0,944	0,957	0,809	0,888
		3	0,741	0,633	0,828	0,811	0,773	0,746	0,784	0,768	0,826	0,838	0,646	0,755	0,823	0,834	0,644	0,751
		4,5	0,674	0,539	0,729	0,706	0,696	0,663	0,678	0,657	0,727	0,742	0,515	0,650	0,721	0,735	0,512	0,645
12H	B	0,5	1,173	1,248	1,052	1,057	1,123	1,141	1,089	1,094	1,052	1,047	1,157	1,117	1,053	1,049	1,158	1,119
		Nom	1,035	1,050	1,021	1,021	0,945	0,942	0,980	0,982	0,938	0,931	0,939	0,938	0,938	0,931	0,939	0,938
		2	0,879	0,827	0,941	0,934	0,730	0,703	0,823	0,819	0,769	0,760	0,674	0,733	0,767	0,758	0,673	0,731
		3	0,794	0,705	0,851	0,842	0,617	0,582	0,715	0,707	0,649	0,641	0,525	0,605	0,646	0,637	0,523	0,601
		4,5	0,720	0,598	0,745	0,733	0,540	0,503	0,617	0,609	0,564	0,561	0,418	0,519	0,559	0,554	0,416	0,514
	M	0,5	1,145	1,208	1,029	1,035	1,164	1,184	1,091	1,097	1,099	1,100	1,196	1,155	1,100	1,102	1,196	1,156
		Nom	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		2	0,846	0,779	0,916	0,911	0,792	0,767	0,855	0,850	0,838	0,837	0,738	0,803	0,836	0,835	0,737	0,801
		3	0,764	0,662	0,826	0,818	0,675	0,640	0,746	0,739	0,716	0,715	0,582	0,674	0,713	0,710	0,580	0,670
		4,5	0,695	0,563	0,723	0,710	0,592	0,555	0,643	0,633	0,620	0,622	0,463	0,575	0,615	0,615	0,460	0,570
	A	0,5	1,109	1,157	0,996	1,006	1,197	1,222	1,077	1,087	1,138	1,151	1,212	1,193	1,140	1,153	1,213	1,195
		Nom	0,959	0,942	0,971	0,973	1,051	1,055	1,005	1,007	1,054	1,066	1,043	1,058	1,055	1,067	1,043	1,059
		2	0,807	0,725	0,887	0,882	0,839	0,819	0,874	0,869	0,902	0,912	0,791	0,873	0,901	0,910	0,790	0,872
		3	0,731	0,616	0,798	0,790	0,715	0,683	0,768	0,759	0,779	0,787	0,632	0,741	0,777	0,784	0,631	0,739
		4,5	0,668	0,525	0,696	0,684	0,622	0,585	0,661	0,650	0,670	0,680	0,502	0,630	0,666	0,675	0,499	0,626
16H	B	0,5	1,189	1,275	1,051	1,055	1,130	1,150	1,089	1,094	1,045	1,043	1,161	1,103	1,046	1,044	1,162	1,104
		Nom	1,043	1,062	1,020	1,021	0,939	0,936	0,975	0,976	0,925	0,918	0,916	0,925	0,924	0,918	0,916	0,925
		2	0,884	0,831	0,944	0,939	0,713	0,685	0,816	0,813	0,751	0,742	0,658	0,722	0,749	0,739	0,657	0,720
		3	0,799	0,707	0,857	0,850	0,599	0,563	0,708	0,704	0,631	0,622	0,516	0,595	0,627	0,617	0,514	0,592
		4,5	0,726	0,601	0,751	0,742	0,526	0,490	0,612	0,606	0,550	0,544	0,421	0,511	0,544	0,538	0,418	0,506
	M	0,5	1,153	1,222	1,028	1,034	1,178	1,201	1,094	1,100	1,105	1,108	1,231	1,157	1,107	1,110	1,232	1,158
		Nom	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
		2	0,843	0,772	0,919	0,915	0,773	0,746	0,853	0,849	0,832	0,831	0,733	0,804	0,830	0,828	0,732	0,802
		3	0,763	0,656	0,831	0,824	0,648	0,612	0,746	0,740	0,709	0,707	0,582	0,676	0,706	0,702	0,580	0,672
		4,5	0,696	0,559	0,726	0,718	0,565	0,527	0,642	0,635	0,609	0,610	0,470	0,573	0,604	0,603	0,467	0,568

A	0,5	1,110	1,162	0,998	1,005	1,215	1,242	1,083	1,091	1,157	1,171	1,264	1,206	1,159	1,174	1,265	1,208
	Nom	0,953	0,934	0,971	0,972	1,058	1,064	1,007	1,008	1,065	1,078	1,057	1,073	1,066	1,079	1,057	1,074
	2	0,801	0,713	0,889	0,885	0,829	0,807	0,874	0,870	0,907	0,917	0,798	0,886	0,906	0,916	0,797	0,884
	3	0,727	0,606	0,801	0,795	0,694	0,659	0,769	0,763	0,782	0,790	0,643	0,755	0,780	0,787	0,641	0,752
	4,5	0,666	0,519	0,700	0,691	0,595	0,556	0,663	0,656	0,669	0,678	0,517	0,638	0,665	0,673	0,515	0,634
B	0,5	1,608	1,733	1,207	1,220	1,216	1,212	1,173	1,187	0,969	0,937	1,316	1,021	0,968	0,935	1,316	1,020
	Nom	1,399	1,424	1,178	1,183	1,020	1,003	1,068	1,075	0,874	0,843	1,040	0,866	0,872	0,840	1,039	0,864
	2	1,180	1,102	1,097	1,094	0,780	0,744	0,905	0,907	0,724	0,694	0,732	0,683	0,719	0,689	0,730	0,679
	3	1,067	0,936	1,003	0,997	0,661	0,619	0,788	0,787	0,612	0,586	0,566	0,565	0,606	0,579	0,563	0,560
	4,5	0,973	0,796	0,909	0,900	0,595	0,552	0,701	0,697	0,557	0,541	0,476	0,512	0,548	0,531	0,472	0,506
M	0,5	1,164	1,240	1,053	1,061	1,139	1,144	1,083	1,090	1,088	1,089	1,179	1,141	1,088	1,089	1,179	1,141
	Nom	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	2	0,839	0,764	0,898	0,892	0,808	0,794	0,866	0,860	0,859	0,856	0,799	0,827	0,858	0,855	0,798	0,827
	3	0,760	0,648	0,810	0,803	0,687	0,661	0,764	0,757	0,752	0,747	0,669	0,713	0,750	0,745	0,669	0,711
	4,5	0,695	0,553	0,727	0,717	0,582	0,547	0,674	0,665	0,667	0,664	0,572	0,628	0,665	0,662	0,571	0,626
A	0,5	1,501	1,578	1,106	1,124	1,301	1,306	1,122	1,139	1,044	1,031	1,322	1,079	1,044	1,031	1,322	1,079
	Nom	1,280	1,253	1,087	1,095	1,153	1,145	1,059	1,066	0,980	0,966	1,114	0,969	0,979	0,965	1,113	0,968
	2	1,074	0,951	1,001	0,999	0,935	0,907	0,926	0,926	0,847	0,832	0,841	0,809	0,844	0,828	0,839	0,807
	3	0,977	0,808	0,901	0,896	0,803	0,765	0,811	0,808	0,731	0,716	0,671	0,688	0,727	0,711	0,669	0,684
	4,5	0,900	0,695	0,775	0,768	0,712	0,669	0,682	0,677	0,604	0,591	0,517	0,559	0,599	0,584	0,515	0,555

Tabla M.1: Factores de corrección universales para relaciones de demanda de todas las zonas climáticas

8.14 ANEXO N– RELACIONES DE DEMANDA

Las relaciones de demandas, en modos calefacción y refrigeración, halladas para los cinco edificios mediante simulación de la herramienta detallada han sido incluidos en el CD, donde podrán consultarse.