



Visión de la  
**EFICIENCIA ENERGÉTICA**  
**EN EL SECTOR**  
**HOSPITALARIO**



---

Plataforma  
tecnológica española de  
eficiencia energética

# Visión de la EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR HOSPITALARIO

*AUTORES:*

Unidad de Investigación en Eficiencia Energética en Edificación. CIEMAT:

M<sup>a</sup> del Rosario Heras Celemín

José Antonio Ferrer Tévar

Oscar Seco Calvo

Área de Edificios de EnergyLab:

Gerardo Rodríguez

Juan Rodríguez

Gas Natural Fenosa:

Rocío Fernández Artime

Francisco García-Luengo Manchado

Guillermo José Escobar López

Francisco José Orduna Onco

*REVISIÓN Y MAQUETACIÓN:*

EnergyLab

Carmen Iglesias Escudero

A3E - Asociación de Empresas de Eficiencia Energética

Antonio López-Nava Muñoz

*Editores:*

Plataforma Tecnológica de Eficiencia Energética

Rocío Fernández Artime – Presidenta PTE-EE

José Antonio Ferrer Tévar – Gerente PTE-EE

# ÍNDICE



6	I. Introducción
6	I.1 Motivación
7	I.2 Agradecimientos
8	II. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO
12	III. UN SECTOR CON PARTICULARIDADES ESPECIALES
13	III.1 Demandas en un hospital tipo.
17	IV. USO DE LA ENERGÍA EN EL ENTORNO HOSPITALARIO
17	IV.1 Balance energético en un hospital tipo
19	IV.2 Componentes promediados del balance.
21	V. OPTIMIZACIÓN DEL EDIFICIO
21	V.1 Concepto de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo
22	V.2 Estrategias de diseño hacia el edificio EECN
25	V.3 Técnicas naturales de acondicionamiento
28	V.3.1 Técnicas naturales para calefacción
29	V.3.1.1 Orientación
29	V.3.1.2 Muros y huecos según la orientación.
30	V.3.1.3 Inercia térmica
31	V.3.1.4 Ganancia solar
32	V.3.2 Técnicas naturales de refrigeración
33	V.3.2.1 Control solar
34	V.3.2.2 Ventilación
37	V.4 Herramientas de diseño
39	VI. OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES
39	VI.1 Introducción.
40	VI.2 Iluminación.

# ÍNDICE



42	VI.3 Climatización y ACS.
43	VI.3.1 Calderas de alta eficiencia.
43	VI.3.2 Enfriadoras de alto rendimiento.
44	VI.3.3 Bombas de calor geotérmicas.
44	VI.3.4 Recuperación de calor.
45	VI.3.5 Diseño integral. Análisis 8760 h/año.
46	VI.3.6 Sistemas de control integral.
47	VI.4 Calidad de aire interior.
48	VI.5 Mejoras en otros servicios.
48	VI.5.1 Recuperación del agua de lavadoras.
50	VI.6 Uso de energía solar y residuales.
50	VI.6.1 Integración de sistemas de energía solar
51	VI.6.1.1 Entorno
52	VI.6.1.2 Edificio
54	VI.6.1.3 Módulos fotovoltaicos
55	VI.6.1.4 Captadores solares térmicos
58	VI.6.1.5 Influencia sobre el confort de la integración de sistemas solares activos
58	VI.6.1.6 Aplicaciones solares térmicas más usuales en edificios.
59	VI.6.2 Cogeneración y trigeneración con fuentes de energías renovables
61	VI.6.3 Recuperación de calor
62	VII. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA
62	VII.1 Introducción
63	VII.2 Protocolos de Medida y Verificación
64	VII.3 International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)
67	VIII. Hacia el hospital del futuro. Proyecto Hospital 2050
68	IX. Referencias
69	X. Contacto



# I. INTRODUCCIÓN

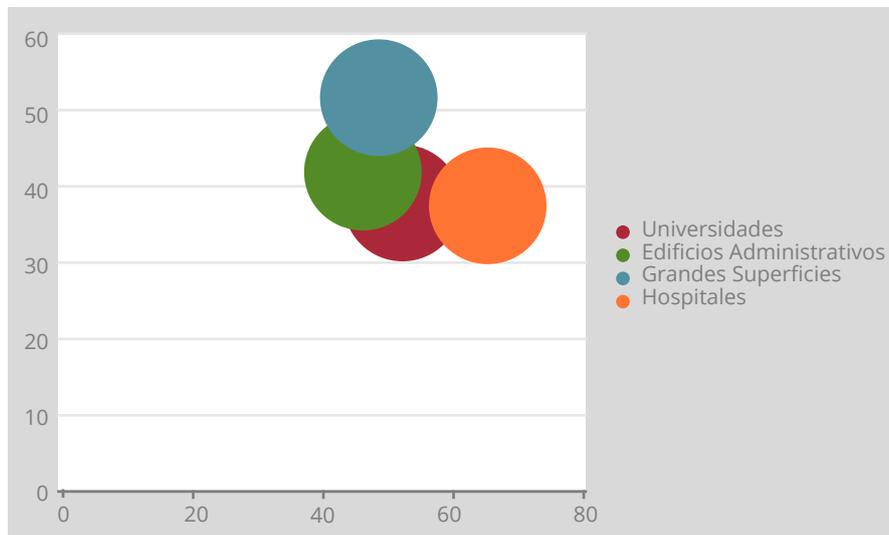
## I.1 Motivación

La Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética es un ente público-privado, sin ánimo de lucro, que tiene como finalidad la innovación tecnológica en materia de eficiencia energética, generando nuevas soluciones a través del impulso a la investigación y el desarrollo de las nuevas técnicas, los productos y los servicios que contribuyan a la reducción de la demanda energética.

Dicha finalidad pasa por el desarrollo de la industria española de eficiencia energética con el valor añadido que supone la investigación básica aplicada en sus productos y servicios.

Con esta finalidad se realizó un análisis entre sus miembros en el que se abordaron diferentes sectores relacionados con los edificios a fin de evaluar su interés como motor del desarrollo de la eficiencia energética en España.

En un informe anterior se abordó el sector hotelero, definiendo el modo de impulsar la eficiencia energética en el mismo, tras este informe se analizaron el resto de los sectores quedando cuatro como de alto interés, siendo el sector Hospitalario el que obtuvo una mayor puntuación.



	Universidades	Edificios Administración	Grandes Superficies	Hospitales
Factor Interno	52	46	48	65
Factor externo	37	41	51	37
Total	89	87	99	102

Figura.1. Sectores relacionados con la edificación de mayor puntuación en repercusión de eficiencia energética

	Hospitales por 100.000 habitantes	Índices por 1.000 habitantes		
		Camas en fun- cionamiento	Ingresos	Altas
TOTAL	1,73	3,36	117,56	117,43
Públicos	0,88	2,21	79,68	79,74
Sistema Nacional de Salud	0,47	1,84	70,17	70,33
Otros públicos	0,22	0,37	9,51	9,42
No públicos	1,06	1,15	37,88	37,88
Privados sin fin de lucro	0,32	0,49	11,56	11,53
Privados con fin de lucro	0,73	0,66	26,32	26,15

(continuación)

	Índices por 1.000 habitantes			
	Estancias causadas	Consultas externas	Urgencias	Actos quirúrgicos
TOTAL	994,78	1.270,59	562,14	97,31
Públicos	667,13	969,59	410,65	59,35
Sistema Nacional de Salud	554,97	825,96	357,11	51,84
Otros públicos	112,16	143,62	53,54	7,51
No públicos	327,65	301,00	151,49	37,96
Privados sin fin de lucro	150,81	106,28	45,22	10,96
Privados con fin de lucro	177,04	194,73	106,27	27,02

No incluye la información correspondiente a Consultas en preanestesia de la Comunidad Autónoma de Cataluña

Tabla.1. Indicadores básicos de centros hospitalarios según pertenencia a entidad jurídica (fuente INE)

Aunque existen trabajos previos sobre el sector hospitalario como la “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria” (IDAE et al, 2001) promovida por IDAE y el Comité Español de Iluminación (CEI).” O la “Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales”, publicada por la Consejería de Economía y Hacienda, y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid con la colaboración de diversas empresas del sector energético y de servicios. (IDAE, 2007), el presente documento pretende dar la visión que desde la Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética se tiene sobre la posibilidad de mejorar la

eficiencia energética en nuestros hospitales, con un enfoque global y multisectorial, no tanto buscando soluciones concretas como siendo una herramienta que anime y movilice al sector a tomar medidas que repercutan en obtener o mejorar la eficiencia energética.

Tal y como puede observarse en la siguiente tabla el sector hospitalario tiene una relevancia fundamental en España, tanto en lo relativo al número de hospitales, como al presupuesto que implica y al impacto social que el sector sanitario implica en la ciudadanía.

## I.2 Agradecimientos

La Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética quiere agradecer la colaboración de todos los miembros que han participado en la definición de este documento de visión, y en los trabajos previos de priorización de los sectores de interés de estudio.

Así mismo muestra su agradecimiento a las empresas e instituciones que han participado en la redacción y elaboración del mismo.

# II. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO

En función del sector en el que se considere el concepto de “eficiencia energética” podemos encontrar diferentes definiciones; en el sector industrial puede buscarse obtener los productos con menor consumo energético y en el residencial será mantener las condiciones de confort reduciendo el consumo de energía, pero en definitiva todas concuerdan en el concepto de consumir menos recursos energéticos para lograr el mismo resultado. Así mismo, el concepto de Eficiencia Energética está asociado, no solo a los beneficios medioambientales conlleva sino además a la rentabilidad económica de las soluciones propuestas.

En la Unión Europea, durante el período 1990-2014, la eficiencia energética se incrementó en un 20 %, a una tasa de 1.1% anual, siendo los sectores con mayor incremento el industrial y el residencial. A pesar de estas mejoras estamos lejos del objetivo de la UE para el año 2030, definiéndose los siguientes retos fundamentales para el sistema energético:

- Necesidad de aumentar la eficiencia energética en los edificios
- Actuar sobre los sistemas de calefacción y refrigeración
- Mejorar la eficiencia energética en la industria, productos y servicios
- Necesidad de activar a los consumidores como centro del sistema de energía.
- Lograr modelos de financiación innovadora para la eficiencia energética

Una de las formas de evaluar la eficiencia es mediante “El Índice de Eficiencia Energética”, definido por una evaluación ponderada de cuatro factores: cultura energética, mantenimiento, control energético e innovación tecnológica. En la siguiente figura puede observarse la evolución de éste índice en la Europa de los 27 países.

No obstante, la Unión Europea se encuentra lejos de sus objetivos de reducción de consumo de energía primaria.

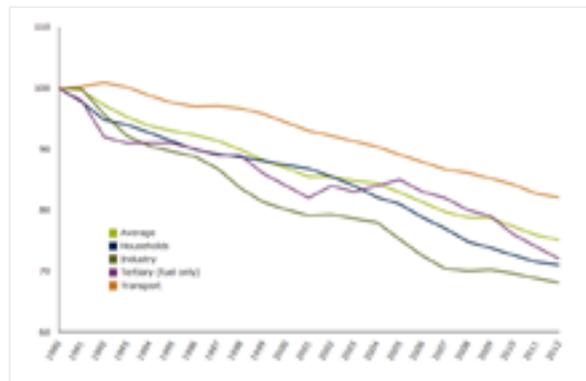


Figura.2. Índice eficiencia energética – UE 27 (Fuente Odyssee ODEX)

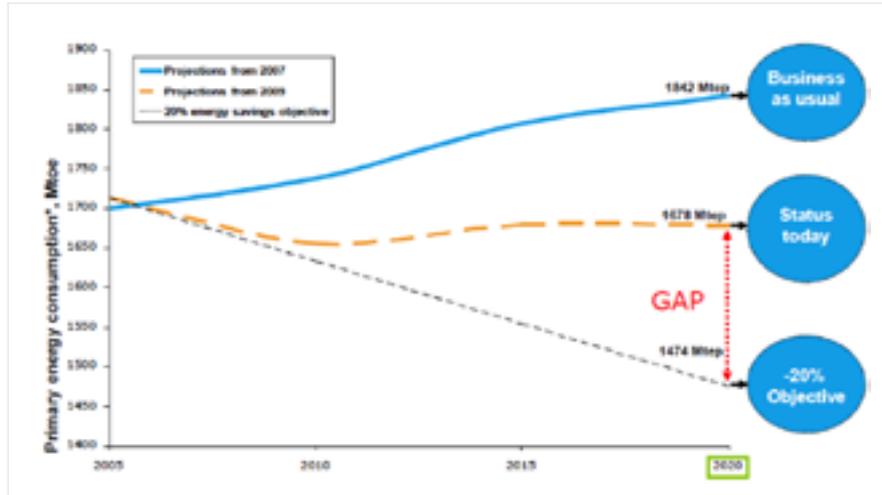


Figura.3. Proyección de posibles escenarios de consumo de energía primaria en la UE (Fuente European Commission)

Desde hace más de dos décadas el crecimiento continuo de la demanda en el sector terciario de edificación y la carencia de energías convencionales a nivel global, provoca la búsqueda de medidas de reducción de la demanda de la energía ligada a este sector.

Cerca del 40% de la energía que se consume en la UE es en relación con los edificios y fundamentalmente en el suministro a los sistemas de climatización, iluminación, agua caliente sanitaria, y en el caso del sector terciario se añaden los procesos y los servicios.

Dentro de las múltiples formas de ahorro energético, se contempla como óptimo si existe la posibilidad de afrontar un proyecto de construcción desde el origen, para así poder aprovechar todo tipo de estrategias pasivas que estén al alcance, aunque en rehabilitaciones también se están obteniendo excelentes resultados. La otra gran ventaja del aprovechamiento energético en edificación engloba toda la parte de estrategias activas, donde se contempla la instalación de sistemas y búsqueda de energía renovable acorde a la tipología y ubicación de la edificación donde estén destinadas.

Teniendo en cuenta que los Proyectos de instalaciones de energías renovables pueden estar aún hoy por desarrollarse, debido a su complejidad, integración y sobretodo que deben ser hechos a medida en función de la edificación y las demandas que se prevea que tengan, en el sector hospitalario esta complejidad y necesidad de hacerlo a medida para cada hospital, se incrementa notablemente, ya que una instalación de estos sistemas para un hospital deben de garantizar unas condiciones y requisitos muy concretos de la distribución de la energía, la sectorización según necesidades, la independencia de las instalaciones y sobretodo que además de una muy alta demanda energética se mantendrá un suministro energético siempre disponible en cualquier situación y en cualquier momento que se necesite. Si habitualmente se utilizará la energía solar en edificación para cubrir las demandas de calefacción, refrigeración e iluminación, en el sector hospitalario se procurará mantener esta pauta, pero garantizando el suministro energético necesario siempre.

Otra de las grandes ventajas de un ahorro en la disminución de la demanda, es que la energía no consumida no genera residuos,

esto conlleva de por sí a una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> muy importante. Así mismo, teniendo en cuenta que un ciudadano medio pasa entre el 80 y 90 % de su tiempo en el interior de edificaciones, en el caso particular de hospitales, puede superarse esta cifra. Además en este sector se contempla la necesidad de tener una buena calidad de aire en el ambiente, por lo que se debe abordar la eliminación del ya conocido Síndrome de Edificio Enfermo (SEE) con las estrategias de ventilación adecuadas.

Por estos motivos es fundamental tener en cuenta que si se contempla la eficiencia energética de una edificación desde el diseño se podrán obtener unos resultados de ahorro, disminución de la demanda y generación energética importantes que hará que cada Proyecto sea singular y particular aunque tenga similitudes equiparables a otros. Por lo tanto será determinante para la vida y el consumo energético de una edificación el planificar desde el diseño el objetivo de cada una de ellas, siendo muy complejo el tratar de implementar instalaciones a edificaciones ya existentes sobre todo si se les va a dar un uso diferente al que ya tenían, así como si se necesitaran en un futuro cubrir necesidades de otro tipo como puedan ser los requerimientos cambiantes y modernizables de unas instalaciones hospitalarias.

Teniendo en cuenta que los hospitales son o pueden ser un referente de la ciudad en la que estén contruidos, se están cuidando mucho los factores de integración, singularidad, sostenibilidad y ahorro energético. Estos aspectos puede influir en el ciudadano para que mediante la observación de cómo estas actuaciones de eficiencia se están aplicando y funcionan en unas edificaciones de lo más complejas en lo que a requerimientos de servicios e instalaciones existen, buenos hábitos de comportamiento en la ciudadanía a través del ejemplo.

Teniendo en cuenta, que los costes más elevados de un hospital proceden del consumo en calefacción-refrigeración, ventilación e iluminación y como en ocasiones no se han considerado las ubicaciones de estas edificaciones, se puede asegurar que

los consumos de ventilación o calefacción se dispararán. Ahora bien si se permite una rehabilitación donde se contemple que los aislamientos de los cerramientos se hagan adaptándolos a las condiciones climáticas y de iluminación del entorno, esto va a reducir de una forma muy notable la demanda energética de cada edificación.

En lo que al marco legal nacional se refiere, ya se han tomado medidas que afectan a distintos apartados de la edificación, como son:

- Para nuevas construcciones y rehabilitaciones de más de la mitad de la edificación: aplicar el Código Técnico de Edificación (CTE) en cuanto a limitación de la demanda, instalaciones térmicas y de iluminación y uso de energía solar de baja temperatura y fotovoltaica.
- Para las instalaciones térmicas en los edificios: aplicar el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) que implica la revisión periódica y obligada de calderas y sistemas de aire acondicionado.
- Para favorecer el movimiento del mercado y conocimiento del usuario: se ha dictaminado el Real Decreto 47/2007 de Certificación energética en los edificios, donde con un sistema sencillo de etiquetado, el consumidor puede saber si la edificación es de alto consumo o bajo; de esta forma se fomentará que el menor consumo de una edificación, sea más atractivo al uso que cualquier otro en igualdad de condiciones y con valor más elevado.

En concreto para el sector hospitalario también existen otras normativas aplicables pero no siempre son de obligado cumplimiento, aunque sí favorecerán a un reconocimiento de que tipo de Hospital sea en función del etiquetado/s que se obtenga.

- El método de certificación ambiental LEED (Leadership in Energy&Environmental Design, US Green Building Council), propone

las siguientes condiciones: debe estar construido sobre un terreno marginal y no consumir energía fósil ni la edificación ni sus ocupantes en los transportes al mismo. Así mismo contempla los temas de reciclado de agua y materiales, además de mantener una buena calidad del aire interior, eliminar, reducir y gestionar las fuentes de contaminantes interiores, asegurando el confort térmico y la capacidad de control de los sistemas.

- La acreditación Breeam, desarrollada en el Reino Unido por el organismo Bre, (centro de investigación sin ánimo de lucro), es líder como sistema de evaluación ambiental de edificios, abordando y diferenciando sectores tales como gestión, salud & bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso del suelo y ecología del lugar y contaminación.
- El sistema de acreditación Minergie, va orientada a cualquier tipo de construcción, nueva o rehabilitada y adaptable a cualquier tipo de arquitectura, centrando sus esfuerzos en actuaciones de la envolvente del edificio, controles periódicos de la renovación del aire, certificación del confort térmico en verano, así como los requisitos adicionales dependiendo de la categoría otorgada, relativas a la iluminación, refrigeración y producción de calor y, como no, contempla que el sobrecoste con una edificación convencional no supere el 10 ó 15 % en función de la certificación.

- Otro sistema de acreditación es el PassivHaus que se centra en el etiquetado energético para viviendas controlando en cada fase del proyecto el balance energético del edificio; considerando para el confort climático una determinada estanqueidad de la envolvente, limitando la demanda energética térmica para calefacción, refrigeración y ACS.

Una de las herramientas utilizadas como un indicador de ejemplos para evaluar la gestión energética es el Benchmarking, considerado como método directo para comparar el consumo energético de diferentes entidades (edificios, equipamientos o procesos) entre sí o con normas de referencia reconocidas y normalizadas del consumo de energía con un mismo sistema métrico para poder compararlas.

Dentro de las estrategias utilizadas para el ahorro energético en hospitales, las que estén contempladas desde el diseño del edificio, son las que inducen un ahorro de base muy importante; no obstante una evaluación de los sistemas energéticos considerando las demandas, puede descubrir estrategias que se pueden abordar y que igualmente son muy importantes, pues se podrían sintetizar, como resumen, en la mejora de equipos, en la gestión de las instalaciones y en un mejor aprovechamiento energético.

# III. UN SECTOR CON PARTICULARIDADES ESPECIALES

No debe olvidarse que el principal servicio de un hospital es el de la sanidad humana, y este es el que debe garantizarse ante todo. No obstante el concepto de eficiencia energética implica que se realice el mismo servicio pero con un consumo energético menor, de forma que el cometido principal no se vea afectado negativamente, e incluso si es factible, que pueda ser mejorado.

un hospital suele estar en funcionamiento continuo, es decir, las 8760 horas del año, por lo que el acumulado anual de gasto energético es muy elevado.

Hay tres análisis que deberían ser realizados a la hora de estudiar la eficiencia energética en un hospital:

Adicionalmente hay que tener en cuenta que

- Optimización de tarifa .....> **DISMINUCIÓN DE LA FACTURA**
- Optimización del edificio .....> **DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA**
- Optimización de instalaciones .....> **DISMINUCIÓN DEL CONSUMO**

La optimización de las tarifas no tendrá una repercusión sobre la demanda o el consumo del centro, pero sí sobre el coste de la energía y por lo tanto sobre la factura de la misma. La optimización del edificio reducirá la demanda energética del mismo lo que implica que la posterior optimización de las instalaciones pueda ser mucho más eficiente, produciéndose de esta forma una reducción del consumo mucho más significativo que si sólo se actúa sobre las instalaciones.

conjuntos, como puedan ser: equipos médicos, habitaciones, servicios... , después identificar de estos grupos cuales son los más relevantes para poder analizarlos y estudiar, donde se observan las cargas de las demandas de potencia; además se podrán comparar estas potencias de consumos ya identificados, con el consumo máximo real. Posteriormente se generarán unos patrones de uso reales para evaluar y validar las cargas de consumo en función de las demandas de cada equipo eléctrico del sector que se este estudiando. Llegados a este punto ya se podrá hacer una evaluación completa de la conservación, de las pérdidas y de las ganancias de la energía consumida.

Cada vez se tiene más conciencia de ahorro energético y se preparan las instalaciones para poder aislar zonas y medir consumos de formas independientes. En la particularidad del sector hospitalario, con unos requerimientos elevados, unas instalaciones muy complejas y particulares de cada modelo, se puede afrontar la medición de estos consumos fragmentando, identificando, evaluando y habiendo realizado una predicción para su posterior verificación.

La estimación de las cargas dentro de los edificios es una planificación fundamental y de optimización de casi todo tipo de instalaciones. En el caso del sector hospitalario las demandas que provienen de los equipos médicos especializados son responsables de un importante consumo del edificio. Otra fuente de consumo prioritario es el que hay en las habitaciones de los pacientes,

Una de las prioridades será comenzar con la agrupación de los dispositivos por diferentes

pero este análisis pormenorizado de lo que pueda afectar al consumo puede presentar dificultades a la hora de analizar los datos, ya que en función del uso que tenga se generan ciertas incertidumbres entre la potencia nominal, los patrones de uso y su relación.

El enfoque que hay que darle a una evaluación energética de esta índole pasa por la separación de todos sus componentes y poder analizar de una forma pormenorizada los diferentes equipos y consumos asociados a ellos. Al llevar a cabo el estudio se podrán hacer evaluaciones por bloques de consumo semanales que sean representativos. Todos los estudios realizados y publicados pueden servir de base para la predicción de consumos de este sector hospitalario tan singular e irregular de tal forma que se consiga que sea cada vez más eficaz.

Además, teniendo en cuenta que la cantidad de personas que pasa a lo largo del día, su complejidad funcional y las distintas estancias

a las que llega, en estas instalaciones se debe prestar una atención especial a la calidad del aire, los microclimas y las infiltraciones o corrientes de aire. Se tienen que asegurar una correcta calidad de aire interior, control de humedad y temperatura, así como presiones atmosféricas en los edificios del sector, principalmente para funciones como la cirugía, las salas blancas, los departamentos para pacientes inmunológicos, deficientes e infecciosos, la unidad de cuidados intensivos y los ambulatorios. Otros espacios, como las oficinas administrativas y ejecutivas, si no requieren estrategias especiales de control ambiental, si exigen condiciones internas que garanticen el bienestar de los trabajadores y usuarios con un correcto confort ambiental.

En los siguientes puntos revisaremos diferentes opciones de reducción de la demanda y del consumo que deberían analizarse a la hora de estudiar la mejora de la eficiencia energética en el sector hospitalario.

### III.1 Demandas en un hospital tipo.

Al contrario que en otros sectores, e incluso que en otros subsectores dentro del terciario, los hospitales carecen de una homogeneidad en los consumos energéticos por su propia naturaleza; esto es debido a que cada hospital puede ofrecer una serie de servicios en función de las demandas sanitarias de su zona geográfica asignada. Por realizar alguna comparación, los edificios de oficinas tienen un comportamiento muy similar entre sí, ya que las diferencias aparecen por tamaño y son siempre escalables; en el caso de los hoteles, las categorías de los mismos homogenizan los servicios que pueden o deben dar, existiendo, por tanto, diferencias básicas por las mencionadas categorías y por el tipo —vacacional o urbano y costa o interior—, por

lo que existe poca dispersión en su estudio.

En las siguientes figuras se muestran demandas de energía para distintos servicios genéricos. Hay que tener especial cuidado al manejar el término «Otros», ya que se trata bien de términos sin medir por diversos motivos —equipos de bajo consumo relativo como ascensores o de gran dificultad de medida como equipos médicos—, bien de usos no incluidos en las propias mediciones de los servicios prestados —por ejemplo, parte de la climatización que no se ha podido determinar debido a que son equipos individuales no segregables de otros consumos—.

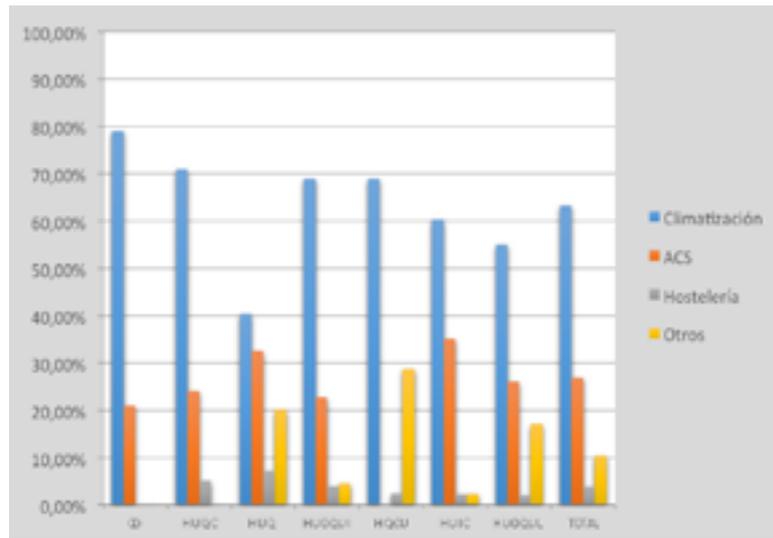


Figura.4. Demandas de energía térmica.<sup>1</sup>

Además, e xisten consumos o consumibles —que se pueden considerar vectores energéticos— que no existen en el resto del terciario y que son mucho más específicos

de la industria, como son gases técnicos, compresores o soplantes de aire, esterilización, etc.

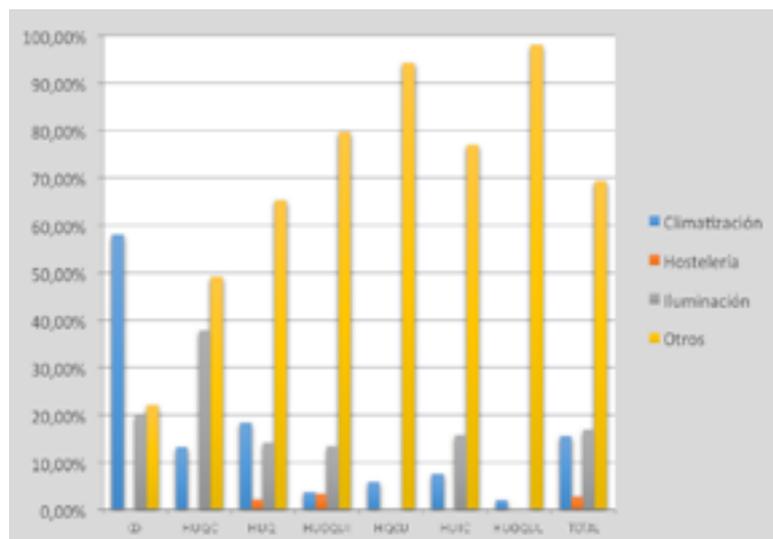


Figura.5. Demandas de energía eléctrica.

<sup>1</sup> **Leyenda:**  
 CD Centro de Salud  
 H Hospital de día  
 U Urgencias  
 Q Cirugía mayor - Quirófanos  
 UCI Unidad de Cuidados Intensivos  
 I Investigación  
 C Camas  
 L Laboratorios

En general, al hablar de consumos —cantidad de energía absorbida por una instalación normalmente en forma de combustible y de electricidad— y demandas<sup>2</sup> —cantidad de energía necesitada por una instalación, normalmente como térmica o eléctrica con diversos grados de transformación— se suele obviar los ya mencionados vectores

energéticos. El más importante de todos es, sin duda, el agua, por lo que es fundamental incluir su consumo y demanda en los estudios energéticos. De lo ya explicado como particularidad para hospitales, que son especialmente los gases técnicos, también pueden ser tenidos en cuenta especialmente por su capacidad de refrigeración.

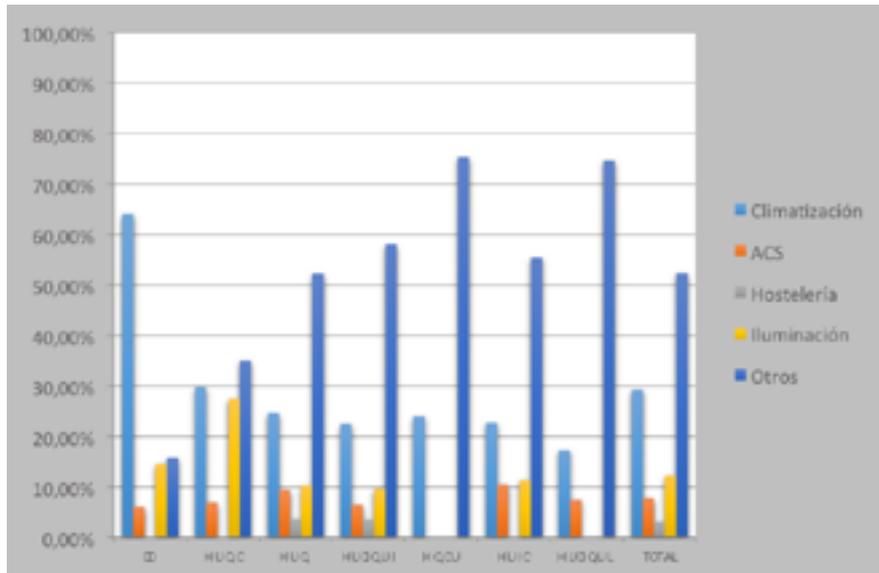


Figura.6. Demanda de energía primaria<sup>3</sup>.

El análisis de las demandas que pueden existir en un hospital se puede efectuar según las zonas en las que se da determinado servicio más que en los propios usos, esto es, que las demandas se asocian con más facilidad para su análisis según la ubicación del consumo que según la propia demanda en sí. Estas zonas se pueden clasificar en:

- Servicios de hostelería.
- Oficinas
- Servicios técnicos y lavanderías.
- Servicios de hostelería.
- Oficinas
- Servicios técnicos y lavanderías.
- Esterilización.
- Centro de salud.
- Urgencias.

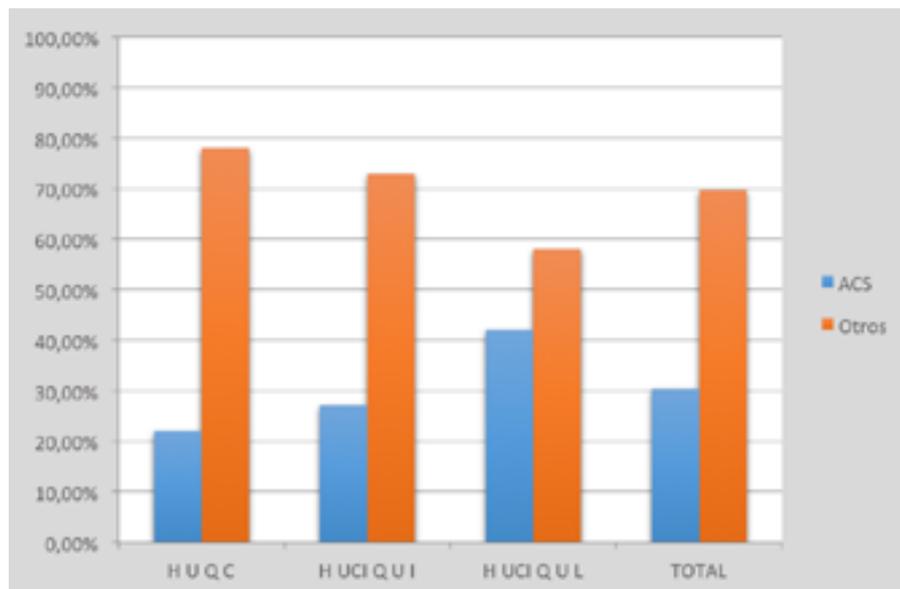
<sup>2</sup> No se deben confundir estos términos con el de «energía primaria» que hace siempre referencia a las formas energéticas —energía directa o vectores energéticos— que son extraídos o adquiridos para ser gestionados y transformados por una nación o una entidad económica suficiente.

<sup>3</sup> FACTORES DE CONVERSIÓN ENERGÍA FINAL -ENERGÍA PRIMARIA y FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> - 2011. IDAE. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Existe un documento posterior que se puede emplear como orientación:

PROPUESTA DE DOCUMENTO RECONOCIDO FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> Y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDAS EN EL SECTOR EDIFICIOS EN ESPAÑA VERSIÓN 03/03/2014. Misma fuente.

- Hospital de día.
- Quirófanos, laboratorios y servicios médicos maquinizados —diálisis, pruebas y tratamientos de gran consumo (resonancias, nuclear), etc. —.
- Ambulatorio.
- UCI, Paliativos, etc.
- Hospital de larga estancia —geriátrico, psiquiátrico, etc. —.



# IV. USO DE LA ENERGÍA EN EL ENTORNO HOSPITALARIO

## IV.1 Balance energético en un hospital tipo

A continuación se incorpora una tabla con el balance en un hospital «ejemplo», pues el hecho de definir un hospital tipo es prácticamente inviable debido a una serie de razones entre las cuales destacaríamos las siguientes:

- No existen normalmente mediciones separadas —*submetering*— de los consumos térmicos, ni de los eléctricos
- De acuerdo a lo anterior, en ausencia de medidas, la obtención del desglose de los consumos térmicos sólo puede efectuarse mediante regresión con una o varias variables, a partir del de energía eléctrica —para refrigeración— o de combustible —para calefacción y ACS—.
- La necesidad de refrigeración, por ejemplo, calculable utilizando el método anterior, sólo corresponde a aquella parte dependiente de la temperatura, siendo necesario para completarla la estimación de las cargas internas no dependientes de la temperatura exterior: ocupación, iluminación, equipos médicos, ascensores, etc. A efectos estimativos, se ha adoptado un valor de referencia, en el caso de disponer solamente de la demanda de refrigeración dependiente de la temperatura, de  $9\text{W}/\text{m}^2$ , que es un valor elevado según el **Código Técnico de la Edificación**
- El consumo de ACS depende de los servicios proporcionados por el hospital, no solamente de las camas y del nivel de ocupación de éstas. De hecho, si se efectúa un cálculo de acuerdo al CTE —55l/persona— el resultado es muy inferior cuando se compara con datos reales.
- Para poder comparar entre hospitales es necesario recurrir a ratios: por cama, por  $\text{m}^2$ , etc. En el caso de las camas puede ser más sencillo pero, en el caso de los  $\text{m}^2$  es difícil adoptar una superficie base con el mismo significado: ¿total?, ¿construida?, ¿útil?, ¿climatizada? ¿sólo calefactada? ¿sólo refrigerada? De hecho, en los datos disponibles de los diferentes hospitales, no quedan claros estos conceptos.
- Otra dificultad añadida es que no se suele disponer de medidas de rendimientos de los sistemas de producción de calor o frío, con lo cual, deben estimarse, con el consiguiente error.
- Es necesario asumir que un mismo edificio tipo tiene diferentes demandas térmicas: calefacción y refrigeración, dependiendo de la zona climática en la que se haya construido, por lo que a los datos de consumo deben aplicarse estas correcciones.
- Asimismo, es relevante el año en el que se construyó el edificio (que define el código vigente), dato no habitualmente disponible y que, además, puede incluso ser diferente por haberse realizado sucesivas ampliaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha elaborado a la tabla adjunta a partir de información obtenida tanto de estudios propios como de terceros ya publicados.

Tabla.2. Resumen de demandas y sus relaciones en diversos hospitales.  
(Ver siguiente página)



# Resumen de demandas y sus relaciones en diversos hospitales.

HOSPITAL	FUENLABRADA (MADRID)	BADALONA	PARLA (MADRID)	ARANJUEZ (MADRID)	MADRID	MADRID	MADRID	MADRID	BARCELONA	SANTIAGO	ALICANTE	CARTAGENA	MURCIA	LORCA	MURCIA	CIEZA	YECLA	CARAVACA	MURCIA	VIRGEN DEL ROCIO	QUIRON	QUIRON	TALAVERA	NAVARRA	NAVARRA	ZUMÁRRAGA	CAST. Y LEON	GUADALA JARA	GUADALA JARA	TIPO A3E										
	UNIVERSITARIO	CAN RUTI	INFANTA CRISTINA	HOSPITAL DEL TAJO	SAN RAFAEL	HHOSPITA LARIAS	CAPIO JIMÉNEZ DÍAZ	CAPIO INF. ELENA	H GRAL. CATALUÑA	CLÍNICO	TORREVIEJA	STA MARÍA ROSELL	ROMAN ALBERCA	RAFAEL MÉNDEZ	REINA SOFÍA	VEGA	ARRIXACA	SEVILLA	MADRID	BARCELONA	CHN	V DEL CAMINO	TIPO MEDIO	ICAI																
Año de construcción	2007								1984								1971 1968..2004								1990 2005 1995 1981 1986 1955								1932 1964 1982							
ZONA CLIMÁTICA	D3	C2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	C2	C1	B4	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B4	D3	C2	C4	D1	D1	C1	E1	D3	D3										
ACS (MW)	1,2		0,82							2,2		0,721				0,36		0,485										1,1	3,5											
CAL (MW)	7	11,52	3,78	3,5	1,7	1,8				14,5	3	3,15	0,802	5,518	6,976	4,36	2,532	2,642		15	6,5		3		12,84	8,5		8	7,2	4,5										
FRIO (MW)	5,84	7,72	4,46	3,6	2	2				12,5		3,05	0,716	3,414	4,95	1,73	1,56	3	14,4	10					7,86	3,896				8,1										
CAMAS	460	638	247	98	155	150	686	106	333	1.200	406	369	100	283	330	165	98	105	873	1.202	270	165	410	499	499	127	352	750	750	500										
S (m2)	56.859	85.417	56.811	46.000	20.770	20.100	59.000	53.271		98.300	23.701	38.338	7.789	33.415	61.338	21.960	8.453	18.306	113.000	136.709	54.000	56.000	71.500	77.717	24.286	13.000	24.899	75.000	75.000	64.719										
S (m2/cama)	124	134	230	469	134	134	86	503	0	82		104	78	118	186	133	86	174	129	114	200	339	174	156	49	102	71	100	100	129										
ENERGÍA ELÉCTRICA ( MWh / año)	11.920	15.095	11.886	9.372	5.010	4.300	11.794	6.395	15.705	15.334	10.059	8.210	774,5	5.681	13.790	4.494	2339	3.313	28.340	37.000	6.433	10.550	9.800	11.962	7.890	2.499	3.535	2.442	14.144	7.621										
CAL ( MWh/año )	9.088	7.739	4.663	4.646	1.508	2.300	7.030	2.941	6.801	7.482	4.011	3.295	526	3.364	3.500	2.129	2.375	1.409	15.671	13.676	3.456	1.851	9.360	12.539	8.654	1.850	5.143		8.174	8.487										
ACS CALCULADO( MWh/año ) S/CTE	724	1.004	389	154	244	236	1.079	167	524	1.888	639	581	157	445	519	260	154	165	1.374	1.891	425	260	645	785	785	200	554	1.180	1.180	787										
ACS REAL ( MWh/año )	3.819	2.008	4.504	3.919	1.421	1.600	3.013	1.716	2.267	2.791	1.278	1.161	315	891	1.038	519	308	330	2.747	3.782	850	1.691	1.290	1.570	1.570	400	1.108	2.360	2.442	1.573										
RATIO ACS REAL/ACS CALCULADO	5	2	12	25	6	7	3	10	4	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2									
LAVANDERÍA ( MWh/año )																			5.360												2.598									
COCINAS ( MWh/año )	263											141				147		130	517				156			420		5.321		544										
RATIO ENERGÍA ELÉCTRICA /CALORÍFICA	0,86	1,4	1,24	1,07	1,58	1,04	1,06	1,32	1,64	1,26	1,7	1,59	0,77	1,21	2,73	1,47	0,82	1,63	1,1	9,78	7,55	6,21	0,86	0,8	0,72	0,87	0,52	0,28	1,2	0,54										
CAL/ACS	2,38	3,85	1,04	1,19	1,06	1,44	2,33	1,71	3	2,68	6,28	5,68	3,34	7,56	6,74	8,2	15,4	8,53	11,41	7,23	8,14	1,09	14,51	15,97	11,02	9,26	9,29	0	3,35	10,79										
CARGA TÉRMICA ESTIMADA (W/m2)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9									
FRÍO POR CARGAS TÉRMICA (MWh/año)	4.483	6.734	4.479	3.627	1.638	1.585	4.652	4.200	0	7.750	1.869	3.023	614	2.634	4.836	1.731	666	1.443	8.909	10.778	4.257	4.415	5.637	6.127	1.915	1.025	1.963	5.913	5.913	5.102										
FRÍO DEPENDIENTE DE Tª.EXT (MWh/año)		6.534	2.087	2.362	482	267	0																																	
FRIO TOTAL ( MWh/año)	5.364	13.269	6.566	5.989	2.120	1.852	4.200			14.348	6.639	4.404	250	3.808	7.190	2.942	2.306	1.770	8.095	21.957	3.070	1.267	7.350	5.383	3.551	1.050	2.121	1.319	6.027	3.761										
ESSER	3	5,4	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
ENERGÍA ELÉCTRICA FRIO( MWh / año)	1.788	2.475	2.189	1.996	707	617	0	1.400		2.870	2.213	1.468	83	1.269	2.397	981	769	590	2.698	7.319	1.535	422	2.450	1.794	1.184	350	707	440	2.009	1.254										
RATIO ENERGÍA ELÉCTRICA FRIO/TOTAL	15%	16%	18%	21%	14%	14%	0%	22%		19%	22%	18%	11%	22%	17%	22%	33%	18%	10%	20%	24%	4%	25%	15%	15%	14%	20%	18%	14%	16%										
RATIO CAL/FRIO	1,69	1,18	2,23	1,97	3,13	8,61				0,52	0,6	0,75	2,1	0,88	0,49	0,72	1,03	0,8	1,94	0,62	1,13	1,46	1,27	2,33	2,44	1,76	2,42	0	1,36	2,26										
POTENCIA ACS ( W / m2)	20,5	0	14,4	0	0	0	0	0		22,4	0	18,8	0	0	0	16,4	0	26,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44,2	46,7	108	0									
POTENCIA CAL ( W / m2 )	122,7	134,9	66,5	76,1	81,8	89,6	0	0		147,5	126,6	82,2	103	165,1	113,7	198,5	299,5	144,3	132,7	47,5	0	53,6	0	165,2	350	0	321,3	95,4	60	0										
POTENCIA FRIO ( W / m2 )	102,7	90,3	78,5	78,3	96,3	99,5	0	0		127,2	0	79,6	91,9	102,2	80,7	78,8	184,5	163,9	127,4	73,1	0	0	0	101,1	160,4	0	0	0	108	0										
ACS ( kWh / m2 * año)	67,2	23,5	79,3	85,2	68,4	79,6	51,1	32,2		28,4	53,9	30,3	40,4	26,7	16,9	23,6	36,5	18	24,3	27,7	15,7	30,2	18	20,2	64,7	30,7	44,5	31,5	32,6	24,3										
CAL ( kWh/m2 *año)	159,8	90,6	82,1	101	72,6	114,4	119,1	55,2		76,1	169,2	85,9	67,5	100,7	57,1	96,9	281	77	138,7	100	64	33,1	130,9	161,3	356,3	142,3	206,5	0	109	131,1										
FRIO ( kWh / m2 *año)	94,3	76,5	36,7	51,3	23,2	13,3	0	78,8		146	280,1	114,9	32,1	114	117,2	134	272,8	96,7	71,6	160,6	56,9	22,6	102,8	69,3	146,2	80,7	85,2	3.256	80,4	58,1										
ENERGÍA ELÉCTRICA (kWh/m2.año)	178,2	147,7	170,7	160,3	207,2	183,2	199,9	93,8		126,8	331	175,9	88,7	132	185,7	160	185,8	148,7	226,9	217,1	90,7	180,9	102,8	130,8	276,1	165,3	113,6	26,7	161,8	98,4										
ACS ( kWh / cama*año)	8.303	3.147	18.235	39.990	9.168	10.667	4.392	16.186	6.808	2.326	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147	3.147									
CAL ( kWh / cama *año)	19.756	12.130	18.879	47.408	9.729	15.333	10.247	27.747	20.424	6.235	9.879	8.930	5.261	11.887	10.606	12.903	24.235	13.419	17.951	11.378	12.800	11.218	22.829	25.128	17.342	14.567	14.610	7.095	10.899	16.973										
FRIO ( kWh / cama*año)	11.661	10.242	8.449	24.102	3.110	1.780	0	39.622	0	11.957	16.352	11.935	2.500	13.456	21.788	17.830	23.531	16.857	9.273	18.267	11.370	7.679	17.927	10.787	7.115	8.264	6.026	8.036	7.522											
ENERGÍA ELÉCTRICA ( kWh / cama*año)	22.026	19.780	39.260	75.263	27.765	24.552	17.192	47.123	47.162	10.387	19.325	18.271	6.912	15.589	34.525	21.293	16.024	25.933	29.372	24.693	18.141	61.380	17.927	20.376	13.440	16.922	8.034	2.670	16.180	12.734										
ENERGÍA ELÉCTRICA ( MWh /cama* año)	22	20	39	75	28	25	17	47	47	10	19	18	7	16	35	21	16	26	29	25	18	61	18	20	13	17	8	3	16	13										
ENERGÍA TÉRMICA ( MWh / cama*año)	40	26	46	112	22	28	15	84	27	21	29	24	11	28	36	34	51	33	30	33	27	29	44	39	28	26	24	10	22	28										
SUMA1 ( MWh / cama*año)	62	45	85	187	50	52	32	131	74	31	49	42	18	44	70	55	67	59	60	57	45	91	62	59	41	43	32	13	38	40										

## IV.2 Componentes promediados del balance.

A partir de la tabla anterior se han promediado los diferentes valores y obtenido las siguientes conclusiones:

Consumo promedio anual por cama	58 MWh
% de Energía primaria debido a Energía eléctrica	68%
% de Energía primaria debido a CALEFACCIÓN	21%
% de Energía primaria debido a ACS	8%

Tabla.3. Consumos promedios anuales.

Por otra parte, el porcentaje promedio de energía eléctrica dedicada a la producción de agua fría para refrigeración queda establecida en un 17 %

Los componentes del consumo de energía eléctrica pueden únicamente estimarse y quedarían como sigue:

Iluminación	35%
Refrigeración según lo ya indicado	17%
Resto	48%

Tabla.4. Principales componentes del consumo eléctrico.

Con el fin de reflejar la dificultad de realizar el balance en un hospital se muestra a continuación un diagrama de SANKEY de un hospital «ejemplo». Los números sin unidades representan kWh para cada tipo de energía

por año —térmica, eléctrica, etc.—. Los números expresados como porcentajes son los rendimientos o factores de transformación —como rendimiento PCS de la caldera o ESEER de las enfriadoras—.

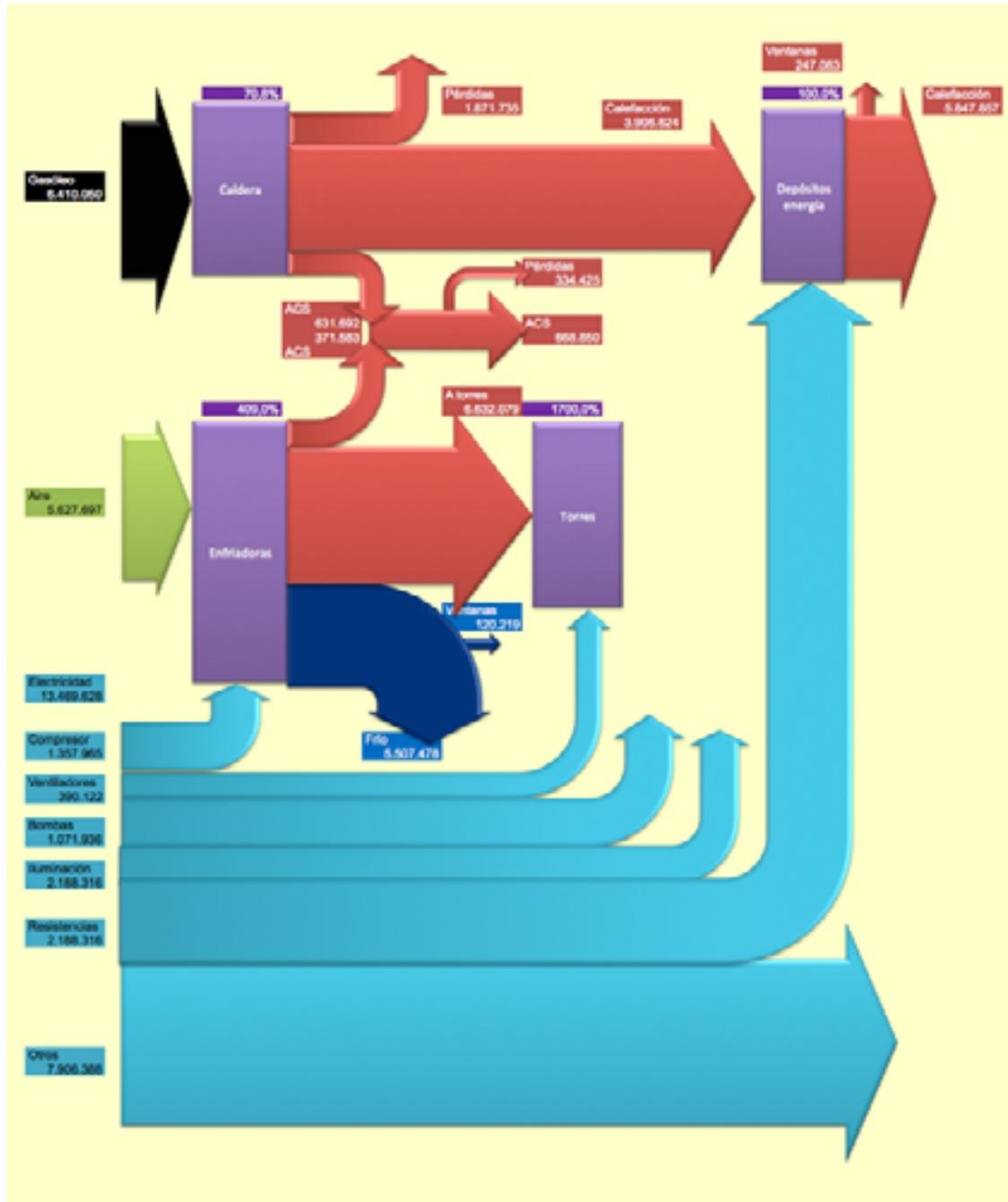


Figura.7. Diagrama de Sankey. Ejemplo de un hospital.

# V. OPTIMIZACIÓN DEL EDIFICIO

El 40% del consumo de energía total en la UE se destina a los edificios esta es una tendencia que se encuentra en crecimiento. Es por ello que se ha identificado como un sector estratégico por parte de la UE para la consecución del objetivo de reducir el consumo en un 20% de energía para el 2020 y el 30% propuesto para el 2030.

El objetivo que se plantea es ahorrar energía y disminuir la emisión de CO<sub>2</sub>, mediante la disminución de la demanda energética del edificio, el aumento del rendimiento de las

instalaciones y la incorporación de energías renovables.

Además, desde la UE, se está promoviendo, no solo el incremento general de la eficiencia energética en la edificación, sino la promoción de una nueva clase de edificios, los **edificios de consumo de energía casi nulo** (EECN), que no solo cumplan con los requisitos mínimos de eficiencia energética, si no que sean más eficientes y reduzcan tanto las emisiones de dióxido de carbono como el consumo energético.

## V.1 Concepto de Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo

En los últimos años se ha asistido a la popularización de múltiples denominaciones de edificios de muy bajo consumo energético o de consumo de energía nulo. Diversos países, tanto a nivel europeo, como mundial han establecido dicho nivel prestacional como futuro objetivo de eficiencia energética en la nueva edificación. Entre las diversas alternativas existentes para la reducción del consumo energético en el sector de la edificación, los edificios de consumo de energía nulo o casi nulo, poseen el potencial de lograr una reducción significativa del consumo energético, así como de incrementar la utilización de fuentes de energía de procedencia renovable.

El concepto de edificios con consumo de energía neta nula es el más extendido en la actualidad cuando se habla de edificios de cero energía o de consumo de energía neta nula. Este concepto incluye ya no solo la calefacción, sino todos los consumos energéticos de un edificio, y se refiere a un edificio conectado a la red eléctrica, a través de la cual hay un intercambio de energía, pero que debe ser cero a lo largo del año, o negativo en el caso de que haya que compensar también otras

fuentes de energía no renovables usadas en el edificio.

En países como EEUU, ya se han fijado los objetivos de progresar hacia este tipo de edificios de energía neta nula en fase de uso, combinando la reducción de la demanda energética de edificios con la introducción de energías renovables, con un objetivo global para que todos los nuevos edificios domésticos sean de consumo de energía neta nulo para el año 2020 y para el año 2030 para los nuevos edificios comerciales (Fuente: Title 24 Path tto Net Zero Standards. Estado de California).

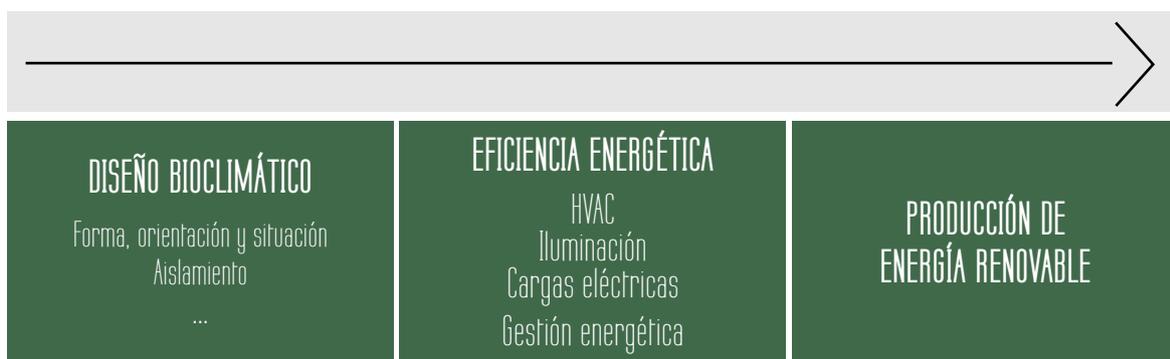
En Europa, la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios, propone que a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo; y que después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean también edificios de consumo de energía casi nulo.

En este contexto, se define un **«edificio de consumo de energía casi nulo»** como aquel con un nivel de eficiencia energética muy alto, con un consumo de energía nulo o muy

bajo y que, además, deberá estar cubierto, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”.

Aunque la definición concreta de lo que es “cero energía” o “casi cero energía” está todavía sin concretar, al igual que aspectos

como la consideración de energías renovables cercanas al edificio en los cálculos, esta directiva es un buen ejemplo de cómo se percibe la evolución hacia edificios “cero energía” como una combinación de eficiencia energética e integración de energías renovables en los edificios.



## V.2 Estrategias de diseño hacia el edificio EECN

Un edificio energéticamente eficiente, es aquel que minimiza el uso de las energías convencionales a fin de ahorrar y hacer un uso racional de la misma. Las estrategias para lograr la eficiencia energética son diversas:

- Mejora del aislamiento térmico en la envolvente.
- Reducción de las pérdidas de calor por infiltración.
- Adecuada orientación del edificio.
- Permitir la entrada del sol en invierno.
- Evitar el exceso de entrada de sol en verano.
- Utilizar sistemas de generación de calefacción y aire acondicionado eficientes.

- Sistemas de ahorro energético en ACS.
- Utilización de sistemas de iluminación eficientes.
- Aprovechar las fuentes energéticas locales para su generación.
- ...

Uno de los aspectos fundamentales para alcanzar un diseño óptimo es adecuar el mismo a las condiciones climáticas. El clima es una variable crítica en el diseño de edificios altamente eficientes. Determina las cargas térmicas externas del edificio, además de constituir una fuente de energía gratuita. Un diseño eficiente debe estar adaptado al clima: debe ser capaz de mitigar de manera pasiva las cargas térmicas mientras toma ventaja

de todas las formas de energía gratuita disponibles en el emplazamiento del edificio. (solar, eólica, refrescamiento nocturno, etc.)

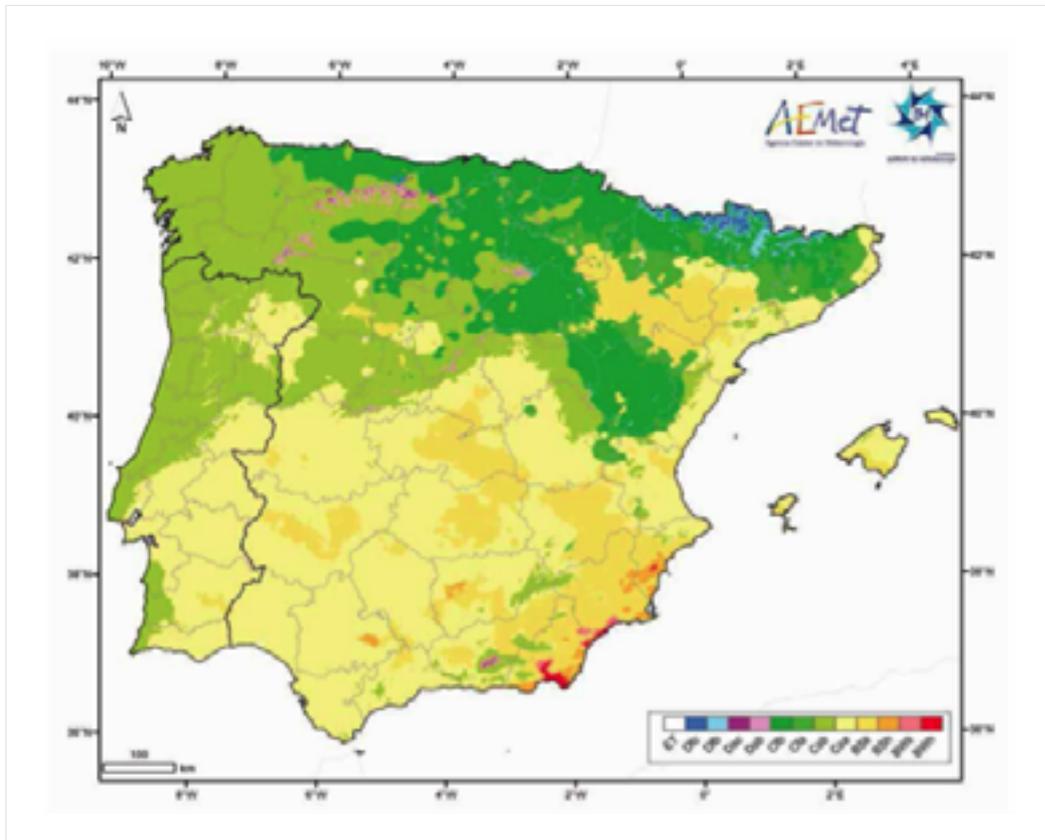


Figura.8. Clasificación climática de Köppen - Geiger en la península ibérica e islas baleares. (Fuente: Atlas Climático Ibérico. AEMET)

Es necesario profundizar en el conocimiento de las particularidades climáticas locales, para ello es posible utilizar los diferentes archivos de datos climáticos existentes, muchos de los cuales están disponibles en los programas de simulación energética de edificios. Así, mediante diferentes herramientas informáticas se pueden interpretar estos archivos meteorológicos, representar y analizar los datos meteorológicos históricos para una determinada ubicación.

Dentro de los diferentes parámetros climáticos aquellos con mayor influencia

sobre la demanda energética del edificio y el confort climático son los siguientes:

- Temperatura exterior
- Humedad relativa o temperatura del bulbo húmedo
- Vientos predominantes: fuerza, dirección y frecuencias.
- Temperatura del terreno
- Trayectoria solar
- Radiación solar directa e indirecta

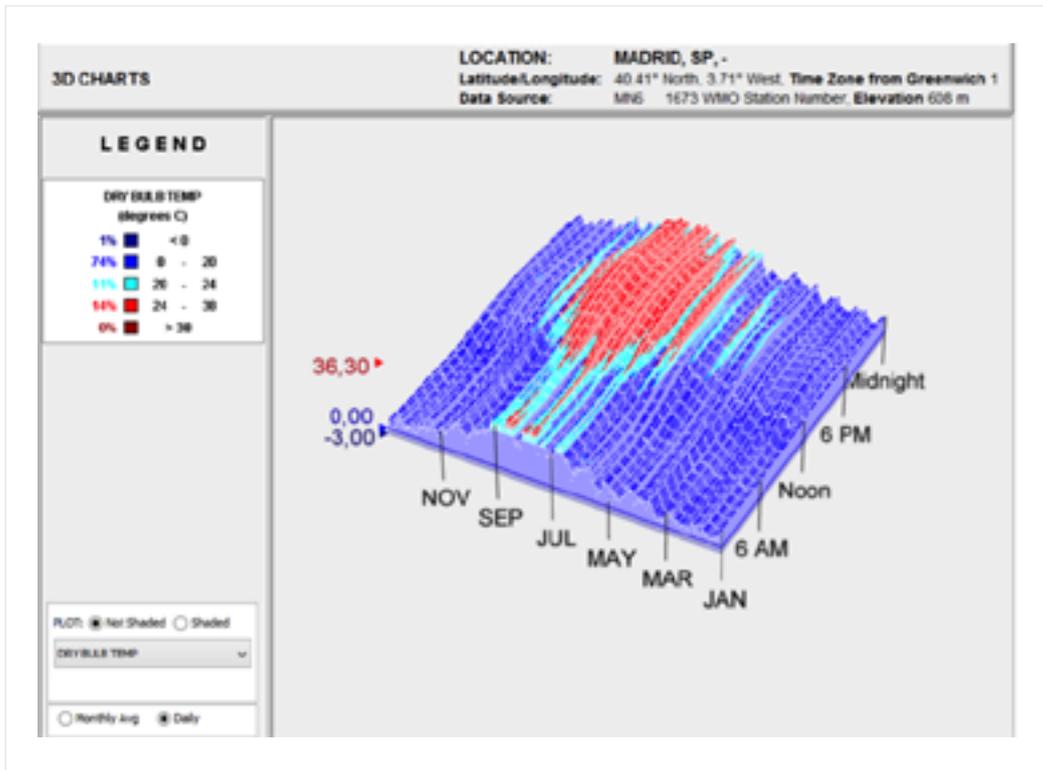


Figura.9. Figura 3D con Temperatura horaria para Madrid. Fuente: ClimateConsultant.

Una herramienta habitual y clásica dentro del diseño bioclimático de edificios es el diagrama psicrométrico (también llamado diagrama bioclimático), que permite el estudio de las características termodinámicas del aire húmedo y el efecto de la humedad atmosférica en el confort humano.

De este modo, mediante tablas, o mediante programas informáticos es posible representar cada hora del año y así conocer las horas en las que, para una determinada ubicación, la temperatura del aire se encuentra en condiciones de confort para plantear

diferentes estrategias bioclimáticas o pasivas, entre otras:

- Sombreamiento de huecos
- Construcción con materiales de alta inercia térmica
- Ventilación natural o forzada
- Ganancia solar pasiva en invierno
- Enfriamiento evaporativo
- Etc.

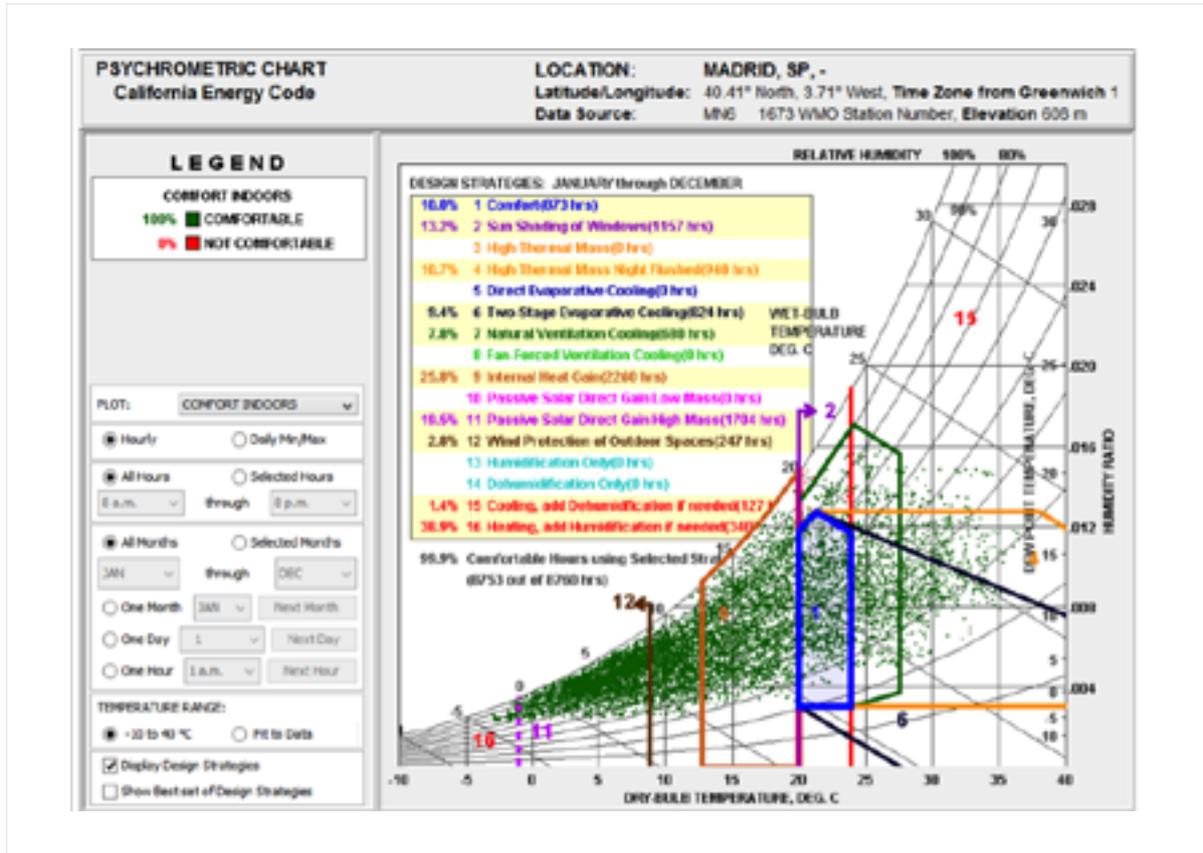


Figura.10. Diagrama Psicométrico para las condiciones anuales de Madrid y selección de mejores estrategias bioclimáticas. (Fuente: Programa ClimateConsultant)

### V.3 Técnicas naturales de acondicionamiento

La Termodinámica indica que el modo natural de fluir la energía es del foco caliente al foco frío. Por tanto para que un edificio, de modo natural, reciba energía calorífica (calefacción) éste debe ser el foco frío con respecto a algún foco caliente.

En condiciones de invierno, los alrededores del edificio están más fríos que la temperatura de confort que deseamos alcanzar (alrededor de los 20°C). En cambio, el Sol es una estrella cuya temperatura aparente es de 6000°C. Éste será el foco caliente.

El objetivo del diseño arquitectónico será obtener la máxima energía de este foco caliente, desarrollando componentes especiales para

ello, sin olvidar que en lugares donde exista un importante periodo de verano, esta técnica puede ser contraproducente durante ese periodo. Por ello, los efectos de cada técnica diseñada para el invierno deben evaluarse en condiciones de verano y sus efectos deben eliminarse fácilmente durante esta época, a no ser que también sean beneficiosos.

Al contrario que en el caso de invierno, durante el verano se pretende que el foco caliente sea el edificio; por tanto, se han de buscar focos fríos para poder eliminar la energía desde el edificio hacia esos focos fríos.

Dependiendo del foco frío considerado

se estudiará una u otra técnica. Los focos fríos van a ser: el suelo a una profundidad determinada, el gradiente de humedad entre el ambiente exterior y el interior, y el cielo nocturno. Las técnicas de refrigeración natural pueden estar dedicadas a evitar los sobrecalentamientos, o técnicas “preventivas” como son la ventilación y el sombreado,

o técnicas “correctivas” (técnicas que procuran realmente refrigeración) como son la refrigeración evaporativa y la refrigeración radiativa.

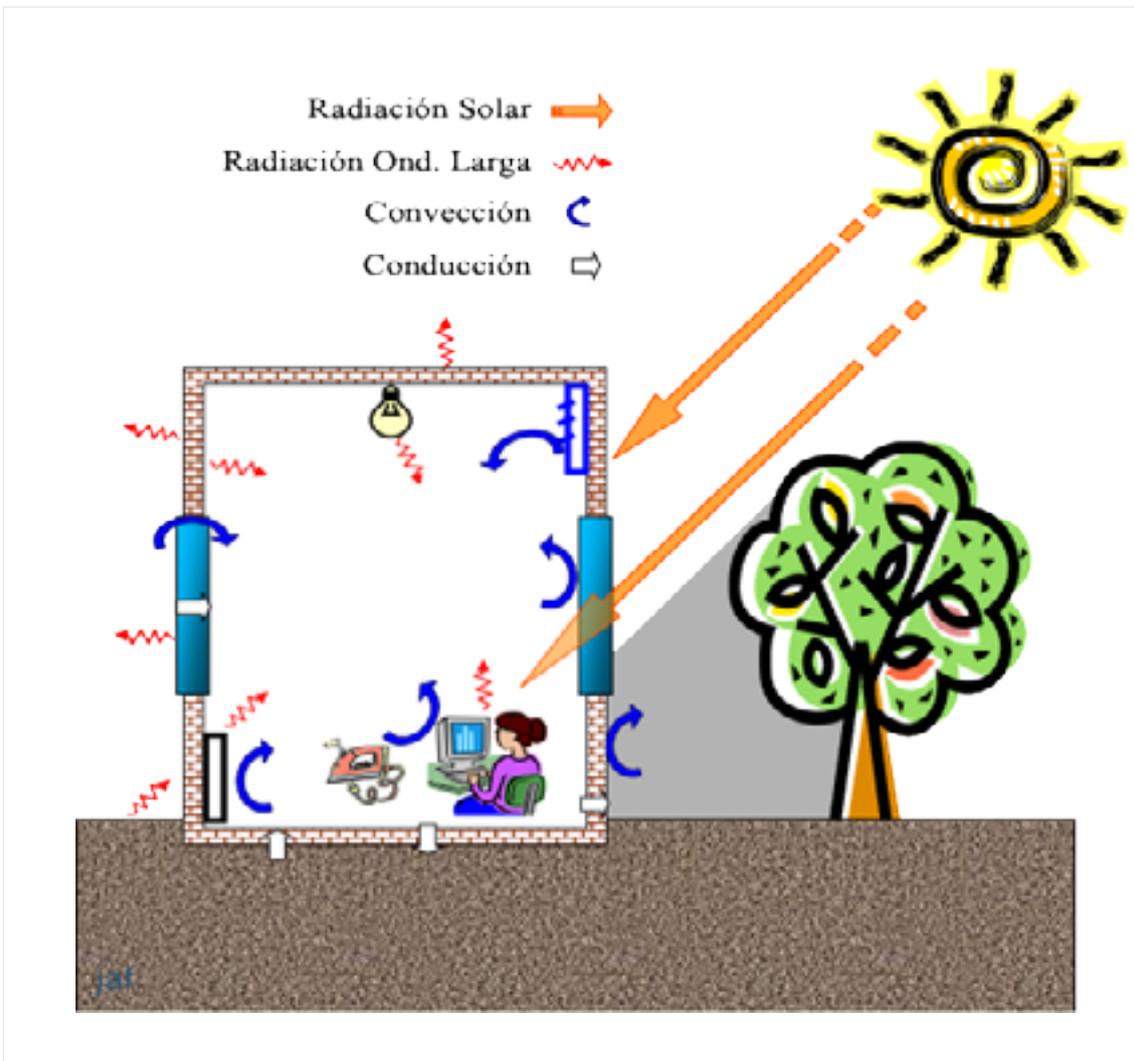


Figura.11. El edificio como máquina térmica

Ambos tipos de medidas no sólo no son incompatibles, sino que es recomendable el uso simultáneo a fin de optimizar la eficiencia del diseño. Las *preventivas* evitan que la demanda del edificio sea muy grande y, por tanto, que sea posible cubrirla con la segunda clase de medidas *correctivas*.

Se debe tener presente que las técnicas naturales de calefacción y refrigeración se usarán para alcanzar las condiciones de confort

en invierno y en verano, respectivamente. El empleo de estas técnicas ha de hacerse teniendo en cuenta que sus efectos deben anularse en la estación contraria, pues de otro modo podrían llegar a ser contraproducentes

En climas variables el diseño de edificios energéticamente eficientes es complejo, puede existir épocas de frío intenso y épocas de calor intenso y en general, hacer falta refrigeración y calefacción. Por tanto las soluciones que se

adopten en el diseño del edificio deben de cumplir la doble funcionalidad.

En la época de calefacción el problema del aprovechamiento de los recursos natural se puede dividir en tres aspectos: captación, almacenamiento y distribución de la energía solar.

El problema de la captación de energía solar se mejora con una orientación adecuada de los edificios, y con una distribución adecuada de las ventanas. Hay que tener en cuenta que las ventanas abiertas al sur (en el hemisferio norte), donde se recibe radiación solar durante todos los días del año, tendrán una captación máxima en invierno, y en cambio en verano con un sistema elemental de protecciones solares (retranqueo, toldos, pérgolas, ...) es fácil evitar toda ganancia directa de radiación solar.

El problema del almacenamiento se soluciona distribuyendo adecuadamente las masas de inercia térmica. Siguiendo a lo largo del día la evolución de la mancha solar a través del interior del edificio podemos inducir donde se producirá un máximo de captación, con lo que será conveniente usar en estos lugares materiales de elevada inercia térmica - producto de la densidad por la capacidad calorífica del material- (ladrillo macizo, loseta cerámica, ...). La ventaja de usar este tipo de materiales es que captan la energía a las horas que mayor aporte existe, y debido al efecto del desfase temporal esta energía es liberada a las horas en que hay menor aporte energético. Es decir, un material con un desfase de doce horas tendría su máxima captación en el mediodía solar y su máxima cesión al ambiente interior a las doce de la medianoche.

Por último el problema de la distribución de energía se consigue, en parte, con la distribución adecuada de las masas de inercia y con el correcto diseño de la circulación del aire a través de las piezas del edificio (correcto diseño de los huecos de distribución

interiores). Por otra parte, no todas las piezas del edificio requieren del mismo tratamiento, así en una vivienda la cocina no necesita consideraciones importantes en cuanto a captación de energía solar, ya que de por sí es un lugar donde habrá importantes aportes energéticos debido a las actividades culinarias, asimismo los dormitorios son lugares de uso especial ya que hay una protección extra de ropa. Consideraciones similares cabría hacer con almacenes, trasteros, garajes, etc.

En condiciones de verano estas ideas cambian drásticamente, si bien algunas de las consideraciones siguen siendo válidas. El aislamiento correcto sigue siendo un factor fundamental, así como en invierno evita la pérdida de energía desde el interior, en verano evita la ganancia de energía desde el exterior. Asimismo las inercias térmicas juegan un papel importante evitando que las temperaturas interiores suban de forma alarmante, pero esta estrategia debe ir acompañada de una adecuada ventilación nocturna que evite que el almacenamiento de energía vaya incrementándose día a día, y que acabe produciendo una situación de discomfort continua en el tiempo.

Características de edificios eficientes en el aprovechamiento de los recursos naturales para la climatización interior.

En situación de verano las técnicas más elementales son: el control solar y las estrategias de ventilación. Aparte de estas, existen técnicas más sofisticadas que no solo evitan el calentamiento, sino que además producen una disminución efectiva de la temperatura del aire: técnicas evaporativas, conductos enterrados, etc.

En el control solar juega un papel primordial la orientación de las ventanas. La ventana no es únicamente un elemento captador de energía, sino que además es una fuente de iluminación natural, por tanto no debe ser considerada como un enemigo en verano, sino que proporciona, aparte de la iluminación antes mencionada la posibilidad de establecer ventilaciones que atemperen las condiciones interiores.

Las estrategias de ventilación pueden clasificarse en varios apartados: ventilación natural, ventilación cruzada, efecto chimenea y ventilación nocturna.

Dependiendo de las temperaturas interiores y exteriores podrá ser conveniente en establecer corrientes de aire dentro del espacio ocupado. Por otra parte si se han tenido en consideración las corrientes preferentes de viento en la zona donde está inmerso el edificio, y dependiendo de ellas se ha practicado una correcta estrategia de distribución de huecos, será posible establecer corrientes de aire efectivas en el interior del edificio que lo sitúen dentro de las condiciones de confort.

Las estrategias de ventilación nocturna son efectivas en los lugares con características climatológicas donde existe un considerable salto térmico entre el día y la noche, con ellas se consigue enfriar la estructura del edificio

con el fin de evitar acumulaciones de energía.

El efecto chimenea se produce en edificios en los que la parte alta del mismo es posible sobrecalentarla, con lo cual por la diferencia de densidades entre el aire caliente y frío se produce un efecto de succión que acelera las renovaciones de aire desde el exterior.

Concluyendo, podemos decir que la *correcta orientación* de los huecos, teniendo en cuenta tanto las ganancias solares, como las corrientes preferentes de viento, el uso de *aislamiento y masas de inercia adecuado*, el diseño de *protecciones* tanto para las corrientes de viento desfavorables, como para el exceso de radiación solar directa, dan unas características al edificio que lo hacen especialmente eficiente en el aprovechamiento de los recursos naturales para la climatización interior.

### V.3.1 Técnicas naturales para calefacción

La transferencia de energía entre el sol y el edificio se hace a través de los fenómenos de radiación, y entre el edificio y el aire a través del resto de los fenómenos (conducción, convección y transferencia de masas).

Por su parte el edificio actúa como un filtro para las condiciones exteriores, de tal modo que atenúa las variaciones que se producen en el exterior, amortiguándolas en el interior. El edificio ideal sería aquel que una vez conseguidas las condiciones de confort fuese tan restrictivo que toda variación se viese absolutamente amortiguada en el interior. En otras palabras aquel edificio que mantenga a lo largo de todos los días del año la temperatura y humedad constantes. Este edificio se comportaría como una cueva en un clima templado, por lo que siempre tendremos dos focos entre los cuales se va a plantear el balance energético con respecto al edificio.

En periodo de calefacción, el balance va a ser positivo en relación con el sol, es decir la transferencia de energía va a ser siempre desde el sol hacia el edificio, y negativo en

relación con el aire circundante, por lo que el edificio cederá energía al aire circundante. Por tanto el diseño del edificio debe encaminarse a que el edificio capte la mayor energía solar posible, y ceda la mínima al ambiente exterior.

Por lo que las estrategias en periodo de calefacción se pueden resumir en una serie de aspectos que es necesario conocer adecuadamente para realizar un diseño energéticamente eficiente, estos son:

- Orientación sur (máxima captación en invierno)
- Elevadas aperturas vidriadas para captación solar con pocos huecos en fachada norte.
- Textura exterior del edificio poco rugosa (disminuimos el coeficiente de convección)
- Propiedades ópticas de los materiales de acabado exterior con alto coeficiente de absorción para máxima captación solar.
- Materiales de construcción con elevada inercia térmica por el interior (almacenamiento para posterior

- distribución).
- Aislamiento térmico adecuado, dependiendo de las zonas climáticas, para reducir las pérdidas por conducción.
  - Protecciones móviles con aislamiento para las aperturas vidriadas, siempre por el exterior de las mismas, con buena hermeticidad para evitar infiltraciones de aire.

Los conceptos básicos que hay que tener en cuenta en las técnicas naturales para calefacción son: masa térmica, aislamiento, orientación.

### V.3.1.1 Orientación

Se ha dicho que el foco caliente en el caso de la calefacción pasiva es el sol, por lo que debemos conocer adecuadamente su trayectoria en el cielo con el fin de orientar de forma óptima el edificio para que tenga una captación máxima en invierno, sin olvidar que esta captación puede ser un enemigo en verano y por tanto debe ser mínima en este periodo de tiempo.

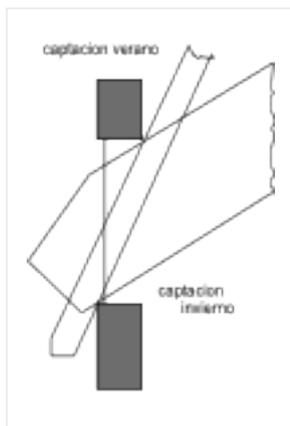


Figura.12. Captación solar en función del ángulo de incidencia solar según las estaciones

Es evidente que la posición de máxima captación de energía solar es aquella que en todo momento es perpendicular a la incidencia de los rayos solares.

Por lo que la orientación óptima de las ventanas es la sur en el hemisferio norte y la norte en

el hemisferio sur. Las protecciones solares a diseñar deben ser adecuadas para no afectar la captación invernal y evitar la estival. Por otra parte la relación entre área de ventanas y superficie a acondicionar tiene también una importancia capital para un aprovechamiento óptimo de la radiación solar.

### V.3.1.2 Muros y huecos según la orientación.

Si en el hemisferio norte, la orientación sur recibe durante todo el día la radiación solar, es evidente que la norte estará continuamente sombreada, por tanto las condiciones térmicas de esta zona serán mucho más frías. Por tanto deben evitarse los huecos y tener un cuidado especial en la colocación del aislamiento térmico. Por otra parte no es conveniente que sea una zona ciega, ya que hay que prever la generación de corrientes de aire para refrigerar en verano.

Las fachadas este y oeste reciben el sol por la mañana y por la tarde (dividiendo ambos periodos a partir del mediodía solar) respectivamente. Ambas fachadas son desfavorables en verano, ya que la captación es muy difícil de evitar a no ser que se empleen persianas corredizas (o similares) que obstruyan completamente la incidencia solar. Es especialmente desfavorable para el verano la orientación oeste, ya que al ser la captación por la tarde se añade además las elevadas temperaturas que se han alcanzado en el ambiente después de muchas horas de insolación.

Asimismo no debe olvidarse que, dependiendo de las direcciones preferentes de viento de cada zona, los huecos deben abrirse de forma adecuada para permitir las ventilaciones en verano, y protegerse de los vientos fríos en invierno.

Para un diseño óptimo de los huecos, aparte del tamaño y orientación, hay que instalar una buena carpintería para evitar en la medida de lo posible las infiltraciones de aire que son un foco de pérdidas continuo y no controladas.

En general el aislamiento del edificio debe ser el adecuado, ya que este elemento protege de los enfriamientos en invierno y de los calentamientos en verano.

### V.3.1.3 Inercia térmica

Aunque se han separado en apartados diferentes la orientación y las inercias térmicas, estas van siempre unidas debido a que la orientación del edificio es algo que mediatiza absolutamente las decisiones posteriores de diseño. Quiere significarse con ello, que la adecuada orientación del edificio es crucial para obtener un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales. Las masas de inercia térmica almacenan el calor y posteriormente la reemiten con un cierto desfase temporal y con una cierta atenuación, dependiendo ambos de las características de los materiales de que está compuesta.

Las principales masas de inercia en un edificio están en los muros y suelos. Una adecuada distribución de las masas de inercia térmica combinada con un adecuado aislamiento y una estrategia de ventilación correcta es crucial para conseguir un edificio confortable.

La radiación solar incidente sobre la superficie es, en parte, absorbida, en parte reflejada, dependiendo del material y del color del muro. La energía absorbida se distribuye bien hacia el interior del muro a través de la conducción, bien hacia el exterior mediante los fenómenos de radiación y convección.

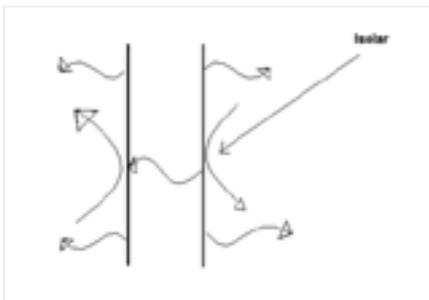


Figura.13. Absorción y reflexión de la radiación solar incidente

Una parte de la energía transmitida hacia el interior del muro se emplea en aumentar la temperatura del muro, con lo cual esta

energía queda almacenada en el mismo. Este es el efecto de la inercia térmica: El almacenamiento de energía se comprueba mediante el aumento de la temperatura de la estructura. Cuando la onda térmica llega de una cara a otra del muro se han producido dos fenómenos: Una amortiguación de la cantidad de energía debido a que parte de la misma se ha empleado en aumentar la temperatura del muro, y un desfase temporal del pico de la onda térmica el cual llega a la cara opuesta con un cierto retardo temporal.

Eligiendo adecuadamente las características del muro (conductividad, densidad, capacidad calorífica y espesores de las distintas capas) podemos llegar a obtener desfases idóneos, p.e. 12h, con lo cual la máxima cantidad de energía hacia el interior se produciría a las 12 de la medianoche.

Hay que considerar además que el uso de aislamiento incide directamente sobre el diseño de las masas de inercia. Por tanto el diseño de un muro debe tener en consideración ambas fenómenos.

Debe tenerse en cuenta, que la colocación de aislamiento en un muro parte en dos zonas al mismo: la anterior y posterior al aislamiento. Por tanto la inercia térmica que afectará a la evolución térmica de las condiciones interiores será aquella situada entre el aislamiento y el interior, dado que la capa aislante del muro actúa como una barrera para la energía.

Por tanto el diseño adecuado de la distribución de las masas de inercia está íntimamente ligado con la colocación estratégica de los materiales aislantes. En términos generales debe indicarse que todas las superficies expuestas al exterior deben ir dotadas de aislamiento, ahora bien si un muro está en contacto con un espacio tampón (invernadero, muro Trombe, etc...) y recibiendo gran cantidad de energía solar (orientación sur) es muy conveniente que no tenga aislamiento, y si un gran poder de almacenamiento de energía (ladrillo macizo, hormigón, etc.).

### V.3.1.4 Ganancia solar

#### El Efecto Invernadero

Este efecto, es la base principal para el aprovechamiento solar en invierno. Se produce al utilizar el vidrio como componente de la construcción. Es una combinación de la ganancia solar con la inercia térmica, aprovechando las características ópticas del vidrio.

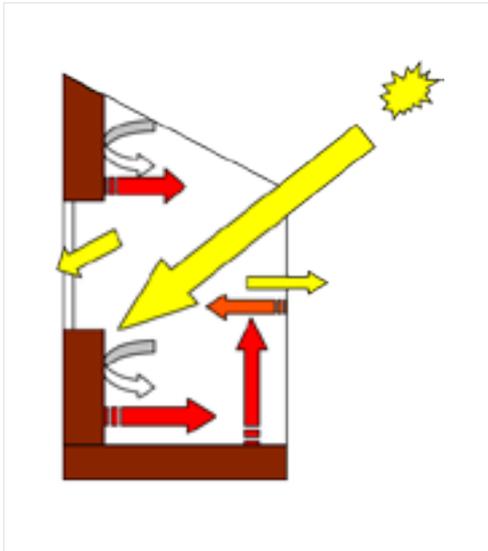


Figura.14. uncionamiento de un invernadero

El vidrio es transparente a la radiación de onda corta (radiación solar), mientras que es opaco a la de onda larga (infrarrojo térmico). Al incidir la radiación solar sobre un vidrio, ésta se ve transmitida en un porcentaje muy elevado, pasando al interior e incidiendo sobre otros elementos (paredes y suelo) que la absorben asimismo en un porcentaje muy elevado.

Estos elementos aumentan su temperatura, emitiendo a su vez radiación de onda larga, la cual no se puede perder debido a que el vidrio es opaco a esta longitud de onda.

Por convección el aire del espacio invernadero se calienta y extrae energía de los elementos masivos (techos, suelo, paredes), alcanzando una temperatura muy elevada incluso en condiciones de aire exterior frío.

#### Ganancia Directa.

Es el modo más sencillo para la captación solar. El elemento es la *ventana*, y únicamente

requiere una adecuada orientación. Se le llama ganancia directa porque no existe ningún elemento intermedio entre la radiación solar y el espacio que se desea calentar, salvo el vidrio.

La diferencia fundamental entre unos diseños y otros consiste en el lugar de colocación de la ventana, así como en su inclinación con respecto a la vertical, así como del tipo de vidrio utilizable en cada uno de los diseños, dependiendo del objetivo que pretendamos conseguir.

La inclinación de los vidrios es un parámetro que debe emplearse con sumo cuidado para latitudes intermedias y bajas (como es el caso de la franja mediterránea), ya que el ángulo de incidencia solar en verano es muy elevado, con lo cual las ganancias pueden ser excesivas y producir sobrecalentamientos. En general es aconsejable la posición vertical, y siempre colocando sombreamientos.

Colocar ventanas en diferentes niveles es una solución muy adecuada para iluminar y captar energía solar en piezas del edificio que no están adosadas a la fachada sur.

#### Ganancia Indirecta.

Se conoce por este nombre a los componentes que entre la radiación solar y el espacio que se desea calentar colocan elementos que almacenan y, posteriormente, distribuyen la energía. Así como en el caso anterior, el único fenómeno de transferencia de calor que interviene la radiación, en este caso los fenómenos que se producen son de conducción y la convección.

Todos los componentes poseen una parte masiva que almacena la energía solar captada, emitiendo esta energía en forma de radiación térmica con un desfase temporal que depende de las características de los materiales empleados.

Básicamente existen dos tipos de sistema: el que exclusivamente tiene un muro masivo, tras un vidrio (el cual produce el efecto invernadero, favoreciendo la ganancia energética del muro) y los que, además, combinan el almacenamiento con la convección introduciendo el aire caliente en el espacio que queremos calentar.

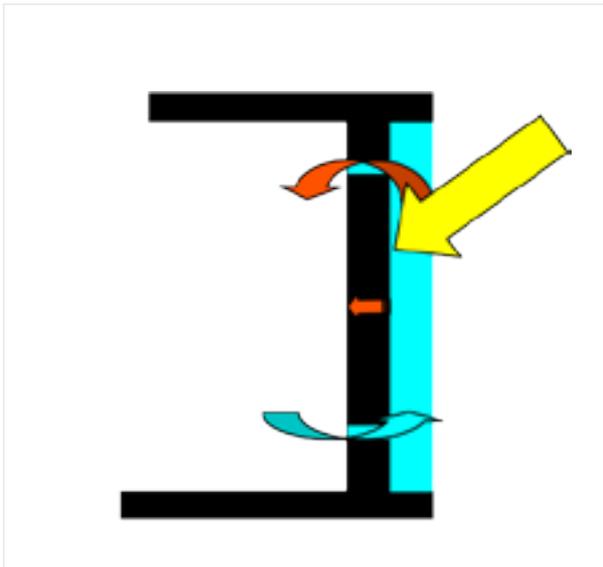


Figura.15. Esquema de muro Trombe

controlado por un termostato), exista un paso de aire caliente desde el componente hacia el espacio habitado. A su vez, el aire que penetra en el espacio invernadero del *muro Trombe* está precalentado debido a que se toma de las condiciones interiores.

Es evidente que este es un sistema que funciona exclusivamente en condiciones de invierno. Durante el verano, deben adoptarse las siguientes medidas preventivas sobre este componente:

- Abrir el vidrio para evitar el efecto invernadero.
- Evitar la conducción de calor a través del muro colocando, aislamiento por la cara exterior.
- Pintándolo con colores claros para aumentar la reflexión de la radiación solar incidente.

Los diseños varían dependiendo de si se realiza sobre un muro vertical o sobre el techo, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

Dentro de este tipo de técnicas se incluye el invernadero adosado. Existe un componente que, tradicionalmente, se ha usado en diseño pasivo conocido como *muro Trombe* en honor del arquitecto que lo empleó por primera vez.

Este componente consiste en un muro masivo, sin aislamiento y con colores oscuros, para aumentar la absorción de radiación solar, delante del cual se coloca un vidrio con el fin de producir el efecto invernadero. La distancia entre el vidrio y el muro es pequeña, de manera que el volumen de aire que se va a calentar sea también pequeño y se alcancen temperaturas elevadas fácilmente. En la parte inferior y superior del muro existen unas aperturas practicables de modo que bien por convección natural, bien forzada (mediante un ventilador

Las soluciones diferentes de la vertical (soluciones de techo) deben aplicarse con sumo cuidado para conservar las condiciones de confort durante el verano.

### Ganancia Separada

En este caso el sistema captador de la energía solar está separado físicamente del espacio que se quiere calentar. La distribución de la energía se hace a través del aire hasta el lugar de la demanda.

Las tres técnicas tienen poco sentido por sí mismas: deben ir acompañadas de una buena calidad de la construcción y una buena selección de los materiales empleados tanto en la construcción del componente como en el resto del edificio.

## V.3.2 Técnicas naturales de refrigeración

Como se ha indicado anteriormente la transferencia natural del calor se produce siempre desde el foco caliente al foco frío, y nunca a la inversa, a no ser que se incluya en el proceso una máquina térmica que consumirá, siempre (2º principio de la Termodinámica) más trabajo que la energía que produzca.

Por ello el problema de la refrigeración pasiva, entendido como “*disminuir la temperatura del aire en un ambiente determinado*”, es un problema de difícil solución si no se añade ningún sistema convencional de refrigeración. La refrigeración pasiva en su concepto más amplio y se dedica al

desarrollo de diseños arquitectónicos que mantengan las condiciones de confort en el edificio sin necesidad de un consumo energético en sistemas convencionales de aire acondicionado.

El principal problema de la llamada refrigeración pasiva o técnicas naturales para refrigeración es evitar que el espacio habitado se sobrecaliente (temperaturas superiores a los 28°C son sobrecalentamientos importantes y producen disconfort). Tiene por tanto una primera tarea meramente preventiva. La defensa de sobrecalentamientos se realiza a través de tres mecanismos fundamentalmente: protección solar, ventilación y masa térmica.

Todas estas técnicas se agrupan bajo el epígrafe de refrigeración gratuita ("*free cooling*") es la expresión inglesa utilizada usualmente en la bibliografía). Es necesario señalar que estas técnicas son las primeras a aplicar en un diseño consciente desde el punto de vista energético.

Ahora bien, dada la climatología o las cargas internas del edificio puede ser necesario un aporte extra de energía para conseguir el confort térmico. Este aporte puede conseguirse a base de los aires acondicionados usuales, o bien mediante el uso de una serie de técnicas naturales que se obtienen buscando sumideros de energía. Es decir, lugares a donde poder disipar el calor excedente de

edificio.

Los principales sumideros de calor que suelen ser utilizados son:

- La temperatura del suelo a una cierta profundidad, a través de tubos enterrados.
- El estado higrotérmico del aire exterior: evaporando agua se obtendrá aire más fresco.
- La temperatura aparente del cielo nocturno que es muy baja, utilizando radiadores, usando el agua como fluido caloportador o bien el aire.

### V.3.2.1 Control solar

Se refiere al uso de diferentes tipos de protecciones solares que se emplean para evitar la incidencia directa de la radiación sobre el edificio, o partes del mismo. Dado que la principal fuente de energía es el sol, en verano debe procurarse que penetre la mínima cantidad de energía posible dentro del recinto a controlar.

Según a que hora incida el Sol sobre las diferentes fachadas del edificio, tendrá mayor relevancia su sombreado:

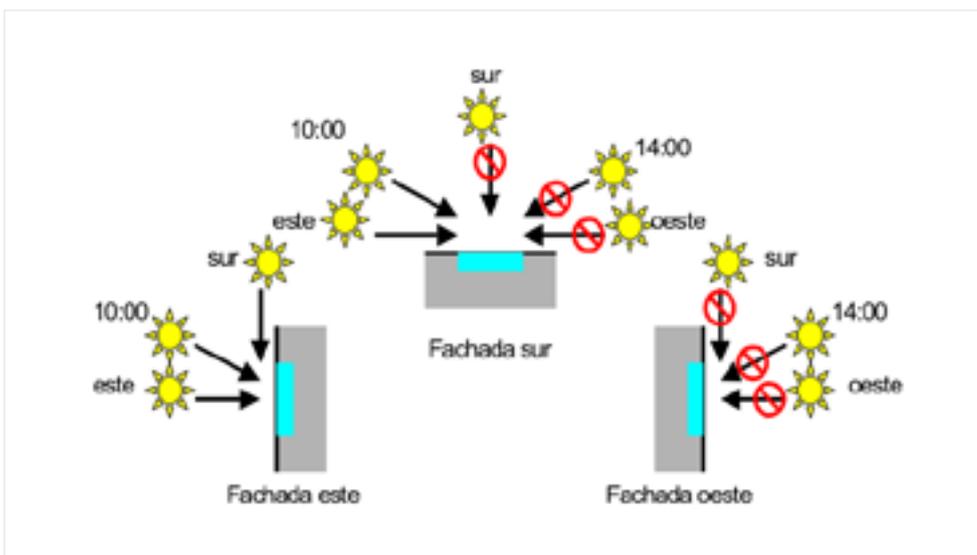


Figura.16. Incidencia solar horaria (hemisferio norte)

- Radiación solar del este: Al amanecer la radiación solar incide casi perpendicularmente sobre las fachadas orientadas al este, pero debido a que a esta hora suele corresponder la temperatura ambiente mínima, no es imprescindible protegerse de esta radiación solar.
- Radiación solar de sur: A medio día el Sol alcanza su máxima altura, y la temperatura ambiente está cerca de alcanzar su máximo. Es importante proteger los huecos de la fachada sur de esta radiación.
- Radiación solar de oeste: Durante el atardecer el Sol pierde altura en el cielo, entrando perpendicularmente por los huecos de las fachadas orientadas al oeste, siendo muy deslumbrante y molesto. El sombreado de estos huecos para el Sol del oeste es muy conveniente.

Existe gran cantidad de elementos de protección solar: cortinas, persianas, toldos, etc. En una primera división se diferencian en protecciones fijas y móviles.

- Las protecciones fijas forman parte de la propia estructura del edificio: retranqueos, aleros (tanto verticales como horizontales), balcones, etc. Hay que tener especial cuidado con el diseño de estos elementos, ya que deben proteger en verano, pero deben dejar pasar la radiación solar en invierno. Para ello se debe tener en cuenta la latitud del lugar
- Las protecciones móviles suelen tener un control manual, dependiendo de los gustos del usuario y de las condiciones climáticas.

Como norma general, todas las protecciones solares deben ser exteriores al vidrio de la ventana, dado que si son interiores la radiación llega a penetrar en el espacio a controlar y se producen sobrecalentamientos. La necesidad de protecciones exteriores hace que aumenten los problemas, ya que deben instalarse materiales resistentes a la intemperie.

Asimismo existe una protección natural que es el uso de *vegetación* de hoja caduca frente a los huecos vidriados. Este tipo de protección presenta una ventaja adicional sobre las artificiales. Al ser la planta un ser vivo tiene un mecanismo termorregulador el cual hace que se mantenga constante su temperatura frente a los cambios exteriores, lo cual procura, además de la protección a la incidencia solar un suavizado de las condiciones ambientales. Es importante que la vegetación sea de hoja caduca, porque de este modo está poblada en verano produciendo el efecto protector y en invierno no tiene hojas dejando penetrar los rayos solares.

Por otra parte como la zona norte está sombreada continuamente, si en esta fachada se diseña un patio o un porche que ocupe la misma, generamos un espacio completamente sombreado y con un cierto volumen de aire que estará a menor temperatura que la del ambiente, con lo cual se consiguen dos efectos beneficiosos: Mantener fresco el muro norte y disponer de una masa de aire a temperatura adecuada para distribuirlo posteriormente en el interior de la vivienda. Esta distribución se consigue usando técnicas adecuadas de ventilación.

### V.3.2.2 Ventilación

La ventilación en un edificio en verano tiene varios objetivos: adecuar las condiciones ambientales a las exigencias de confort y evacuar la energía almacenada en las masas de inercia térmica para evitar el sobrecalentamiento paulatino del edificio.

El provocar intercambios de aire del interior con el exterior será beneficioso únicamente en el caso que la temperatura exterior del aire sea menor que la interior, en caso contrario estaríamos calentando el ambiente. Por otra parte hay que considerar que para alcanzar el estado de confort no únicamente es importante la temperatura ambiente, sino también la velocidad del aire y la temperatura media radiante, que depende en mayor medida de la temperatura superficial de los muros que de la del aire.

Dentro de esta técnica de refrigeración natural podemos distinguir varios tipos: simple, cruzada, nocturna y por efecto chimenea.

De todas ellas la menos eficiente y a la vez la más fácil de utilizar es ventilación la simple, la cual requiere de velocidades exteriores de viento elevadas, estando el hueco muy bien orientado con respecto al sentido de esta velocidad.

### Ventilación simple.

Con esta técnica el número de renovaciones de aire conseguido es pequeño. En la figura se esquematiza este proceso. Como puede verse existe una única apertura, a través de la cual, y por diferencia de presiones el aire entra y sale.

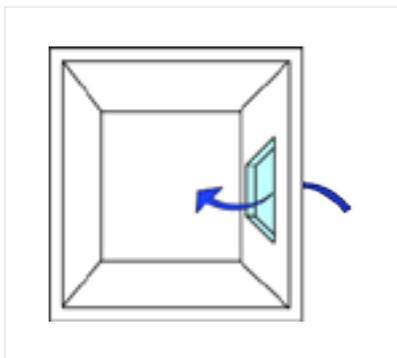


Figura.17. Ventilación simple

Para que este efecto sea eficiente la orientación del hueco con respecto a la dirección del viento debe ser coincidente, en caso contrario el efecto es muy pobre. Si el hueco está en contacto con una zona especialmente protegida de la insolación (recuérdese los patios abiertos o porches en la fachada norte a los que nos referíamos en el apartado anterior) el efecto puede ser muy beneficioso, ya que el intercambio que se produce es con una masa de aire que esta preacondicionada.

### Ventilación cruzada.

Se establece este tipo de ventilación cuando existen huecos entre dos fachadas diferentes, sin que haya obstrucciones interiores entre

ambos huecos, es decir que se pueda establecer una línea ininterrumpida entre ambas aperturas. En la figura adjunta se presenta un esquema sencillo, pero muy ilustrativo.

En la siguiente figura se presentan el caso en el que las fachadas en que están localizados los huecos son opuestas, con este tipo de configuración se consigue un mayor número de renovaciones de aire.

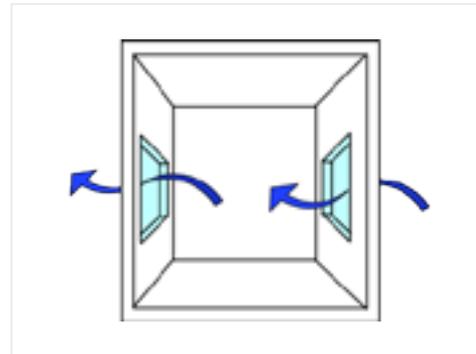


Figura.18. Ventilación cruzada

Este tipo de ventilación puede llegar a ser molesto porque la velocidad de viento interior puede ser elevada, esto ocurre cuando la velocidad del aire es mayor que 1 m/s. Como principal consecuencia debemos remarcar que el diseño del edificio debe prever huecos en las fachadas para que se pueda establecer este tipo de ventilación.

Para un correcto diseño de los huecos, y la elección de las fachadas para practicarlos, es imprescindible conocer las direcciones preferentes de viento en la zona, así como las posibles pantallas que van a afectar a la incidencia del viento sobre las mismas.

### Ventilación nocturna.

La ventilación nocturna tiene la principal misión de aprovechar el descenso de temperaturas que generalmente ocurre durante la noche para evacuar la energía almacenada en las masas de inercia térmica en el edificio.

Es evidente que durante el transcurso del día la estructura del muro se calienta debido a la incidencia solar. Si esta energía almacenada no se elimina, el edificio irá aumentando

paulatinamente su temperatura, de modo que se hará inhabitable por alcanzar valores de discomfort.

Este efecto se nota en la mayoría de los edificios convencionales: Cuando empieza la época estival el edificio es fresco, en cambio a medida que avanza el verano el edificio va aumentando su temperatura interior, llegando a darse el caso de que en condiciones exteriores frescas (un día fresco de verano, o durante la noche) el edificio tiene temperaturas fuera de los límites de confort.

La eliminación de esta energía se produce fundamentalmente por dos mecanismos: Radiación a cielo nocturno y convección entre el aire exterior y los muros del edificio. La temperatura aparente de cielo en una noche despejada de verano puede ser alrededor de 15 a 20°C por debajo de la temperatura ambiente, por tanto, atendiendo a los conceptos de fenómenos de transferencia de calor por radiación, la cantidad de energía cedida por el muro es proporcional a la diferencia de temperaturas interior y la aparente del cielo, ambas a la 4ª potencia, lo cual da una importante pérdida de energía por este concepto.

**Efecto chimenea.**

Consiste en el tiro de aire que se provoca cuando existe un gradiente térmico considerable a diferentes alturas. Este efecto presenta una gran eficiencia en cuanto al número de renovaciones de aire que provoca. Además es prácticamente independiente de las condiciones exteriores ya que él mismo efecto genera las condiciones necesarias para que se produzca.

En la figura se representa un edificio en sección, en donde la parte superior está acristalada, por lo que tiene una importante ganancia solar. Debido a esta ganancia de energía el aire sufre un importante aumento de temperatura, lo cual se traduce en una disminución de la densidad y por tanto tiende a subir y escapar por las aperturas superiores. Esto produce un efecto de succión desde el exterior hacia

el interior en los huecos inferiores, generando unas corrientes cruzadas de aire.



Figura.19. Efecto chimenea

En la figura se representa un edificio en sección, en donde la parte superior está acristalada, por lo que tiene una importante ganancia solar. Debido a esta ganancia de energía el aire sufre un importante aumento de temperatura, lo cual se traduce en una disminución de la densidad y por tanto tiende a subir y escapar por las aperturas superiores. Esto produce un efecto de succión desde el exterior hacia el interior en los huecos inferiores, generando unas corrientes cruzadas de aire.

Si el aire procedente del exterior se toma de una zona preacondicionada el efecto resultante puede ser ideal para mantener las condiciones de confort.

Este tipo de elemento es ambivalente, ya que tiene un funcionamiento igualmente positivo en invierno, sin más que cerrar las aperturas superiores e inferiores, dejando que se produzca el efecto invernadero.

## V.4 Herramientas de diseño

Además de las estrategias y herramientas anteriormente analizadas, será imprescindible la utilización de técnicas de simulación energética mediante programas de simulación horaria de las cargas térmicas y comportamiento real de los sistemas técnicos

(EnergyPlus, Trnsys, Designbuilder, etc.).

Así la simulación energética se convierte en una herramienta fundamental para analizar las diferentes propuestas en la fase de diseño, evaluando su repercusión en la reducción del consumo de energía final del edificio.

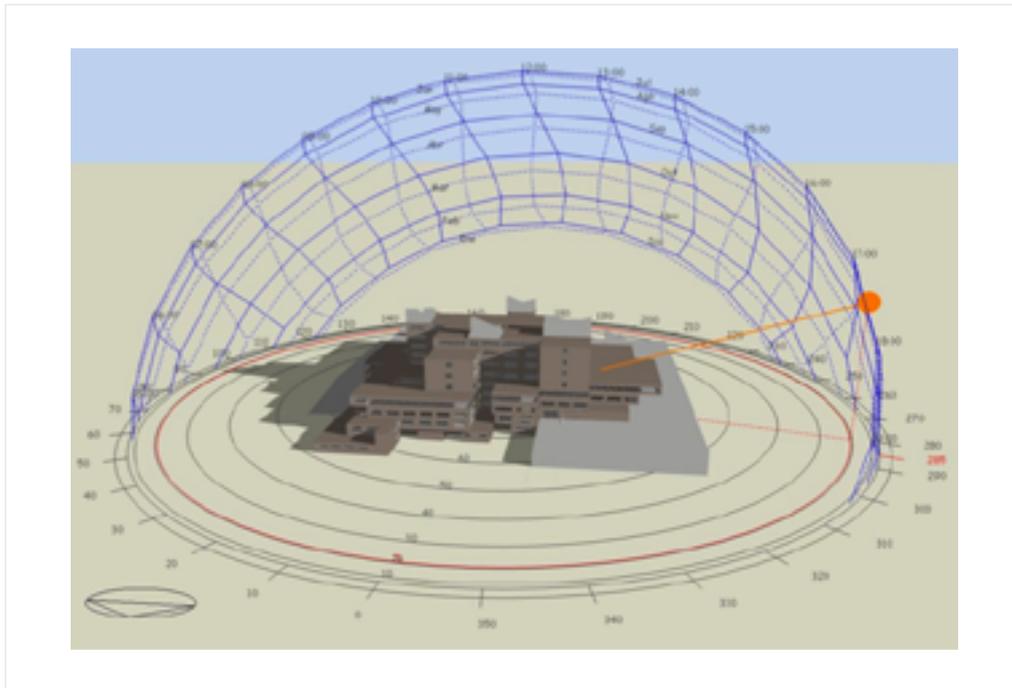


Figura.20. Modelado energético de edificio existente para realización calibrada dentro del proyecto Life Opere. (Fuente: EnergyLab)

el caso de contar con datos reales de consumos energéticos, como es el caso en actuaciones de rehabilitación energética de edificios, es posible realizar ajustes en los modelos matemáticos para obtener simulaciones mucho más precisas y ajustadas a la realidad.

Por último comentar el papel que debe representar la monitorización energética de edificios existentes, cuando se conozcan los datos del comportamiento en condiciones reales de uso o se disponga de sistemas de gestión, o de una manera más amplia la realización de auditorías energéticas de edificios existentes, de cara a la optimización y mejora del consumo energético de los edificios existentes.

De este modo la auditoría perseguirá el

estudio integral de todos los aspectos tanto técnicos como económicos que afectan directa o indirectamente al consumo de las diferentes energías en un edificio, y poder establecer un conjunto racional de reformas o mejoras encaminadas a un uso racional de la energía.

Para ello, desde la fase inicial de la recogida de los datos, la posterior realización de medidas experimentales como puede ser la realización de termografías para conocer el estado real de los cerramientos del edificio, hasta el posterior diagnóstico energético y propuesta técnico económica de mejoras a implementar el proceso de la auditoría energética todo ello está encaminado a detectar posibles puntos de mejora en el consumo energético de edificios.

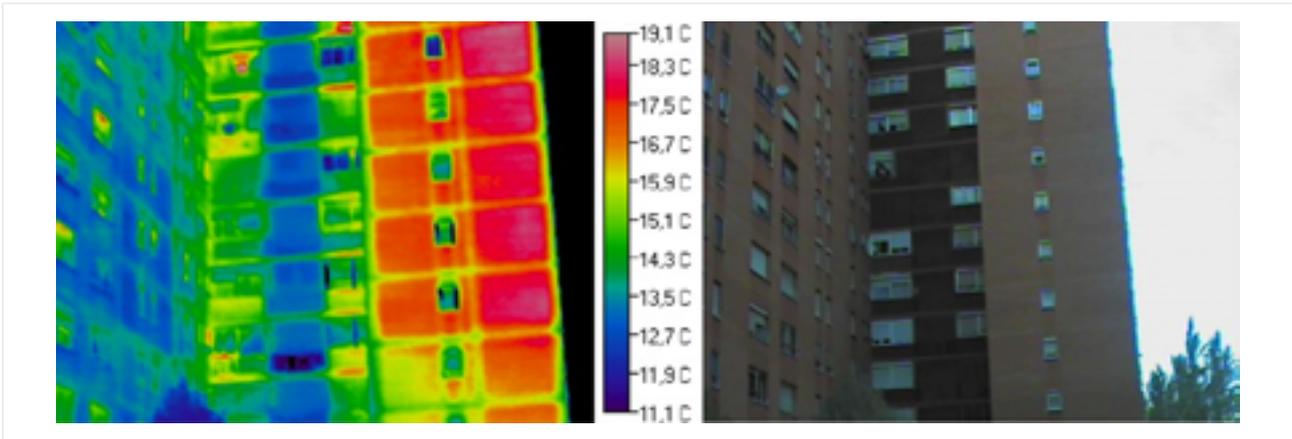


Figura.21. Termografía y fotografía de un edificio de viviendas en Valladolid, en donde se aprecian los puentes térmicos en fachada provocados por la estructura (Fuente: EnergyLab, 2011).

De este modo, y para el caso de los edificios existentes, a pesar de la dificultad económica y técnica de plantear grandes intervenciones encaminadas a la mejora del comportamiento energético de los mismos, se podrá establecer un plan de optimización energética, estableciendo la prioridad de las diferentes

actuaciones a implementar para alcanzar nuevos niveles de eficiencia energética, que si bien, no puedan competir con los edificios de cero energía o EECN, permiten optimizar al máximo los potenciales de ahorro en los edificios existentes.

# VI. OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

## VI.1 Introducción.

En los hospitales a la hora de climatizar hay que hacer unas consideraciones previas y tener en cuenta que este sector es particular y no igual a cualquier otro, incluso entre diferentes hospitales, puede haber diferentes decisiones a tomar en función de sus necesidades y ubicación geográfica; ahora bien hay ciertos puntos que se deben abordar por igual independientemente de cualquier tipo, y exclusivamente por el hecho de ser un hospital, para evitar posibles contagios entre zonas o el poder aislar algunos sistemas y alas para que sean independientes y cubrir así necesidades tales como las urgencias, quirófanos o análisis clínicos.

Teniendo en cuenta que debemos particionar las instalaciones al máximo posible para poder aislar zonas o para caso de averías poder seguir suministrando servicio, habría que definir primeramente que necesidades y cargas térmicas hay de demandas, contrastar con los diferentes sistemas que se instalarán y se verá qué porcentaje va a cubrir cada sistema y que aplicación o zona tendrá. Este estudio se debe de hacer de forma independiente para cada hospital, ya que por ejemplo en las zonas del Sur de Europa podemos encontrar que la demanda anual de ACS y calefacción es igual o muy similar, cuando en zonas con inviernos

más extremos el ACS tan sólo representa una pequeña fracción del consumo necesario.

Dentro de los distintos sistemas para calefactar una edificación, en el caso de hospitales se seleccionarán los que no tengan problemas con la salubridad humana; donde nos podemos encontrar que el sistema habitual para acondicionamiento térmico, por ejemplo, en el sector hotelero sería con sistemas de circulación de aire, bien sean simples o de doble ventilación incluso con sistemas de recuperación de calor, pero en el caso de los hospitales estos sistemas necesitan de un mantenimiento de las membranas para que no sea un nicho de bacterias y además el ruido continuado puede ser una afección colateral que afecte negativamente a las zonas donde estén los pacientes. Estos sistemas para acondicionar el aire deben ser utilizados en zonas técnicas exclusivamente, donde los pacientes no tendrán acceso y el mantenimiento se hará como parte del mantenimiento de los sistemas del hospital.

Con esta perspectiva pasaremos a revisar las principales instalaciones consumidoras de energía en un hospital tipo.

## VI.2 Iluminación.

Una de las consideraciones básicas a tener en cuenta en el caso de la iluminación de una edificación está dirigida al ocupante de la misma. Actualmente en España está regulada la cantidad de luz mínima para un puesto laboral por los Servicios de Prevención Ajena de riesgos en el trabajo, pero esta sería una regulación mínima que se debe de cumplir como norma. En este trabajo se han abordado temas más directamente implicados con el usuario, con su salubridad y confort.

Como es bien sabido, el uso de la luz natural como sistema de iluminación en el diseño del edificio es una de las partes más importantes que se deben de abordar, no sólo por el consiguiente ahorro energético que se deriva de una buena planificación en el diseño, contando con las horas de iluminación natural en las diferentes estaciones, sino porque el ojo humano es el primer portal por el cual entra la luz al cuerpo, donde esta señal visual regula la visión pero también hay un parte no visual que va directamente al hipotálamo donde se regulan los ritmos del cuerpo, incluyendo el ritmo cardiaco y así mismo a diferentes centros del sistema nervioso.

Por tanto el considerar la luz natural como el óptimo de iluminación interior es fundamental, pero también se debe de considerar que en las edificaciones es necesario en las instalaciones la iluminación y adecuar esta parte al ritmo solar es lo más aconsejable, teniendo en cuenta que en la noche se deben usar sistemas de iluminación que no rompan el ciclo de regulación del cuerpo y que la producción de la melatonina en el ciclo nocturno no sea interrumpida, ya que podría generar problemas tipo Jet Lag, sensación de

baja energía y la fatiga, e incluso depresiones en humanos y otras problemáticas diferentes en otras especies.

La radiación solar es rica en la longitud de onda corta (azul) que regula el sistema circadiano, por lo que hacer edificios contemplando un entorno de luz natural a través de uso adicional de la luz del día sería una manera de energía eficiente y abordar el desequilibrio actual hacia la visión. En los edificios generalmente sirve para eliminar la radiación

UV significativa ya que un cristal de ventana es altamente transparente en el visible, pero la transmisión disminuye rápidamente a través de la UV, aunque el espectro de transmisión depende del tipo de vidrio y cualquier recubrimiento que se haya aplicado.

Dentro del sector hospitalario hay que considerar que no sólo existen los trabajadores del hospital, están también los pacientes y visitantes. Dentro de este equipo bien diferenciado, otra práctica que se debe de abordar es la diferenciación de turnos de trabajo en los diferentes puestos y la continuidad de los pacientes ingresados, que algunos de estos puedan ser discapacitados visuales y requieran una atención especial en lo que a iluminación se refiere.

Está demostrado que el color, los brillos, la intensidad de luz y el tipo de iluminación pueden incluso favorecer en el rendimiento de los trabajadores y afectar de forma positiva en la moral y psiquis de los pacientes; históricamente el interior de los hospitales ha abusado de un uso del color azul o verde para interiores de habitaciones y el blanco para el resto, esta tendencia está siendo eliminada por aquellos hospitales que han considerado



y cuidado en detalle la iluminación y el puesto de trabajo con un confort necesario y ventajoso sin coste adicional. Así mismo en las consideraciones del diseño de la iluminación para un hospital, es un hecho que también será frecuentado por niños, bien sean pacientes o acompañantes, donde se considerará que en las salas de espera los brillos y colores del suelo sean atenuados y sin embargo para paredes puedan contar con algunos elementos que sean atractivos para los niños ya que su curiosidad les motivará a tocar estas formas y brillos diferentes sin que ello influya en su bienestar y atención continuada que requieren.

Otra consideración a tener en cuenta es en la transición del día a la noche que no se haga de una forma drástica ni que se creen zonas donde durante el día son muy luminosas, en la noche se crea una oscuridad total, tales como ventanas con persianas cerradas en vez de cortinas, impidiendo que se vea el exterior, pero que se mantenga el ambiente confortable igual que en la franja horaria del día. Este tipo de transiciones se pueden realizar si se combinan los colores de las cortinas con las paredes y las persianas, de esta forma al iluminar artificialmente se mantendrá una atmósfera fresca sin cambios bruscos ni grandes contrastes.

Otro punto fundamental que se aborda en el sector hospitalario desde la iluminación, es el exterior. A un hospital se espera que asistan posibles pacientes y familiares en un estado de ansiedad o con unas dificultades muy diferentes en cada caso. Para poder visualizar la puerta principal y el camino más directo a este acceso, se puede hacer con una fuerte iluminación, pero como ya se ha descrito puede crear una afección contraproducente para el personal y los pacientes. De tal forma que hay una vertiente para equiparar estos accesos y entradas a la recepción de un hotel, de ahí que se mantengas muchas equivalencias entre el sector hospitalario y hostelero, aunque siempre salvando las distancias. Considerando la opinión de los pacientes, se puede observar que los pacientes que tengan una estancia corta por un momento puntual, prefieren un hospital clásico que le marcará la diferencia a la hora de obtener el alta, sin embargo en las plantas de oncología o estancias de más

larga duración, la opinión de los pacientes se declina más por un tipo de mobiliario más de hogar, confortable y sin brillos ni reflejos a la vista, nada destacable pero creando un ambiente natural.

Consecuentemente en la parte de iluminación de un hospital se deben hacer varias consideraciones y no dejar de lado cual sería la combinación de colores a elegir diferenciando zonas y áreas distintas, así como específicas de trabajadores o pacientes. Sabiendo que la iluminación afecta directamente al sistema nervioso y éste a su vez al digestivo, pueden evitarse problemas que los pacientes, visitantes y trabajadores puedan generar por el hecho de frecuentar un área en el que no se han hecho bien estas consideraciones.

Actualmente es posible ahorrar en iluminación fácilmente hasta la mitad del consumo, teniendo en cuenta las lámparas de fluorescentes frente a las incandescentes o las de LED frente a las convencionales, estos avances tecnológicos son aprovechables para este ahorro energético fundamentalmente en aquellas zonas que es necesaria una iluminación artificial de forma continua.

La iluminación de las habitaciones de los pacientes deben de tener en cuenta varias cosas, que se necesita una buena iluminación para que el equipo médico trabaje sobre el paciente si es necesario, que el paciente esté en un ambiente confortable sin contrastes bruscos con los colores y brillos de la habitación en función de la hora y el tipo de iluminación, pero también se debe de considerar que pueda tener alguna luz ambiente que no moleste a otros pacientes y sin embargo le permita desarrollar alguna actividad, como leer, sin molestar al prójimo.

Sin embargo en las zonas técnicas de trabajo, tales como quirófanos, salas de reanimación y otros, la luz debe ser potente, blanca y sin sombras, también las superficies han de ser blancas y que por muchos reflejos que se pudieran ocasionar, no sean molestos para el trabajador y que pueda cambiar de posición el enfoque de su mirada sin que tenga que estar forzando al ojo a un ajuste continuo. En estos casos, sería el avance tecnológico en la utilización de nuevos sistemas de iluminación

potentes y de bajo consumo los que se deberán instalar, cubriendo las necesidades médicas

de estas salas y con un importante ahorro en el consumo energético para iluminación.

## VI.3 Climatización y ACS.

Si bien hay unos principios aplicables a cualquier planteamiento de mejoras energéticas, estos principios sobre el acondicionamiento térmico y agua caliente sanitaria son de especial relevancia en este apartado. Al igual que en el caso de los residuos se puede emplear el principio de las «tres R»: Reduce, Reutiliza y Recicla, ampliándolo, eso sí, a otras actuaciones:

a) Reducción del consumo:

- a. Reducción en punto final. Por cambio de proceso —uso de agua caliente en lugar de vapor—, por cambio tecnológico del uso —cambio de radiadores a suelo radiante o a *fan coil*— o por cambio del propio elemento consumidor —perlizadores—.
- b. Reducción en distribución y servicio. Con aislamiento, adecuación de tuberías, flujo variable en lugar de constante, distribución por agua en lugar de por aire, etc.
- c. Reducción en generación.
  - i. Actualización tecnológica. Calderas de baja temperatura o condensación. Enfriadoras con compresión de tornillo. Y casi cualquier generador actualizado con lazo electrónico de control.
  - ii. Cambio tecnológico. Calderas por bombas de calor.
  - iii. Energía solar termodinámica para producción de ACS.

b) Reutilización:

- a. Directa. Recuperación de gases de escape para precalentamiento de agua de caldera.
- b. Indirecta. Recuperación de aire comprimido a baja presión para usos

en otros puntos. Recuperación de calor de compresores.

- c) Reciclado. Este punto no es tan obvio en el caso de eficiencia energética. Recompresión térmica o mecánica de vapor. Recompresión de aire a baja presión recuperado. Recalentamiento de agua procesada, etc.
- d) Diversificación energética. Este aspecto debe ser tratado con cuidado, ya que para una entidad económica suficiente, como un país, en general la diversificación mejora las condiciones de compra y tratamiento de la energía, empeorando, eso sí, la distribución por economía de escala, pero en un consumidor particular, el hecho de tener varios proveedores con términos fijos encarece innecesariamente la factura. Puede ser conveniente con energías renovables como calderas de biomasa o aprovechamiento energético de residuos.
- e) Sistemas integrados de generación múltiple, distribución y uso: Cogeneración, trigeneración, bombas de calor con recuperación, etc.
- f) Complementos. Mejoras que no producen un ahorro energético directo, pero que contribuyen a dicho ahorro:
  - a. Formación.
  - b. Cambios de procedimientos de operación.
  - c. Implementación y mejora de sistemas de control.
  - d. *Recommissioning*.

### VI.3.1 Calderas de alta eficiencia.

Se trata de sustituir calderas tradicionales por calderas que puedan trabajar a menor temperatura, logrando dos objetivos simultáneamente.

- a) Reducir la temperatura del agua, con lo que se disminuyen las pérdidas en la propia generación —gases de escape menos calientes, menores pérdidas por disposición, ídem por distribución—.
- b) En el caso de las de condensación, aprovechar el calor latente del agua de combustión —y de una pequeña cantidad del agua contenida en el aire comburente—. Puede llegar a ser un 10 % la disminución de consumo de combustible en condiciones óptimas

para el gas natural, pero no es interesante para combustibles sólidos, en general.

Además, como toda renovación, implica una mejora tecnológica añadida —quemadores modulantes con mínimo más bajo, mayores superficies de intercambio, turbuladores, ruta de gases óptima, etc.—.

Los tiempos de amortización de esta mejora pueden variar según:

- a) Si requiere cambio de combustible.
- b) Si requiere cambio en distribución o uso —paso de radiadores a *fan coil*—.

En general pueden variar ente cuatro y diez años.

### VI.3.2 Enfriadoras de alto rendimiento.

En contra de lo que ocurría en el caso anterior, esta mejora no recupera por completo la inversión total, habitualmente, con el mero ahorro energético — entendiendo que se mantenga el mismo esquema agua - agua, aire - agua—, aunque tiene una gran cantidad de ventajas asociadas que, incluyéndolas en los términos de ahorro, pueden hacerla mucho más rentable:

- a) Barreras legales, especialmente en lo referente a gases refrigerantes, pero también en otros aspectos como ruido y el propio mercado energético.
- b) Mejoras en la mantenibilidad, con ahorros sustanciales en las labores de mantenimiento.
- c) Complementando lo anterior en cuanto a mejoras en la operatividad, mejoras en los sistemas de control.
- d) Aumento de la fiabilidad.

Las mejoras tecnológicas introducidas principales son:

- Control de la producción con variadores de frecuencia.
- Mejoras mínimas en los compresores, pero que aumentan notablemente el ESEER<sup>1</sup>, básicamente disminuyendo pérdidas entrópicas.
- Equipos con recuperación de energías residuales, esto es, recuperación de calor durante la época de refrigeración, principalmente.

Los tiempos de amortización, considerando tan solo el término energético, pueden ser tan grandes como quince años.

<sup>1</sup> ESEER: European Seasonal Energy Efficiency Ratio.

### VI.3.3 Bombas de calor geotérmicas.

La geotermia empleada habitualmente es la llamada de «muy baja entalpía», que aprovecha simplemente la inercia térmica del suelo hasta unos cien metros de profundidad. Consta de un lado térmico de disipación—frío en invierno y calor en verano— compuesto por varios «pozos» en los que se introduce una tubería plástica durable en forma de «U» enfundada en un hormigón térmico y por la que circula agua con aditivos, y de otro lado térmico de uso —calor en invierno y frío en verano—, con una disposición normal para este empleo de energía térmica —depósitos de acumulación, distribución, recalentamiento si es necesario, etc.—. El terreno acumula frío en invierno y calor en verano, suponiéndose que se equilibran ambos a lo largo del año.

La principal ventaja de la geotermia es que la bomba de calor es de forma nativa agua/agua, con lo que esto implica para el ESSER, que viene a representar una ventaja del entorno al 100% de mejora respecto a la aerotermia—del 350% al 450%, aproximadamente—.

Su mayor desventaja es su precio, ya que se requiere un número elevado de pozos para dar servicio a una instalación. Además puede tener ciertas limitaciones por problemas geológicos —perforación de acuíferos, estratos rocosos, etc.— y legales —Ley de Costas—.

Normalmente no se recupera la inversión completa con el ahorro energético.

### VI.3.4 Recuperación de calor.

La recuperación de calor es una de las mejoras estrellas en cualquier actuación, así como uno de los paradigmas populares de la eficiencia. Es cierto que en muchos casos es una mejora especialmente rentable y relativamente fácil de implementar.

- a) Recuperación de calor en humos de caldera. La más tradicional de las recuperaciones, sigue siendo esencial en sistemas de producción de vapor, precisamente por las altas temperaturas de los gases de escape de estos generadores. Sin embargo, con las nuevas calderas de baja temperatura y la tendencia a eliminar el vapor, esta mejora tiende a no tener sentido en las instalaciones actuales.
- b) Recuperación térmica en enfriadoras. Casi todas las enfriadoras actuales están

preparadas para aprovechar el calor del foco caliente para, por ejemplo, precalentar agua de ACS. Incluso existen modelos de alta temperatura que la producen directamente, eso sí, a costa de una disminución del rendimiento en frío. Por ello se suelen colocar enfriadoras en cascada —baja temperatura y alta temperatura—.

- c) Otras recuperaciones como del enfriamiento de compresores de aire, de lavadoras, vertidos, etc.

Suelen ser mejoras muy rentables, si bien no se puede concretar un periodo de retorno concreto dado lo disperso de la naturaleza de las recuperaciones.

### VI.3.5 Diseño integral. Análisis 8760 h/año.

Si bien se trata de dos actuaciones distintas, se van a tratar de manera conjunta por sus características:

- No son mejoras *per se*, sino métodos de análisis y diseño de mejoras.
- Son relativamente novedosas.
- Trata a la instalación como un todo, lo que complica enormemente el cálculo de diseño, pero simplifica el de ahorro, y adecúa la instalación globalmente a su uso.

El diseño integral trata de la nueva instalación o reforma de una existente como un todo, teniendo en cuenta las corrientes térmicas necesarias con los estados entálpicos correspondientes, consumos energéticos, sistemas de generación, redes de distribución, etc., de tal manera que, viendo la instalación en su conjunto, la operación, el mantenimiento y el consumo energético sean óptimos.

Se emplean sistemas de multigeneración — cogeneración, trigeneración, generación de

frío industrial multitemperatura, etc.—, de acumulación multientálpica —pila térmica—, y se atiende, insistimos, a las necesidades entálpicas de cada parte del proceso.

Ligado a lo anterior, la forma habitual de diseñar correctamente estos sistemas es con el análisis horario o cuarto horario. Esta periodicidad es lo suficientemente grande como para discretizar el comportamiento de la instalación si efectos como el *aliasing* y lo suficientemente pequeña para tratarla con programas informáticos convencionales.

El análisis y diseño por horas se puede realizar sobre cada uno de los parámetros intervinientes, tanto datos de entrada como variables finales. Además el tratamiento de datos puede ir desde el más sencillo tratamiento algebraico —generación de grados día de climatización— al más complejo estudio de elementos finitos en tres dimensiones.

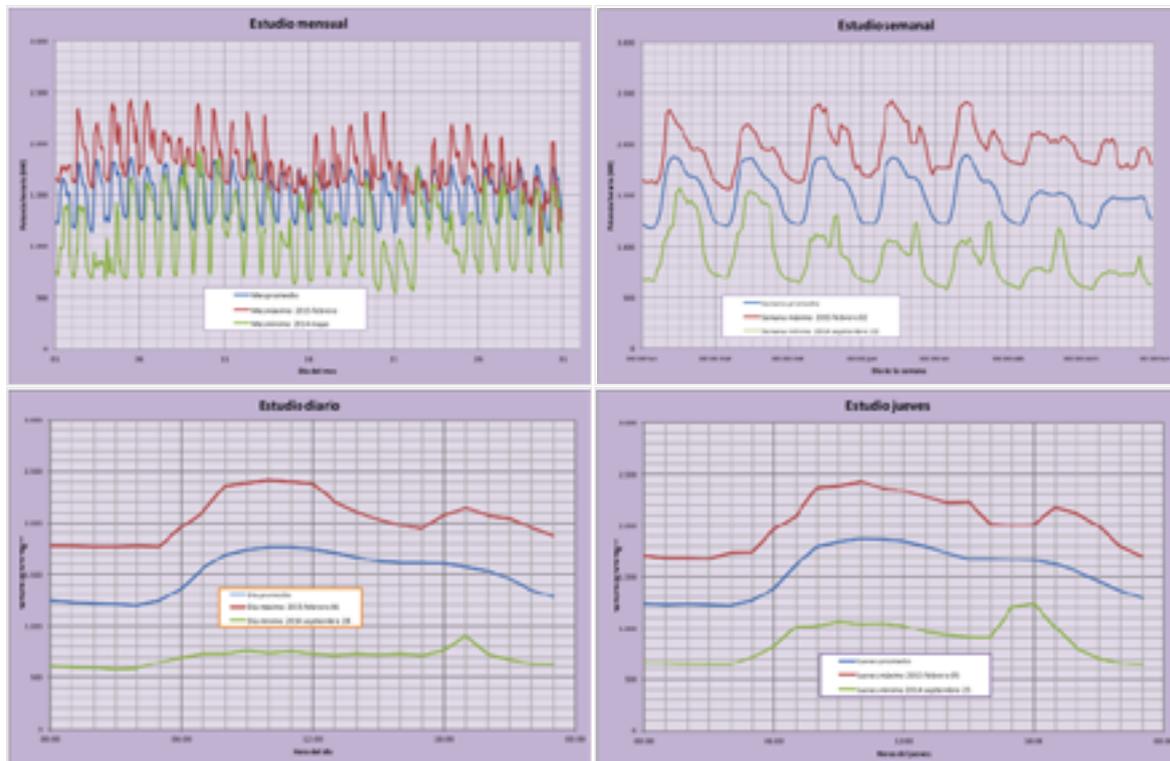


Figura.22. Estudios horarios en diferentes periodos de una curva de carga —consumo— eléctrica de un hospital.

La principal ventaja es que el modelo de consumo se parecerá más a la realidad final,

con lo que las previsiones de consumos, ahorros, etc. serán mucho más realistas.

### VI.3.6 Sistemas de control integral.

*No se puede mejorar lo que no se controla; no se puede controlar lo que no se mide; no se puede medir lo que no se define.*

*William Edwards Deming*

Las tecnologías actuales logran un alto grado de control de cualquier instalación sin un coste excesivo. Las mejoras tecnológicas que lo han permitido son, básicamente:

- Capacidad de microprocesadores para dar parámetros adecuados, por ejemplo, entalpías a partir de tres medidas —dos temperaturas y un caudal— o medida de caudal a partir de transformación cuadrática de la diferencia de presión medida.
- Nuevos sensores de estado sólido, especial pero no únicamente para temperatura.
- Sistemas de transmisión —fibra óptica, técnicas *wireless*— y protocolo de comunicaciones modulares con capacidad de mayor velocidad de transmisión, mayor ancho de banda y abaratamiento de cableados y conexiones.
- Sistemas abiertos que abaratan la integración de señales.
- Posibilidad de conexión vía *web* del usuario, con la consiguiente facilidad de operación.
- Algoritmos de análisis de señales más potentes para conocer el comportamiento del sistema, frente a las obsoletas alarmas paramétricas.

Como ya se ha comentado, la implementación de un sistema de control no permite el

ahorro directo de energía, pero sí contribuye rápidamente al ahorro de forma indirecta en tanto cuanto que se obtiene un conocimiento de la instalación y su comportamiento. Son importantes los siguientes aspectos:

- Colocación debida de los instrumentos:
  - Ubicación en el punto adecuado.
  - Medida del parámetro correcto.
  - Periodicidad de lectura y precisión adecuadas.
  - *Submetering*.
- Integración en el sistema global, especialmente para suavizar la curva de aprendizaje del añadido de energía.
- Formación adecuada del personal, que permita la detección rápida de situaciones de mejora —puntos de consigna, horarios, etc.—.

La ventaja de disponer de un buen sistema de control es que consigue mejoras importantes prácticamente sin coste adicional.

Es difícil establecer una rentabilidad ya que las inversiones dependen muchísimo del sistema, si bien orientativamente el sistema de control energético debería costar menos del 10 % del coste energético anual de la instalación, y los ahorros obtenidos son tremendamente estocásticos.

## VI.4 Calidad de aire interior.

A la hora de seleccionar el sistema o diferentes sistemas para la climatización de un hospital, desde el punto de vista de la calidad del aire en el interior se deben de hacer ciertas consideraciones adicionales. Estos edificios han de tener un cuidado especial en lo que a la limpieza e higiene se refiere, consecuentemente los productos de limpieza deben estar controlados para que un aporte en abundancia no implique una problemática adicional, ya que los pacientes potencialmente tendrán las defensas bajas y serán más sensibles a molestias que estos productos químicos pueden ocasionar.

El hecho de que un hospital está muy sectorizado en su interior y que las demandas térmicas son muy elevadas, implica una concentración térmica en ciertas zonas, donde las renovaciones de aire pueden ser muy escasas y los riesgos ambientales que puedan ser esporádicos en estas zonas se concentrarán y habrá que controlarlos.

Así que teniendo en cuenta la alta demanda energética que tiene un hospital en la parte de climatización además se debe de considerar que hay un personal con unas necesidades especiales al climatizar, aunque las condiciones generales de confort no varían mucho de otros sectores, hay que reducir los microorganismos, polvo, olores y subir las tasas de ventilación y renovación de aire, así como en cada sector en concreto se controlará la dirección del flujo de aire, manteniendo constante la temperatura y la humedad relativa.

Para poder llevar a cabo todas estas adaptaciones serán necesarios la instalación de filtros HEPA, que sean adecuados en función de cada zona y que su posición no interfiera con el ritmo diario de un hospital; toda esta adaptación de sistemas hace que el consumo se eleve bastante, ya que el tener

una demanda térmica alta y la necesidad de renovar aire de forma constante, a través de ciertos filtros diferentes para cada sector del hospital, implica una ventilación forzada superior a cualquier otro sector terciario.

Otra de las necesidades del sistema de ventilación y climatización es que hay una necesidad de aislar las unidades centrales de aire de forma independiente para que en las zonas clasificadas concretas que necesitan una sobrepresión continua y medible, será necesario un aporte extra de la energía que se demande, evitando así las infiltraciones de otras áreas y poder conseguir en las zonas deseadas una estanqueidad deseada en el ambiente, pero a la vez ha de estar climatizado y esto exige un tipo de comprobación periódica exhaustiva.

Para regular la protección de los trabajadores en un hospital también se debe considerar que además de la limpieza general en el aire ambiental, será necesario el tener sistemas de ventilaciones específicas de emergencia y además el tratamiento por filtración del aire de extracción. Consecuentemente cada uno de estos sistemas específicos y necesarios para el sector hospitalario sume las demandas energéticas que afectan a los sistemas de climatización y tratamiento de aire considerablemente.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, el sistema más elegido en la actualidad para los hospitales con vista al futuro, contemplando la eficiencia energética en sus instalaciones como una prioridad, es el «todo-aire» ya que cumple con los objetivos exigidos con un mínimo de mantenimiento en los falsos techos y esto conlleva una máxima higiene sanitaria. La instalación de este sistema se debe contemplar desde el diseño de la edificación, a ser posible con íntima colaboración del equipo arquitectónico ya que hay que habilitar ciertos espacios



para los equipos, accesibilidad a los mismos y recomendaciones, tales como dejar al menos un metro en los falsos techos o una incorporación de energías renovables con sus necesidades propias de instalación.

Una instalación «todo-aire» debe diferenciarse por zonas de distintos usos clínicos y poder acceder a las UTAs (unidades de tratamiento de aire) para que en dichas zonas se pueda zonificar desde la UTA, también que cuenten

con un retorno, mezcla y expulsión. Las instalaciones permitirán que el caudal sea variable en función de las necesidades, lo que supondrá un importante ahorro energético, así mismo habrá recuperadores de calor tipo aire-agua-aire, cajas terminales con recalentamiento (CVVR) y evidentemente cumplir la normativa higiénica UNE 100.713 y todo tipo de normativa aplicable.

## VI.5 Mejoras en otros servicios.

El propósito de este punto es describir las posibles mejoras en algunos puntos específicos de los hospitales, en concreto en las lavanderías, incluso aunque algunas de estas mejoras pudiesen incluirse de alguna manera en los apartados anteriores.

Existen otras ubicaciones, también bastante específicas de hospitales, en las que se podría analizar este tipo de mejora energética, pero precisamente su especificidad impide un estudio más generalista que el que se realiza aquí. Algunos ejemplos son:

- Autoclaves. Este equipamiento es un intensivo consumidor de recursos energéticos, especialmente cuando se encuentra asociado a sistemas antiguos de producción de vapor, que lleva la inclusión de diversas etapas de cambio entálpico, como pueden ser generadores de vapor limpio. Existen alternativas como autoclaves con diversos gases o con generación autónoma de vapor, pero su implementación y cálculo de ahorros requieren de un estudio profundo.
- Equipos médicos. No todos, pero sí

algunos de ellos son consumidores intensivos —a veces de manera extremadamente puntual, a pulsos— de electricidad. El problema tiene, por tanto dos vertientes. Por un lado el propio ahorro energético y, por otro, en los casos mencionados la eliminación de los picos de potencia —condensadores, baterías recargables más elevador, etc.—. Estos aspectos requieren un estudio muy detallado en colaboración con los tecnólogos.

- Relacionado con lo anterior, pero también con la ofimática, CPD e iluminación, está el estudio de las fuentes de alimentación, que puede realizarse por bloques tipológicos, por ejemplo, cambio de balastos electromagnéticos por electrónicos en el caso de la iluminación. De nuevo son estudios más específicos, especialmente en el CPD y los equipos médicos.

A continuación se describen dos de las mejoras habituales en la sección de lavandería de hospitales.

### VI.5.1 Recuperación del agua de lavadoras.

Esta medida consiste en recuperar el agua del último aclarado de cada ciclo de lavado y usarla en el prelavado del siguiente ciclo. Así, se puede aprovechar tanto el agua como su energía en el siguiente ciclo de lavado.

Normalmente, las lavadoras se alimentan con agua de red y con vapor —en algún caso con gas directamente— hasta alcanzar las temperaturas de consigna de cada fase de lavado —45 ° en ciclos normales y 85 °C en ciclos de esterilización, respectivamente—.

La recuperación de agua de aclarado se realiza mediante un pequeño depósito añadido a la lavadora (a un lado, o sobre ella) donde se acumula este agua para su posterior uso.

Incluye, por supuesto, la bomba necesaria para reinyectarla a la lavadora.



Figura.23. Recuperadores de agua en lavadoras.

Existen diversas soluciones con disposiciones a conveniencia del cliente y del espacio disponible, con bomba anterior o posterior al depósito.

energéticamente generalmente, por una cuestión de escala.

Esta mejora suele complementarse con la inyección de ACS a la lavadora que abarata

Como ejemplo de ahorros obtenidos con este tipo de implementación se muestra la siguiente tabla:

Situación	Ciclos de lavado / año	Agua recuperada del último aclarado (kg)	ACS (kg)	Agua de red a lavadoras (kg)	Vapor a lavadoras (kg)	Agua total (kg)
Actual	6.570	0	0	18.532.087	1.177.913	19.710.000
Futura	6.570	3.816.966	12.600.755	3.039.614	252.665	19.710.000

Tabla.5. Resultados de la mejora de recuperación de agua de lavado.

El ahorro en gas natural wves de 256.152kWh<sub>PCS</sub>/año y 3.817m<sup>3</sup>/año de agua.

continuación el balance genérico para este hospital:

A efectos de comparación, se muestra a

Generador	Consumo PCS	%	Lavandería	Esterilización
Vapor	1.949.116	55%	1.446.041	503.075
Calderas calefac	770.896	22%		
Calderas ACS	340.868	10%		
Cocina y cafetería	490.412	14%		
Total	3.551.292			

Tabla.6. Balance para el hospital de referencia.

También se puede asociar a otras mejoras, además de la conexión a ACS, como son todos los aprovechamientos térmicos de baja entalpía, por ejemplo, la refrigeración de compresores de aire.

Otro de los aprovechamientos de corrientes de baja entalpía mencionados anteriormente puede ser la recuperación de calor en las

secadoras. Se trata de precalentar el agua de entrada al lavado con los gases emitidos por las secadoras.

Aunque estas tres actuaciones parecen ser excluyentes, en función de las cantidades energéticas disponibles y necesarias, podrían complementarse.

## VI.6 Uso de energía solar y residuales.

Dentro de las energías renovables, la integración de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos en la propia edificación tienen en muchos de los casos un impacto beneficioso en cuanto a la eficiencia energética. Otras energías renovables como la biomasa

son integradas dentro de los sistemas de calefacción o de cogeneración. En este apartado analizaremos las posibilidades de integración de los sistemas solares así como algunas opciones de recuperación de calor de productos residuales de los hospitales.

### VI.6.1 Integración de sistemas de energía solar

En muchas ocasiones, cuando se piensa en dotar a un edificio de sistemas de energía solar, ya sea térmica o fotovoltaica, estas instalaciones se entienden como un valor añadido al edificio. Y aunque es positivo que se considere a la energía solar como un valor añadido, es decir, algo que aporta valor pero sin lo cual el edificio seguirá siendo el mismo. El concepto de integración arquitectónica,

por el contrario pretende que, al menos, los elementos exteriores de la instalación (captadores térmicos y módulos fotovoltaicos) sean considerados como un elemento constructivo más dentro del edificio. Esto implicaría que la energía solar se incluya desde los primeros momentos de la concepción del edificio, y de la misma forma que un arquitecto se plantea elegir entre una cubierta terminada

con pizarra u hormigón, puede considerar utilizar módulos fotovoltaicos o captadores térmicos.

La integración debe considerar al sistema solar como un componente más del edificio, pero es un componente que genera energía de forma activa, y por tanto debe integrarse también con los sistemas convencionales.

En cualquier caso no deben olvidarse la utilización de sistemas pasivos, el diseño de sistemas de correcto aprovechamiento de la radiación incidente para iluminación o para calentar el edificio, así como el uso de sombreados adecuados, y de ventilación natural, pueden conseguir efectos sorprendentes sobre la disminución de la demanda del edificio, y como ya es sabido, *la energía que menos contamina es la que no se consume.*

Los objetivos por tanto han de ser:

- Conseguir una adecuada integración arquitectónica de los elementos de la instalación
- Diseñar los sistemas solares activos como una parte más del sistema convencional.
- Analizar la influencia de la integración sobre las condiciones de confort y eficiencia
- Reducir costos frente a una instalación no integrada.

Cada sistema solar, al igual que cada edificio, debe ser estudiado individualmente. Existen tantas soluciones como instalaciones, aunque hay pautas generales que son de aplicación común.

Existen condicionantes que combinados dan a cada obra la singularidad de la hablábamos, y que han de ser analizados en cada caso. Por su importancia, cabe destacar el clima y la accesibilidad solar como condiciones del entorno, y la ocupación de espacios, consideraciones estéticas y la integración con sistemas convencionales como condiciones del edificio.

### VI.6.1.1 Entorno

Aspectos fundamentales como la cantidad de radiación solar o la temperatura ambiente, dependen del lugar donde está ubicado el edificio. Pero no sólo influye en el número de metros cuadrados de captador o de módulo que hay que instalar para cubrir las necesidades de diseño, también lo hace en la idoneidad del método de integración.

Por ejemplo, si el lugar donde se va a realizar la instalación es una zona fría con importantes precipitaciones de nieve, la integración horizontal sobrecubierta plana probablemente no será la mejor de las opciones, ya que al cubrirse de nieve los elementos de captación se reducirán notablemente los periodos del año con producción aceptable.

Por el contrario la integración en fachada evitaría este problema, a la vez que podría tener efectos beneficiosos sobre el confort interno. Por otro lado la cantidad de radiación incidente en fachada vertical también se reduce frente a otras inclinaciones.

Como ya se ha comentado anteriormente, cada caso merece un estudio pormenorizado de las ventajas e inconvenientes que presenta.

Lo que sí es común a todos los casos es que el sur geográfico es la orientación privilegiada para la captación solar, aunque como veremos posteriormente, desviaciones del sur puro tampoco tienen efectos dramáticos en todos los casos.

La accesibilidad solar es sin duda otro de los condicionantes fundamentales para el diseño. Si no está garantizado un mínimo de acceso solar, se pierde el propósito de la instalación de sistemas solares. Otro análisis será el por qué se carece de la posibilidad de recibir el sol, si es por factores internos o por factores externos, en muchos casos dependientes de un entorno urbano que se ha concebido pensando más en el aprovechamiento del espacio que en el de hacer ese espacio habitable.

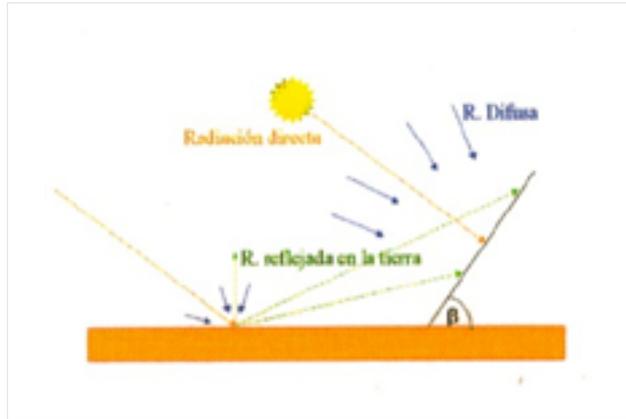
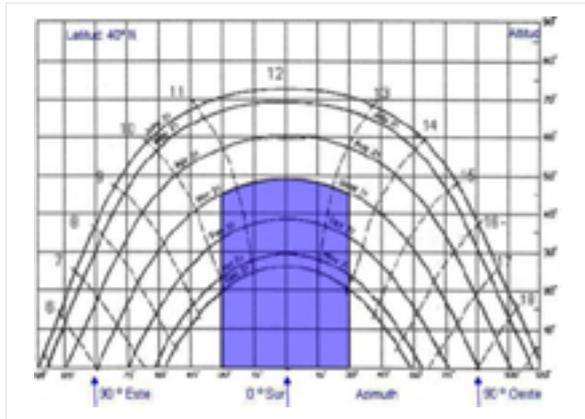


Figura.24. Cálculo de sombras.

El estudio de la accesibilidad solar debe incluir los dos aspectos: en primer lugar ha de hacerse un estudio de las sombras proyectadas por los edificios u otras obstrucciones del entorno. Existen diversos métodos para realizar éste análisis, como programas de simulación que calculan las sombras proyectadas sobre el edificio durante las 8760 horas del año o el uso de cartas solares con las que se puede estudiar situaciones determinadas de alto interés.

### VI.6.1.2 Edificio

También es importante hacer un estudio de las sombras arrojadas por todos los elementos del edificio. En ocasiones pueden encontrarse situaciones en las que cornisas, casetas, torres de refrigeración, etc., arrojan sombras sobre los captadores solares durante la mayor parte del año. Más incongruente, si cabe, es ver filas de captadores que se sombream unos a otros.

Por otra parte, a la hora de realizar el diseño de un edificio, muy pocos arquitectos tienen en cuenta la posibilidad de incluir un sistema solar como parte de las instalaciones, lo que conlleva que en caso de desear su posterior instalación por parte de los usuarios, haya que

adecuar la colocación de los captadores a un inmueble que no ha sido diseñado para ello, lo que complica su realización. Muchos de estos problemas podrían solucionarse con la realización de una preinstalación en la fase de construcción.

Cuando se plantea la integración arquitectónica en el edificio, hay que tener en cuenta consideraciones estéticas y de eficiencia. Si bien la estética tiene un fuerte componente personal, existen cánones que hacen que algo sea más o menos atractivo. Dos de los parámetros que más influyen sobre la eficiencia son la orientación y la inclinación. Esto hay que conjugarlo con los espacios disponibles, fundamentalmente cubierta (plana o inclinada) y fachada.

La práctica más habitual es la instalación de los sistemas con el edificio terminado, superponiendo capas, en vez de realizar el proyecto de arquitectura y energías alternativas de forma paralela y consecutiva. Como consecuencia la configuración arquitectónica la imagen urbana son alteradas, a la vez de provocarse un sobrecosto debido a la superposición de capas.

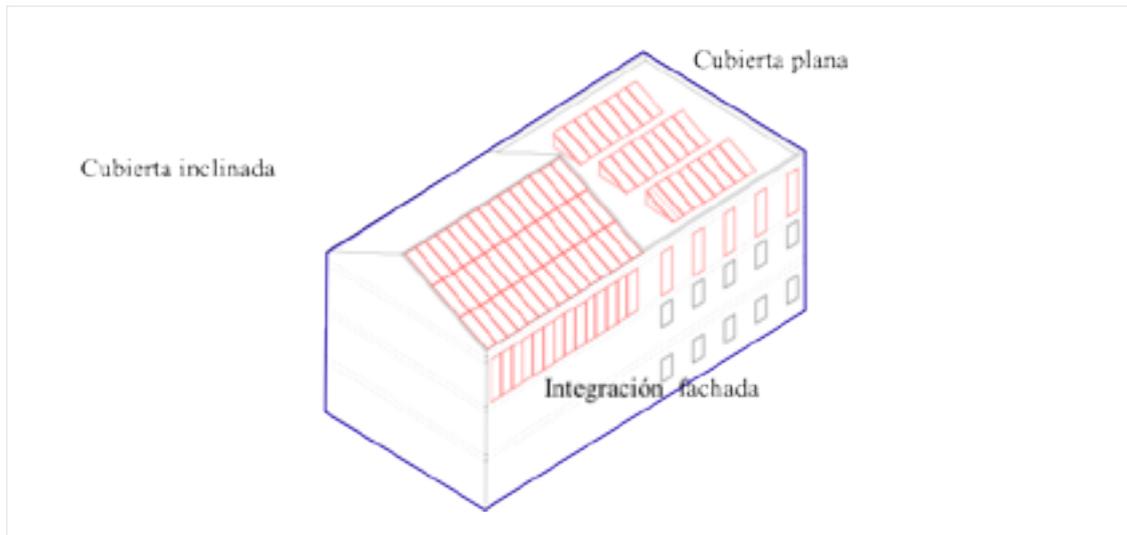


Figura.25. Disposición habitual de sistemas solares.

Por lo tanto, no sólo existen limitaciones técnicas, otro factor a tener en cuenta es la estética. Por muy eficiente energéticamente que sea una instalación solar, si no se busca un resultado estético de la misma es difícil que sea llevada a cabo. Además deben buscarse soluciones económicamente factibles, de forma que al ahorro energético puede en algunos casos sumarse el de la sustitución de materiales convencionales.

El uso de los elementos de captación solar como sombreado permite actuar sobre las necesidades de refrigeración del edificio, a la vez de jugar con la luz de las diferentes zonas, por ejemplo evitando los deslumbramientos producidos por la incidencia directa de la radiación, consiguiendo espacios de iluminación natural difusa mucho más adecuados para lugares de trabajo.

La situación óptima es poder diseñar la cubierta con las características más adecuadas para la instalación. Al poder dar al campo de colectores la orientación e inclinación idóneas, se consiguen resultados energéticos óptimos. Si los captadores térmicos o módulos fotovoltaicos se montan horizontalmente

sobre una cubierta plana habrá que analizar y solucionar los problemas que podrían ocasionarse por la acumulación de agua o nieve sobre ellos.

En toda instalación es necesario conseguir un proceso de montaje sencillo, y que permita un mantenimiento simple y económico. Del estado de la cubierta transparente depende en alto grado el comportamiento de la instalación solar, por lo que hay que considerar en el diseño la posibilidad de su limpieza.

Cuando los módulos o los captadores están integrados en la envolvente del edificio hay que tener en cuenta el estrés térmico que sufrirán a lo largo de su vida, y tomar las medidas oportunas (juntas de dilatación, etc.)

Mediante simulaciones dinámicas a lo largo de las 8760 horas del año podemos evaluar la importancia que tendrán las desviaciones respecto del sur geográfico, o variaciones en la inclinación de los captadores térmicos sobre la producción energética de la instalación, y cuantificar en qué casos merece la pena asumir esas pérdidas y en cuáles no. De ésta forma puede obtenerse que por lo

general, variaciones de la inclinación de los generadores solares entre 15° y 40° pueden dar lugar a variaciones de menos del 10% en la producción bruta anual en instalaciones típicas de edificios. De igual manera, desviaciones de 25° sobre el sur geográfico pueden ser asumidas sin grandes consecuencias para la instalación.

Esto no quiere decir que no tenga sentido instalar captadores solares en posición vertical en fachadas u horizontal sobre cubiertas. Del mismo modo que puede tener sentido utilizarlos como parasoles verticales en fachadas este u oeste con el fin de evitar deslumbramientos por la mañana o al caer la tarde.

### VI.6.1.3 Módulos fotovoltaicos

Es muy importante tener en cuenta el fin de la instalación, no es lo mismo una central fotovoltaica exclusivamente diseñada para conseguir el máximo de producción eléctrica, que un edificio cuyo fin primordial es que lo habiten personas. Lo que sí es importante en ambos casos es un correcto dimensionado y

un cálculo estricto de los sistemas.

Para la integración de sistemas fotovoltaicos existen una variada gama de productos, desde el módulo opaco que puede encontrarse con diferentes tipos de marcos o colores de células, módulos semitransparentes de diferentes tecnologías, o incluso tejas fotovoltaicas.

Para conseguir dispositivos fotovoltaicos con valores de corriente y tensión acordes con las necesidades de generación de la mayor parte de las aplicaciones, las células se agrupan en módulos, conectándose entre sí en serie y /o paralelo. En el módulo, además, las células van protegidas eléctrica y mecánicamente y de los efectos de la intemperie, al ir insertadas en un material encapsulante (comúnmente un polímero transparente llamado EVA (etilenvinil-acetato), y cubiertas por un vidrio de baja absorción en la cara anterior y otro polímero aislante de la humedad en la cara posterior (o por otro vidrio). Los bordes del módulo van sellados con una junta de silicona e insertados en un marco que comúnmente es de aluminio.

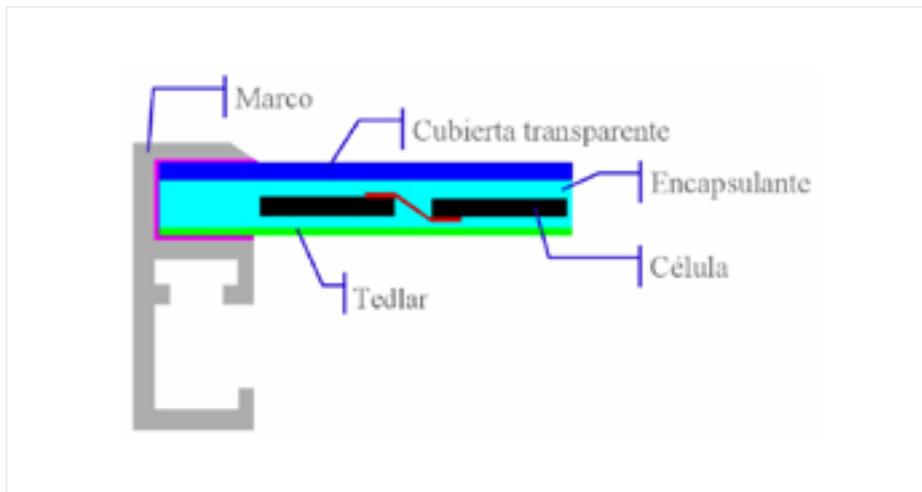


Figura.26. Composición típica de un módulo fotovoltaico.

Dependiendo de la aplicación y de los criterios de diseño, se elegirá el tipo adecuado de módulo, pudiendo optarse por distintas tecnologías de módulos atendiendo a criterios de diseño, precio o espacio disponible.

Si se utilizan módulos de silicio amorfo se conseguirán superficies de aspecto

homogéneo, que podrán ser opacas o semitransparentes. Hay que tener en cuenta que la potencia efectiva del módulo disminuye al aumentar la transmitancia de éste, y habrá que encontrar un equilibrio óptimo entre grado de transparencia y rendimiento eléctrico.

Si se opta por la tecnología cristalina, las células que componen el módulo serán totalmente opacas, pudiendo jugar con la transparencia y el color del encapsulante de la cara posterior de las células y el espaciado entre ellas. En muchas aplicaciones es corriente que el fabricante atienda a las peticiones de los

arquitectos, que pueden diseñar los módulos para su integración en edificios u otras construcciones.



Figura.27. Dos edificios con módulos PV semitransparentes en fachada. (fuente CIEMAT-ARFRISOL)

Una de las opciones son las instalaciones conectadas a red, en las que, en función de la legislación, podrían obtenerse ingresos derivados de la venta de la energía generada. El otro tipo de instalaciones son los sistemas aislados, en los que se genera energía para autoconsumo. Habitualmente, estas instalaciones suelen incluir un subsistema de acumulación, y el lugar de su instalación ha de ser planificado a la hora de diseñar el edificio, de la misma forma que se prevé el cuarto de calderas.

#### **VI.6.1.4 Captadores solares térmicos**

Existen diferentes tipos de captadores solares, pero los más utilizados son los captadores solares de placa plana y los de tubo de vacío.

Dado que la mayoría de metros cuadrados que se instalan actualmente son del primer tipo, nos centraremos en estos, aunque la mayoría de las ideas que se recogen en éste documento son aplicables al resto de modelos de captador.

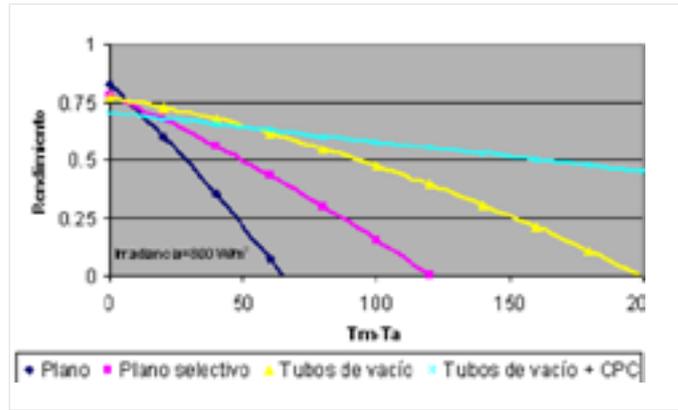


Figura.28. Curvas de rendimiento de diferentes tipos de captadores solares térmicos

Un captador solar plano es un elemento sencillo, pero que debe soportar unas condiciones de trabajo muy duras (climatología, cambios de temperatura drásticos, etc.) y garantizar una duración en el tiempo mayor a los diez años, para que puedan ser amortizados y

se consiga una rentabilidad del sistema. Los captadores de alta eficiencia son más complejos y el mercado al cual van destinados es más reducido.

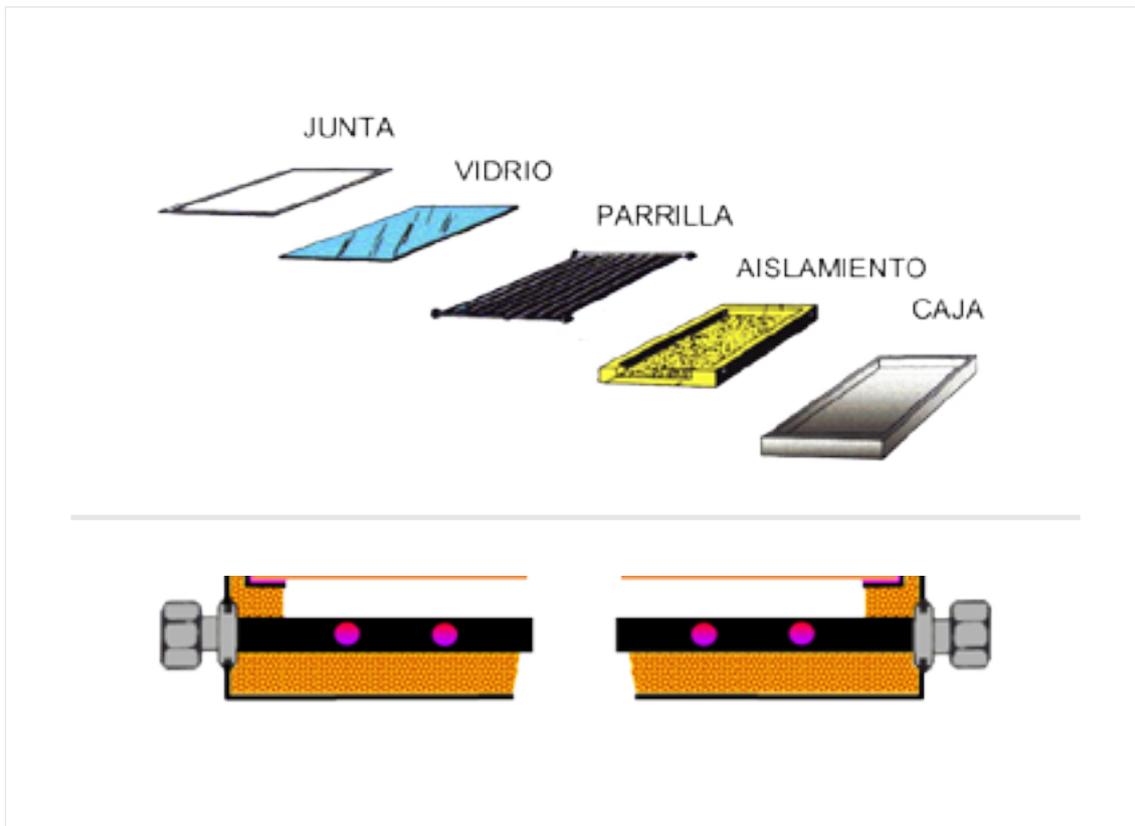


Figura.29. Diferentes partes de un captador de placa plana, CPP.

De los elementos que componen un captador de placa plana(CPP), a la hora de la integración arquitectónica hay tres fundamentales, la caja contenedora, el aislamiento y la cubierta transparente. Hay que conocer su composición y características para evitar complicaciones en el proceso de integración.

Los materiales más utilizados como aislantes del absorbente suelen ser fibra de vidrio y lana de roca. Ambos aguantan altas temperatura,

teniendo la lana de roca menor conductividad. En la práctica se utiliza una lámina impermeabilizante entre el absorbente y el aislamiento para evitar la humedad, además suele ser de tipo reflexivo (lámina de aluminio) para disminuir las pérdidas de radiación en caso de existir una pequeña cámara de aire entre absorbente y aislante.

Material	Conductividad (W/m °C)	Temperatura máxima
Poliestireno Extruido	0.030	80° C
Lana de roca	0.040	450° C
Fibra de vidrio	0.053	430° C
Espuma rígida de poliuretano	0.029-0.030	90 a 110° C

Tabla.7. Propiedades de materiales aislantes.

Los materiales más empleados como cubierta transparente son el vidrio y algunos plásticos, siendo el vidrio el utilizado en la mayoría de los captadores. No servirá cualquier vidrio, debe tener unas determinadas características para mejorar su eficiencia, como son que tenga un bajo contenido en sales de hierro para aumentar la transmitancia y que esté templado con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas.

La caja sustenta al absorbente, al aislamiento y a la cubierta transparente, consiguiendo que el captador sea un elemento compacto. Sus dimensiones, peso, diseño, tipo de conexiones, etc. son fundamentales para conseguir un

buen resultado en cuanto a su integración en el edificio en donde se ubiquen.

La caja debe ser rígida, resistente a la corrosión en condiciones exteriores, y contemplar protección contra las dilataciones provocadas por variaciones de temperatura. Los materiales más utilizados son el aluminio y el acero galvanizado, aunque también se utilizan otros como el acero inoxidable, plásticos, madera y en diseños especiales, los propios de la construcción del edificio (hormigón o ladrillos).

### **VI.6.1.5 Influencia sobre el confort de la integración de sistemas solares activos**

Hay que tener en cuenta que integrar sistemas activos en la envolvente del edificio puede influir sobre las condiciones de confort del mismo. En ocasiones las consecuencias pueden ser positivas para unos usos y negativas para otros.

Un ejemplo puede darse con la integración de captadores solares planos en la fachada de un edificio de viviendas. En éste caso tendremos como parte del cerramiento un sistema activo que puede alcanzar temperaturas de sesenta u ochenta grados centígrados en operación, y bastante superiores en parada. Ésta situación puede contribuir a cubrir parte de la demanda de calefacción, pero sin duda aumentara la de refrigeración.

Un análisis de los resultados mediante el balance energético del edificio nos permitirá conocer cuál es el resultado de la integración, y adoptar las medidas que sean necesarias. Si el incremento de consumo de refrigeración es mayor que la disminución en calefacción, será necesario evitar ésa situación. En la mayoría de los casos es mejor adoptar medidas pasivas, por ejemplo tener una cámara de aire ventilada que permita evacuar el aire caliente no deseado en verano, y recuperarlo en invierno.

### **VI.6.1.6 Aplicaciones solares térmicas más usuales en edificios.**

Las aplicaciones donde se pueden utilizar la energía solar térmica han aumentado con el paso del tiempo y de la eficacia de los captadores. Al principio sólo era utilizado para calentar agua de uso sanitario, pero cada vez más se utilizan como sistema de calefacción, en piscinas (donde el rendimiento de las instalaciones solares es excelente) o en un campo más novedoso como el de la refrigeración solar. Existen otras aplicaciones de los sistemas solares térmicos utilizados en procesos productivos y agrícolas pero en el presente tema se centrará en aquellas que se puedan encontrar en un edificio residencial o de oficinas.

### **Agua caliente sanitaria.**

La aplicación más conocida e implantada para los sistemas solares térmicos es el calentamiento del agua sanitaria (ACS) necesaria en los edificios. La temperatura a la que se requiere el ACS entorno a los 45°C es óptima para conseguir un buen rendimiento de los captadores solares. La temperatura de trabajo del fluido caloportador en estas instalaciones suele estar entorno a los 60 °C por lo que los CPP dan un buen resultado en la mayoría de los casos.

### **Calefacción.**

En la calefacción se puede optar por utilizar el sistema solar como precalentamiento de un sistema convencional que utilice un fluido de transporte del calor a temperatura de unos 80 °C (fan-coil, radiadores convencionales, etc.) o utilizar directamente el sistema solar térmico con una instalación de baja temperatura tipo suelo radiante. Los sistemas de suelo radiante utilizan tubos de polietileno reticulado integrados en el forjado del suelo para la circulación del fluido caloportador, por lo que al disponer de una mayor superficie radiante, la temperatura del fluido puede ser menor. En este caso, la temperatura de impulsión suele ser del orden de 35°C a 45°C

Hay que tener en cuenta que en caso de instalaciones mixtas de calefacción y ACS, debe darse prioridad a la producción de ACS sobre la calefacción.

### **Calentamiento de las piscinas terapéuticas**

Otra de las aplicaciones para la que puede ser utilizada la energía solar térmica es el calentamiento de piscinas. La temperatura del agua en este tipo de piscinas suele estar alrededor de los 25°C a 28°C, aunque puede programarse a la temperatura que se desee para cada tratamiento. Puesto que este tipo de piscinas se utilizan todo el año, es necesario que el sistema solar vaya acompañado por un sistema de calentamiento tradicional

### **Refrigeración solar**

Dado que la época de mayor radiación solar incidente coincide con la de mayor demanda de refrigeración, los sistemas de energía solar son adecuados para este tipo de aplicación.

Además tiene la ventaja de que si el sistema solar es utilizado para calefacción en invierno, probablemente en verano quedaría sobredimensionado, situación que se evita con los sistemas de refrigeración solar.

Existen diferentes alternativas para la refrigeración solar, siendo hoy en día la tecnología de máquinas de absorción la más ampliamente testada en diferentes situaciones de uso. Esta tecnología resulta altamente fiable, pudiendo recurrirse a equipos de simple o doble efecto en función de la temperatura de alimentación y el COP que se desee.

Una máquina de absorción de simple efecto es básicamente una bomba de calor donde un absorbente químico (usualmente LiBr) y un refrigerante (siendo esta agua en el caso de que el absorbente sea LiBr) y una bomba entre volúmenes a diferentes presiones sustituyen la función del compresor por lo cual, el consumo de electricidad es mucho menor que en sistemas tradicionales.



Figura.30. Máquinas de absorción Fuente CIEMAT-ARFRISOL

### VI.6.2 Cogeneración y trigeneración con fuentes de energías renovables

El término “poligeneración” puede ser definido como la producción combinada de dos o más formas de energía y/o productos manufacturados, con el objetivo de maximizar el aprovechamiento termodinámico de una fuente de energía primaria. El recurso primario puede estar compuesto por uno o más fuentes naturales.

Los sistemas de poligeneración tienen un mayor rendimiento que los sistemas convencionales gracias al aprovechamiento del recurso energético mediante procesos termodinámicos acoplados de manera sucesiva. De esta manera se mejoran los rendimientos de la planta termoeléctrica convencional, que convierte un exiguo 50% de la energía del combustible en electricidad, perdiéndose el resto en forma de calor.

Entre estos sistemas, el ejemplo más generalizado de poligeneración es la cogeneración, tecnología bien conocida y extendida tanto a nivel de central térmica como en la generación distribuida. La cogeneración se basa en la producción simultánea de energía eléctrica y energía térmica útil (calor). Es decir, que en lugar de producir un residuo con un alto nivel térmico como en las centrales térmicas convencionales, la salida del ciclo de potencia es aprovechada para ceder energía térmica a un proceso que necesite calor (calefacción, proceso industrial de calentamiento etc.).

Los sistemas de cogeneración tradicionales, de tipo motor o turbina, son adecuados para la generación simultánea de electricidad y calefacción a nivel de edificio, pero presentan un exceso de energía térmica en verano por

ser un periodo tradicionalmente sin consumo de energía térmica.

Al acoplar un sistema de cogeneración a una máquina de absorción, se obtiene un perfil de demanda térmica anual y se puede usar el calor residual durante todo el año, lo que mejora la eficiencia del sistema, dando lugar a

la trigeneración. En caso de que la fuente térmica esté basada en la energía solar, se cuenta con la ventaja de que los días de mayor radiación y, por lo tanto, mayor generación, coinciden en el tiempo con los días más calurosos.

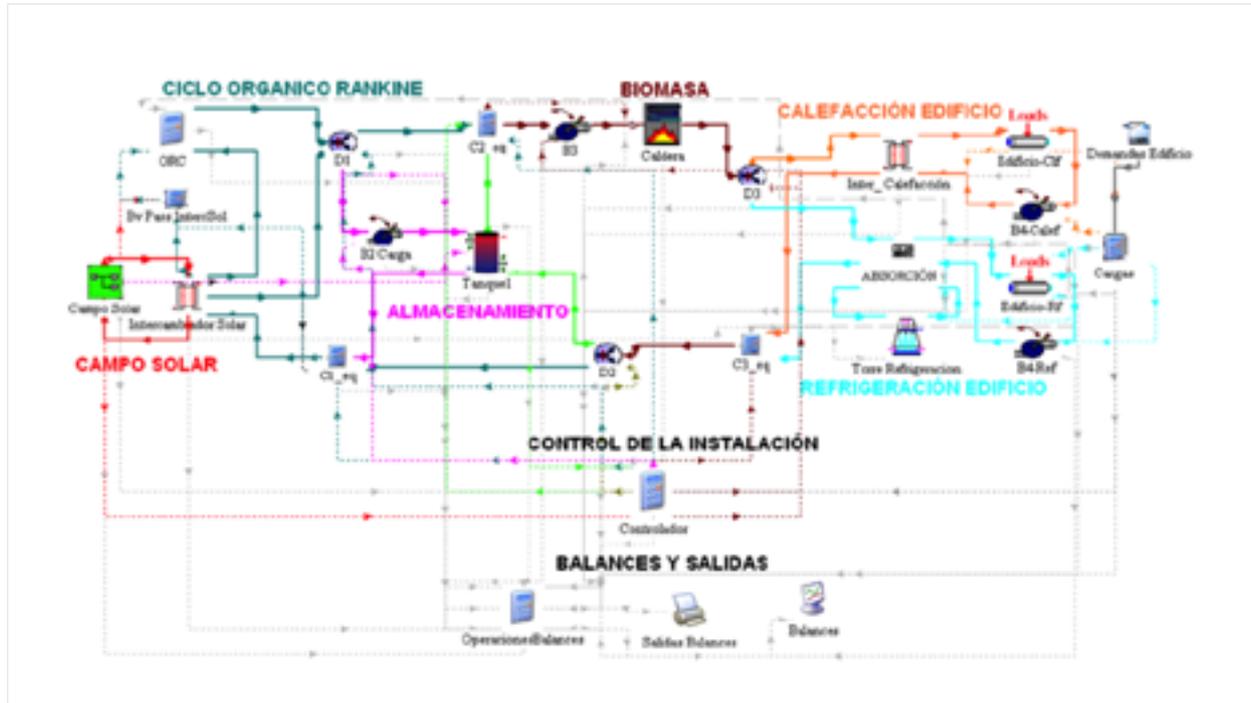


Figura.31. Esquema de un sistema de trigeneración con energía solar térmica.  
Fuente CIEMAT

La poligeneración puede revertir el alto consumo de combustibles fósiles de la actualidad que señala la Agencia Internacional de la Energía (AIE): para la generación de 5998.6 TWh (516 MTPE) de energía eléctrica en 2002 se emplearon 1341,7 MTPE, lo que conduce a una eficiencia del 38% y, por lo tanto, a una energía residual del 62% que es evacuada al ambiente. La poligeneración tiene un enorme potencial para aprovechar este calor no utilizado en la etapa de potencia y transformarlo en frío y calor para climatización.

Con este fin, se persigue integrar nuevos sistemas de reducción de la demanda energética nuevos sistemas de poli-generación que integren sistemas de alta eficiencia y bajo impacto (geotermia, gas, hidrógeno), con energías renovables (solar fotovoltaica y térmica, minieólica y biomasa), y nuevos sistemas de gestión integral de la demanda.

El desarrollo de las tecnologías de aprovechamiento solar para la poligeneración distribuida ha cobrado gran importancia en los últimos años debido a la mejora y abaratamiento de los equipos de generación, su naturaleza limpia y la posibilidad de suministro exento de polución. En este tipo de aplicaciones, los sistemas solares térmicos suelen ir acoplados a otras fuentes renovables de energía como la geotermia y fundamentalmente la biomasa.

El sistema tiene que asegurar una distribución energética fiable, inteligente y eficiente, pero hay que tener en cuenta que, al contrario que los sistemas basados en ciclos de combustión, los sistemas de generación con aporte renovable tienen una fuente de energía primaria dinámica, esto es, que varía con el tiempo.

Por otra parte, para mantener los índices de confort y actividad actuales utilizando técnicas eficientes de generación, transporte y consumo de energía que se basen en renovables, dependientes de condiciones climatológicas, existen dos desventajas principales:

- Posibilidad de estar generando energía por encima de la demanda. Esto implica derrochar esta energía, ya que no hay consumo que la demande y, por lo tanto, utilice.
- Posibilidad de no satisfacer la demanda por problemas en la generación

Es necesario buscar sistemas de almacenamiento de energía, robustos y

fiables, que aseguren un flujo continuo de energía y permitan dimensionar los sistemas de generación energética adecuadamente. Por lo tanto, es necesario tener un sistema de generación que compense las fluctuaciones de producción y demanda, que se adapte a estas variaciones entre picos y valles de consumo para poder minimizar el tamaño de la planta y optimizar el uso de la energía generada, de manera que se evite duplicidades, evitando el derroche energético y la dependencia en combustibles fósiles y permitiendo una reducción del consumo y el aprovechamiento de valores cercanos al 100% de la producción de las energías renovables.

### VI.6.3 Recuperación de calor

El tratamiento de los residuos hospitalarios tiene una legislación muy estricta en cuanto a la recolección, almacenamiento y procesado, en muchos de los casos se procede a la incineración de dichos residuos entre los que se incluye material con alto poder calorífico como los plásticos. Por lo tanto, la recuperación de calor de los procesos de destrucción de residuos en hospitales tiene un gran potencial energético, la mayoría de los casos estudiados se centran en la recuperación de calor de las centrales de incineración de residuos, habiéndose analizado en algunos casos la posibilidad de la gasificación de residuos produciendo gases de síntesis que puedan alimentar motores de gas.

La temperatura de los gases de combustión a la salida de la cámara de postcombustión puede superar los 1000 °C, por lo que como unidad primaria del sistema de recuperación puede ser utilizado un intercambiador de calor

externo o una caldera. Estudios realizados en el Oncological Hospital in Bydgoszcz (Polonia) por Bujack obtuvieron por resultado la posibilidad de obtener de 660 a 800 kW de energía útil por cada 100kg de residuos.

No obstante en una planta de incineración deben tenerse en cuenta los posibles problemas medioambientales derivados de las emisiones de contaminantes, humos y cenizas a la atmósfera.

Otra de las posibles opciones a estudiar es la de la gasificación de plásticos. Esta consiste en la conversión en un gas de síntesis a través de reacciones en presencia de una cantidad de oxidante inferior a la requerida para la combustión este quiométrica. Este gas puede ser quemado tras eliminar alguno de los contaminantes existentes en él, o alimentar un motor o turbina para la producción de electricidad.

# VII. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA

## VII.1 Introducción

A pesar de los avances realizados en los últimos años en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), del incremento del uso de energía procedente de fuentes renovables y de la mejora de la eficiencia energética en nuestro entorno, promovidos, fundamentalmente a través de directivas europeas relativas a la eficiencia energética de los edificios (Directiva 2002/91/CE y Directiva 2010/31/UE), al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (Directiva 2009/28/CE) y a las correspondientes transposiciones nacionales, en las conclusiones del Consejo Europeo del 4 de febrero de 2011 se alerta de que la UE lleva camino de conseguir únicamente la mitad del objetivo de reducción de energía primaria, fijado en el 20% para el año 2020 y respecto al año 2007.

Por ello, la UE comienza desde principios de 2011 con la elaboración de un nuevo plan global de eficiencia energética, cuya actuación más destacada hasta el momento ha sido la aprobación en octubre de 2012 de la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.

Dentro de sus objetivos generales, cabe destacar el relanzamiento de objetivos de directivas europeas anteriores ante el posible incumplimiento del objetivo citado de mejora de la eficiencia energética en un 20% y el establecimiento de normas destinadas a eliminar barreras en el mercado de la energía y a superar deficiencias del mercado que obstaculizan la eficiencia en el abastecimiento y consumo de la energía.

Así pues, y entre otros aspectos de importancia, en esta directiva se identifica como un aspecto clave en cuanto a la mejora

de la eficiencia energética, la necesidad de realizar adecuados diagnósticos del estado del desempeño energético en las organizaciones y la importancia de llevar a cabo la implementación de sistemas de gestión de la energía (en adelante, SGE).

Por ello, se cita que “las auditorías energéticas tienen que ser obligatorias y periódicas para las grandes empresas ya que el ahorro de energía obtenido puede ser significativo. Las auditorías energéticas deben tener en cuenta las normas europeas o internacionales pertinentes, como EN ISO 50001 (sistemas de gestión de la energía), EN 16247-1 (auditorías energéticas) o EN ISO 14000 (sistemas de gestión ambiental) [...]”. Así, en el Artículo 8 de esta directiva, se obliga a las empresas que no sean PYME a la realización de una auditoría energética a realizar de manera independiente no más tarde del 5 de diciembre de 2015 y, posteriormente, cada cuatro años. No obstante, se exime de la realización de estas auditorías cuatrienales a aquellas empresas “que apliquen un sistema de gestión energética”.

Esto es así, gracias a los enormes beneficios que puede reportar a una organización la implementación de un procedimiento organizado de previsión y control del consumo energético basado en unos planes de objetivos y metas de mejora de su desempeño energético.

Respecto a la Administración Pública, la Directiva 2012/27/UE hace especial hincapié en su necesaria función ejemplarizante, mediante la obligatoriedad de la renovación de sus instalaciones por productos, servicios y edificios que tengan un alto rendimiento

energético, teniendo en cuenta, eso sí, criterios de rentabilidad, viabilidad económica, sostenibilidad e idoneidad técnica.

Debido a la necesidad de definir y llevar a cabo el seguimiento de aquellos indicadores del desempeño energético que permitan reflejar el uso y consumo de energía en una organización, además del establecimiento de una o varias líneas de base energética de referencia necesarias para la evaluación de los cambios en el desempeño energético y para la verificación de los ahorros energéticos

obtenidos, la implantación de sistemas de gestión de la energía adquirirá una mayor dimensión de beneficio para sus usuarios si este sistema de gestión se acompaña de un *sistema de monitorización* de consumos de energía (y de aquellos parámetros que afecten a dicho consumo), así como, si se acompaña también, de *protocolos de medida y verificación* reconocidos internacionalmente, a partir de los cuales pueda establecerse un cálculo fiable de los posibles ahorros energéticos obtenidos.

## VII.2 Protocolos de Medida y Verificación

La Medida y Verificación es un proceso que consiste en utilizar la medida para el establecimiento de forma fiable del ahorro real generado en una instalación dentro de un programa de gestión de la energía.

Por ello, para poder realizar un proceso fiable, fundamentado y transparente para las partes implicadas del cálculo de los ahorros energéticos asociados a la implantación de una determinada medida de eficiencia energética, será necesario desarrollar metodologías adecuadas para la consecución de estos fines a través de Protocolos de Medida y Verificación de ahorros energéticos reconocidos internacionalmente.

En la actualidad, los Protocolos de Medida y Verificación de uso más habitual, son:

- International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP):** Se trata del estándar más ampliamente utilizado a nivel internacional y dispone de documentos adicionales relacionados con las energías renovables, edificios de nueva construcción y calidad del ambiente interior. La Efficiency Valuation Organization (EVO) es la organización
- estadounidense encargada de su gestión y coordinación.
- Federal Energy Management Program (FEMP):** Proporciona métodos y guías para la Medida y Verificación en contratos federales de ahorro de energía en los EEUU. Proporciona ejemplos de aplicaciones de Planes de Medida y Verificación relacionados con la eficiencia y control en la iluminación, variadores de velocidad para motores eléctricos, bombas de calor y energías renovables, entre otros.
- ASHRAE Guideline 14 - Measurement of Energy and Demand Savings:** Proporciona un elevado detalle a nivel técnico, lo que le permite complementarse con el IPMVP, que es más conceptual.
- Best Practice Guide to Measurement and Verification of Energy Savings:** Complementa al documento "A Best Practice Guide to Energy Performance Contracts", proporcionando metodologías para la Medida y Verificación de ahorros en Australia, ya sea para contratos de servicios energéticos o no.

## VII.3 International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)

La Efficiency Valuation Organization (EVO) publica el International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) con el objetivo de incrementar la inversión en proyectos de eficiencia energética, mediante el desarrollo de un protocolo que establezca, de manera clara para el cliente final y el proveedor de las medidas de eficiencia energética, la metodología adecuada para el cálculo de los ahorros energéticos.

Como el ahorro no se puede medir de forma directa, ya que representa la ausencia del consumo de energía, debe determinarse comparando el consumo antes y después de la implantación de un proyecto de eficiencia energética, a la vez que se realizan los ajustes correspondientes según la variación de las condiciones que afectan al consumo energético.

Así, el IPMVP ofrece un marco de trabajo para evaluar el ahorro en el consumo de energía y ofrece una guía para desarrollar Planes de Medida y Verificación. Sus objetivos principales se pueden resumir en:

- Incrementar el ahorro de energía en las instalaciones.
- Servir de referencia para la realización de pagos en contratos de servicios energéticos.
- Soporte en la solicitud de financiación para proyectos de eficiencia energética, incrementando la credibilidad y transparencia de los proyectos.
- Mejora del diseño y explotación de las instalaciones, a través de los Planes de Medida y Verificación y de las técnicas empleadas.
- Mejora en la evaluación y en la gestión del uso de la energía.

En cuanto a las tareas generales que comprenden la Medida y Verificación de ahorros energéticos, estas constan de:

- Elaboración del Plan de Medida y Verificación, incluyendo el desarrollo

del correspondiente método de cálculo del ahorro y de las estimaciones.

- Instalación, calibración y mantenimiento de los equipos de medida.
- Recopilación y análisis de datos.
- Realización de los cálculos (a partir de las lecturas obtenidas en los equipos de medición) con las herramientas matemáticas desarrolladas.
- Elaboración de informes de Medida y Verificación y, en su caso, revisión y validación de los informes por terceras partes.

Para un correcto planteamiento inicial del alcance de las tareas asociadas a la Medida y Verificación, debe tenerse en cuenta que el IPMVP no cubre en detalle:

- El diseño y elección de sistemas de medida e instrumentación.
- La ingeniería energética.
- El análisis estadístico.
- La estimación de los costes de los trabajos asociados a la Medida y Verificación.

Respecto al siempre difícil equilibrio entre coste e incertidumbre en un informe de ahorro energético, el IPMVP establece que el nivel aceptable de incertidumbre debe corresponderse razonablemente con la cantidad de ahorro que se espera, de tal manera que, el coste anual medio de la Medida y Verificación no debería suponer más del 10% del ahorro anual medio que se está evaluando. Así pues, atendiendo a este criterio de equilibrio coste-incertidumbre, el ahorro comprometido sitúa un límite en la partida presupuestaria de la Medida y Verificación, estableciendo, a su vez, la incertidumbre aceptable.

Atendiendo al principio de fundamentar el cálculo fiable del ahorro energético en la medida, las fases generales en la ejecución de un Plan de Medida y Verificación (Figura 1), se pueden resumir en:

**1. Período de referencia:**

- a. Medición de los consumos energéticos del equipo o sistema a sustituir.
- b. Obtención de su patrón de consumo y de las variables que le afectan

**2. Implantación de las medidas de eficiencia energética.**

**3. Período demostrativo del ahorro:**

- a. Medición de los consumos energéticos del nuevo equipo o sistema.
- b. Obtención de los ahorros ajustados a partir de: el patrón de consumo del equipo o sistema sustituido, la medición del consumo del nuevo equipo o sistema y la medición de las variables que afectan a dicho consumo.



Figura.32. Fases generales en la ejecución de un Plan de Medida y Verificación de ahorros energéticos (Fuente: adaptación de IPMVP Volumen 1, 2010).

Tanto el período de referencia como el período demostrativo del ahorro deben comprender ciclos operativos normales y suficientemente representativos de la operativa habitual de los equipos o sistemas.

Un aspecto importante a tener en cuenta en el período de referencia, es el establecimiento de la línea de base energética, a partir de la cual será posible la comparativa de consumos energéticos, y por tanto el cálculo de los ahorros, entre el equipo o sistema sustituido y el nuevo.

Para ello, se debe encontrar la relación matemática entre la energía (variable dependiente) y una o más variables independientes (temperatura, humedad,

ocupación, producción,...) en función de las cuales se explique la variación en el consumo energético. Los modelos matemáticos más habituales son regresiones lineales simples o regresiones lineales múltiples.

En general, para la evaluación de la precisión del modelo de regresión obtenido, se recomienda analizar los siguientes indicadores estadísticos: coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado (se suele considerar válido el modelo de regresión si  $R^2 > 0,75$ , aunque se deben tener en cuenta también el resto de indicadores estadísticos antes de tomar una decisión), error estándar de la estimación, sesgo del modelo e indicador estadístico-t.

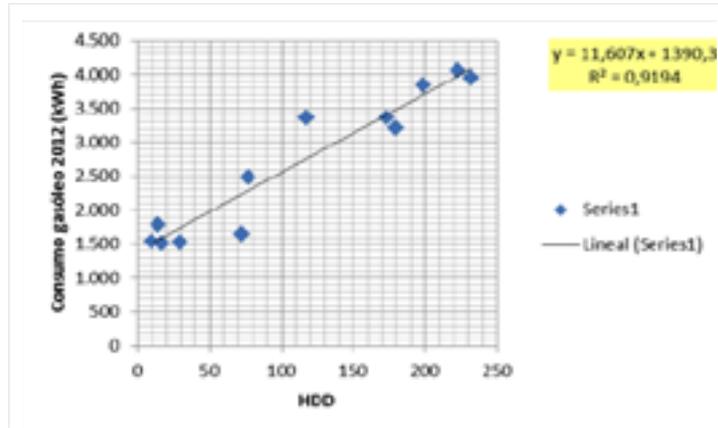


Figura.33. Ejemplo de línea de base energética para el sistema de calefacción de un edificio de viviendas, en el que la variable dependiente (energía) se explica a partir de la variación de la variable independiente (grados día de calefacción: HDD) (Fuente: EnergyLab).

Existen numerosas herramientas informáticas específicas disponibles en el mercado para la realización de este tipo de análisis estadístico (R (gratis), SPSS, PSPP (gratis), S-Plus, etc.), aunque también se pueden realizar análisis estadísticos simples o más avanzados mediante hojas de cálculo como OpenOfficeCalc o Microsoft Excel.

Finalmente, para el cálculo del ahorro tras la implantación de las medidas de eficiencia

energética, se calcula la energía que hubiese consumido el equipo o sistema sustituido (a partir del modelo de regresión obtenido en el período de referencia) pero en las condiciones de contorno del período demostrativo del ahorro, y se compara con la medición de la energía consumida por el nuevo equipo o sistema.

# VIII. HACIA EL HOSPITAL DEL FUTURO. PROYECTO HOSPITAL 2050

Desde el año 2012, el Gobierno de la Xunta de Galicia viene desarrollando el proyecto de innovación sanitaria “Hospital 2050”, basado en 23 líneas de trabajo, una de las cuales se centra en el ámbito de la energía, bajo la denominación de “Hospital Autosostenible”.

El proyecto pretende abarcar en el medio y largo plazo todo el ámbito sanitario de Galicia, que comprende 14 hospitales y unos 500 centros de salud, aunque, en la actualidad, el complejo hospitalario de referencia del proyecto es el Complejo Hospitalario de Orense, en el que se están llevando a cabo buena parte de las propuestas de innovación en materia de ahorro y eficiencia energética, cuya finalización está prevista para finales de 2016.

Teniendo en cuenta que la Sanidad representa del orden de un 40% del presupuesto total de la Xunta de Galicia y que en un Complejo Hospitalario tipo de la Comunidad, la factura energética oscila entre los 4 y los 8 millones de euros, los proyectos de optimización de sus consumos energéticos suponen una de las acciones prioritarias dentro del proyecto “Hospital 2050”. De forma que, el hospital del futuro que se plantea desde este proyecto resulte un hospital sostenible medioambientalmente y eficiente energéticamente, con la visión futura de alcanzar edificios y complejos de edificios energéticamente sostenibles, lo cual permitirá reducir de manera drástica sus facturas energéticas.

En términos de las actuaciones principales que se están llevando a cabo dentro de la línea de trabajo de “Hospital Autosostenible”, destacan:

- Renovación de los sistemas de iluminación (incluyendo un mayor aprovechamiento de la luz natural).
- Renovación de envoltentes.

- Empleo de materiales constructivos sostenibles y ecológicos.
- Optimización energética de los sistemas de ventilación.
- Aprovechamiento de fuentes renovables de energía (solar, eólica, biomasa y geotérmica) y su hibridación óptima.
- Cogeneración y trigeneración.
- Sistemas de acumulación de energía (térmica y eléctrica).
- Recuperación de calores residuales.
- Puntos de recarga para vehículos eléctricos.
- Gestión y mantenimiento avanzado de los sistemas energéticos, mediante la monitorización de consumos energéticos y de aquellos parámetros que les afecten.
- Valorización y aprovechamiento de residuos hospitalarios.

Desde el punto de vista energético y de sostenibilidad medioambiental, estas son las estrategias pasivas y activas que, teniendo en cuenta el ciclo de vida total de los edificios, conforman la base para la consecución de complejos hospitalarios autosostenibles en el proyecto “Hospital 2050”.



# IX. REFERENCIAS

- 2013. Net zero energy design: a guide for Commercial Architecture. Thomas Hootman.
- 2012/27/UE. Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética.
- 2012. EnergyLab. Eficiencia energética y energías renovables en rehabilitación de edificios. Capítulo 4.5. Edificios Pasivos y de Consumo Energético Casi Nulo. Patxi Hernández
- 2012. Habitar Sostenible. Integración medioambiental den 15 casas de arquitectura popular española. Margarita de Luxan (Dirección). Ministerio de Fomento.2010/31/CE. Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). Comisión y Consejo Europeos.
- 2011. Principles for Nearly Zero-Energy Buildings. Buildings Performance Institute Europe.
- 2010. Zero Energy Building- A review of definitions and calculation methodologies. Marszal, Heiselberg, Bourrelle, Musall, Koss, Sartori, Napolitano.
- Norma UNE EN 16247-1. Auditorías energéticas. Parte1: Requisitos generales.
- Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.
- Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- Directiva 2012/27/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética.
- ASHRAE, *Guideline 14: Measurement of Energy and Demand Savings* (2002).
- AEPKA, *Best Practice Guide to Measurement and Verification of Energy Savings* (2004).
- EfficiencyValuationOrganization, *Protocolo Internacional de Medida y Verificación de Ahorros – Conceptos y Opciones para Determinar el Ahorro de Energía y Agua. Volumen 1* (2010).
- C. Peña y J. M. García Sánchez, *Gestión de la Eficiencia Energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora* (2012).
- Asociación de Empresas de Eficiencia Energética – A3e, *Documento de Trabajo Medición y Verificación de Ahorros* (2012).
- Asociación de Empresas de Eficiencia Energética – A3e, *Documento de Trabajo Sistemas de Gestión Energética* (2013).
- R. Poquet y J. Sastre, *Eficiencia energética: cómo evitar errores estadísticos en la Medida y Verificación* (2014).
- JanuszWojciechBujak, Production of waste energy and heat in hospital facilities. Energy 91 (2015) 350e362
- J. Bujak; Experimental study of the energy efficiency of an incinerator for medical waste. Appl Energy, 86 (2009), pp. 2386–2393
- Energy efficiency in hospitals and clinics; Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1999, ISBN 92-828-1945-0
- Nils Christiansena, Martin Kaltschmitta, Frank Dzukowskib, Friedrich IsenseeabaHamburg; Electricity consumption of medical plug loads in hospital laboratories:Identification, evaluation, prediction and verification. Energy and Buildings 107 (2015) 392–406
- Heras, MR; et al. Hacia una nueva generación de edificios de consumo energético casi nulo y cero emisiones. Proyecto Singular Estratégico sobre ARquitectura Bioclimática y FRIoSOLar - “PSE-ARFRISOL”editorial CIEMAT. ISBN: 978-84-7834-712-4

# X. CONTACTO



Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética

[secretaria@pte-ee.org](mailto:secretaria@pte-ee.org)



Visión de la  
**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR HOSPITALARIO**



Plataforma  
tecnológica española de  
eficiencia energética

