

TESIS DOCTORAL

**HOSPITALES EFICIENTES:  
UNA REVISIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO**



**VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA**

AUTOR

Marta López Cristià

DIRECTORES

Profesor Doctor Don Clemente Muriel Villoria

Profesor Doctor D. Antonio López-Valverde Centeno

Salamanca 2011

Prof. **DR. D. CLEMENTE MURIEL VILLORIA**, Director del Departamento de Cirugía de la Universidad de Salamanca.

CERTIFICA:

Que la presente tesis doctoral titulada '*Hospitales eficientes: Una revisión del consumo energético óptimo*', realizada por Dña. Marta López Cristià para optar al grado de Doctora por la Universidad de Salamanca, cumple con todos los requisitos necesarios para su presentación y defensa ante el tribunal calificador.

Y para que así conste a los efectos oportunos, expido el presente certificado en:

Salamanca

Prof. **DR. D. CLEMENTE MURIEL VILLORIA** y Prof. **DR. D. ANTONIO LÓPEZ-VALVERDE CENTENO**

CERTIFICAN QUE:

Dña. MARTA LÓPEZ CRISTIÀ, ha realizado bajo nuestra tutela y dirección el trabajo titulado '*Hospitales eficientes: Una revisión del consumo energético óptimo*' que consideramos satisfactorio para ser presentado como tesis doctoral en la Universidad de Salamanca.

Para que así conste, donde convenga, firmamos el presente en:

Salamanca

FDO: Prof. **CLEMENTE MURIEL VILLORIA** y Prof. **ANTONIO LÓPEZ-VALVERDE CENTENO**.



## **AGRADECIMIENTOS**

La presente tesis doctoral no se habría podido realizar sin la ayuda de algunas personas a las que deseo expresar mi agradecimiento.

En primer lugar quiero dar las gracias al Doctor Don Clemente Muriel Villoria y al Doctor D. Antonio López-Valverde Centeno por aceptar ser mis directores de tesis y no sólo por enseñarme a investigar y guiarme en este recorrido, si no por su constante apoyo y sus ánimos a seguir.

A los despachos de arquitectura de Felipe Pich-Aguilera y Lluís Morán, por su tiempo dedicado a darme consejos y orientarme en la manera a enfocar el tema de la tesis doctoral.

A Francisco García-Moreno Charlez, ingeniero del Servei Català de la Salut (CatSalut) por los datos facilitados.

Al Dr. Enric Aulí, profesor de la Escuela de ingeniería de la edificación en la Universidad Politécnica de Cataluña, y al Grupo Ferrer, especialmente al Sr. Juan Miralles Navarro, Director Institutional Relations, por su gentileza en obsequiarme con su libro *Centros sanitarios sostenibles*, cuya información ha sido muy útil en la elaboración del presente trabajo.

A Pere López y a Tomás Gilabert, del Grup Sagessa, por sus datos aportados respecto al consumo energético en el Hospital San Joan de Reus.

Y en último lugar a mi familia, especialmente a mi marido, Javier, y mis hijos, Jan y Biel, ya que sin su comprensión, paciencia y ayuda no hubiera podido realizar el presente trabajo.

Muchas gracias a todos.

A mi padre,  
por su apoyo constante, sin el que, seguro, seguro, no habría podido realizar  
esta tesis.

A mi marido, Javier, y a mis dos hijos, Jan y Biel,  
por el gran esfuerzo que, para ellos ha supuesto, el tiempo dedicado a  
elaborarla.

*Nota del autor: La figura de la portada pertenece al proyecto del Hospital regional de Rancagua, realizado por Jaume Ignacio Sáez Rojas (2007-2009) y ha sido extraído de <http://www.dma.cl/revistas/DMA21.pdf>*

Lema del autor:

*'El escribir no significa predicar la verdad, sino intentar descubrir la verdad'.*

Milan Kundera

**HOSPITALES EFICIENTES:  
UNA REVISIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO**



<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN	20
<b>1. INTRODUCCIÓN Y PREÁMBULO</b>	<b>21</b>
1.1. Introducción	23
1.2. Preámbulo	29
<b>2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b>	<b>40</b>
2.1. Hipótesis de trabajo	42
2.2. Objetivos de la tesis	43
<b>3. MATERIAL, ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA</b>	<b>44</b>
3.1. Material	46
3.2. Estructura	47
3.3. Metodología	50
3.3.1. Metodología de la línea de investigación I	50
3.3.2. Metodología de la línea de investigación II	50
3.3.3. Metodología de la línea de investigación III	51
<b>4. EXPOSICIÓN PARTE I. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1</b>	<b>53</b>
4.1. Evolución de la tipología hospitalaria	55
4.2. Breve historia del aire tratado en los hospitales	71
4.3. Antecedentes y prototipos de hospitales eficientes	74
4.4. Comentarios generales	81
<b>5. EXPOSICIÓN PARTE II. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2</b>	<b>83</b>
5.1. El proyecto hospitalario	87
5.1.1. El programa funcional del hospital	89

5.1.2. El lugar	94
5.1.3. Consideraciones en la distribución interior del proyecto y la puesta en obra	97
5.1.4. Las instalaciones	99
5.1.5. Las normativas hospitalarias	104
5.1.6. El bloque quirúrgico	109
5.2. El consumo energético en los hospitales	115
5.2.1. Necesidades de confort del hospital: confort térmico, lumínico y acústico	115
5.2.2. El uso de la energía en los hospitales	119
5.2.3. Principales puntos de consumo energético en los hospitales	120
5.2.4. Indicadores de consumo energético en los hospitales	127
5.2.5. Valores y distribución de consumo energético tipo en un hospital	129
5.3. Estrategias de ahorro energético	135
5.3.1 Clasificación y desarrollo de estrategias de ahorro energético usadas en hospitales	135
5.3.2. Hospitales cuyo diseño incorpora estrategias de ahorro energético	141
5.4. Comentarios generales	159
<b>6. EXPOSICIÓN PARTE III. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3</b>	<b>161</b>
6.1. Situación energética actual	164
6.1.1. Caracterización del sector hospitalario	164
6.1.2. Normativas energéticas	165
6.1.3. Certificación energética en hospitales	171
6.1.4. Gestión energética en hospitales	178
6.2. El consumo energético óptimo de un hospital	179
6.2.1 Definición del concepto ‘consumo energético óptimo’	179
6.2.2 Criterios necesarios para la elaboración de una metodología para el sector edificatorio hospitalario	183

6.2.3	Indicaciones para la elaboración de una metodología para el sector edificatorio hospitalario	185
6.2.4	Estudios de otros casos similares. 'Estado del arte', análisis de las metodologías y valoración de su aplicabilidad	191
6.3	Comentarios generales	223
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>226</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>230</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>232</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXO: FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>250</b>

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
Figura 01. Imágenes del Hospital General San Joan de Reus durante la ejecución de su obra (2006-2010).	24
Figura 02. Hospital Sanitas La Moraleja, obra del estudio Berna 10.	30
Figura 03. Representación gráfica de los mecanismos de transferencia de calor de un edificio.	32
Figura 04. Representación gráfica del ciclo de vida de una edificación.	34
Figura 05. Efecto invernadero del planeta.	36
Figura 06. Organigrama hospitalario.	38
Figura 07. Esquema explicativo de la estructura de la tesis doctoral.	48
Figura 08. Esquemas representativos de la evolución de la arquitectura hospitalaria.	56
Figura 09. Esquema de la evolución de tipologías previas de hospitales.	58
Figura 10. Hospital Real de Granada del arquitecto Enrique Egeas, empezado a construir en el 1511.	59
Figura 11. Planta y alzado del Hospital Real de Granada.	60
Figura 12. Perspectiva y planta del Hospital San Bartolomé de Londres (1730).	61
Figura 13. Esquema representativo de la evolución de la tipología hospitalaria durante el S.XX.	62
Figura 14. Perspectiva y planta del Hospital de la 5ª avenida de Nueva York (1920).	64
Figura 15. Planta general del Hospital Clínico de Madrid (1932).	65
Figura 16. Fotografía del <i>Greenwich District Hospital</i> de Londres (1969).	67
Figura 17. Sección de la planta intersticial del Hospital Municipal de Boston, Estados Unidos. (1970).	67

Figura 18. Planta del Hospital Universitario en Hamilton, Canadá. (1983).	68
Figura 19. Planta del <i>York District General Hospital</i> , Inglaterra. (1971).	69
Figura 20. Ventilación en quirófanos de Clase III, II y I, respectivamente.	73
Figura 21. Fotografía del Hospital antituberculoso de Paimio, Finlandia. (1929-1933)	74
Figura 22. Planta baja del Hospital antituberculoso de Paimio, Finlandia. (1929-1933)	75
Figura 23. Estructura de un techo radiante y distribución de temperaturas.	76
Figura 24. Perspectiva y fotografía del Dispensario antituberculosos de Barcelona del arquitecto Ll. Sert (1933-1937).	78
Figura 25. Maqueta del Hospital de Venecia de Le Corbusier (1965).	78
Figura 26. Sección tipo y planta de un área de habitaciones del Hospital de Venecia de Le Corbusier (1965).	79
Figura 27. Placas solares en la fachada del Hospital San Joan de Reus (2006).	82
Figura 28. Esquema representativo del hospital como edificio contenedor.	87
Figura 29. Esquema representativo de los factores que influyen en el diseño de un hospital.	88
Figura 30. Necesidades térmicas tipo de hospitales ubicados en diferentes áreas geográficas.	89
Figura 31. Unidades de hospitalización del Hospital de Mollet del Vallés (Corea-Morán)	90
Figura 32. Bloque quirúrgico	91
Figura 33. Esquema representativo de las necesidades de interrelación de los diferentes espacios.	94
Figura 34. Accesos mediante transporte público al Hospital Infanta Sofía de Madrid.	96

Figura 35. Esquema de circulaciones del hospital Mollet del Vallés.	98
Figura 36. Ampliación del Hospital Infanta Sofía en mayo de 2009.	99
Figura 37. Exigencias respecto a la calidad del aire de ventilación en hospitales, según RITE.	106
Figura 38. Iluminación tipo en un hospital.	123
Figura 39. Necesidades de energía primaria, para un hospital tipo.	125
Figura 40. Consumo de energía en un hospital medio.	130
Figura 41. Porcentajes de consumos típicos de ACS, iluminación y climatización.	131
Figura 42. Distribución tipo del consumo energético en una clínica u hospital.	131
Figura 43. Comparación Europea de la intensidad eléctrica en ramas del sector servicios.	133
Figura 44. Comparación Europea de la intensidad energética en ramas del sector servicios.	133
Figura 45. Fotografías del servicio de urgencias del Hospital San Llorenç de Viladecans (1999).	143
Figura 46. Estudios de ahorro energético mediante sistemas pasivos en la ampliación del Hospital San Llorenç de Viladecans (1999).	146
Figura 47. Fotografías del Centro Nacional de Alzheimer de Madrid (2007).	147
Figura 48. Fotografía y maqueta del Hospital San Joan de Reus (2006).	151
Figura 49. Necesidades de energía primaria, para un hospital tipo.	155
Figura 50. Estudio de la distribución de la temperatura. Sección transversal por las salas de espera de planta baja del Hospital San Joan de Reus (2006).	158
Figura 51. Reparto de consumos en el sector terciario.	169

Figura 52. Etiqueta de eficiencia energética de edificios en España.	170
Figura 53. Valores máximos de consumo según tipologías edificatorias.	176
Figura 54. Ejemplo de tabla con la puntuación de la categoría de certificación medioambiental LEED de dos hospitales.	178
Figura 55. Esquema representativo del valor de consumo óptimo	180
Figura 56. Esquema representativo de la metodología usada en este apartado.	191
Figura 57. Imagen de la ficha realizada para uno de los nueve hospitales analizados.	205
Figura 58. Imagen de los resultados obtenidos para concretar los valores de referencia.	205
Figura 59. Imagen de los MEEP considerados en iluminación, equipamiento y climatización.	215
Figura 60. Diagrama de dispersión del consumo mensual de energía eléctrica vs. habitaciones día ocupadas para el hotel estudiado A.	220

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 01. Tabla explicativa de relación de los suministros y consumos en la fase de uso de un edificio hospitalario.	25
Tabla 02. Tabla de factores y parámetros que determinan el confort térmico.	33
Tabla 03. Resumen de las instalaciones críticas hospitalarias.	103
Tabla 04. Resumen de las instalaciones importantes hospitalarias.	104
Tabla 05. Resumen de las exigencias requeridas por la normativa en el bloque quirúrgico.	114
Tabla 06. Parámetros lumínicos recomendados para las habitaciones de un hospital.	117
Tabla 07. Exigencias respecto a la calidad del aire de ventilación en hospitales, según RITE.	122
Tabla 08. Indicadores energéticos que pueden usarse en un hospital.	128
Tabla 09. Comparación Europea de la intensidad energética en ramas del sector servicio.	132
Tabla 10. Distribución del consumo de energía final por sectores en 2008	165
Tabla 11. Tabla de clasificación energética de los hospitales en España.	172
Tabla 12. Tabla orientativa para determinar los posibles prototipos de Hospitales que pueden considerarse.	187
Tabla 13. Tabla representativa del estudio 1 a cerca de los diferentes consumos.	198
Tabla 14. Tabla representativa del estudio 2 a cerca de los indicadores de la demanda en los edificios tratados.	202
Tabla 15. Tabla representativa del estudio 2 a cerca de los indicadores de consumo en los edificios tratados.	203
Tabla 16. Tabla representativa del estudio 2 a cerca de los indicadores de eficiencia energética en los edificios tratados.	204

Tabla 17. Tabla representativa de los Inputs y Outputs de consumo de energía principales en un hospital.	211
Tabla 18. Resultados obtenidos respecto del consumo en iluminación, equipamiento y climatización de cada área del hospital.	216
Tabla 19. Coeficientes de Correlación Lineal entre el consumo de energía eléctrica (kWh) y la ocupación (HDO) en diferentes hoteles.	220

## RESUMEN

Los edificios hospitalarios son unos de los mayores consumidores de energía. La necesidad de un uso continuado los 365 días del año, las 24 horas, además de los requerimientos de confort y servicios médicos específicos, los convierte en una tipología arquitectónica altamente intensiva (Gas Natural Fenosa, 2010). Es por este motivo que conocer un valor que indique su consumo de energía óptimo sería muy útil para determinar que hospitales son o no eficientes en este campo. Sin embargo, determinar un valor único para toda la tipología hospitalaria no resultaría útil. Establecer un mismo valor para hospitales que ofrecen diferentes servicios, conociendo que unos son mucho más intensivos en energía que otros, o que distan mucho en número de camas, ubicación geográfica,...no aportará ninguna información fiable de eficiencia. Esta tesis pretende demostrar que la concreción del consumo óptimo está condicionada por las peculiaridades que influyen en el gasto de energía de cada hospital. y que, por ello, es necesario conocerlas. Ello permitirá establecer unos grupos, de esta tipología, con unas características comunes, que facilitará su comparación. Se considera, sin embargo, que es posible definir una única metodología común que conduzca hacia la obtención de este valor, a pesar que, numéricamente, será diferente para cada agrupación, previamente definida.

Así pues, en este trabajo se pretende aportar información para definir, de modo general, las variables que inciden en el consumo de energía de un hospital, para que, en futuras investigaciones puedan establecerse los diferentes grupos de hospitales que compartirán un mismo valor de consumo óptimo. También, la tesis, hace una recopilación crítica de estudios que están relacionados con la obtención de este valor en el terreno edificatorio, valorando si su metodología puede llegar a ser aplicable al terreno que nos ocupa.

## **1. INTRODUCCIÓN Y PREÁMBULO**

## **1 INTRODUCCIÓN Y PREÁMBULO**

Índice del capítulo:

1.1 INTRODUCCIÓN

1.2. PREÁMBULO

## **1 INTRODUCCIÓN Y PREÁMBULO**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El primer año que comencé a dar clases en la Escuela de Arquitectura de Reus, en la Universidad Rovira i Virgili, coincidí con la ejecución de las obras del proyecto del Hospital General de San Joan iniciado en 2006 y galardonado con el Premio NAN de Arquitectura y Construcción por la 'Mejor integración de la energía en la arquitectura'. La construcción se hallaba situada prácticamente a lado del pabellón en que yo impartía mi asignatura, lo que me permitía ir haciendo un seguimiento de la misma. Conforme la obra iba avanzando, el edificio cada vez llamaba más mi atención. Su gran volumetría capaz de integrarse con el paisaje gracias a su porosidad que filtraba hacia el interior las aportaciones naturales de su entorno como la luz natural o los flujos de aire, sus materiales y acabados, su singularidad y su imagen de modernidad lo convertían en un edificio excepcional. Durante el verano de 2010 decidí, junto a una compañera, impartir un curso, para la Universidad de verano, sobre la eficiencia energética en los edificios. Evidentemente optamos por incluir, entre los ponentes elegidos, a Felipe Pich Aguilera, autor del hospital junto con el despacho de arquitectura Corea-Morán, ambos especializados en arquitectura hospitalaria. El arquitecto nos mostró muchos de sus proyectos y, como no, nos habló de esta obra, tan cercana a nuestra Escuela. Allí fue cuando conocí que el proyecto, además de ser interesante desde su aspecto formal, también lo era desde su aspecto energético. El nuevo centro hospitalario que lograba disminuir el consumo energético hasta un 35% respecto al consumo medio de un hospital (Junge, 2011), mediante el uso de diversas estrategias, pretendía convertirse en uno de los referentes de la arquitectura sostenible del panorama actual.

Como profesora de instalaciones, la tendencia por conocer el edificio en su totalidad fue en aumento, hasta tal punto, que se convirtió en el tema que dio origen a mi tesis doctoral.



*Figura 01. Imágenes del Hospital General San Joan de Reus durante la ejecución de su obra (2006-2010)*

*Fuente: Extraído de <http://www.hospitalsantjoan.cat>*

El presente trabajo centra su interés en el problema, cada vez más relevante, del consumo de energía en los hospitales, el cuál, es determinante durante su periodo de uso. En el marco de crisis que se está viviendo a día de hoy, el hecho de que en nuestro país exista un alto porcentaje de hospitales públicos, hace necesario estudios que puedan derivar en un reajuste y que permitan, en consecuencia, un ahorro económico importante. Hablar de eficiencia significa obtener máximo beneficio de los recursos de los que se dispone, mediante una gestión adecuada de los mismos, evitando, en consecuencia, un coste económico innecesario (García, 1997). Extrapolar esta definición al tema que nos ocupa, medir la eficiencia energética en el sector hospitalario, supone dar respuesta a preguntas cómo: ¿cuándo se puede considerar que un hospital es eficiente? ¿cuál debería ser, en ese caso, su consumo de energía óptimo?. Medir la eficiencia energética conlleva a relacionar los *inputs* usados con los *outputs* obtenidos (García, 1997), que en nuestro caso, considerando tan solo la fase de uso del edificio, serían la energía suministrada y la energía consumida, en forma de iluminación, calefacción, climatización, ventilación, etc., respectivamente. (Cuchí et al, 2010)

<b>INPUTS</b>	<b>OUTPUTS</b>
<i>SUMINISTROS</i>	<i>CONSUMOS</i>
<i>Electricidad</i>	<i>Climatización/Refrigeración/Calefacción/Ventilación</i>
<i>Gas/petróleo</i>	<i>Iluminación</i>
<i>Agua</i>	<i>Agua</i>

*Tabla 1. Tabla explicativa de relación de los suministros y consumos en la fase de uso de un edificio hospitalario.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Dar respuesta a estas cuestiones empezó a dar forma a la tesis. Se optó, como punto de partida, recopilar información acerca de estudios existentes, actualmente, que permitieran determinar de manera concreta o pudieran encaminarnos hacia la concreción del valor de consumo energético óptimo de esta tipología edificatoria. En esa fase no se hallaron valores concretos de consumo energético óptimo para edificios hospitalarios, pero sí, sin embargo,

para otras tipologías edificatorias. Por ese motivo, se decidió analizar también publicaciones que estuvieran relacionados con la determinación de ese consumo óptimo, para cualquier tipología edificatoria, ya fuera en edificios del ámbito residencial, industrial, etc. y valorar así la posibilidad de aplicados a la edificación hospitalaria. No obstante, fue después de reflexionar sobre las informaciones obtenidas en las entrevistas realizadas con expertos en temas de eficiencia energética en hospitales, como los arquitectos Felipe Pich-Aguilera y Luís Morán, entre otros, y en otras fuentes de información como artículos, publicaciones y otros trabajos relacionados con el tema, cuándo se observó que esta determinación sería no sólo complicada, si no un tanto inconcreta, poniéndose incluso en duda su verdadero significado. Ello era debido a la heterogeneidad que caracteriza a este tipo de edificios, en muchos sentidos: Los servicios prestados, su forma y tamaño, su ubicación y manera de relacionarse con el entorno, las variables climatológicas de la zona dónde se sitúa el hospital, el tipo de construcción, las normativas de aplicación del momento y país, comunidad autónoma,...) que da lugar a distintos parámetros explicativos de consumo energético asociados a su arquitectura (CECU, 2007). Esta diversidad, en definitiva, complica la labor de establecer una comparación entre todos los edificios hospitalarios y por tanto, de determinar un único valor de consumo óptimo de energía para todos ellos. Si los parámetros no son similares, no son comparables. Pero, ¿cómo abordar entonces el problema?. A partir de esta hipótesis, se consideró que la manera más apropiada de hacerlo era analizando el tema desde diferentes perspectivas y una vez analizadas, extraer unas conclusiones al respecto. Para ello se eligieron tres maneras muy diferentes, pero, a la vez, complementarias, todas ellas, de revisar el comportamiento medioambiental de los edificios hospitalarios: la histórica, la funcional y la energética, a las que se hará referencia en el apartado de Estructura y Metodología, dónde se desarrollará, de modo detallado, el contenido de cada una.

El presente capítulo, el número 1, contiene dos apartados: La introducción y el preámbulo, dónde se definen una serie de conceptos que se consideran básicos para el entendimiento de esta tesis doctoral, todos ellos derivados del binomio *HOSPITAL-ENERGÍA*.

El capítulo 2 se destina a la presentación del objetivo, en el que se hace referencia a las intenciones de la investigación.

En el capítulo 3 se detalla la estructura del trabajo, que, como se ha mencionado se compone de tres partes que muestran maneras diferentes de enfocar el tema de la eficiencia energética en un edificio hospitalario. También se define la metodología seguida y se resume brevemente el material utilizado para la elaboración del trabajo.

Los capítulos 4, 5, y 6 hacen referencia al estudio del ahorro energético en la tipología edificatoria que nos ocupa, pero analizándolo desde perspectivas diferentes, siendo éstas el análisis desde una visión histórica, funcional y de consumo energético, respectivamente. Se considera que todas ellas son necesarias y complementarias para comprender el sentido del trabajo desarrollado. En la parte final de cada capítulo se realizan unos comentarios generales a modo de conclusiones parciales que servirán como fundamento de las finales.

En el capítulo 7, se establece una discusión que resume las ideas presentadas a lo largo del estudio y facilita la elaboración del siguiente capítulo.

El número 8 está dedicado a la recopilación de todas las conclusiones obtenidas a lo largo de la investigación.

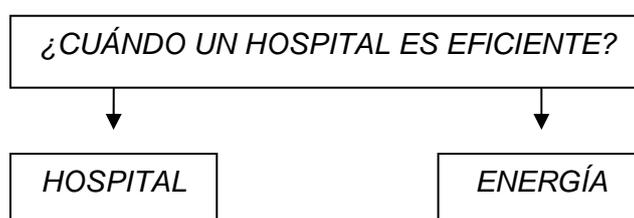
Y finalmente, en los capítulos 9 y 10 se adjunta la bibliografía consultada y se proponen, a modo de anexo, futuras líneas de investigación que la tesis deja abiertas y sobre las que sería muy interesante seguir trabajando.

En definitiva, esta tesis, que no deja de ser una discusión que nos lleva a hacer un conjunto de reflexiones, que acaban materializándose en unas conclusiones, acerca de la posibilidad de concretar un único valor de consumo energético óptimo, para todo el conjunto de edificaciones englobadas dentro de la palabra *HOSPITAL*, tiene la voluntad de poder ofrecer una humilde

contribución no sólo al conocimiento de este tipo de arquitectura, si no también, a su manera de comportarse respecto al medioambiente, en tiempos pasados y en la actualidad.

## 1.2 PREÁMBULO

Para el entendimiento tanto del contenido cómo del motivo de esta investigación se requiere de la aclaración de ciertos conceptos, algunos de ellos ya planteados en la introducción. En este apartado se hace una breve explicación de los mismos. Todos ellos están relacionados con la pregunta que da origen a esta tesis doctoral y con las dos palabras clave que se desprenden de la misma: HOSPITAL y ENERGÍA.



### *Bioclimatización:*

Es la obtención de un cierto control de las condiciones climáticas en un edificio mediante técnicas de aprovechamiento de elementos naturales con mínima (o nula) aportación o consumo de energía. Es decir, se trata de conseguir el control ambiental (o la climatización) de un edificio por medio de elementos y técnicas naturales, en contraposición con la climatización convencional en la que se hace uso amplio de la energía, en diferentes formas, con tal de conseguir dicho control. (Esquerra et al, 2007). No se trata de un concepto nuevo, la arquitectura tradicional está llena de ejemplos de edificaciones que funcionaban según estos principios, ya que antiguamente las posibilidades de climatización artificial eran escasas y caras. Aunque diversos estudios han demostrado que los sistemas pasivos no son muchas veces suficientes para mantener unas condiciones adecuadas de confort, y con más motivo en los hospitales, dónde estas condiciones son mayores, debido a las exigencias de higiene, se deben considerar como sistemas complementarios a los activos y como una fuente importante de ahorro energético y económico. Un

hospital eco-eficiente satisface, de una forma equilibrada, las necesidades, tanto del paciente como del medio ambiente, sin consumir tantos recursos, ni generando tantos residuos (Pérez et al, 2008). Un ejemplo de ello ha sido el hospital realizado por el estudio de arquitectura Berna 10, en Madrid, de 24.000 m<sup>2</sup>, que ha logrado un importante ahorro gracias a su diseño, materiales y soluciones constructivas e instalaciones elegidos. El edificio utiliza los recursos naturales, como el sol, el agua o el viento ofrecidos por la zona, a la vez que equipos altamente eficientes, según las energías disponibles. (Ubierna, 2006)



*Figura 02. Hospital Sanitas La Moraleja, obra del estudio Berna 10*

*Fuente: Extraído de Arte y Cemento, 2024 (2006)*

### *Carga térmica:*

Mantener un edificio a una temperatura distinta a la del exterior, a voluntad de sus ocupantes y en función del cumplimiento de las normativas correspondientes, supone 'extraer' o 'añadir' calor, del local al exterior. Se puede definir, por tanto la carga térmica, como la potencia de refrigeración o calefacción que requiere la instalación, en un determinado instante, para mantener unas condiciones térmicas interiores dadas.<sup>i</sup>

---

<sup>i</sup> Definición proporcionada por el Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la Universitat Jaume I (Castellón de la Plana)

El sistema edificio está constituido por el edificio, propiamente dicho, con todos sus componentes arquitectónicos (muros, cubierta, ventanas, etc.), y, además, por todos los elementos internos que garantizan el funcionamiento del mismo (sistemas de alumbrado, equipos mecánicos y eléctricos, personas, etc.). El sistema edificio está expuesto a las acciones climáticas exteriores (temperatura, radiación solar, viento, etc.) y reacciona delante de estas fundamentalmente a través de los cerramientos opacos (muros, cubierta) y transparentes (ventanas). Así, las condiciones ambientales interiores quedan modificadas por estas acciones. La carga térmica depende de los siguientes parámetros: (Renedo, 2002)

- Forma y orientación del edificio.
- Sombras del propio edificio o de edificios cercanos.
- Condiciones climáticas exteriores e interiores.
- Composición de cerramientos.
- Inercia térmica del edificio.
- Elementos de protección solar.
- Ganancias de radiación solar.
- Infiltraciones.
- Ventilación natural o artificial.
- Cargas térmicas interiores: iluminación, ocupación y equipos.
- Características de radiación y convección.

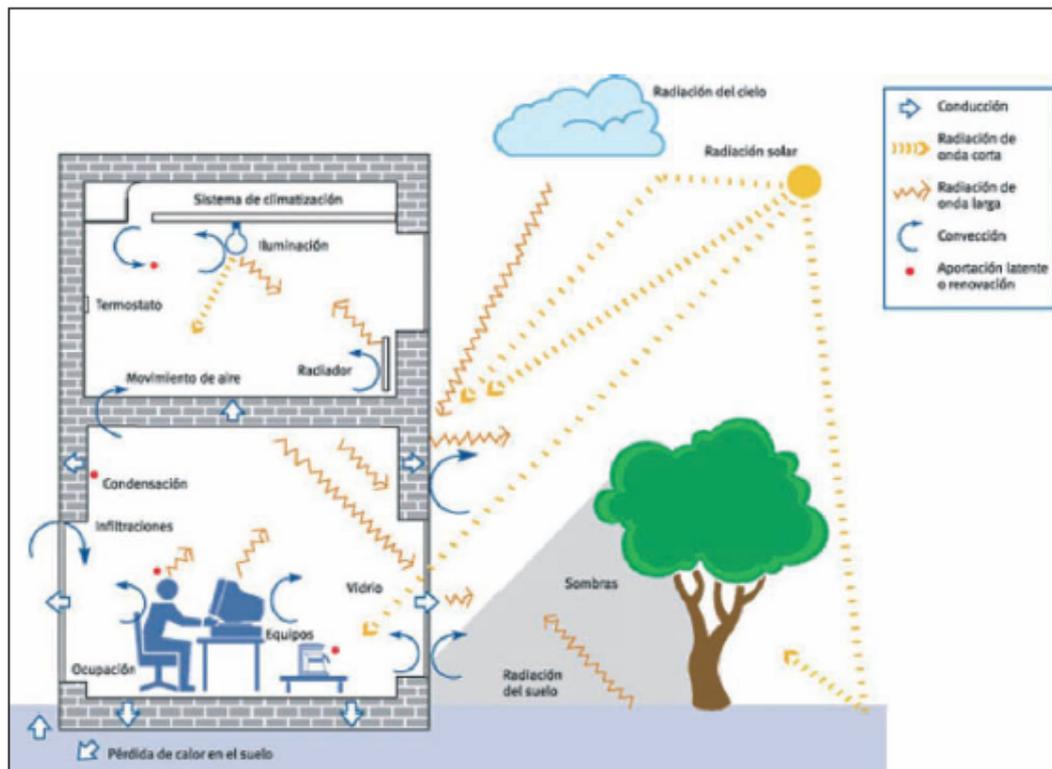


Figura 03. Representación gráfica de los mecanismos de transferencia de calor de un edificio

Fuente: Extraído de A-Tas Theory Manual EDSL Documentation.

### Confort térmico:

El confort térmico se define en la Norma ISO 7739 como esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico. El cuerpo humano se siente cómodo si es capaz de conservar fácilmente un balance térmico con el entorno y mantener la temperatura corporal de 36,9 grados centígrados aproximadamente. Se trata de un concepto con un alto contenido subjetivo por lo que hablar de confort supone hablar de unos parámetros, variables en tiempo y espacio, propias del lugar que inciden en las sensaciones de los ocupantes. (Chávez del Valle, 2002)

FACTORES	Ambientales	Exteriores	Temperatura del Aire
			Temperatura Radiante
			Humedad Relativa
			Velocidad del Aire
	Personales	Fisiológicos y Contributivos	Sexo
			Edad
			Peso
			Tasa de Metabolismo Basal Muscular (Nivel de Actividad)
			Estado de Salud
			Intercambio de Calor por Ingestión de Bebidas y Alimentos
			Historial Térmico Inmediato Mediato
			Tiempo de Permanencia
			Variabilidad Temporal y Espacial de los Estímulos Físicos Ambientales
			Socioculturales y Psicológicos
Expectativas de Confort			
Contacto Visual con el Exterior			
PARÁMETROS	Ambientales	Interiores	Temperatura del Aire
			Temperatura Radiante
			Humedad Relativa
			Velocidad del Aire
Arquitectónicos	Adaptabilidad del Espacio	Movilidad del Ocupante dentro del Espacio.	
		Modificación de Elementos y Dispositivos de Control Ambiental.	

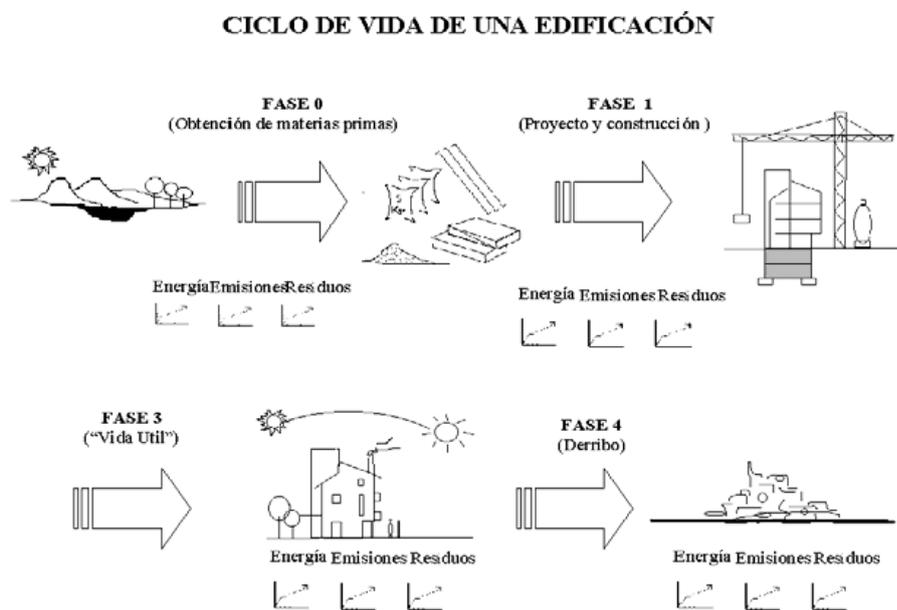
Tabla 02. Tabla de factores y parámetros que determinan el confort térmico

Fuente: Extraído de la Tesis Doctoral de Chávez del Valle, F. (2002)

*Consumo energético:*

El consumo de energía puede definirse cómo la relación entre la energía demandada y el rendimiento de la instalación. Los edificios consumen una importante cantidad de energía en cada una de sus fases o etapas de su ciclo de vida: La fabricación de materiales, el transporte de los mismos, el proceso de construcción, el uso y mantenimiento de los

edificios y, finalmente, su deconstrucción o derribo, finalizada su vida útil, suponen unos impactos ambientales considerables.



*Figura 04. Representación gráfica del ciclo de vida de una edificación.*

*Fuente: Extraído de la Tesis Doctoral de López, F. (2006) UPC.*

Estudios realizados sobre el consumo de energía derivado de cada una de las fases del ciclo de vida de un edificio determinan que sólo la fase de uso y explotación del edificio implica alrededor de un 66 y 80% del consumo total. Este dato no es extraño, pues se trata de la fase de mayor duración y en la que se hace uso de forma dinámica de los recursos energéticos (alumbrado, fuerza, climatización, etc.) (López, 2006). La gestión de la energía es, pues, una pieza clave, y más aún en las administraciones públicas.

*Eficiencia energética:*

La actual crisis de recursos energéticos obliga a reducir la dependencia de combustibles de origen fósil o nuclear, y garantizar el uso adecuado de los recursos empleados. La eficiencia energética respecto del consumo de una determinada cantidad de recursos supone cubrir una

necesidad específica invirtiendo la mínima cantidad de los mismos para lograrlo (López, 2006). Aplicándolo al caso de la edificación, se considera que un edificio es más eficiente energéticamente que otro si consume menos energía primaria exterior, es decir, la que no ha sido generada por él mismo a partir de fuentes renovables.

El nivel de eficiencia energética que tiene un edificio se basa en los siguientes factores: (Montero et al, 2010)

- Las soluciones arquitectónicas pasivas.
- El rendimiento de los equipos de producción de energía del edificio.
- El aprovechamiento de las energías renovables cuya incorporación es posible en el edificio.
- La energía producida, tanto en la construcción de un edificio, como en la demolición.

En el caso de los edificios hospitalarios evidentemente no se puede considerar eficiencia energética si se sacrifica el confort de pacientes y/o personal.

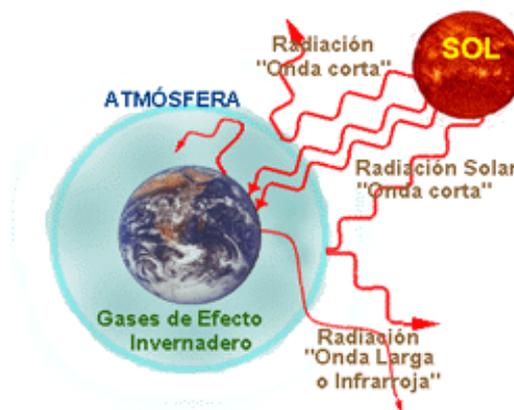
#### *Energía:*

La energía se puede definir como la capacidad de realizar un trabajo. Se trata de una propiedad que tienen los cuerpos para producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos.

La edificación, cuya finalidad principal es satisfacer a sus ocupantes, debe proporcionar servicios como confort térmico, ventilación, iluminación, etc., habitabilidad, en definitiva, y todo ello requiere del uso de energía. (Cuchí et al, 1999) (Cuchí et al, 2007)

#### *Emisiones GEI:*

El fenómeno de cambio climático se debe a un aumento de concentración de gases de efecto invernadero generados por las actividades humanas. El Protocolo de Kyoto recoge seis grupos de los mismos, aunque el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) es el que mayor preocupación genera, pues se le hace responsable del 78% del impacto sobre el clima<sup>i</sup>. Por ese motivo para contabilizar el impacto global de todos los gases, se ha establecido como unidad de medida la tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente. El efecto invernadero es uno de los principales factores que provocan el calentamiento global de la Tierra. La energía del Sol queda atrapada por los gases, del mismo modo en que el calor queda atrapado detrás de los vidrios de un invernadero.



*Figura 05. Efecto invernadero del planeta*  
 Fuente: Extraído de <http://www.nl.gob.mx>

*Hospital:*

(Del lat. *hospes=huesped*): Establecimiento destinado al diagnóstico y de tratamiento de enfermos, donde se practican también la investigación y la enseñanza.<sup>ii</sup>

<sup>i</sup> Según datos de CeroCO<sub>2</sub>, una iniciativa conjunta de la Fundación Ecología y Desarrollo y de Acciónatura, que pretende sensibilizar a la sociedad sobre la necesidad de iniciar una acción inmediata contra el calentamiento del planeta, para lo que ofrece herramientas para calcular, reducir, y compensar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

<sup>ii</sup> Definición extraída del Diccionario de la Real Academia Española.

Los hospitales, como parte integrante de una organización encargada de la salud, desarrollan una función asistencial, de docencia e investigación, ampliando sus funciones a la promoción de la salud y la prevención de enfermedades. Estos se pueden clasificar teniendo en cuenta los siguientes aspectos: (Villalobos, 2010)

- Por su función:
  - Generales
  - Especiales o monográficos
  
- Por su ámbito de actuación:
  - Locales
  - Provinciales
  - Regionales
  
- Por el nivel de asistencia prestada:
  - Baja complejidad
  - Complejidad media
  - Alta tecnología
  
- Por su dependencia:
  - Públicos
  - Privados
  - Alternativos
  
- Por el tipo de pacientes:
  - Agudos o crónicos

La estructura de funcionamiento del mismo se representa mediante un organigrama hospitalario. A continuación se muestra uno tipo de la Seguridad Social:

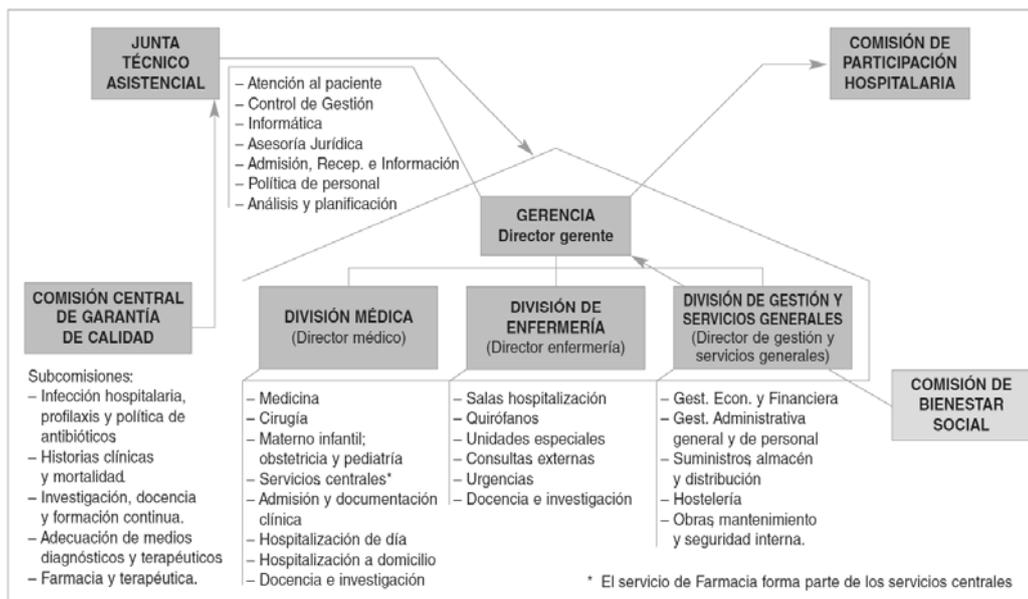


Figura 06. Organigrama hospitalario

Fuente: Extraído de Villalobos, J (2010) *Gestión sanitaria para los profesionales de la salud*

**Sostenibilidad:**

La Sostenibilidad consiste en la adaptación del entorno de los seres humanos a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente (Cáceres, 1996) (Alabedra et al, 1998).

Es necesario recordar los tres principios básicos que, formulados por el economista Herman Daly, nos permiten avanzar, medioambientalmente hablando, hacia un desarrollo sostenible: (Xercavins et al, 1996) (Alabedra et al, 1998).

- Para una fuente de recursos renovable, no consumirla a una velocidad superior a la de su renovación natural.
- Para una fuente no renovable, no consumirla sin dedicar la parte necesaria de la energía resultante en desarrollar una nueva ‘fuente’

que, agotada la primera, nos permita continuar disfrutando de las mismas prestaciones.

- Para un residuo, no generar más que aquél que el sumidero correspondiente sea capaz de absorber e inertizar de forma natural

*'...se entiende que la sostenibilidad en la edificación ha de ser un conjunto de estrategias y técnicas de diseño y construcción de los edificios gracias a los cuales se obtienen como resultado unas construcciones seguras y confortables por los ocupantes, a los cuales proporcionan luz y confort térmico con el mínimo consumo de energía posible.'* (Esquerra et al, 2007).

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

## **2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

Índice del capítulo:

2.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

2.2. OBJETIVOS DE LA TESIS

## **2.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Esta tesis parte de la hipótesis de que un valor de consumo de energía óptimo único para todo el conjunto de hospitales, no aportaría una información verdadera acerca de la eficiencia o ineficiencia energética de cada uno, pues la diversidad de este modelo edificatorio, en gran cantidad de aspectos, no permite establecer comparaciones en cuanto a su consumo de energía entre hospitales que no posean características similares. Por ello, en este trabajo se expondrán distintas variables que pueden influir en el consumo de energía de los hospitales.

## 2.2 OBJETIVOS DE LA TESIS

El objetivo perseguido con este trabajo de investigación es doble:

- Mostrar que la determinación de un valor característico del consumo de energía 'óptimo' para todos los hospitales, que defina cuándo cada uno es o no eficiente energéticamente, se halla en función de unas variables, que son propias y características para cada hospital, y que repercuten sobre el comportamiento energético de uno.
- Obtener, mediante la recopilación de estudios relacionados con el consumo de energía en el terreno edificatorio, el análisis de las metodologías usadas, en cada caso, y la valoración acerca de su posible aplicabilidad en el ámbito de los edificios hospitalarios, una base factible que permita, en futuras investigaciones, diseñar un método adecuado para concretar el valor del consumo de energía 'óptimo' en un hospital. Se estima necesario la realización de una valoración tanto a nivel individual, considerando cada estudio, como nivel general, que permitirá dar una visión global de la situación actual a cerca del tema tratado. No es, sin embargo, intención del trabajo profundizar sobre cada uno de los estudios hallados.

### **3. MATERIAL, ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA**

### **3 MATERIAL, ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA**

Índice del capítulo:

#### 3.1 MATERIAL

#### 3.2 ESTRUCTURA

#### 3.3 METODOLOGÍA

##### 3.3.1 METODOLOGÍA DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN I:

*La eficiencia energética en hospitales desde una perspectiva histórica.*

##### 3.3.2 METODOLOGÍA DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN II:

*La eficiencia energética en hospitales según su programa de servicios y necesidades.*

##### 3.3.3 METODOLOGÍA DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN III:

*La eficiencia energética en hospitales según su consumo energético óptimo.*

### **3 MATERIAL, ESTRUCTURA Y METODOLOGÍA**

#### **3.1 MATERIAL**

Esta tesis es principalmente un trabajo recopilatorio de la historia de la arquitectura de los hospitales, su funcionamiento, así como de información relacionada con el consumo energético en los edificios hospitalarios. Por ello, podemos clasificar el material bibliográfico utilizado en tres grandes grupos:

- Fuentes bibliográficas que aportan información relativa a la historia de la arquitectura hospitalaria.
- Fuentes bibliográficas que aportan información acerca del funcionamiento interno en hospitales.
- Fuentes bibliográficas que aportan información sobre el consumo de energía en los edificios en general.

Dentro de este último grupo, es importante destacar que dentro del marco bibliográfico relacionado con el consumo energético en edificios, se ha prestado especial atención a las fuentes bibliográficas cuyo contenido estuviera vinculado al concepto de '*consumo de energía óptimo*' en edificios.

### 3.2 ESTRUCTURA

Ya se ha comentado que la gran heterogeneidad que caracteriza a los edificios hospitalarios, puede afectar en algunos aspectos sobre su eficiencia energética. Además ésta dificulta la labor de obtener valores de energía consumida tipo que puedan ser considerados 'fiables', ya que es difícil establecer una comparación, respecto del gasto energético, entre dos hospitales que no posean características similares. Este ha sido el motivo de elaborar la actual estructura de la tesis doctoral, que tuvo que ser modificada respecto a un planteamiento inicial y que no tenía presente tal aspecto. Si, en un principio, la investigación sólo pretendía realizar un 'estado del arte' a cerca de estudios implicados, de alguna manera, en la obtención del consumo de energía idóneo para considerar que un edificio es energéticamente eficiente y, a partir de analizar la metodología empleada, por cada uno, valorar su aplicabilidad en el ámbito hospitalario, 'a posteriori' se creyó oportuno ampliarla con otras investigaciones complementarias. Dado que la eficiencia energética en hospitales es un tema que puede ser abordado desde muy diferentes perspectivas, se consideró fundamental realizar el estudio bajo tres puntos de vista, que originaron tres recorridos de investigación, los cuales se elaboraron de manera paralela. Son los siguientes:

- *La eficiencia energética en hospitales desde una perspectiva histórica.*
- *La eficiencia energética en hospitales según su programa de servicios y necesidades.*
- *La eficiencia energética en hospitales según su consumo energético óptimo.*

A partir de estas tres líneas, el trabajo se desarrolló siguiendo el esquema mostrado a continuación:

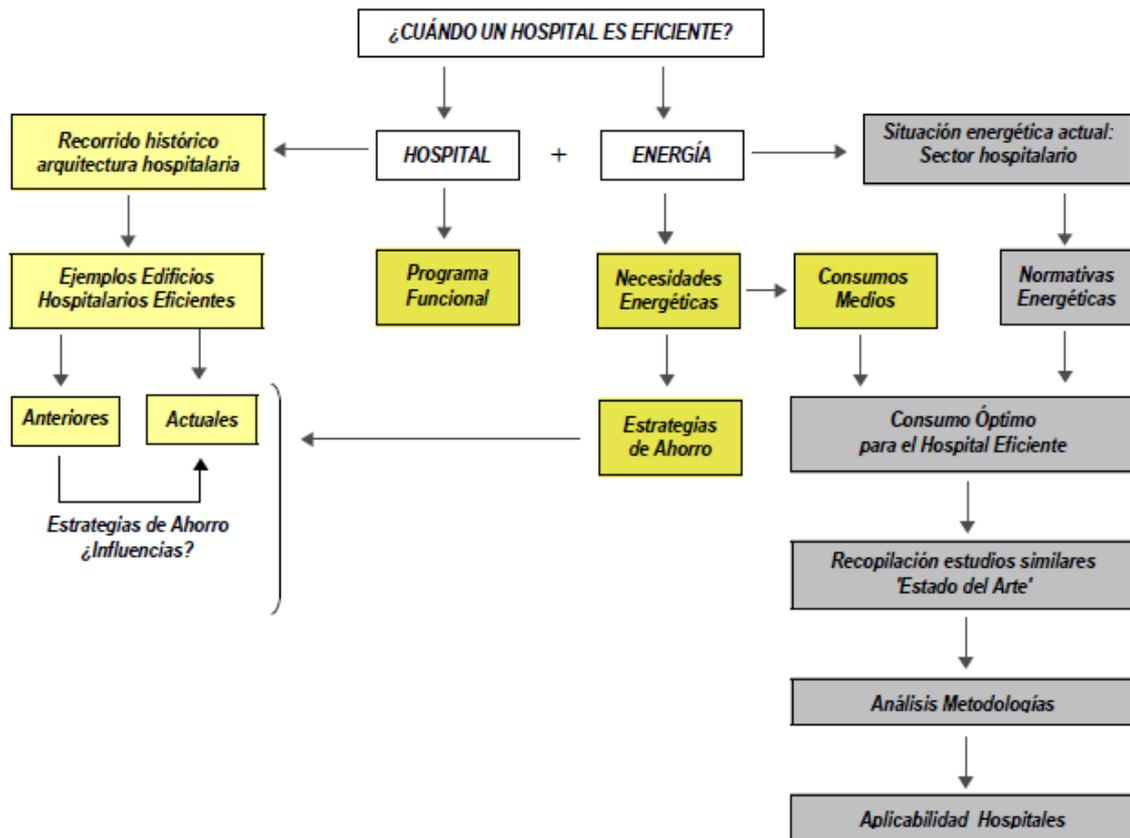


Figura 07. Esquema explicativo de la estructura de la tesis doctoral

Fuente: Elaboración propia

En el mismo, se observa cómo se relacionan los tres recorridos propuestos, grafados en tres colores para diferenciarlos.

A partir de la cuestión que da título a la presente investigación, ¿CUÁNDO UN HOSPITAL ES EFICIENTE?, y tomando como inicio al planteamiento el binomio HOSPITAL + ENERGÍA, el estudio se disgrega en:

- Una revisión de la arquitectura hospitalaria desde su historia, examinando la afectación que tiene su forma sobre el consumo energético y destacando algunas estrategias usadas, en ejemplos concretos, como medidas de ahorro energético, para minimizar los consumos y ajustarlos al valor óptimo.

- Una revisión del funcionamiento de los hospitales para identificar las principales fuentes emisoras según cada programa concreto de servicios prestados.
- Una revisión del estado del arte de estudios relacionados con el valor de consumo energético óptimo en la edificación valorando su posible aplicación a los edificios sanitarios, prestando especial atención al actual marco de la Normativa Energética aplicable a la edificación.

El recorrido de investigación 3 es, realmente, el que trata el tema principal, en esta tesis doctoral. Las investigaciones 1 y 2 se consideran complementarias y necesarias, ya que sirven, en cierto modo, para justificar la dificultad y la interpretación que se le debe dar a los resultados o conclusiones finales obtenidas.

### **3.3 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de cada una de las investigaciones en que se estructura el presente trabajo, se hará uso de una metodología concreta, acorde con sus necesidades. Como elemento común, todas disponen de una parte final llamada '*Comentarios generales*' que se utiliza para destacar aspectos que se han considerado relevantes y para obtener conclusiones parciales de cada recorrido, lo que facilita la concreción de las finales de la tesis.

#### **3.3.1 METODOLOGÍA DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN I:**

*Recorrido histórico.*

En este apartado se analizan, de modo general, diferentes tipologías utilizadas por los edificios hospitalarios a lo largo de su historia, desde la aparición de los primeros hospitales hasta los proyectos realizados en la actualidad. Se repasan diferentes modelos edificatorios empleados, los factores que provocan el cambio de uno a otro y el comportamiento de los mismos frente a las condiciones climáticas exteriores. También se analizan, con mayor detalle, casos concretos de hospitales que tienen interés desde el punto de vista energético, describiendo algunas de sus estrategias utilizadas. Al final de este apartado, en los comentarios generales, se procede a valorar la posible influencia que tiene la forma del edificio sobre la manera de relacionarse con su entorno exterior.

A este recorrido se le da el nombre de: *La eficiencia energética en hospitales desde una perspectiva histórica.*

#### **3.3.2 METODOLOGÍA DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN II:**

*Recorrido funcional.*

En este segundo recorrido de investigación, partiendo de nuevo de las dos palabras clave de la tesis, HOSPITAL y ENERGÍA, se elabora

una relación con las necesidades que requiere un edificio hospitalario tanto a nivel arquitectónico, teniendo en cuenta el programa funcional, como a nivel energético, dónde se consideran las instalaciones y equipos que se precisan para su correcto funcionamiento. Se enumeran, en primer lugar, los usos a los que se destinan las principales fuentes energéticas utilizadas en los hospitales, y, a continuación, las instalaciones que son necesarias para que el hospital pueda llevar a cabo los servicios ofrecidos. Más adelante se aporta una relación de las normativas que hacen referencia a las mismas. Finalmente, en este apartado se adjuntan datos a cerca de valores de consumo medio y real en el territorio nacional.

Como aspecto complementario, se ha introducido una recopilación de diferentes medidas de ahorro energético que pueden ser usadas en los edificios hospitalarios y se muestran ejemplos de hospitales que han hecho uso de las mismas y que, actualmente, son referentes en el panorama de la arquitectura sostenible.

Este segundo recorrido recibe el nombre de: *La eficiencia energética en hospitales según su programa de servicios y necesidades.*

### **3.3.3 METODOLOGÍA DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN III:**

#### *Recorrido energético.*

Este tercer y último recorrido de investigación tiene una parte que surge derivada del segundo. Aún así, se considera que debe ser tratada a parte. Se centra, principalmente, en la investigación del que debe ser el consumo energético óptimo para un edificio hospitalario. Ello ha implicado realizar un estudio a cerca de investigaciones encaminadas a determinar el mismo en diferentes edificios y analizar la metodología usada, para valorar su posible aplicabilidad en el ámbito hospitalario. La sección se inicia con una breve introducción que ofrece una visión general de la situación energética actual en relación al ámbito de la

edificación, y, concretamente, al sector hospitalario. También, se hace referencia a las normativas energéticas existentes, a día de hoy. A partir de este punto se empieza a tratar el tema del consumo energético óptimo en detalle: Se define, se justifica su necesidad y se dan criterios orientativos que se requieren para concretarlo en el sector tratado. En el llamado 'Estado del arte', se hace una recopilación de estudios que determinen el valor mencionado o, en su defecto, ayuden o conduzcan al mismo y, previa clasificación de la misma, se analizan las metodologías empleadas. Este es el paso anterior a la valoración de las mismas respecto de su posible aplicabilidad en el campo hospitalario.

A este último recorrido se le ha puesto el nombre de: *La eficiencia energética en hospitales según su consumo energético óptimo.*

#### **4. EXPOSICIÓN PARTE I. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1**

#### **4 EXPOSICIÓN PARTE I. LINEA DE INVESTIGACIÓN 1.**

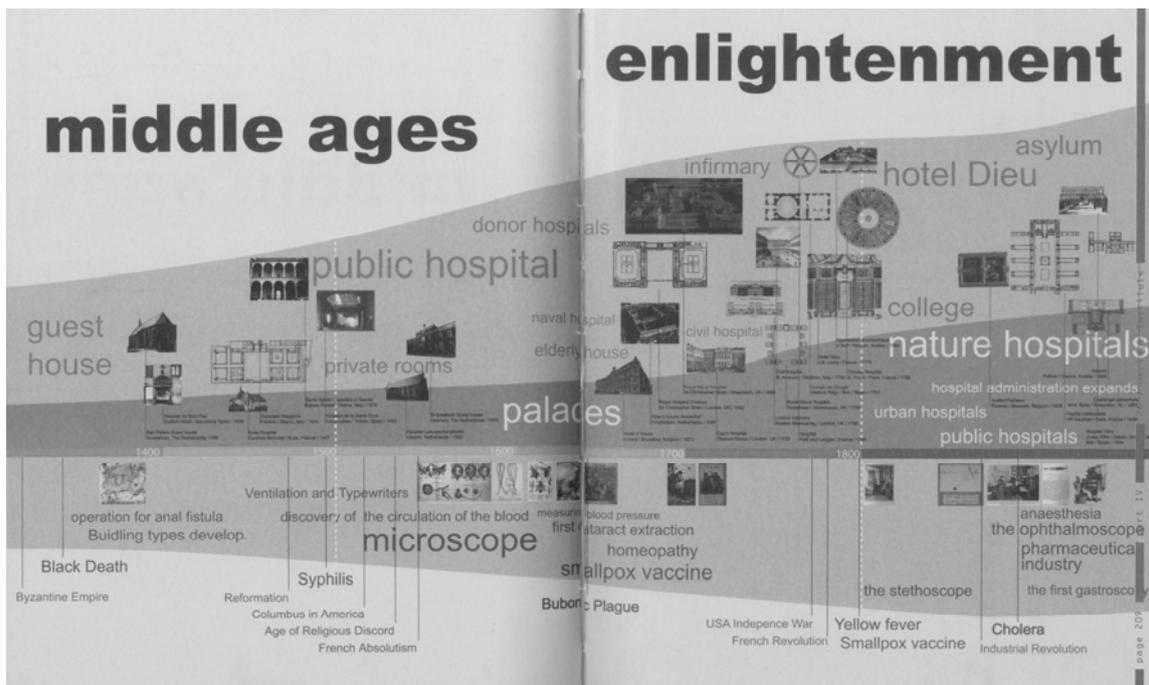
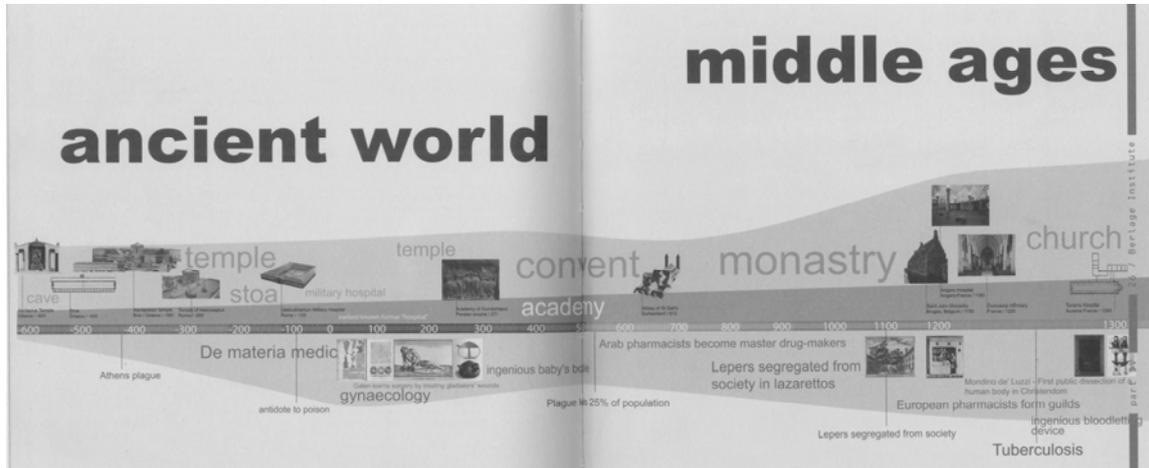
*Recorrido histórico: La eficiencia energética en hospitales desde una perspectiva histórica.*

Índice del capítulo:

- 4.1 EVOLUCIÓN DE LA TIPOLOGÍA HOSPITALARIA
- 4.2 BREVE HISTORIA DEL AIRE TRATADO EN LOS HOSPITALES
- 4.3 ANTECEDENTES Y PROTOTIPOS DE HOSPITALES EFICIENTES
- 4.4 COMENTARIOS GENERALES

## 4. EXPOSICIÓN PARTE I. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 1

### 4.1. EVOLUCIÓN DE LA TIPOLOGÍA HOSPITALARIA



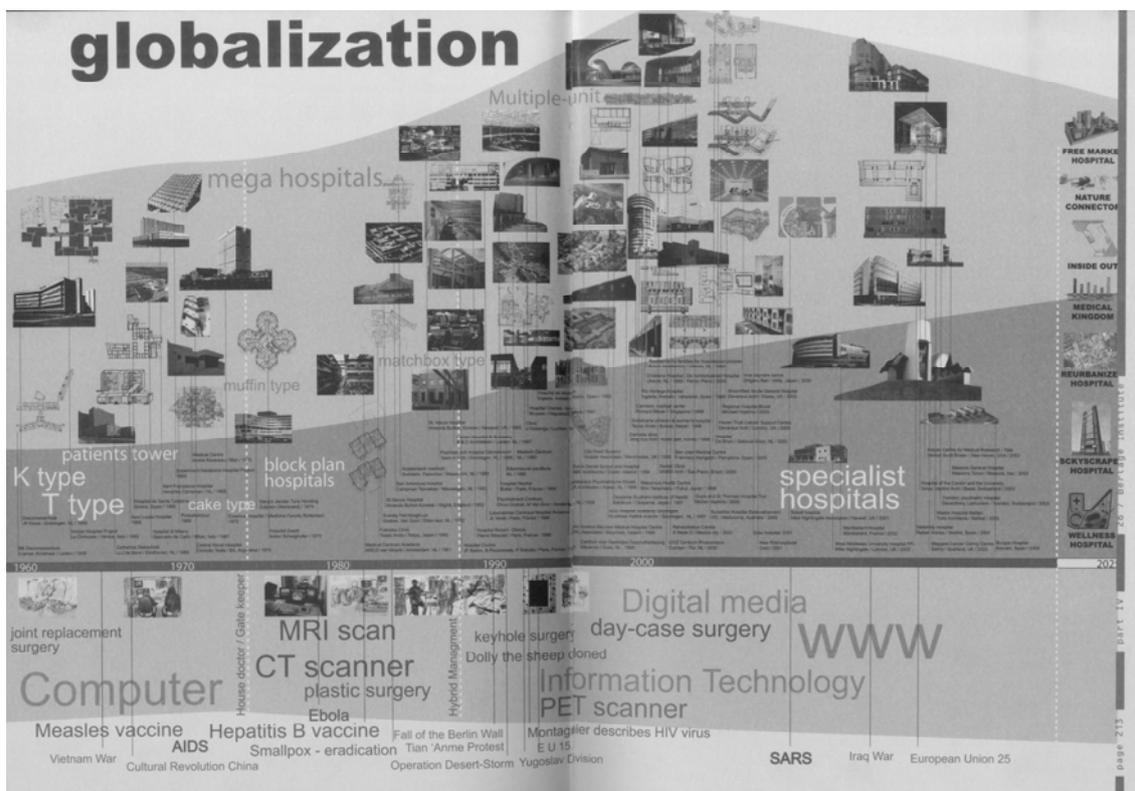
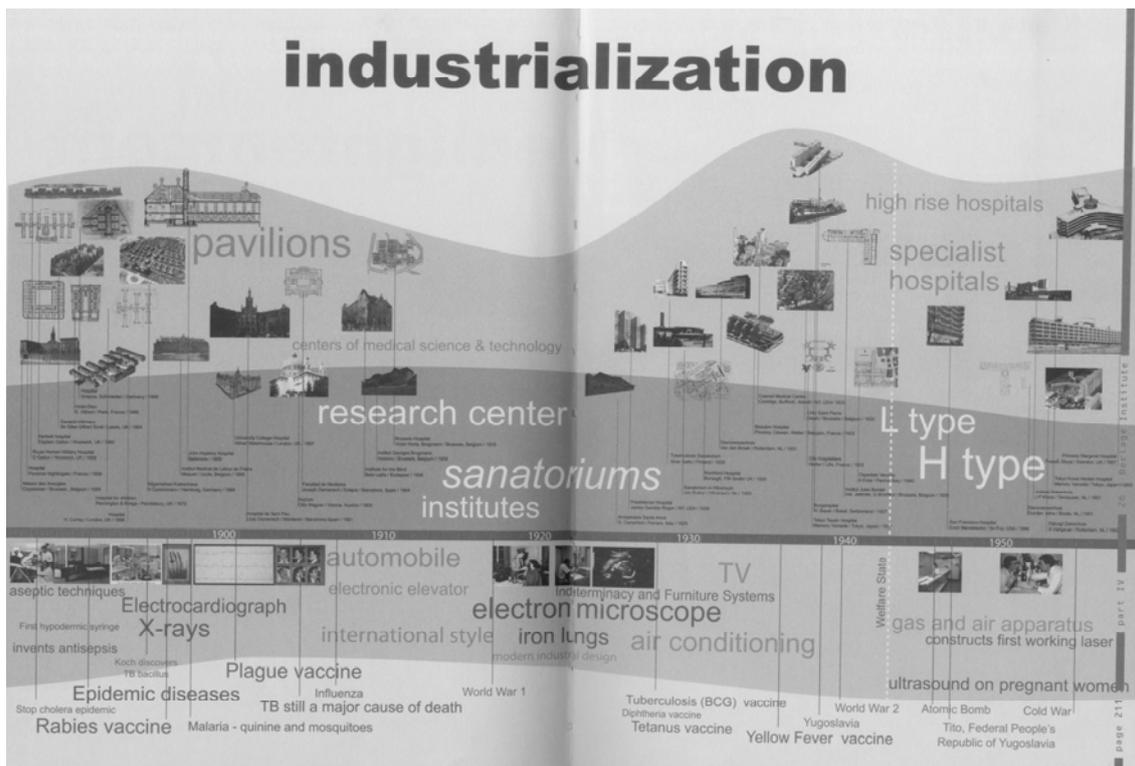
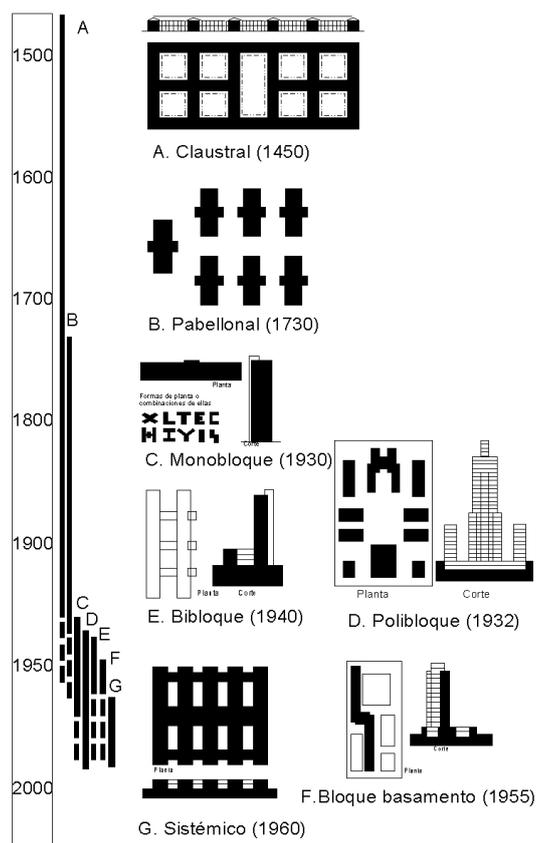


Figura 08. Esquemas representativos de la evolución de la arquitectura hospitalaria.

Fuente: Extraído de *The architecture of hospitals*, Cor Wagenaar ed; 2006 NAI Publishers.

La historia nos ofrece un amplio abanico de tipologías edificatorias que la arquitectura ha utilizado para albergar servicios hospitalarios, siendo precisamente esta heterogeneidad tipológica, uno de los motivos que dificulta su comparación y, en consecuencia, la finalidad perseguida por este trabajo: Hallar el consumo de energía óptimo o idóneo para poder considerar que un hospital es eficiente. Ello motivó realizar un breve recorrido cronológico de los diversos modelos arquitectónicos de hospitales, sin intención de realizar un análisis exhaustivo de dicha evolución, si no ofrecer una visión general de la misma. Este análisis tipológico permitirá descubrir la línea evolutiva que han seguido estos edificios, y así, generar una visión integral de su funcionamiento. La construcción de edificios hospitalarios ha sufrido obviamente transformaciones a lo largo de los siglos, originadas, muchas veces, por el deseo de evitar contagios de epidemias y para optimizar su funcionamiento. Podemos hablar de la existencia de muchas tipologías, aunque, todas ellas, se pueden reducir a cuatro modelos básicos: La claustral, la pabellonal, la de hospital vertical y la de hospital horizontal, que es la tendencia actual. (León, 1994) (Binet, 1996) (Fernández, 2007) Muchas de ellas no llegan a desaparecer totalmente, en la historia, si no que cíclicamente y por indefinibles causas, vuelven a reaparecer. (Czajkowski, 2000)



*Figura 09. Esquema de la evolución de tipologías previas de hospitales.*

*Fuente: Extraído de Evolución de los edificios hospitalarios. Aproximación a una visión tipológica, Czajkowski, 2000.*

#### - Los inicios:

Una de las primeras referencias que existen de edificio sanitario la podemos encontrar, en el S. X, en el *Maristán* o '*lugar de los enfermos*'. Se trataba de un edificio concebido como las unidades de hospitalización, que aun hoy perviven, con un patio central desde el que partían unos pasillos que conducían a las habitaciones, agrupadas según las dolencias de los enfermos. El edificio se relacionaba con el exterior gracias grandes ventanas que permitían tanto la entrada de la radiación solar como la ventilación natural, que, en invierno, se protegían con postigos. (López et al, 1997) Antes de la aparición de la calefacción o el aire acondicionado, a principios del S.XX éste último, la bioclimatización era el recurso, utilizado por muchos edificios, para mantenerse a una temperatura lo más confortable posible para sus ocupantes.

- La tipología claustral:

Este fue un esquema utilizado por muchos hospitales durante la Edad Media. Un ejemplo de ello, en nuestro país son: El Hospital Real de Santiago de Compostela, el Hospital de Santa Cruz de Toledo, y el Hospital Real de Granada. Sus plantas se caracterizan por estar delimitadas por galerías porticadas que servían como circulación de pacientes, abastecimientos y médicos. Sin embargo, a pesar de su gran difusión por toda Europa, no se puede considerar que esta distribución favorezca el control de las condiciones climáticas exteriores, pues la propia conformación de las salas del edificio en torno a patios cerrados impide el correcto soleamiento y una eficiente ventilación cruzada.



*Figura 10. Hospital real de Granada del arquitecto Enrique Egeas, empezado a construir en el 1511.*

*Fuente: Extraído de <http://www.ugr.es>*

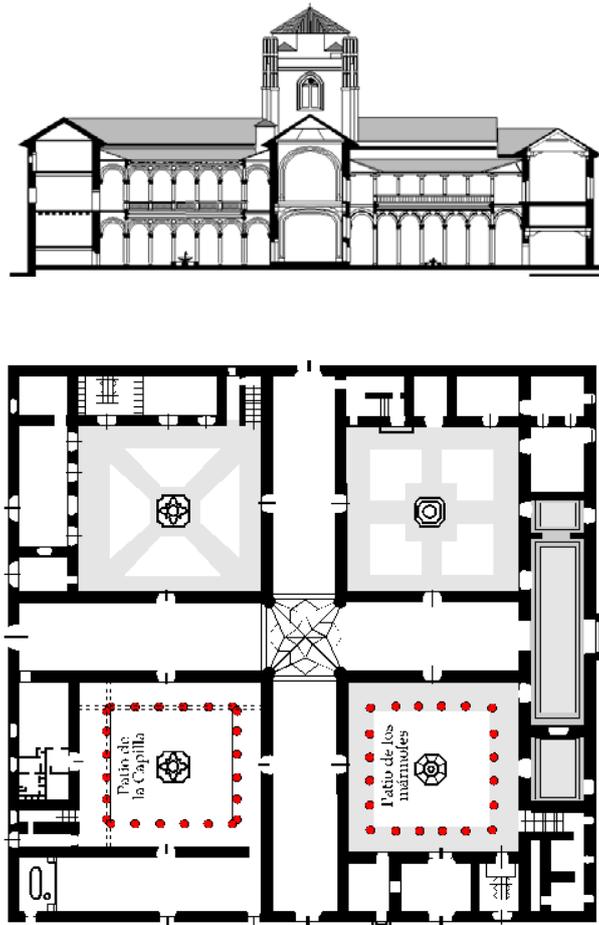


Figura 11. Planta y alzado del Hospital real de Granada.

Fuente: Extraído de <http://www.ugr.es>

- La tipología pabellonal:

El origen de esta forma aparece con la intención de separar a los pacientes según patologías, evitando así contagios y epidemias. Esta concepción edilicia se apoyaba en las teorías de los higienistas que veían en el aire al mayor vehículo de contagio de las enfermedades (Czajkowski, 2000). La tipología responde a un esquema de edificaciones independientes, lo que implica una total relación de todas las fachadas con el exterior. La relación entre los pabellones da lugar a cinco tipos diferentes de la arquitectura hospitalaria pabellonal:

- Pabellones ligados por circulaciones abiertas, como el *Hospital Eppendorf* (1886) de Alemania.
- Pabellones ligados por circulaciones semi-cubiertas. Un ejemplo es el *Hospital de Plymouth*. Inglaterra (1756).
- Pabellones coligados por circulaciones semi-cubiertas, como el *Hospital Lariboisiere* de París (1854)
- Pabellones ligados por circulaciones cubiertas, como los usados en *Hospital Blackburn* de Manchester. Inglaterra (1870)
- Pabellones ligados por circulaciones subterráneas. Para el *Hospital Urban* de Berlín (1890) se diseña un sistema de circulación subterránea que para albergar las instalaciones de calefacción, agua y desagües, que además, permite la circulación de alimentos, cadáveres, médicos y auxiliares sin sufrir las inclemencias del tiempo.

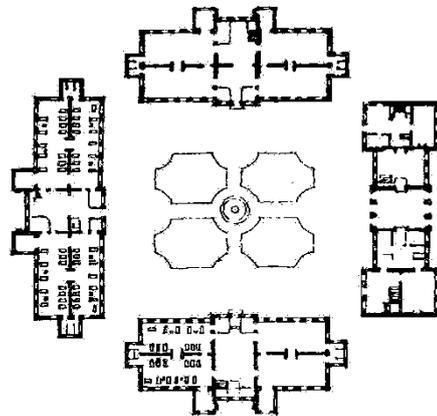


Figura 12. Perspectiva y planta del Hospital San Bartolomé de Londres (1730).

Fuentes: Extraído de <http://www.portalesmedicos.com> y

[http://jdczajko.tripod.com/publicaciones/aadah93/evolucion\\_tipos\\_hospitalarios.htm](http://jdczajko.tripod.com/publicaciones/aadah93/evolucion_tipos_hospitalarios.htm)

- La tipología de hospital vertical o monobloque en altura:

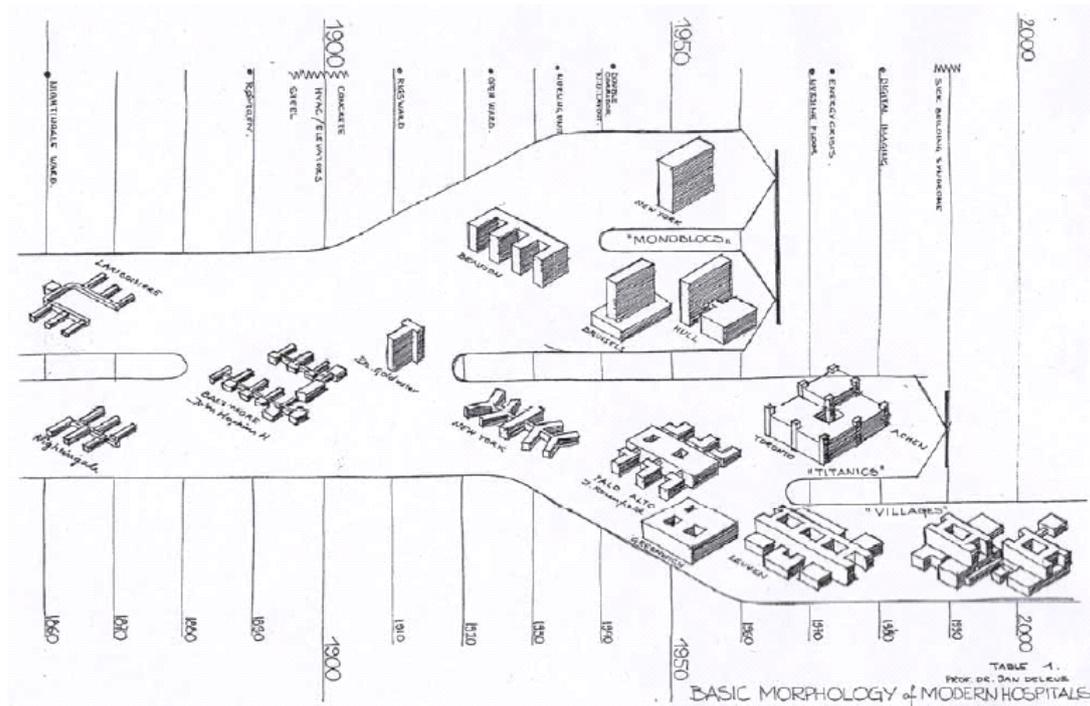


Figura 13. Esquema representativo de la evolución de la tipología hospitalaria durante el S.XX.

Fuente: Extraído de Jan del Rue

Las construcciones sanitarias de principios del pasado siglo, en contraposición a la arquitectura del S. XIX, caracterizada como insalubre, se destacó por ser una arquitectura abierta a los beneficios del aire y del sol, originando balcones, terrazas, tejados-terraza,...Teóricos, como Sigfried Giedion, en el libro *'Habitar liberado. Luz, aire y abertura'* de 1929, pusieron de manifiesto la importancia de la relación interior-externo, y Le Corbusier en discursos, como *'Aire, sonido, y luz'*, pronunciado en 1934, justificaba la necesidad del uso de fachadas acristaladas, doubles vidrios y aireación artificial (Galeno, 2006).

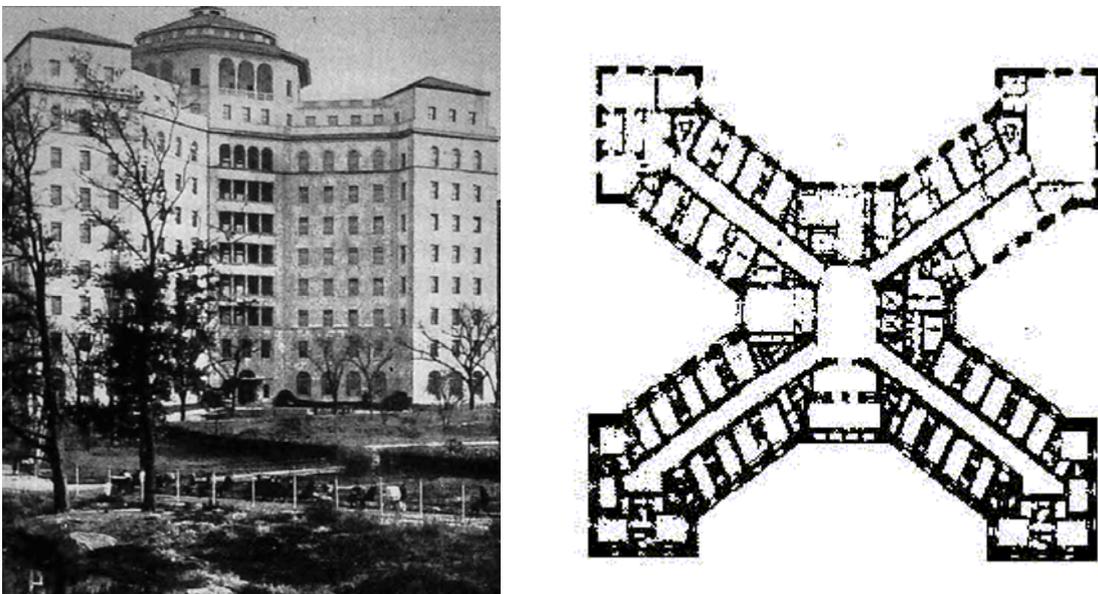
Demostrado el escaso contagio que existe por corrientes de aire, se empieza a abandonar el sistema de pabellones. Se opta por la concentración de los edificios hospitalarios en bloques, para disminuir recorridos, ahorrar en calefacción y racionalizar el alumbrado y la limpieza (Montaner, 1994). Las principales características de esta arquitectura hospitalaria son:

- La existencia de circulaciones verticales por medios mecánicos (ascensores, monta-camillas, montaplatos, montacargas, tubos neumáticos y descargas por gravedad de ropas, residuos, aguas servidas, etc.)
- La realización del transporte de los enfermos es siempre realizada a cubierto, reduciéndose el tiempo de desplazamiento existente en la tipología pabellonal, aunque se pierdan horas hombre en los halls de ascensores.
- La unificación de los servicios específicos del hospital (oxígeno, electricidad, gas nitroso, vacío, etc.) y los equipos técnicos (calefacción, agua fría y caliente, etc.) al situarlos en una sola unidad de edificio, logrando mejoras en eficiencia y economía, por la eliminación de recorridos inútiles.

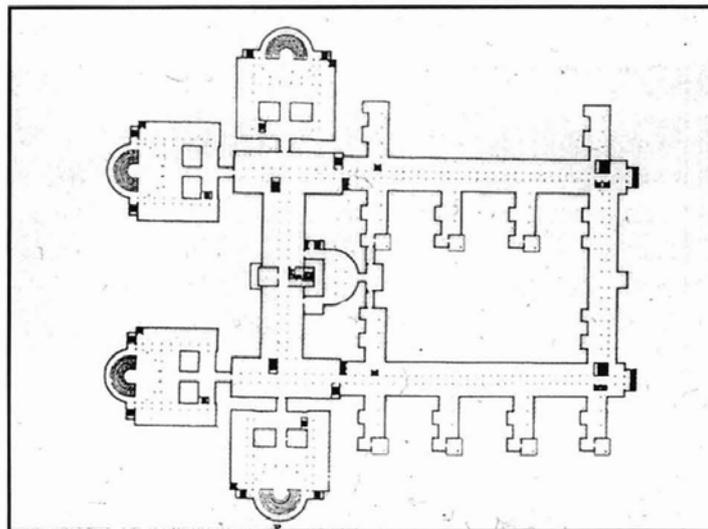
Además la evolución de la tecnología constructiva, a partir del uso de estructuras en acero, del ascensor, del aire acondicionado y de todos los sistemas de transporte de instalaciones permite la construcción de los hospitales en altura. Este tipo de hospital alberga en las plantas superiores las zonas de internamiento, y en las inferiores, los servicios centrales y generales (Casares, 1994). La *'Tower of Healing'* en Nueva York, del 1915, es uno de los primeros ejemplos de hospital vertical, con un total de 11 plantas de altura o más adelante el *Medical Center* de Nueva York, con 22 niveles y capacidad para 2.400 enfermos de *James Gamble Rogers*, distribuido en una planta tipo peine. El hospital disponía de salas comunes de hasta 12 camas con grandes terrazas de cura orientadas al mediodía. El resto de habitaciones individuales se ubicaban en el lado sur del pasillo central, para aprovechar la radiación solar, mientras que los servicios lo hacían al norte. En el centro se posicionaban escaleras, ascensores y servicios de apoyo. En nuestro país encontramos ejemplos como el Hospital Clínico de Madrid de 1932.

Aunque existe un enorme avance sobre la tipología pabellonal, por su optimización de los recorridos de personas y servicios y mejora el servicio hacia el paciente al evitarle el movimiento entre pabellones, la planta tipo peine, de esta nueva tipología, no permitía un correcto asoleamiento, una de las obsesiones de la época.

Una evolución de esta tipología fue la que consistía en dos bloques unidos por un núcleo en el centro que contenía las escaleras y los ascensores. En el primer bloque se ubicaban las habitaciones y en el segundo, las salas de consulta y cura, los laboratorios y los quirófanos. Sin embargo el constante aumento de los servicios de diagnóstico y tratamiento, su mayor complejidad y tamaño obliga a que se sitúen en las plantas bajas. Ello origina el hospital vertical denominado *'torre-basamento'*, que dedica hasta tres plantas a estos servicios (Santos, 2003). El *Hospital de Saint Lö* en Francia, finalizado en 1955, diseñado por Nelson, Gilbert, Mersier y Sebillote, es un claro ejemplo. (Berrocal, 2008).



*Figura 14. Perspectiva y planta del Hospital de la 5ª avenida de Nueva York (1920)*  
*Fuente: Extraído de Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de hospitales en el S. XX, Santos, 2003 y*  
*[http://jdczajko.tripod.com/publicaciones/aadah93/evolucion\\_tipos\\_hospitalarios.htm](http://jdczajko.tripod.com/publicaciones/aadah93/evolucion_tipos_hospitalarios.htm)*



*Figura 15. Planta general del Hospital Clínico de Madrid (1932)*

*Fuente: Extraído de Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de hospitales en el S. XX, Santos, 2003.*

Así, poco a poco, se fue observando un profundo cambio en la manera de relacionarse arquitectura y medicina. Si en épocas pasadas podía considerarse que era la arquitectura la que caminaba delante de la medicina en lo que a desarrollo tecnológico se refiere, en ese momento empieza a suceder todo lo contrario y es la arquitectura la que debe adaptarse a las exigencias que implican los avances médicos. (López et al, 1997)

- Hacia la tendencia actual:

Llegados a la década de los sesenta, se empieza a poner en cuestión el gigantismo y masificación de los hospitales. El hospital tiende a humanizarse, y en consecuencia a reducir sus dimensiones. Los edificios hospitalarios abandonan su desarrollo vertical, sinónimo de grandeza y monumentalidad, y tienden a la horizontalidad, mucho más adecuada para adaptarse a estructuras hospitalarias de modestas dimensiones y facilitar las relaciones funcionales. Las dificultades generadas a la hora de realizar ampliaciones, debidas a la falta de flexibilidad permitida por esta arquitectura, también fueron motivo de cambio.

Los arquitectos empiezan a trabajar sobre plantas de tipo modular, cuyo es esquema se basa en la repetición de un prototipo de pabellón con múltiples formas de conexión. El proyecto, no realizado, para el *Hospital de Venecia*, presentado por Le Corbusier en 1965 materializa esta nueva tendencia. (O'Byrne, 2007)

Existe una clara tendencia hacia el hospital horizontal. Se puede empezar a hablar de un nuevo modo de concebir este tipo de edificios, con espacios capaces de adaptarse a la 'imprevisibilidad' que requiere la organización hospitalaria. Existen ejemplos a medio camino entre el hospital vertical y el horizontal, como la Residencia Sanitaria de Badalona de Alfonso Casares y Aurelio Botella, proyectada en 1972, pero, este tipo de edificios presentaban problemas de relación entre sus partes. Surge así, 'el hospital contenedor', caracterizado por la gran luz de sus estructuras, para que interfieran lo menos posible en futuras remodelaciones, por la aparición del espacio 'intersticial': Espacio dedicado exclusivamente a la ubicación de instalaciones, situado en un piso intermedio del edificio que reduce los recorridos de las mismas a la vez que las mantiene protegidas de la intemperie, al contrario de si estuvieran situadas en cubierta, como era lo más usual y un diseño de los cerramientos, capaz de adaptarse a cualquier distribución interior. Se trataba, pero, de una tipología cara, por la estructura usada. El *Greenwich District Hospital* de Londres, es un ejemplo:



Figura 16. Fotografía del Greenwich District Hospital de Londres (1969)

Fuente: Extraído de *Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de hospitales en el S. XX*, Santos, 2003.

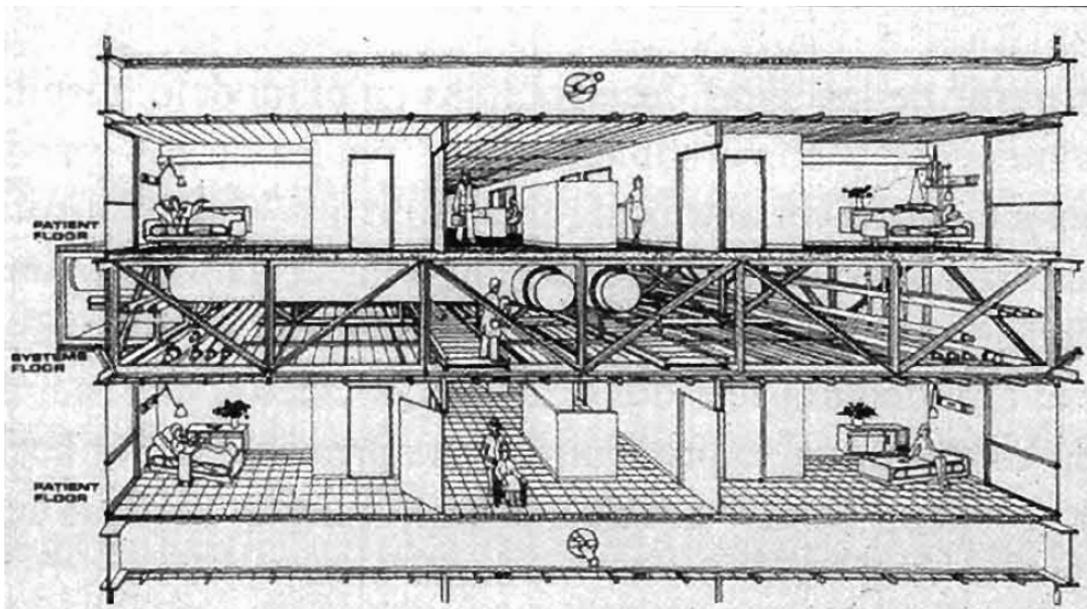
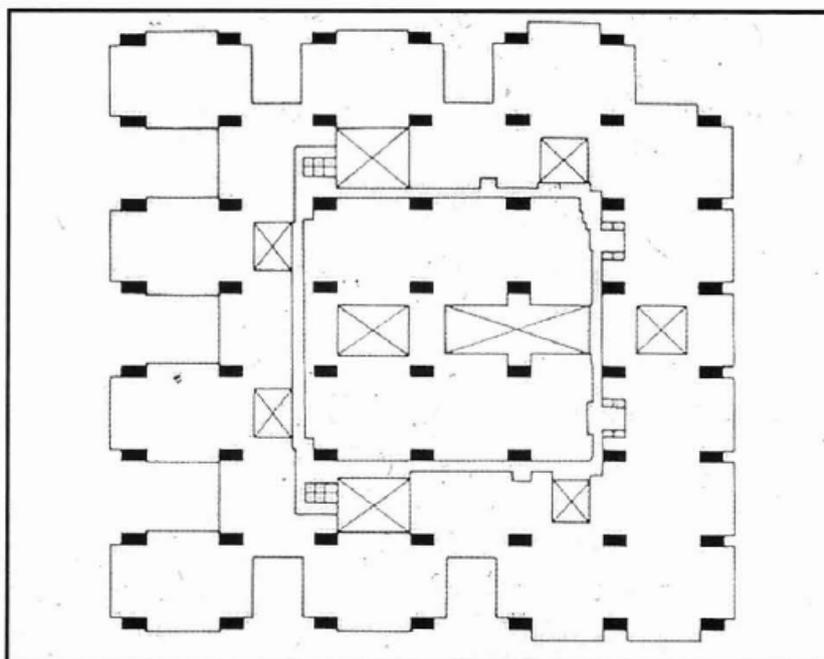


Figura 17. Sección de la planta intersticial del Hospital Municipal de Boston, Estados Unidos. (1970)

Fuente: Extraído de *Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de hospitales en el S. XX*, Santos, 2003.

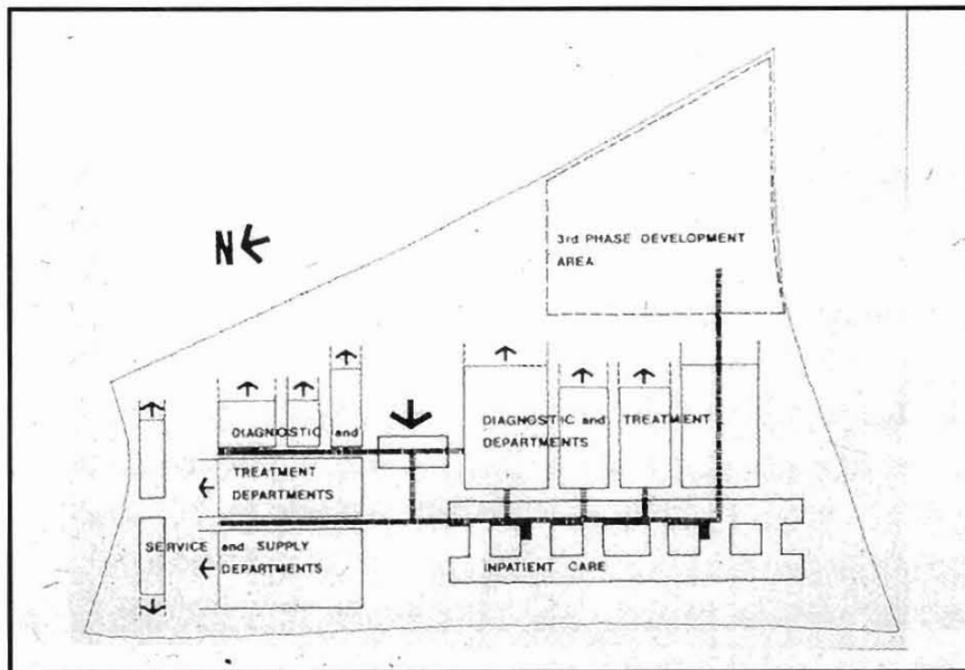
El hospital matricial es un modelo en forma de malla ortogonal característico de los años 70, que ocupa grandes superficies y tiende a la horizontalidad. No existen jerarquías y cada una de sus partes es igual a la otra. Este esquema permite, con facilidad, el crecimiento del edificio. En la planta cuadrada del Hospital Universitario en Hamilton, Canadá del 1983, con 840 camas se observa la malla estructural con luces de 27m x 25m. En las torres verticales del edificio se disponen instalaciones y comunicaciones



*Figura 18. Planta del Hospital Universitario en Hamilton, Canadá. (1983)*

*Fuente: Extraído de Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de hospitales en el S. XX, Santos, 2003.*

Aparece una nueva tendencia, el hospital lineal, caracterizado por su larga extensión y baja densidad. Este esquema edificatorio se organiza mediante un eje longitudinal, que recorre el edificio, y del que cuelgan cada una de sus áreas. En la planta general del *York District General Hospital* de Inglaterra, empezado a construir en 1971, se observa con claridad este sistema organizativo:



*Figura 19. Planta del York Dislrict General Hospital, Inglaterra. (1971)*

*Fuente: Extraído de Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de hospitales en el S. XX, Santos, 2003.*

Se empiezan a construir edificios más humanos, en cuanto a su escala y relación con el entorno. Los nuevos proyectos se conforman como edificios de desarrollo horizontal, en los que la iluminación natural y la relación con la naturaleza aparecen como protagonistas. Atrios o patios cubiertos, son elementos característicos de esta nueva arquitectura, cuyo objetivo es crear un ambiente acogedor y relajante para el enfermo. Se abandona el sistema del gran hospital y se tiende al desarrollo de edificios más pequeños, que ofrezcan una atención más individualizada.

En Cataluña, por ejemplo, comunidad autónoma de dónde se han obtenido numerosos datos para el desarrollo del presente trabajo, existe una alta calidad en los proyectos hospitalarios elaborados en los últimos años. Muestra de ello son: el Hospital de Mora de Ebro de 1987, en Tarragona, de José Antonio Martínez-Lapeña y Elías Torres, el Hospital del Mar en la Barcelona y el Hospital de Salt de Girona, de Manel Brullet y Albert de Pineda, el Hospital Comarcal de la Selva en Blanes, construido en 1992 por Humbert

Costas, Manuel Gómez y Albert de Pineda, el Hospital de Mollet del Vallés de los despachos de arquitectura Corea-Morán y Pich-Aguilera o el Hospital General de San Joan de Reus de éste último. (Batesteza et al, 2009) (Gener et al, 2010)

## 4.2 BREVE HISTORIA DEL AIRE TRATADO EN LOS HOSPITALES

Jean Baptiste Le Roy (1720-1800), físico francés y autor del proyecto del *Hotel-Dieu* de París, junto con el arquitecto François Viel (1745-1819), había comprobado el hecho que en las salas dónde había un menor volumen de aire por enfermo, la mortalidad era mayor. Por ello, lo primero que hace es limitar el número de enfermos por sala. Además, aumenta la altura del techo en las enfermerías, hasta 12m, e instala chimeneas para garantizar la ventilación y permitir que cada paciente disponga de aire puro y en constante renovación. Las ventanas las sitúa de tal manera que iluminen de manera uniforme y eviten las corrientes de aire. Todas las enfermerías están correctamente orientadas para aprovechar el poder curativo de los rayos del sol y recibir la acción de los vientos dominantes. (Iglesias, 2011)

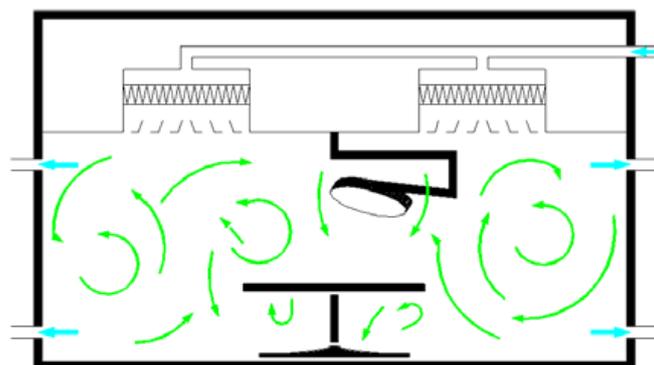
En 1946 Bourdillon y Colebrook publican el primer estudio completo sobre un nuevo sistema de ventilación, utilizado en una zona para cambio de vestuario en una unidad de quemados, y los efectos que tiene el control de bacterias suspendidas en el aire sobre las infecciones de las heridas. Dicho sistema consistía en introducir aire caliente, filtrado, por la zona superior de la habitación, con la intención de que arrastrase las partículas del aire “sucio” hacia la zona inferior. Además recomendaban cual debía ser el número de renovaciones de aire en la habitación. En 1956, preocupados por la filtración de aire de zonas adyacentes hacia la zona de operaciones, Shooter RA, Taylor GW, Ellis G, Ross JP, idean un sistema para prevenir este problema. (Martín, 2007)

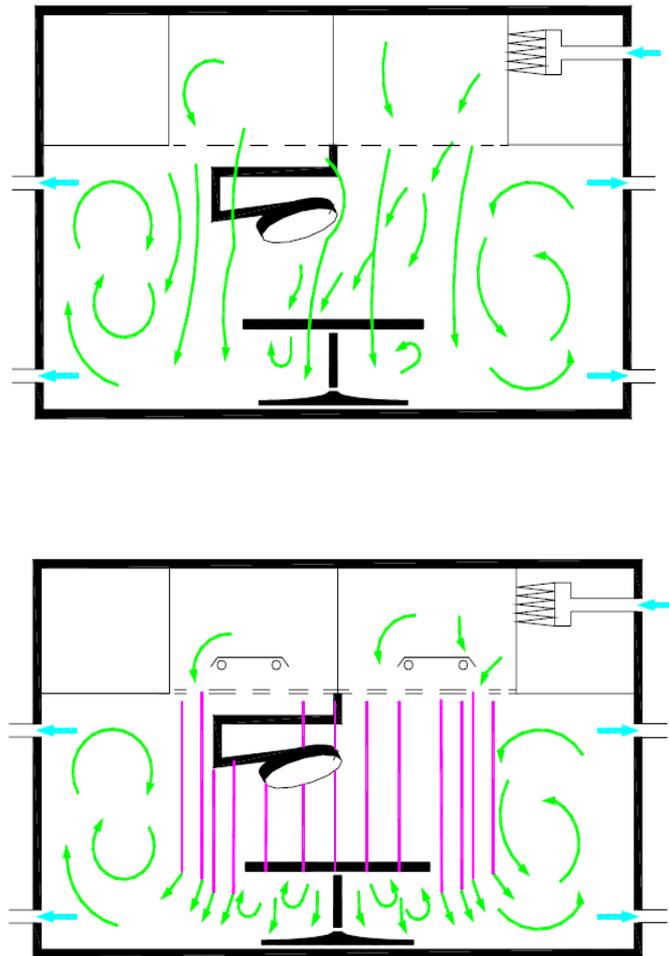
En 1960 aparece la tendencia de usar UCV (Ultraclean Ventiltion), aire ultralimpio para ventilación. El cual se demostró en 1973, ante la duda por determinar el sistema de ventilación más idóneo para los quirófanos, mediante la elaboración de un estudio experimental en varios centros que reducía drásticamente las infecciones bacterianas ‘*sepsis profunda*’.

Se desarrolló un sistema de flujo laminar filtrado (filtros HEPA) que controlaba la velocidad del flujo y la dirección de éste (vertical o inclinado-cruzado). Estudios concluyeron que el sistema con flujo vertical es mucho más aséptico que el inclinado-cruzado.

Tradicionalmente, los sistemas de ventilación por flujo vertical, más frecuentes, eran los que combinaban sistema de ventilación con rejillas perforadas en las salidas de la misma, conocidos como Clase III. Estos funcionaban mezclando el aire de entrada con el aire del quirófano. Su uso se limitaba a salas donde solo se permitía realizar pequeñas cirugías. El número de renovaciones recomendado era de 6/hora. Desde 1983 hasta 1995, aproximadamente se empezaron a usar los de Clase II, que eran sistemas con rejilla perforada, en los que se recomendaba realizar 20 renovaciones/hora. Actualmente este sistema de ventilación es utilizado en quirófanos donde solo se permiten cirugías simples. (Martín, 2007).

Los quirófanos con sistema de ventilación Clase I o difusor laminador, surgen a mediados de los años noventa y por su bajo contaje de bacterias, permiten realizar operaciones quirúrgicas complicadas. En los mismos se protege al paciente y al área de instrumentación con flujo laminar vertical, lo que reduce drásticamente el número de infecciones postoperatorias debidas al aire de los quirófanos. (Muller et al 2001) (Tallada, 2002). Además, está demostrado que el uso de un sistema de flujo laminar, con aire de recirculación, puede ahorrar hasta un 30% en el consumo energético empleado en la climatización del quirófano frente a otros sistemas. (Pérez et al, 2009)





*Figura 20. Ventilación en quirófanos de Clase III, II y I, respectivamente.*

*Fuente: Extraído de Martín, R (2007), Sistemas de Climatización para Quirófanos. Módulos de flujo laminar para quirófanos.*

Actualmente la ventilación en hospitales y principalmente en las zonas más especiales de los mismos, como el caso del bloque quirúrgico, están completamente controladas por requerimientos normativos (Ministerio de Sanidad y Política Social, 2009). En el capítulo 2 se dedica un único apartado a este tema.

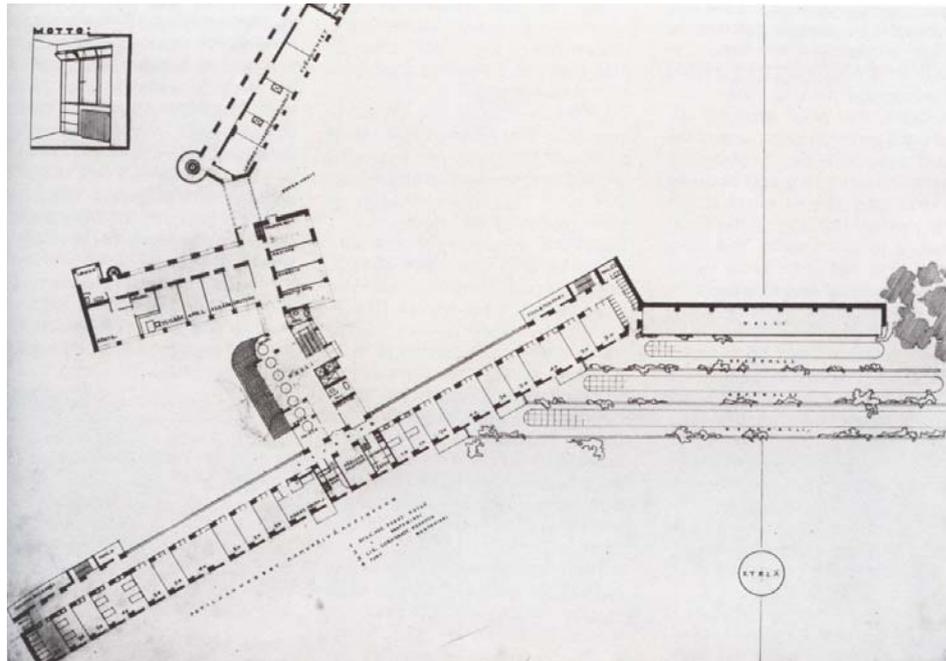
### 4.3 ANTECEDENTES Y PROTOTIPOS DE HOSPITALES EFICIENTES

- *El hospital antituberculoso de Paimio, Alvar Aalto (1929-1933)*



*Figura 21. Fotografía del Hospital antituberculoso de Paimio, Finlandia. (1929-1933)*

*Fuente: Extraído de Ehrström, M. et al (2005) Nomination of Paimio Hospital for Inclusion in the World Heritage List.*

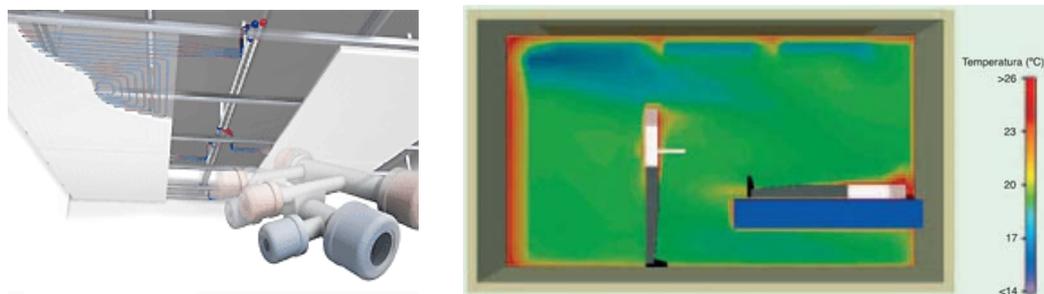


*Figura 22. Planta baja del Hospital antituberculoso de Paimio, Finlandia. (1929-1933)*

*Fuente: Extraído de Pearson, P.D.(1978) Alvar Aalto And The International Style.*

Enfermedades como la tuberculosis convirtieron la arquitectura hospitalaria de esta época, especialmente en Centroeuropa, en edificios aterrazados, con la intención de aprovechar, al máximo, los beneficios del sol. Este Hospital cuida al máximo la iluminación natural transformándose en un muestrario de terrazas, balcones, balcones-terraza y tejados-terraza que origina una arquitectura de plataformas orientadas al sol. El proyecto, ganador de un concurso para un Sanatorio en Paimio, Finlandia, en 1929, y nominado para entrar en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO, es una de las obras más representativas del racionalismo. Se trata de un conjunto de bloques, distintos según su uso, de composición racionalista, que se articulan de una manera orgánica, flexible y desinhibida, destinados a curar y rehabilitar a enfermos de tuberculosis. Su organización responde a un modo claramente funcional pero con una aproximación muy humana, muy característica de la arquitectura de Aalto. Éste piensa todo el diseño, hasta el último detalle, para ofrecer el máximo confort al enfermo en posición horizontal. El complejo, ubicado sobre una

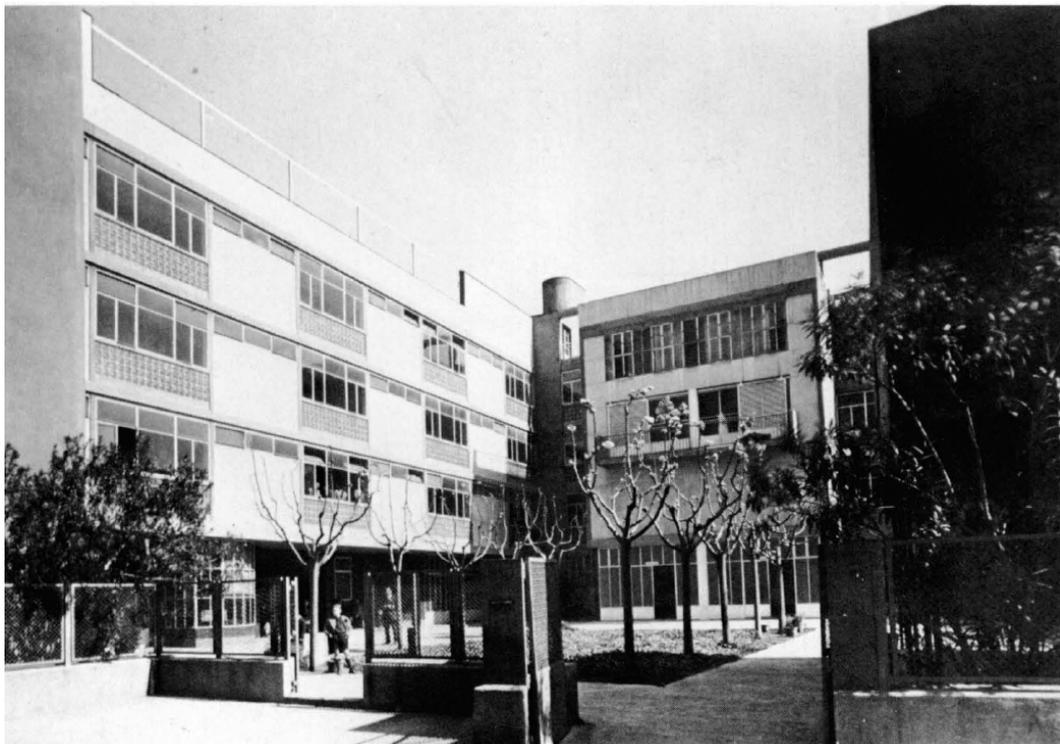
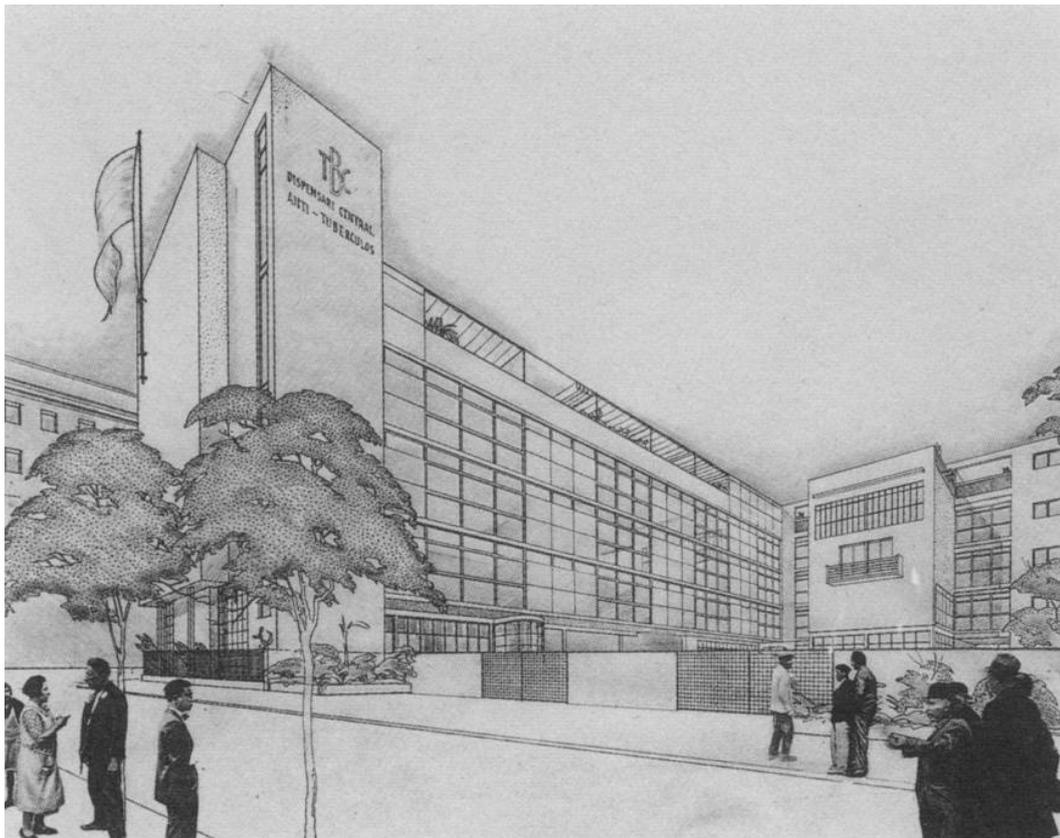
montaña, se abre hacia el idílico entorno permitiendo vistas. Como estrategias medioambientales, el arquitecto se valió de sistemas pasivos para permitir la ventilación y el asoleamiento natural en todas las habitaciones y demás estancias, lo que genera un importante ahorro de energía. Además todas las estancias del hospital orientadas a sur, disponen de protecciones para controlar la radiación solar. En cuanto a las instalaciones interiores, Aalto plantea un sistema de calefacción en los techos para evitar la radiación directa (Ehrström, 2005) (Anderson, 2009). Se trata de un sistema que podríamos considerar como el antecedente a la solución de climatización mediante techos radiantes utilizada actualmente en el Hospital de San Joan de Reus, entre otros. Este sistema de climatización ambiental, consistente en mantener a temperatura distinta de la del ambiente, más alta en calefacción y más baja en refrigeración, una parte importante del techo del recinto, permite una mayor sensación de confort y reducen las necesidades punta de energía debido a la energía acumulada en paredes y techos. (Grané 2007)



*Figura 23. Estructura de un techo radiante y distribución de temperaturas.*

*Fuente: Extraído de <http://www.solisclima.es>*

- *Dispensario antituberculoso de Barcelona, Lluís Sert, J. Lluís Torres Clavé y J. Baptista Subirana.*

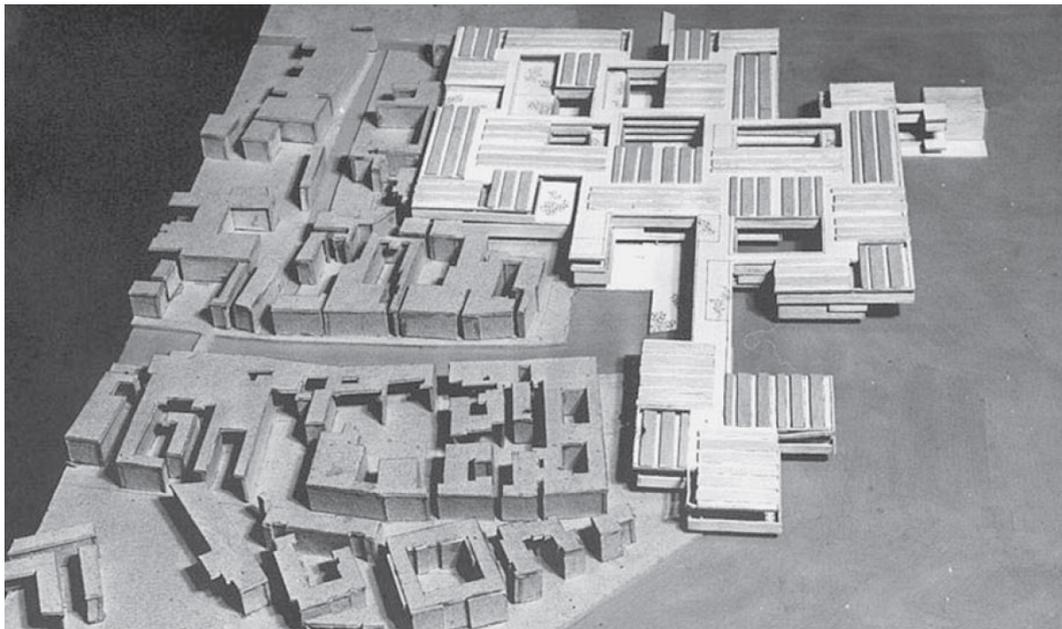


*Figura 24. Perspectiva y fotografía del Dispensario antituberculosos de Barcelona del arquitecto L.I. Sert (1933-1937)*

*Fuente: Extraído de Pearson, P.D.(1978) Alvar Aalto And The International Style y <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/5> , respectivamente.*

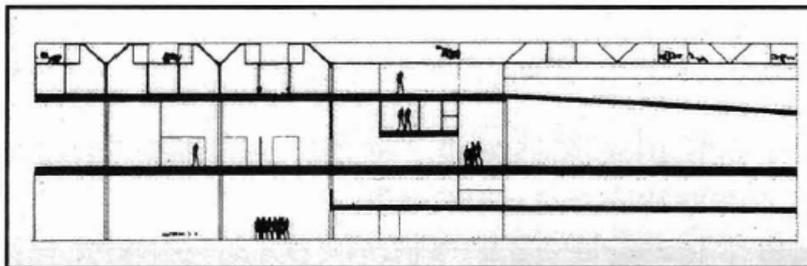
La finalidad principal del proyecto era lograr el máximo soleamiento del edificio, según las propias palabras de su autor. De nuevo se presenta un centro que debía coordinar la lucha contra la enfermedad iniciada en todo el país: La tuberculosis. La contracción, a través de su volumétrica, satisface las necesidades funcionales del edificio que precisaba espacios ventilados y soleados. Se compone por tres cuerpos con funciones diferentes y claramente definidas. Los dos cuerpos que contienen los espacios principales del Dispensario están dispuestos en la forma más favorable a la orientación. (Pizza, 1993)

- *Hospital de Venecia, Le Corbusier*

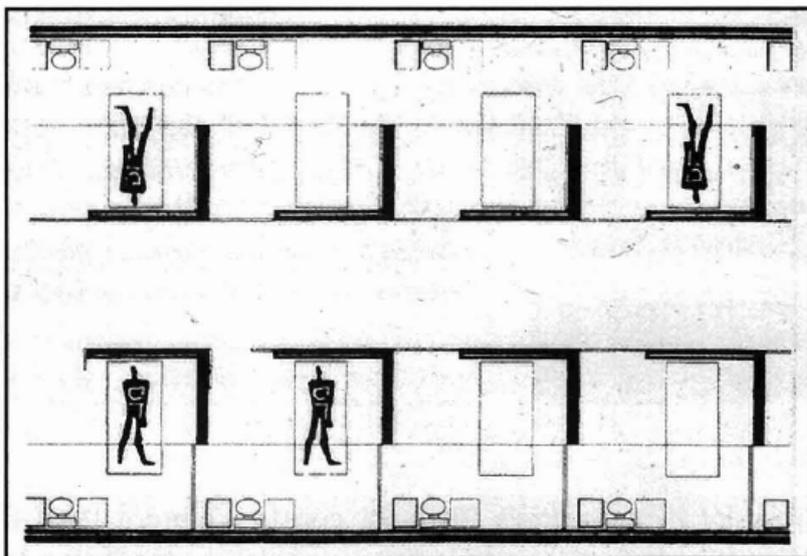


*Figura 25. Maqueta del Hospital de Venecia de Le Corbusier (1965)*

*Fuente: Extraído de la tesis doctoral El proyecto para el hospital de Venecia de Le Corbusier, O'Byrne, 2007. UPC.*



*Figura 11.- Hospital para Venecia de Le Corbusier. Sección tipo.*



*Figura 26. Sección tipo y planta de un área de habitaciones del Hospital de Venecia de Le Corbusier (1965)*

*Fuente: Extraído de Santos, J. (2003) Verticalidad versus horizontalidad.*

*Historia de la construcción de hospitales en el siglo XX.*

Este proyecto, presentado en 1965, se caracteriza, además de por su gran tamaño, 1.200 camas, por su peculiar morfología, basada en patios que permiten la entrada de luz natural cenital a todas las habitaciones, concebidas como estancias aisladas del exterior. Esta disposición ha influenciado notablemente a la arquitectura sanitaria hasta la actualidad. (Montaner, 1994). De hecho, estudios, como el realizado por E. Aulí, consideran que las zonas ajardinadas en los centros hospitalarios ‘consiguen acortar la estancia de sus pacientes, ya que se mejoran los plazos de curación de sus enfermedades’. (Aulí, 2011)

El hospital se desarrolla en tres niveles: El primer nivel, es el de entrada y alberga los servicios generales, en el segundo se disponen los servicios médicos centrales y se dividía en dos zonas: una para el personal y los pacientes ingresados y otra para los pacientes externos, radiología se ubicaba en el centro dando servicio a las dos, y las consultas externas y en el tercero la hospitalización.

Las unidades de enfermería se componen de 28 camas, distribuidas en cubículos individuales, de los cuales 4 disponen de baño, y cada 4 unidades se conforma un grupo de hospitalización, el cual se organiza en forma de aspa inscrita en un cuadrado.

#### 4.4 COMENTARIOS GENERALES

El análisis cronológico llevado a cabo en este recorrido de investigación, sirve, entre otros, para poner de manifiesto la dificultad de realizar una comparación entre consumos energéticos de construcciones hospitalarias de diferente tipología. Cada una muestra unas ventajas y/o desventajas frente a la considerada eficiencia energética. Es decir, si hablamos del aprovechamiento de los sistemas pasivos, es evidente que nos interesan tipologías que permitan el asoleamiento y la ventilación natural. La tipología claustral permite obtener ventilación cruzada pero, el hecho de disponer las habitaciones alrededor de un patio, supone tener sólo algunas de ellas correctamente orientadas. Este problema también aparece en determinadas distribuciones de hospitales verticales.

El nivel de afectación de cada tipología sobre el correcto funcionamiento de los sistemas activos es también notorio. Una tipología pabellonal repercute en una mayor longitud de los recorridos de los conductos y tuberías de las instalaciones, lo que supone usar diámetros de más medida y, por otro lado, genera más gasto energético a consecuencia de las pérdidas por presión, o de temperatura, mientras que, en las tipologías desarrolladas en altura, los espacios destinados a las instalaciones se simplifican notablemente.

Actualmente la tipología del edificio hospitalario debería ser capaz de aprovechar los recursos que la naturaleza del entorno del edificio ofrece. La obligatoriedad de normativas como la del CTE<sup>i</sup> respecto a la instalación de placas solares o fotovoltaicas, para garantizar una contribución mínima para calentar el agua sanitaria, y de piscinas climatizadas, en el caso de que las

---

<sup>i</sup> CTE: El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de Ordenación de la Edificación (LOE).

haya, o para garantizar energía eléctrica en los edificios que superan un determinado tamaño, condiciona, sin lugar a dudas, la forma y ubicación del hospital. Según el IDAE<sup>i</sup> la energía solar térmica puede satisfacer el 80 por ciento de las necesidades de agua caliente sanitaria que usa y el 60 por ciento de la energía eléctrica que necesita para climatizar, el mismo.



*Figura 27. Placas solares en la fachada del Hospital San Joan de Reus (2006)*

*Fuente: Extraído de <http://estaticos.diaridetarragona.com>*

---

<sup>i</sup> IDAE: El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, es una Entidad Pública Empresarial, adscrita al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través de la Secretaría de Estado de Energía, de quien depende orgánicamente.

## **5. EXPOSICIÓN PARTE II. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2**

## **5. EXPOSICIÓN PARTE II. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2**

*Recorrido funcional II: La eficiencia energética en hospitales según su programa de necesidades.*

Índice del capítulo:

### **5.1 EL PROYECTO HOSPITALARIO**

5.1.1 EL PROGRAMA FUNCIONAL DEL HOSPITAL

5.1.2 EL LUGAR

5.1.3 CONSIDERACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL PROYECTO Y LA PUESTA EN OBRA:

5.1.4 LAS INSTALACIONES

5.1.5 LAS NORMATIVAS HOSPITALARIAS

5.1.6 EL BLOQUE QUIRÚRGICO

### **5.2 EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS HOSPITALES**

5.2.1 NECESIDADES DE CONFORT DEL HOSPITAL: CONFORT TÉRMICO, LUMÍNICO Y ACÚSTICO

5.2.2 EL USO DE LA ENERGÍA EN LOS HOSPITALES

5.2.3 PRINCIPALES PUNTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS HOSPITALES

5.2.4 INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS HOSPITALES

5.2.5 VALORES Y DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO TIPO EN UN HOSPITAL

### **5.3 ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO**

5.3.1 CLASIFICACIÓN Y DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO USADAS EN HOSPITALES

### 5.3.2 HOSPITALES CUYO DISEÑO INCORPORA ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO

### 5.4 COMENTARIOS GENERALES

*'...¿Podríamos aventurarnos a dar una definición de cómo debe ser la arquitectura hospitalaria? Creo que sí. Creo que la mejor arquitectura hospitalaria será aquella cuya realización se haya ajustado con la mayor exactitud posible a un buen programa funcional, interpretándolo con visión de futuro y adecuándolo, asimismo, a las circunstancias del momento. El resultado será ARQUITECTURA y, además HOSPITALARIA. Con ello afirmamos que si el programa funcional no es bueno, puede haber arquitectura, incluso buena, pero no será auténtica arquitectura hospitalaria.'*

Leopoldo Gil Nebot, fundador de la Asociación Española de Ingeniería y Arquitectura Hospitalaria (AEDIAH).

## 5. EXPOSICIÓN PARTE II. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 2

### 5.1 EL PROYECTO HOSPITALARIO

El hospital es uno de los proyectos más complicados de realizar por su arquitecto, puesto que se trata de un edificio que contiene en un mismo conjunto gran variedad de edificios: hotel (hospitalización), oficinas (administración), centro sanitario (sector ambulatorio), edificio industrial (zona de instalaciones), aparcamientos, zona técnica (bloques de quirófanos, rehabilitación, tratamiento o diagnóstico), paisajismo (jardines y patios) e, incluso, áreas comerciales.

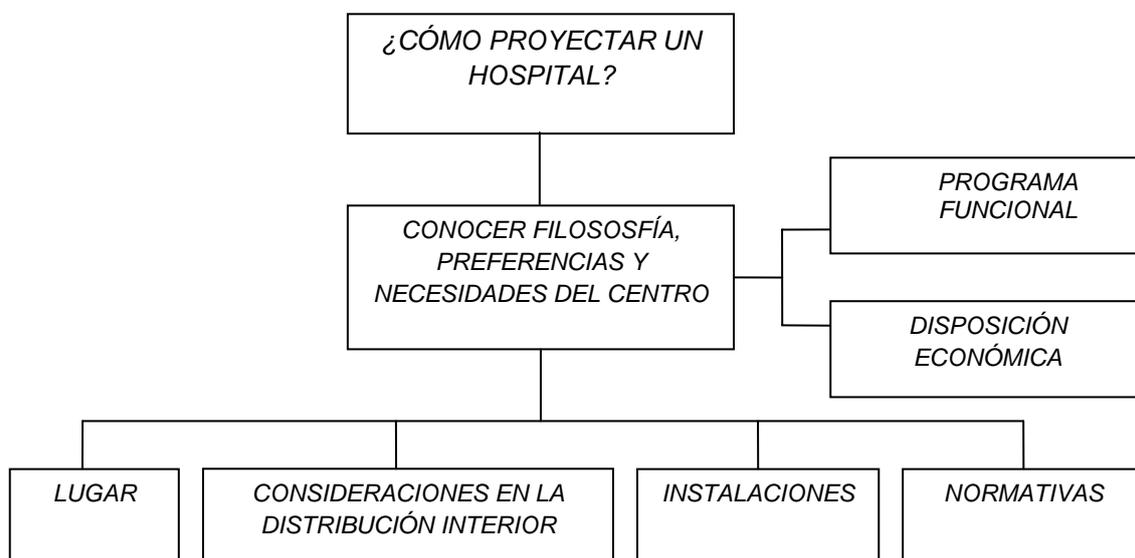
<b>Médica</b>	<b>Hotel</b>			<b>Oficina</b>
<b>Exam, quirófano RM</b>	<b>Habitación paciente</b>	<b>Areas de circulación</b>	<b>Areas servicios</b>	
				
RM, TAC, PET, Cuidados intensivos, quirofanos	Salas preoperatorias, recuperación, baños	Recepción, Pasillos, salas espera, descanso, exterior	Restaurante, tiendas	Administración, educación, oficinas centrales

*Figura 28. Esquema representativo del hospital como edificio contenedor.*

*Fuente: Extraído de Euroestudios, ingenieros de consulta.*

Muchos conocimientos previos necesita el arquitecto para poder comenzar a trabajar en un proyecto para un hospital. En primer lugar, precisa conocer la filosofía del centro, en cuanto a su programa de preferencias y necesidades, tanto funcionales como económicas, para determinar la manera en que se va a realizar el proyecto y a partir de ese punto, deberá considerar una gran cantidad de factores que, si lugar a duda, incidirán en su diseño, como son: El terreno en el que se desarrollará la construcción del edificio, con su ubicación y superficie, la estructura y los materiales idóneos para la

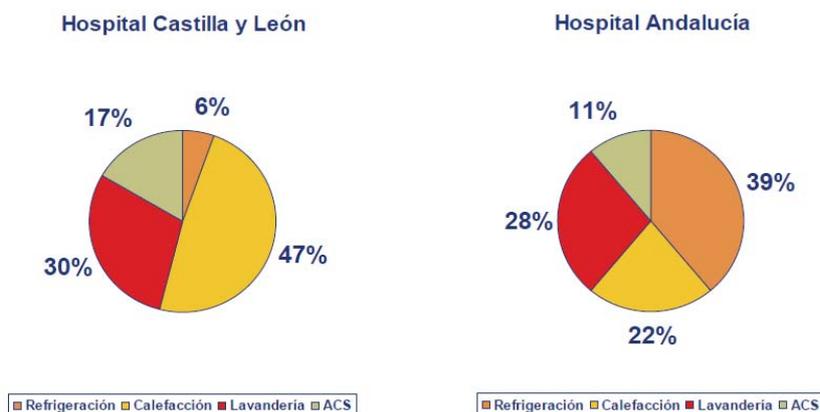
ejecución de la obra a proyectar, las instalaciones necesarias para dotar al edificio del confort y la funcionalidad establecidas o las normas y ordenanzas sobre edificación, materiales, instalaciones, seguridad y energía. (Gil, 1984) (Gil, 1998) (Gil, 2003)



*Figura 29. Esquema representativo de los factores que influyen en el diseño de un hospital.*

*Fuente: Elaboración propia*

Un edificio hospitalario, como cualquier edificio, interactúa constantemente con su entorno a nivel energético, cediendo o acumulando energía en su interior, según sea invierno o verano. La volumetría del edificio, junto con factores como la orientación, la situación geográfica, los materiales, el color de la fachada, las aberturas o los aislamientos térmicos, ejercen un efecto directo sobre la demanda de climatización, y, por consiguiente, sobre el consumo final de energía (Montero et al, 2010).



*Figura 30. Necesidades térmicas tipo de hospitales ubicados en diferentes áreas geográficas.*

*Fuente: Extraído de Dalkia*

La intención en este segundo recorrido es la de analizar dichos factores, siempre desde el punto de vista de su influencia sobre el consumo energético, pero para ello, antes, parece importante conocer las funciones que se deben realizar en un hospital.

Es sabido que en los hospitales han de convivir gran diversidad de servicios. Consultas externas, áreas de hospitalización, laboratorios, urgencias, bloque quirúrgico, zonas de mantenimiento o servicios como cocina o lavandería son actividades frecuentes ejercidas en estos edificios. Asimismo, también se puede hablar de una amplia variedad de personas que harán uso de los mismos como trabajadores sanitarios, pacientes externos, pacientes hospitalizados, visitantes o personal administrativo. Es, por lo tanto, deber del arquitecto transformar esta heterogeneidad en una organización espacial que asegure un correcto funcionamiento y confort en el edificio. (Burgos et al, 2010)

### **5.1.1 PROGRAMA FUNCIONAL DEL HOSPITAL**

El primer paso necesario e indispensable para tratar el tema de la energía en un hospital es conocer bien el edificio y su comportamiento. Por ello lo analizaremos, en primer lugar, desde el aspecto de la

funcionalidad. Primeramente, conviene repasar, cuales son las actividades realizadas en los hospitales y las diferentes áreas que las comprenden (López et al, 1997), y matizar a que se destina, principalmente, el consumo de energía en cada una.

- Área asistencial:

Destinada a la hospitalización de los pacientes en camas bajo la supervisión de las enfermeras, precisa de un alto nivel de privacidad y confort. Esta área debe mantener comunicación con el área de tratamiento y diagnóstico.

En esta zona el principal consumo de energía se debe a la iluminación artificial, a la climatización y al suministro de ACS. Son áreas que requieren un funcionamiento continuado.



*Figura 31. Unidades de hospitalización del Hospital de Mollet del Vallés (Corea-Morán).*

*Fuente: Extraído de <http://www.iluminet.com.mx>*

- Área de tratamiento y diagnóstico:

Se trata de la zona más compleja del edificio. En ella se sitúan las consultas externas, el bloque quirúrgico y la reanimación. Debido a sus altas posibilidades a sufrir cambios, tanto tecnológicos como espaciales, precisa de una alta flexibilidad arquitectónica. Se considera un órgano central en la distribución espacial del edificio, por su necesidad de estar en comunicación con una amplia cantidad de espacios como el almacén, el banco de sangre/tejidos, la zona de diagnóstico por la imagen, esterilización, la farmacia, los laboratorios, la lavandería y lencería...

Es un área crítica respecto al consumo de energía por sus altos requerimientos de ventilación, humedad, temperatura y niveles de presión, los cuales, además, dificultan el hecho que algunas de estas zonas puedan disponer de iluminación natural.



*Figura 32. Bloque quirúrgico.*

*Fuente: Extraído de Bloque quirúrgico. Estándares y recomendaciones. Ministerio de Sanidad y Política Social.*

- Áreas centrales:

Son las áreas de apoyo a las anteriores, con las que debe existir relación espacial como los laboratorios, la zona de radiología, farmacia o archivos. En ellas, además del consumo que supone la iluminación, la climatización y el suministro del ACS, el uso del equipamiento médico necesario aumenta el gasto energético.

- Área administrativa y docente:

Incluye las actividades de administración como contabilidad, facturación o recursos humanos y también la zona destinada a investigación y docencia. Se trata de un área relativamente libre en cuanto a exigencias técnicas y de funcionamiento. Sus necesidades energéticas no son tan elevadas como en otras áreas al tener un horario establecido de usos y no requerir de actividad continuada ni precisar del uso de equipamiento médico.

- Servicios generales:

Dónde se incluyen locales técnicos, zonas destinadas a mantenimiento, lavandería y lencería, almacén general, vestuarios,...Es conveniente considerar que algunos de estos servicios conviene alejarlos de las zonas críticas ya que pueden ser fuente de ruidos. En cuanto a consumo de energía, algunos de ellos son fuente de importantes gastos, como la lavandería, pese a no tener un funcionamiento continuado.

- Pasos o circulaciones:

Desarrolladas tanto en sentido vertical como horizontal, serán las encargadas de poner en relación el conjunto de todas las zonas citadas de manera diferente según su función y el

ocupante que las utilice: Pacientes ambulatorios, pacientes internados, cadáveres, personal médico, administrativo, técnico, de apoyo, de servicio o de mantenimiento, visitante, acompañante, proveedores, suministros, tanto específicos como generales, ropa sucia, desechos...

Las circulaciones, en los hospitales, deben cumplir con dos normas básicas:

- Su recorrido debe ser lo más corto posible.
- Se deben evitar las interferencias en los recorridos de personal que realiza distintas funciones.

Las podemos agrupar en:

- De carácter público:  
Por ellas circularán pacientes externos y personas en general, como los visitantes.
- De carácter técnico:  
Por las que circulan pacientes Internos y personal técnico del hospital.
- De servicio:  
Son las encargadas de abastecer a las diversas áreas y de evacuar residuos.
- De emergencia:  
Se trata de las rutas de evacuación en caso de siniestros como incendios.
- Accesos:

Respecto a la relación del edificio con el exterior, deberá diferenciarse entre la entrada general de público y pacientes, la de personal, la de urgencias, la de servicios y abastecimiento y las salidas de emergencia o expedición de cadáveres.

Al igual que en el área administrativa y docente, las zonas de servicios generales y los espacios destinados a las comunicaciones el consumo de energía principalmente es debido a la iluminación y a la climatización. Al tratarse de zonas especialmente significativas, requieren de soluciones lumínicas en las que no siempre es predominante la exigencia de la eficiencia energética.



Figura 33. Esquema representativo de las necesidades de interrelación de los diferentes espacios.

Fuente: Extraído de Arquitectura EAGM

### 5.1.2 EL LUGAR:

Es cierto que en la ubicación del hospital, el arquitecto poco puede opinar. Su elección viene impuesta muchas veces por agentes urbanísticos, de disponibilidad administrativa, económica,...Sin embargo, sí puede hacerlo, en muchos casos respecto a su situación relativa dentro de la parcela. La consideración de factores bioclimáticos como las sombras (De edificios cercanos, árboles,...), los vientos dominantes, posibles láminas de agua o la vegetación, puede ser determinante en el comportamiento eficiente del edificio hospitalario. (Neila, 2004)

- La topografía:

Minimizar el impacto del edificio en el terreno, adoptándolo a la topografía existente garantiza una reducción de la excavación y del movimiento de tierras que supone su implantación

Aprovechar el terreno como sistema de protección natural de las condiciones medioambientales exteriores garantizará evitar gastos innecesarios en aislamiento para evitar pérdidas de energía.

Aprovechar desniveles del terreno u ciertas orientaciones que protejan las zonas más delicadas del hospital de ruidos indeseados es una opción a considerar en lo referente al confort acústico, al que se ha hecho referencia anteriormente.

- El acceso:

La elección de un emplazamiento de fácil accesibilidad para los usuarios del edificio favorecerá la elección de un modo de transporte sostenible como el uso de transporte público, la bicicleta o el ir a pie. (Fernández, 2009)



*Figura 34: Accesos mediante transporte público al Hospital Infanta Sofía de Madrid.*

*Fuente: Extraído de Fernández, (2009) ¿Podemos diseñar y construir hospitales más eficientes en el futuro?*

- La orientación:

Elegir una correcta orientación del mismo facilitará el aprovechamiento de la luz y la radiación solar, favoreciendo la integración de la climatización solar pasiva y reduciendo las necesidades de consumo de energía.

- La ubicación:

Así mismo su cercanía a servicios de suministro de instalaciones evitará un consumo de energía.

También es importante localizar las fuentes que puedan producir niveles elevados de ruido y alejar de las mismas las zonas del edificio que requieren un ambiente silencioso, para evitar así gasto innecesario en el aislamiento frente al ruido de los cerramientos del hospital.

### **5.1.3 CONSIDERACIONES EN LA DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL PROYECTO Y LA PUESTA EN OBRA:**

- Zonificación:

Se trata de un aspecto importante en muchos ámbitos ya que el arquitecto debe agrupar, al realizar la distribución de los espacios, en la medida de lo posible, aquellas áreas que tengan necesidades comunes en cuanto: A nivel de confort o exigencias acústicas, térmicas, lumínicas y de privacidad. Y a su vez, conjugar todo ello con una organización que facilite la funcionalidad del hospital: Por ejemplo, respecto al confort o exigencias acústicas es importante diferenciar la zona de las habitaciones, que deben estar alejadas de los focos de ruido, de la zona de lavandería o cocina, que no lo precisa. Las exigencias térmicas son muy diferentes en las distintas áreas del hospital, así pues, zonas como los quirófanos requieren de un altísimo control térmico, que no es comparable con el requerido por las zonas de administración, cafetería,... y en cuanto a las exigencias lumínicas, diferenciar las zonas que pueden iluminarse de manera natural, para situarlas en el perímetro del edificio, de las que no la requieren. En el tema de la privacidad, los diversos ámbitos del hospital han de organizarse físicamente según sus propias funciones y la interrelación con los demás y por ello deben ubicarse de acuerdo a su grado de accesibilidad del público y restricción o privacidad en su uso. En este apartado, merecen especial atención, tener en cuenta, en la fase de proyecto, el tema de las circulaciones, si se pretende garantizar el correcto funcionamiento del hospital. Diferenciar entre circuito limpio o sucio, circulación personal-paciente y circulación público es básico. (García, 2007)

Las circulaciones se pueden clasificar según su grado de accesibilidad en:

- De carácter totalmente público, sin restricción de movimientos a los usuarios: público en general, personal, etc.
- De acceso restringido: desplazamientos internos, fundamentalmente personal y pacientes.
- De distribución de suministros a las distintas áreas del hospital.

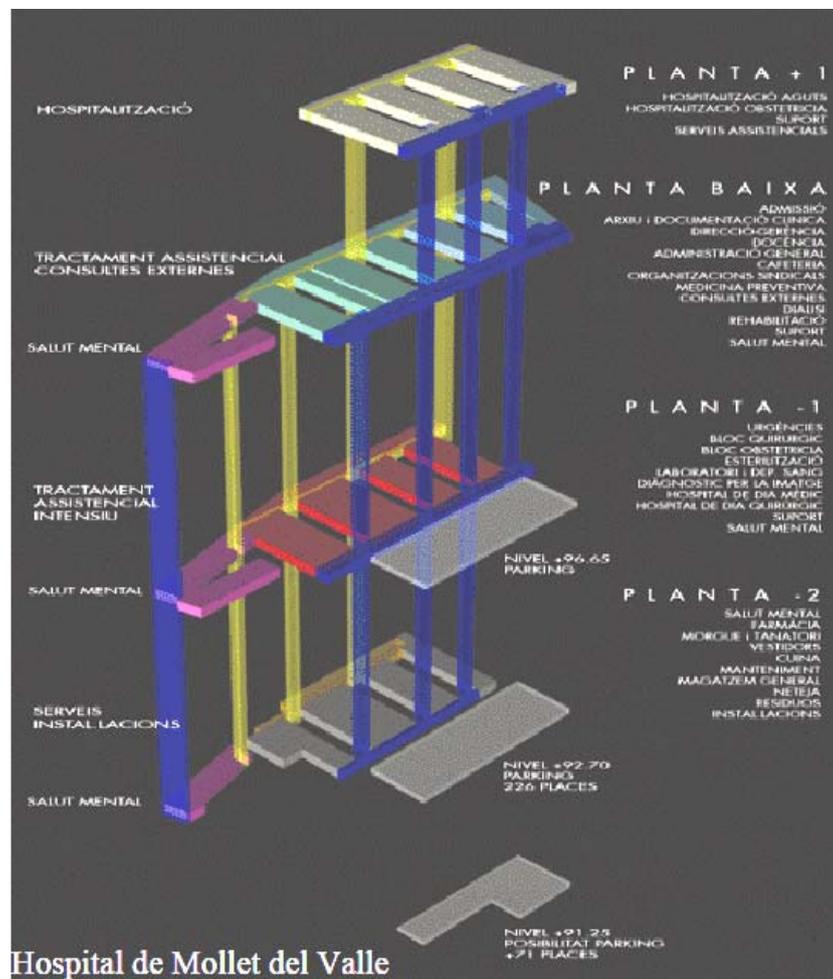


Figura 35. Esquema de circulaciones del hospital Mollet del Vallés  
Fuente: Extraído de Justo García Sanz-Calcedo. Ingeniero

- Adaptación:

La distribución de espacios, incluyéndose la elección de la distribución de la estructura y la elección de las soluciones constructivas y los materiales, debe considerar una posible previsión del crecimiento así cómo la posibilidad de adaptación a futuros cambios que puedan darse en este edificio. La concepción inicial del hospital debe contemplar esta posibilidad para que, en un futuro, el hospital crezca de una controlada y no si dar lugar a una arquitectura *'tumoral'*. Por ello es conveniente optar por la flexibilidad y los espacios con ausencia de pilares.



*Figura 36. Ampliación del Hospital Infanta Sofía en mayo de 2009.  
Fuente: Extraído de Fernández, (2009) ¿Podemos diseñar y construir  
hospitales más eficientes en el futuro?*

#### **5.1.4 LAS INSTALACIONES:**

Alrededor de los años 50, las principales instalaciones en los hospitales se destinaban a la calefacción, alumbrado y fuerza, fontanería, extinción de incendios y ascensores. El presupuesto destinado era alrededor del 20% del total, pero las instalaciones

han ido aumentando. Cerca de los noventa, podemos hablar también de instalaciones de climatización y megafonía, telefonía y televisión, además de las anteriormente mencionadas. El presupuesto dedicado ya ascendía alrededor del 30%. Actualmente, las instalaciones son una parte importante en el diseño de los hospitales, que abarcan desde la climatización, producción ACS con paneles solares, alumbrado y fuerza, grupos electrógenos, SAIS, instalaciones fotovoltaicas, fontanería, agua pura y agua osmotizada, protección contra incendios, ascensores, megafonía, telefonía, televisión, sistemas de gestión, comunicaciones (voz y datos, llamada enfermería, Internet, Jiffy), hasta la seguridad (control accesos, vídeo vigilancia). Entre un 40 y un 50 por ciento del presupuesto total del edificio corresponde a las mismas<sup>i</sup>.

En ellos coexiste gran variedad de equipamiento, material en contacto con pacientes y profesionales, e instalaciones, cuya implicación es a un nivel más general, tanto a nivel tecnológico como funcional. Así podemos encontrar, desde lo considerado normal, por su presencia en cualquier actividad industrial, hasta lo más específico de la práctica asistencial sanitaria, cuyo grado de tecnología puede ser muy distinto. Para abordar una clasificación, tanto del equipamiento como de las instalaciones, existen muchos criterios. Atendiendo a su grado de especificación, pues, se sabe, que en este edificio se requieren de unas instalaciones generales y, cada una de sus áreas, de unas más específicas, para poder funcionar correctamente, se puede realizar la siguiente clasificación: (López et al, 1997)<sup>ii</sup>

---

<sup>i</sup> Según datos suministrados por Ramón Lahoz, arquitecto y profesor de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), durante el XXVIII Congreso Nacional de Ingeniería Hospitalaria.

<sup>ii</sup> Aunque se ha obtenido esta información del artículo mencionado, se ha procedido a una adaptación de la misma a la situación actual.

- **Redes de fluidos:**  
Garantizan el suministro y distribución de agua fría, ACS (agua caliente sanitaria), vapor saturado y recalentado, fluidos térmicos,...
- **Red de saneamiento:**  
Responsable de la evacuación de las aguas pluviales, fecales e industriales.
- **Instalaciones eléctricas:**  
Garantizan el abastecimiento de la energía eléctrica en baja tensión la emergencia.
- **Sistemas de iluminación:**  
Engloban las diferentes lámparas y luminarias usadas.
- **Instalaciones de acondicionamiento térmico:**  
Se consideran aquellas que proveen al edificio de aire acondicionado, calefacción y ventilación, controlando temperatura y humedad.
- **Instalación de protección contra incendios:**  
Constituida por aparatos, equipos y sistemas que garantizan protección frente al fuego.
- **Instalaciones de comunicación:**  
Son las que hacen referencia al transporte vertical u horizontal de personas y/o materiales como ascensores, montacargas,...
- **Instalaciones de transporte neumáticas:**

Las que permiten el transporte interno de muestras clínicas, medicamentos o pequeños objetos.

- Instalaciones audio informáticas y datos
- Instalación de seguridad, como las de protección eléctrica,...
- Instalación de gases medicinales:  
Proporcionan el oxígeno, el nitrógeno, el aire comprimido,...

Otro modo de clasificar todo el equipamiento hospitalario, sería según su funcionalidad y tecnología (Gómez et al, 2006):

- Instalaciones generales:

Las que abastecen el edificio y son consideradas las normales en cualquier actividad industrial: Suministro eléctrico, de gas, de agua fría y agua caliente sanitaria, climatización primaria, instalaciones contra incendios, transporte de mercancías y personas...

- Instalaciones específicas de la práctica asistencial sanitaria:

Son las que abastecen áreas concretas, básicamente críticas como centrales de esterilización, instalaciones de seguridad eléctrica en quirófanos, instalaciones de climatización en áreas blancas, planta de producción de agua tratada para diálisis,...

- Equipamiento médico:

Los que dan servicio al paciente y son manejados por personal autorizado y cualificado.

Por último y atendiendo a su grado importancia para el correcto funcionamiento del hospital, las instalaciones también se clasifican en críticas, importantes y normales (Gómez et al, 2006):

- Las instalaciones críticas serían aquellas que en caso de fallo no permiten que se realicen las actividades sanitarias como el suministro de agua, de combustible, eléctrico, de gases medicinales y las instalaciones contra incendios.

SISTEMA	SUBSISTEMA	ALCANCE	SERVICIOS IMPLICADOS
Suministro de agua	Agua caliente sanitaria	Producción, almacenamiento, control y distribución.	Mantenimiento instalaciones, medicina preventiva y servicio limpieza.
	Agua fría sanitaria	Captación, almacenamiento, tratamiento y distribución.	
Suministro combustibles		Producción agua caliente, control y red de distribución.	Mantenimiento instalaciones
Gases medicinales	Oxígeno	Recepción, almacenamiento o producción, control y distribución.	Mantenimiento instalaciones, empresa suministradora y servicio de farmacia.
	Protóxido		
	Aire medicinal		
	Vacío	Producción, tratamiento control y distribución.	
Alimentación energía eléctrica	Red M.T. y centros de transformación	Recepción E.E. en 15 KV, distribución y transformación a B.T.	Mantenimiento instalaciones.
	Producción E.E. emergencia	Producción grupos electrógenos y acoplamiento con la red principal.	
	Red de baja tensión.	Zonas asistenciales y quirúrgicas, incluidos sistemas alimentación ininterrumpida	Mantenimiento instalaciones.

*Tabla 3. Resumen de las instalaciones críticas hospitalarias*

*Fuente: Extraído de Gómez, A. et al. (2006). Clasificación de equipos e instalaciones de un Complejo Hospitalario de última generación. X Congreso de Ingeniería de Organización.*

- Las instalaciones importantes son las que sin llegar a parar la actividad del hospital, la perjudican, disminuyéndola. Éstas tienen repercusiones económicas, legales y de imagen.

SISTEMA	SUBSISTEMA	ALCANCE	SERVICIOS IMPLICADOS
Agua plantas diálisis		Captación, almacenamiento, tratamiento, control y distribución	Mantenimiento equipos e instalaciones especiales, medicina preventiva, nefrología
Climatización en zonas quirúrgicas y zonas asistenciales	Producción aire primario y sistemas de extracción y aprovechamiento energético	Producción, control y red de conductos de distribución	Mantenimiento instalaciones y medicina preventiva
Comunicaciones	Exteriores/interiores del Hospital	Acometida, central, red interior y dispositivos de telefonía	Mantenimiento instalaciones, servicio informática y adjudicatario
Central esterilización		Producción material quirúrgico	Mantenimiento, enfermería y medicina preventiva

*Tabla 4. Resumen de las instalaciones importantes hospitalarias*  
*Fuente: Extraído de Gómez, A. et al. (2006). Clasificación de equipos e instalaciones de un Complejo Hospitalario de última generación. X Congreso de Ingeniería de Organización.*

- Y, por último, las instalaciones normales, que forman parte de la actividad de mantenimiento del hospital, por lo que cualquier fallo, en las mismas, no supone ningún paro en la actividad diaria. En este apartado se englobarían el resto de instalaciones que no figuran en los anteriores.

### 5.1.5 LAS NORMATIVAS:

La normativa de aplicación referida a las instalaciones sanitarias se clasificará en instalaciones de electricidad, de climatización y de instalaciones mecánicas: (Martínez, 2006)

*Normativa referida a las instalaciones de electricidad:*

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) (RD842/2002, de 2 de Agosto), especialmente las siguientes instrucciones técnicas: ITC-BT-28, Instalaciones en locales de pública concurrencia y ITC-BT-38, Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención.

- Norma UNE 20460-7-710 - Instalaciones eléctricas en los edificios.
- Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Locales de uso médico.
- Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006, de 17 de Marzo): Sección SU 4, Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada y Sección HE 3, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- UNE-EN 12464-1: 2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.

*Normativa referida a las instalaciones de climatización:*

- RD1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios y sus Instrucciones técnicas complementarias (RITE) y se crea la Comisión asesora para las instalaciones térmicas en los edificios. Corrección de errores del RD 1027/2007. El aire exterior de ventilación se introducirá debidamente filtrado en el hospital en función de la calidad de aire interior IDA exigida, y de la calidad de aire exterior ODA:

**AIRE INTERIOR (IDA)**

IDA 1: Calidad Óptima (Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías).

IDA 2: Buena Calidad (Oficinas, residencias, aulas, piscinas).

IDA 3: Calidad Media (Edificios comerciales, cines, restaurantes, locales deportivos).

IDA 4: Aire de baja calidad.

AIRE EXTERIOR (ODA)
ODA 1: Aire puro que puede contener partículas de forma temporal (p.e. polen).
ODA 2: Aire con altas concentraciones de partículas.
ODA 3: Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.
ODA 4: Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.
ODA 5: Aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

*Figura 37. Exigencias respecto a la calidad del aire de ventilación en hospitales, según RITE.*

*Fuente: Extraído de <http://termias.com/wp-content/uploads/docu/rite-ite1-1.pdf>*

- El RD 47/2007, del 19 de enero de 2007, aprueba el procedimiento para la certificación de eficiencia energética en los edificios de nueva construcción. Esta exigencia deriva de la Directiva 2002/91/CE.
- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (BOE nº 74, 28/03/2006).
- Artículo 14. Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR).
- Corrección de errores del RD 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y se modifica el RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se prueba el Código Técnico de la Edificación.
- Desarrollo de la Ley 37/2003 del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas según el RD 1367/2007 del 19 de octubre del 2007.

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de Calidad del aire y protección de la atmósfera (BOE nº 275, 16/11/2007).
- Se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. RD 865/2003, de 4 de julio (BOE nº 171, 18/07/2003).
- Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo: Orden de 9 de marzo de 1971, del Ministerio de Trabajo (BOE nº 64 y 65, 16/03/1971) y modificaciones posteriores, Ley 31/1995, de 8 noviembre de la Jefatura del Estado (BOE nº 269, 10/11/1995), Modificada - Ley 50/1998, de 30-12, de medidas fiscales, administrativas y del orden social (BOE nº 313. 31-12- 1998), Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo y RD 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (BOE nº 97, 23/04/1997).
- Normas UNE citadas en las normativas y reglamentaciones.
- Todos los equipos materiales y componentes de las instalaciones objeto de este proyecto cumplirán las disposiciones particulares que les sean de aplicación además de las prescritas en las Instrucciones Técnicas Complementarias ITE y las derivadas del desarrollo y aplicación del RD 1630/1992. \*Modificación. RD 1328/1995 (BOE nº 198. 19-08-1995).

*Normativa referida a las instalaciones mecánicas:*

- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el cual se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Vivienda. B.O.E. Nº 74 de 28 de marzo de 2006. Decreto básico SI

Seguridad en caso de incendio y RD 1371/2007 de 19 de octubre, por el que se aprueba el decreto básico DB-HR Protecciones contra el ruido del Código Técnico de la Edificación y se modifica el RD 314/2006 de 17 de marzo por el cual se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Ministerio Vivienda B.O.E. Nº 254, de 23 octubre 2007.

- RD 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, Ministerio de Industria y Energía. B.O.E. de 14 de diciembre de 1993 y Orden de 16 de abril de 1998 sobre normas de procedimiento y desarrollo del RD 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo. Ministerio de Industria y Energía. B.O.E. de 28 de abril de 1998.
- RD 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicadas a actividades que pueden dar origen a situaciones de emergencia. Ministerio del Interior. B.O.E. Nº 72, de 24 de marzo 2007. Pág. 12.841.
- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda B.O.E. Nº 74 de 28 de marzo de 2006. Documento Básico HS 4. Suministro de agua.
- RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Ministerio de la Vivienda B.O.E. Nº 74 de 28 de marzo de 2006. Documento Básico HS 5. Evacuación de aguas.

- Norma UNE-EN-ISO 7396-1. Sistemas de canalización de gases medicinales. Parte 1: Sistemas de canalizaciones para gases medicinales comprimidos y de vacío. Noviembre 2007. (No es de obligado cumplimiento, aunque sí recomendable su aplicación).
- Norma UNE-EN-ISO 7396-2. Sistemas de canalización de gases medicinales. Parte 2: Sistemas finales de evacuación de gases anestésicos. (No es de obligado cumplimiento, aunque sí recomendable su aplicación).

### **5.1.6 EL BLOQUE QUIRÚRGICO**

La propia actividad sanitaria requiere de un diseño exhaustivo de las instalaciones, pues deben asegurar la seguridad del paciente, el control de infecciones, la seguridad de suministro,...pero, además, existen unas zonas concretas, en los hospitales, que aumentan, aún más, estas exigencias, como es el caso del bloque quirúrgico, que precisa de un funcionamiento del 100% y continuo, sin interrupciones, para evitar riesgos en la seguridad tanto de pacientes como de personal. Por todo ello, se ha optado por dedicarle un apartado.

El Ministerio de Sanidad y Política Social español en 2009 editó una guía de estándares y recomendaciones para esta zona en concreto. De la misma se han extraído las exigencias respecto a las instalaciones, que suponen un aumento del consumo: (Ministerio de Sanidad y Política Social, 2009)

*Exigencias respecto a las instalaciones de electricidad del bloque quirúrgico:*

- Estas instalaciones deben garantizar desde el alumbrado normal y el de emergencia, como el suministro eléctrico y, por supuesto, la seguridad de las personas.
- Los niveles de iluminación demandados son de 10.000 a 100.000 lux en el área de operación y de 500 lux, en áreas circundantes.
- El índice de rendimiento de color (Ra) debe ser de 90 sobre 100, como mínimo, lo que indica que la reproducción de los colores, por parte de las luminarias, ha de ser lo más fiel posible es en salas de operación, quirófanos, preoperatorias y de recuperación.

*Exigencias respecto a las instalaciones de climatización del bloque quirúrgico:*

- Nivel de filtración de partículas de aire exigido:

La norma UNE 100713 'Instalaciones de aire en hospitales', establece desde el punto de vista higiénico dos niveles de locales:

Locales de clase I, con exigencias muy elevadas y tres niveles de filtración<sup>i</sup>. Se trataría de la zona de quirófanos, pasillos, almacén, material estéril, entrada y salida y también la zona de recuperación.

Locales de clase II, con exigencias habituales y dos niveles de filtración, constituidos por el resto de zonas del

---

<sup>i</sup> El sistema de climatización debe asegurar que todo el aire introducido en el local esté dentro de unos contenidos de partículas, por metro cúbico, inferiores a los considerados como posibles infecciosos y el tiempo de exposición a ellos, para ello se instalará un sistema compuesto por tres niveles de filtraje.

BQ. En los mismos, el sistema de climatización deberá ser de todo aire, similar al de resto de zonas del hospital, con dos niveles de filtración, pero se debe prestar especial atención a la regulación de las sobrepresiones, para evitar el trasvase de aire desde los locales más sucios a los más limpios.

- Nivel de confort exigido:

Es más estricto que en el resto del hospital. Según la UNE 100713, la temperatura del quirófano debe permanecer entre 22 y 26° C, pudiendo descender hasta 17°, en determinadas intervenciones realizadas en los quirófanos de tipo A.<sup>i</sup> La humedad relativa debe estar entre el 45 y 55 %.

- Nivel de presión exigido:

El sistema de climatización debe proporcionar una sobrepresión al quirófano respecto a sus locales adyacentes, evitando que cuando la puerta se abra penetre aire al interior del quirófano.

- Caudal de impulsión de aire y renovaciones mínimas por hora exigidas:

Para limitar el grado de contaminación de un quirófano a valores aceptables la UNE 100713 establece

---

<sup>i</sup> El sistema de climatización y ventilación puede condicionar el riesgo de infección durante una intervención, por ello, según el nivel de intervención y por tanto, las exigencias ambientales requeridas, se han clasificado los quirófanos en tres tipos: A, B o C. Los de tipo A son los especializados, de muy altas prestaciones y que requieren de un nivel de esterilización del ambiente muy elevado, los de tipo B, que son los que se hallan dentro del BQ pero no llegan a ser considerados de tipo A, y los de tipo C, que son los que no se encuentran dentro del BQ.

un caudal mínimo a impulsar de 2.400 m<sup>3</sup>/h (667 l/s) por quirófano, con al menos 20 movimientos/hora, con un mínimo de aire exterior de 1.200 m<sup>3</sup>/h (333 l/s), aunque es recomendable introducir todo el caudal del quirófano como aire exterior (al menos en los quirófanos tipo B) para la dilución de gases o contaminantes que puedan existir en el interior de la sala de operaciones, como gases anestésicos, gases medicinales u otro tipo de contaminantes.

- El nivel de ventilación mínimo exigido:

Debe ser de 30 m<sup>3</sup>/h x m<sup>2</sup> (8,33 l/s x m<sup>2</sup>) para la zona de recuperación postoperatoria y para el resto de zonas del BQ de 15 m<sup>3</sup>/h x m<sup>2</sup> (4,16 l/s x m<sup>2</sup>).

- El nivel de presión sonora exigido:

La UNE 100713 establece que el nivel de presión sonora máxima en 40 dB(A) para todo el área de BQ excepto para recuperación postoperatoria en la que se fija en 35 dB(A).

- Número de climatizadores exigidos:

Un climatizador independiente por quirófano para garantizar una buena regulación y que las operaciones de mantenimiento de un quirófano no afecten a otro, limitando al mínimo las distancias de conductos (cuyo coeficiente de rugosidad debe ser inferior a 0,3 m) y con ello el riesgo de acumulación de suciedad y restos orgánicos en los mismos.

La toma de aire deberá estar a 2,5 m. de la cubierta o tejado y del terreno y a 10 m. de lugares donde circulen vehículos.

La descarga de aire deberá estar situada a una distancia, de al menos, entre 7,0 m. y 0,5 m. de las entradas de aire dependiendo del caudal, velocidad de descarga y contaminación del aire de descarga.

- Conductos exigidos:

Los conductos deben tener un bajo coeficiente de rugosidad y deben ser estancos y de fácil limpieza.

- Calidad del aire y filtraje exigido:

Para cumplir el grado de filtraje requerido se necesitan 3 niveles de filtraje: El primero de eficacia F7, el segundo F9 y el tercero, absoluto, de eficacia H13, instalado en la propia difusión de aire de la sala a tratar, según UNE 100713. Esta medida supone una disminución en la eficiencia energética del hospital. Según datos del Ingeniero Justo García Sanz-Calcedo presentados en el 20th Congreso of Internacional Federation of Hospital Engineering en 2008, durante el período de un año (8.760 horas), un filtro de 1 m<sup>3</sup>/s con una caída media de presión de 100 Pa requiere 1.250 kWh suponiendo una eficiencia del ventilador del 70% y tan sólo aplicando una reducción de 10 PA en la caída de presión se ahorraría 125 kWh de energía al año.

- Sistema de regulación exigido:

Todo el sistema debe estar controlado y regulado por un sistema de gestión centralizado formado por controladores con funcionamiento independiente y autónomo del bus de comunicaciones y del ordenador centralizado.

En resumen:

Área de hospital Grupo de locales Tipo de local	Clase de local	Caudal mínimo de aire Exterior m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )	Condiciones ambientales		HR %	Presión Sonora Máxima dB(A)
			Temperatura Min. °C	Temperatura Max. °C		
Área de exploración y tratamiento						
Quirófanos						
Quirófanos tipo A y B, incluso accidentes y partos	I	Según sistema difusión	22	26	45-55	40
Pasillos, almacén, material estéril, entrada y salida	I	15	22	26	45-55	40
Sala despertar	I	15	22	26	45-55	35
Otros locales	I	15	22	26	45-55	40

*Tabla 5: Resumen de las exigencias requeridas por la normativa en el bloque quirúrgico.*

*Fuente: Extraído de Ministerio de Sanidad y Política Social. (2009) Bloque quirúrgico: Estándares y recomendaciones.*

*Exigencias respecto a las instalaciones mecánicas del bloque quirúrgico:*

- Instalaciones de gases medicinales y vacío
- Instalaciones de fontanería y saneamiento
- Instalaciones de seguridad contra incendios

Estas no se detallarán por no tener una importancia muy significativa en el aumento del consumo de energía.

## 5.2 EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS HOSPITALES

### 5.2.1 NECESIDADES DE CONFORT DEL HOSPITAL: CONFORT TÉRMICO, LUMÍNICO Y ACÚSTICO

*Confort térmico* (Comando, 2008)

En cuanto al nivel de confort que se debe alcanzar en un hospital, entendido éste cómo 'esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico' según la norma UNE-EN ISO 7730, y que está en función del valor de una conjunto de variables ambientales (La temperatura del aire, la temperatura radiante, la humedad relativa y la velocidad del aire) y de unas ligadas a la persona (El consumo metabólico según el tipo de actividad realizada y la vestimenta), conviene remarcar el grado de afectación que supone, de nuevo, la diversidad existente, en el mismo, tanto a nivel de servicio como a nivel de ocupante:

- A nivel de servicios o áreas, el hospital, como contenedor de un amplio conjunto de actividades, está obligado a cumplir con unos altísimos estándares de calidad, sobretodo para determinadas zonas, como las de quirófanos o las de recuperación, dónde, además, ha de controlar el nivel bacteriológico. (Cruceta, 2005)
- A nivel de ocupante, que hace uso de las instalaciones hospitalarias, conjugar dos situaciones tan diferentes como el confort del paciente, que debe permanecer, muchas veces, en un reposo casi absoluto y el confort del trabajador, que ha de realizar tareas que requieren una actividad física importante, es complicado, y, mientras la falta de confort térmico en el personal pueden originar molestias o

incomodidades que afecten a la ejecución de las tareas y, en consecuencia, al rendimiento laboral, en los pacientes, puede llegar a suponer un retardo en su proceso curativo.

Es importante no confundir un aumento del consumo con un mayor confort, ya que ambos deben estar en la proporción adecuada.

El confort en un hospital es un factor muy importante y las condiciones de ambiente interior que se exigen en los mismos, reguladas por un conjunto de normativas, son bastante exigentes. Por ello, aunque se trate de unos edificios altamente consumidores de energía, en los que es necesario aplicar técnicas de eficiencia energética que conduzcan a reducir las emisiones que generan, por todos los motivos que se vienen explicando, no hay que olvidar que éstas nunca deben ser realizadas a costa de reducir confort.

*Confort lumínico* (Rey, 2007) (Ballbé, 2008) (Ballesteros, 2010)

La iluminación en hospitales debe cumplir con dos objetivos básicos: Garantizar unas condiciones óptimas para que el personal sanitario pueda llevar a cabo sus tareas correspondientes y, a su vez, lograr un ambiente, lo más confortable posible, para el paciente, ya que, está demostrado<sup>i</sup>, que una iluminación adecuada puede influenciar en su estado de ánimo, y por tanto, en su proceso de recuperación. Ambos objetivos, a su vez, deben garantizar la máxima eficiencia energética, en la medida de lo posible. (IDAE, 2001) El consumo en iluminación supone entre un 20 y un 30% respecto al consumo

---

<sup>i</sup> El servicio de Infraestructuras Hospitalarias de Alemania creando entornos confortables lumínicamente para el enfermo, siempre con medidas que sean eficientes energéticamente, ha conseguido reducir significativamente su tiempo de recuperación.

total de energía de un Hospital, lo que supone, según datos el IDAE un gasto de unos 1000 GWh/año, que representa el 0,6% del consumo eléctrico nacional. En emisiones de CO<sub>2</sub>, unas 600.000 toneladas de CO<sub>2</sub>/ año emitidas a la atmósfera. Sin embargo, este gasto tiene un potencial de ahorro del 30%, por lo que de gran importancia garantizar una iluminación eficiente, siempre dentro de unos buenos niveles de confort (Mediante luminarias de alto rendimiento con equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/watio, sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar,...).

Podemos clasificar en tres grupos los espacios del Hospital, según el nivel de percepción que se precisa para realizar la tarea:

- Espacios con actividad visual elevada: Como quirófanos, laboratorios, salas de rehabilitación y terapia, salas de reconocimiento y tratamiento UCI, servicios de urgencias, salas de rayos X, salas de medicina nuclear, salas de radioterapia y salas de consultas externas.
- Espacios con actividad visual normal: Como unidades de hospitalización, farmacia, oficinas y despachos.

Tipo de estancia o actividad	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Zona de la cama	Iluminación general	100	Cálido	1B	A
	Iluminación de lectura	300	Cálido	1B	A
	Iluminación de reconocimiento	800-1000	Cálido	1B	D
	Iluminación de vigilancia	5	Cálido	1B	B
	Iluminación nocturna		Cálido	1B	B
Servicios	Servicios	200	Neutro	2A	C

*Tabla 6. Parámetros lumínicos recomendados para las habitaciones de un hospital*

*Fuente: Extraído de IDAE, Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria.*

- Espacios con actividad visual baja: Como vestíbulos, pasillos y escaleras, comedores y cafeterías, servicios, almacenes y zonas de esperas y paso.

El tiempo anual requerido por la actividad desarrollada en cada espacio también es muy importante: Urgencias o las zonas destinadas a vestíbulos, escaleras, accesos, pasillos, o ascensores requieren un uso anual máximo, 24 horas al día los 365 días del año, frente a almacenes u oficinas que tan solo están operativos de 8 a 12horas, como mucho.

Existe un valor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado para mantener el diseño de las instalaciones de iluminación en parámetros de eficiencia energética del conjunto adecuados, cuando no óptimos. Es el IEE, Índice de Eficiencia Energética.

#### *Confort acústico*

Existen también otros tipos de confort, que conviene tener en consideración en el diseño de hospitales, como el acústico pues aunque el térmico sea el que implica mayores niveles de exigencia, no es el único que influye sobre los ocupantes. Los hospitales son espacios críticos, donde los pacientes necesitan el descanso adecuado. Las habitaciones deben disponer un correcto aislamiento acústico respecto de los pasillos, además de un acondicionamiento mediante materiales absorbentes que minimicen el ruido que pueda generarse en el interior de la propia habitación. Para hospitales, se aconseja no superar los 25-35 dB (A), según la norma ISO R-1996 UNE 74-022. Además, el CTE, considera cada habitación como una unidad de uso diferente, lo que exige unos aislamientos de 50 dBA entre habitaciones.

### **5.2.1 EL USO DE LA ENERGÍA EN LOS HOSPITALES**

El uso de la energía es vital en un hospital, ésta es utilizada en cualquier parte. Tanto la electricidad, como el petróleo, el gas o el agua, son necesarios para el funcionamiento de sus áreas y unidades. La cantidad de consumo de una u otra fuente de energía variará en cada hospital, según su infraestructura y las tareas específicas que en él se realicen, pero, de todos modos, en términos generales, se puede resumir el uso de las fuentes energéticas en un hospital cómo: (Löhr, 2009)

- La electricidad: Se considera la fuente de energía más necesaria. Proporciona alumbrado y, además, permite el funcionamiento de las instalaciones de climatización y ventilación, de algunas instalaciones de comunicación vertical, como ascensores, montacargas o escaleras mecánicas, de los equipos informáticos y de la mayoría de aparatos médicos necesarios.
- El petróleo y/o gas: Son responsables de que las instalaciones principales de calefacción, las calderas generadoras de vapor y los equipos generadores de frío por absorción puedan cumplir con sus funciones cómo abastecer las instalaciones de calefacción, las cocinas, la lavandería, la generación de agua caliente, esterilización y desinfección, proveer al sistema de ventilación y aire acondicionado de vapor para humedecer el aire o refrigerar cámaras de cocinas, de patología, los equipos refrigerantes para medicina, los aparatos médico-técnicos...
- El agua: Considerada como fuente de energía indirectamente, ésta es necesaria en todas las áreas del hospital dónde se necesita agua limpia como agua potable,

para limpieza e higiene y también para el suministro de agua blanda para calefacción, y para la generación de vapor para esterilización y humedecer el ambiente. Para ciertos equipos médicos se requiere la provisión de agua completamente desalinizada, obtenida mediante el tratamiento por osmosis del agua blanda. Es importante poner atención a la aparición de legionela, por lo tanto, primero se debe calentar el agua en el calentador de agua potable a 65° C mínimo para matar la legionela, antes de conducirla a una temperatura inferior a la red de agua potable y los puntos de consumo.

Es importante resaltar que factores como por ejemplo, la situación geográfica puede influir notablemente en la elección de una u otra fuente de producción de energía: La facilidad de acometida, transporte o incluso precio decantará a técnicos y propietarios por una u otra.

### **5.2.2 PRINCIPALES PUNTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS HOSPITALES**

En primer lugar hay que concretar del tipo de consumo del que se va a hablar. La presente tesis centra el estudio en el consumo energético, producido durante la fase de uso de un hospital y primordialmente del térmico, por ser este el más elevado. Ello, pero, no significa que sea el único. En apartados anteriores ya se ha hecho mención de que el consumo energético en un hospital, y en definitiva en cualquier edificio, se produce en la fase de extracción de materiales, construcción, uso y demolición. La de uso, supone un porcentaje muy elevado respecto de las demás. Por eso es a la que se le va a prestar mayor atención. (Cuchí et al, 1999) (López, 2006)

Aunque la energía es necesaria en todas las zonas del edificio hospitalario, los mayores consumos se concentran en funciones o sistemas como (Arque, 1979):

- Control ambiental (Calefacción, refrigeración, ventilación y limpieza de aire): Lo más común es que en las habitaciones se empleen unidades terminales con control del usuario, y en los quirófanos sistemas independientes, instalando un climatizador para controlar y mantener todos los valores en el rango correcto, debido a las condiciones necesarias tan estrictas en lo referente al aire interior. El acondicionamiento de los centros sanitarios suele ser centralizado, y los sistemas generadores que normalmente se utilizan para la producción de calor son las calderas o las bombas de calor y para la refrigeración, plantas enfriadoras con torres de condensación. Los sistemas de emisión empleados son los radiadores de agua de hierro fundido, aluminio, etc...en calefacción y fan-coils, tanto para calefacción como para refrigeración. Como demandas más específicas, debemos considerar (Martí et al, 2009):
  - El uso de filtros de aire de alta eficiencia para evitar la propagación de infecciones en la ventilación, que comportan una gran demanda eléctrica de los ventiladores para poder proporcionar una correcta circulación.
  - El mantenimiento de un riguroso nivel de calidad del aire interior en salas que requieren de una mayor renovación del clima (quirófanos, unidades de cuidados intensivos y laboratorios).

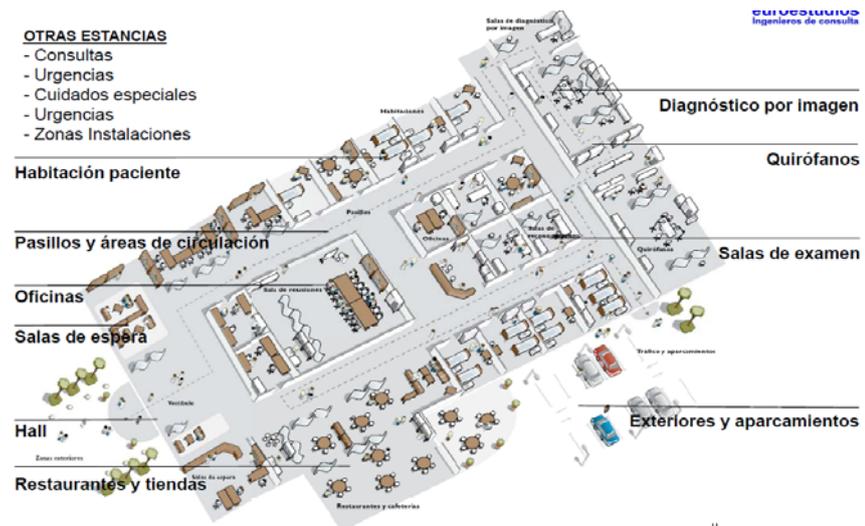
- Requisitos de presurización especial del sistema HVAC en algunas salas, como los quirófanos y las unidades de cuidados intensivos que generalmente necesitan estar con sobrepresión para conseguir un aislamiento efectivo de infecciones por vía aérea. Las salas de cuarentena requieren presión negativa y luces UV para mantener bajo control el contagio de enfermedades.
- Necesidad de disponer de aire interior en niveles de temperatura, humedad y calidad adecuados, lo que aumenta la necesidad de climatización y ventilación.

<b>ESTANCIA</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
Dormitorios Estancia todo el día	22
Quirófanos	29 – 32
Sala de rayos X	22
Salas generales	22
Salas de recuperación	23

*Tabla 7. Tabla de temperaturas interiores de cálculo de estancias.*

*Fuente: Gas Natural Fenosa*

- Necesidad de disponer de salas a una temperatura inferior, como las instalaciones utilizadas para la fabricación de ortopedias.
- Alumbrado (Incluido también el de emergencia)



*Figura 38. Iluminación tipo en un hospital.*

*Fuente: Extraído de Euroestudios Ingenieros de consulta*

Las lámparas utilizadas dependerán de la zona y del uso al que se destinen. Por lo general:

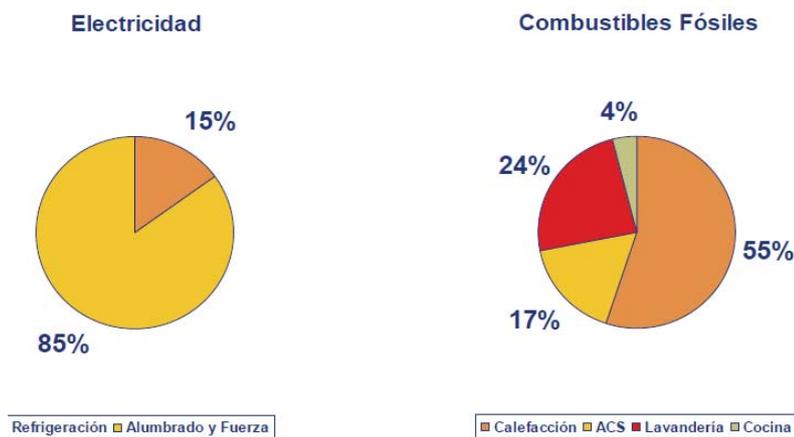
- En el alumbrado general se usan fluorescentes
- En el alumbrado localizado se utilizan lámparas fluorescentes compactas, incandescentes y halogenuros metálicos.
- Para el alumbrado decorativo se utilizan halógenas de baja tensión y fluorescentes compactas
- Las luminarias suelen ser apliques indirectos en la pared.

- **Fuerza eléctrica:**

En este apartado hay que mencionar que la seguridad en el suministro es básica para garantizar su continuidad en cualquier momento del día, especialmente en las áreas críticas. Cualquier corte puede causar la interrupción de los tratamientos, el incumplimiento de las listas de espera y mermas en la calidad asistencial.

Además los equipos de alta tecnología médica son dispositivos son muy sensibles a todo tipo de perturbaciones en la red y la distorsión de la tensión o los microcortes que afectan a los sistemas eléctricos pueden causar pérdidas de información en los centros de datos e interrupciones en los tratamientos.

- Las puntas de consumo de los servicios de lavandería y cocina que están entre un 10-15 por 100 del total. Estas últimas funcionan generalmente con gas propano o gas natural.
- Esterilización
- Agua caliente sanitaria, se suele producir con calderas, bombas de calor o mediante energía solar térmica. El 70 % del consumo de agua caliente suele concentrarse en diez horas, con dos puntas de consumo a primera hora de la mañana y por la tarde. Además debemos tener en cuenta que el tratamiento para prevenir la Legionela demanda un gran suministro de energía por las altas temperaturas requeridas.
- Varios: Gases medicinales, transportes neumáticos, incineración,...



*Figura 39. Necesidades de energía primaria, para un hospital tipo.*

*Fuente: Extraído de Dalkia*

Estos consumos de energía los podemos clasificar, también, según a los servicios a los que se destinan y para los que aseguran su correcto funcionamiento. Así, podemos hablar del gasto energético tanto de los servicios generales como de los servicios médicos específicos:<sup>i</sup>

- Principales consumos en los servicios generales:

La iluminación, los ascensores (u otros servicios de comunicación vertical como montacargas,...) así como la maquinaria para climatizar los diferentes espacios: Compresores, calderas, bombas,...son servicios generales altamente consumidores de energía eléctrica. Los servicios de los espacios destinados a lavandería (lavadoras, secadoras y planchas), cocina (cuartos fríos, hornos y estufas) y cafetería (estufas, cocinas y calentadores

---

<sup>i</sup> Según La guía para desarrollar proyectos de ahorro de energía en centros hospitalarios, elaborada por el Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia.

portátiles), forman también parte de las áreas generales más consumidoras de electricidad.

Unidades o equipos que usan energía térmica, generada por combustibles como el gas natural, el petróleo crudo, el carbón, el fuel-oil, el propano, el ACPM<sup>i</sup> o que usan vapor, agua caliente o aire, generados por estos equipos y ofrecen suministro a los servicios generales están: Los generadores de agua caliente y las incineradoras de residuos, que funcionan con combustible sólido, líquido o gaseoso, los hornos, generalmente de gas natural, las estufas, de propano o gas natural, para calentar o cocer alimentos, y las marmitas de cocción al vapor, en las cocinas y las planchas, lavadoras y secadoras en la lavandería, que usan vapor, agua caliente y/o aire caliente.

– Principales consumos en los servicios específicos:

Los servicios específicos, como equipos médicos y motores, usados en áreas como: Las unidades de radiología, tomografía, ecografía, doppler, las áreas donde se realizan electrocardiogramas, pruebas de esfuerzo, ecocardiogramas...la unidad de cuidados intensivos, cuidados intermedios, la de manejo del dolor, la renal, urgencias, cirugía, recuperación, esterilización, por el uso de los autoclaves eléctricos, ortopedia y traumatología, patología y laboratorios, maternidad y neonatos, por las incubadoras de recién nacidos y el banco de sangre, por su uso del equipo de refrigeración y transfusión.

---

<sup>i</sup> Aceite Combustible Para Motores.

Algunos servicios específicos que utilizan energía térmica son servicios médicos que usan agua caliente en general y la zona de esterilización, en concreto, por su uso de vapor de agua para alcanzar la temperatura necesaria para instrumental y ropas, en las diferentes autoclaves.

### **5.2.3 INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS HOSPITALES**

El indicador más frecuente utilizado para medir el consumo energético en el hospital es el de consumo por paciente o cama hospitalaria, pero, si entramos más en detalle, podemos considerar todos los indicadores energéticos enumerados a continuación (Arque, 2006):

<b>ELECTRICIDAD</b>	<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>GESTIÓN DE ENERGÍA</b>
<i>Fuerza. Demanda por cama (kW/cama)</i>	<i>Calefacción. Demanda por m<sup>2</sup> (kcal/h.m<sup>2</sup>)</i>	<i>Energía consumida por m<sup>2</sup> (MWh/ m<sup>2</sup>.año)</i>
<i>Fuerza. Consumo por cama. (kW/cama.día)</i>	<i>Agua caliente sanitaria. Demanda por cama (Th/ h.cama)</i>	<i>Energía consumida por cama. (KWh/ cama.día)</i>
<i>Alumbrado. Demanda por m<sup>2</sup> (W/ m<sup>2</sup>)</i>	<i>Cocinas. Demanda por cubierto. (Th/ h.cubierto)</i>	<i>Coste energía eléctrica por cama (€/ cama.día)</i>
<i>Alumbrado. Consumo por m<sup>2</sup> (kWh/ m<sup>2</sup>.año)</i>	<i>Varios: Lavandería, esterilización, ...Demanda por cama (Th/h/cama)</i>	<i>Coste energía térmica por cama (€/ cama.día)</i>
	<i>Calefacción, ACS y varios. Consumo por m<sup>2</sup> (Th/ m<sup>2</sup> .año)</i>	<i>Coste energía eléctrica en fuerza (€/Kwh)</i>
	<i>Calefacción, ACS y varios. Consumo por cama. (Th/cama.día)</i>	<i>Coste energía eléctrica en alumbrado (€/kWh)</i>
	<i>Cocinas. Consumo por cubierto. (Th/cubierto)</i>	<i>Coste energía térmica en gasóleo (€/Th)</i>
		<i>Coste energía térmica en gas (€/Th)</i>
		<i>Porcentaje de presupuesto de la operación para energía (%)</i>

*Tabla 8. Indicadores energéticos que pueden usarse en un hospital.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en: Arque, 2006.*

Es evidente que para elaborar el conjunto de todos los indicadores mencionados es preciso conocer el edificio, las instalaciones, su funcionamiento,...Además, como se ha mencionado anteriormente, para comparar los indicadores energéticos entre hospitales hay que examinar los siguientes factores, por su influencia sobre los mismos:

- El tamaño del hospital, tanto en número de camas como en superficie.
- Las funciones realizadas en el edificio, según se trate de un hospital básico, multifuncional,...
- El diseño arquitectónico del edificio
- Su ubicación, que determinará las condiciones climáticas, sociales,...
- Los servicios complementarios que posee el hospital como la lavandería, la cocina, la zona de esterilización,...
- Los recursos energéticos de los que dispone, tanto propios como exteriores, gas, electricidad, gasóleo,...

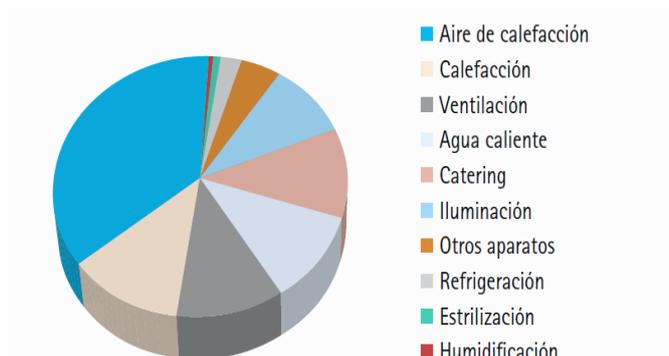
#### **5.2.4 VALORES Y DISTRIBUCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO TIPO EN UN HOSPITAL**

Los hospitales españoles tienen una alta variación en el consumo, según su tipología e instalaciones. A groso modo, se puede decir que un hospital puede consumir entre 20.000 y 60.000 kWh por cama hospitalaria. El consumo total del sector hospitalario es de 6 GWh, que supone un 2% sobre el total del país<sup>i</sup>. Hacer una distribución de consumo energético ‘tipo’ es

---

<sup>i</sup> Datos obtenidos de la consultoría energética Impson.

complicado (y habría que valorar hasta que punto ‘útil’ o ‘fiable’) <sup>i</sup> como se lleva argumentando en ya parte de este trabajo, por su diversa situación geográfica, por la variedad de los tipos de establecimientos (los servicios ofrecidos, la categoría, el tamaño,..) las características de su maquinaria y equipos, los combustibles y fuentes de energía utilizados a nivel general,...



*Figura 40. Consumo de energía en un hospital medio.*

*Fuente: Extraído de la consultoría energética Ipsom.*

Se puede decir que la iluminación, el ACS<sup>ii</sup> y la climatización son los principales consumos de energía en un hospital y una distribución de consumo típico sería la mostrada a continuación:

---

<sup>i</sup> Nota del autor: En el sentido que cualquier lector debe saber interpretar, finalidad de esta tesis, lo que significa exactamente el valor del consumo hallado y hasta que punto puede comparar estos valores entre diferentes edificios.

<sup>ii</sup> Agua Caliente Sanitaria

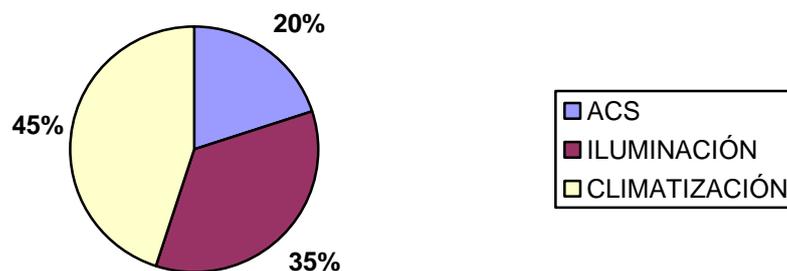


Figura 41. Porcentajes de consumos típicos de ACS, iluminación y climatización.

Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos de Fenercom, 2008

Una distribución tipo de estos consumos en clínicas y hospitales es la siguiente:

CLÍNICAS Y HOSPITALES	
Instalaciones	Oficinas Consultas Radiología Laboratorio Cocina Lavandería
Aplicaciones energéticas	Iluminación ACS Climatización Otros
Energías	Electricidad Gas
Consumo (*) Media sectorial	40.000 kWh/año
Coste (*) Media sectorial	8.400 €/año

Figura 42. Distribución tipo del consumo energético en una clínica u hospital.

Fuente: Extraído de Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales.

Sin embargo, pese al alto consumo de energía en los hospitales, España ha empezado a tomar conciencia del problema, ajustando su consumo. Muestra de ello son los datos que aporta el informe anual de indicadores energéticos del año 2009 del IDAE, dónde se observa que la intensidad de energía final, en el sector Hospitales, descendió respecto de años anteriores.

	Unidad	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	$\Delta$ 2009/2008
Intensidad de Energía Final del Sector Restauración (Hoteles, Restaurantes, etc)	kep/€00	0,0211	0,0222	0,0227	0,0233	0,0232	0,0144	0,0192	0,0191	0,0209	0,0208	0,0202	0,0187	0,0182	0,0166	0,0157	-5,3%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Restauración	kwh/it€00	156,86	164,64	169,15	172,21	182,39	63,62	60,58	60,49	65,74	67,48	69,15	80,23	83,79	90,79	92,87	2,3%
Intensidad de Energía Final del Sector Hospitales (17)	kep/€00	0,0202	0,0206	0,0215	0,0219	0,0189	0,0166	0,0207	0,0210	0,0203	0,0222	0,0214	0,0194	0,0189	0,0161	0,0146	-9,7%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Hospitales	kwh/it€00	91,90	95,61	103,16	108,27	106,09	92,18	90,42	88,02	87,99	96,61	88,23	93,48	92,17	89,84	83,92	-6,6%
Intensidad de Energía Final del Sector Educación	kep/€00	0,0154	0,0155	0,0161	0,0168	0,0164	0,0157	0,0179	0,0191	0,0191	0,0209	0,0185	0,0168	0,0156	0,0130	0,0113	-12,6%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Educación	kwh/it€00	82,34	84,78	88,81	96,24	103,29	106,48	98,92	103,66	108,26	117,53	99,12	99,71	92,50	85,00	75,17	-11,6%
Intensidad de Energía Final del Sector Comercio	kep/€00	0,0199	0,0216	0,0220	0,0224	0,0220	0,0259	0,0307	0,0315	0,0336	0,0368	0,0367	0,0357	0,0351	0,0338	0,0333	-1,4%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Comercio	kwh/it€00	139,62	153,77	156,59	159,12	169,37	209,63	229,15	239,18	258,87	285,43	288,18	301,44	299,79	313,56	314,74	0,4%
<b>TOTAL SERVICIOS</b>	kep/€00	0,0160	0,0168	0,0173	0,0177	0,0168	0,0174	0,0198	0,0202	0,0208	0,0222	0,0213	0,0202	0,0197	0,0183	0,0176	-3,9%

*Tabla 9. Comparación Europea de la intensidad energética en ramas del sector servicios*

*Fuente: Extraído de Informe anual de indicadores energéticos del año 2009 del IDAE*

Además, como se pone de manifiesto en los gráficos mostrados a continuación, la intensidad energética y eléctrica en los hospitales españoles es menor respecto a países como Francia, Holanda, Italia o Suecia.

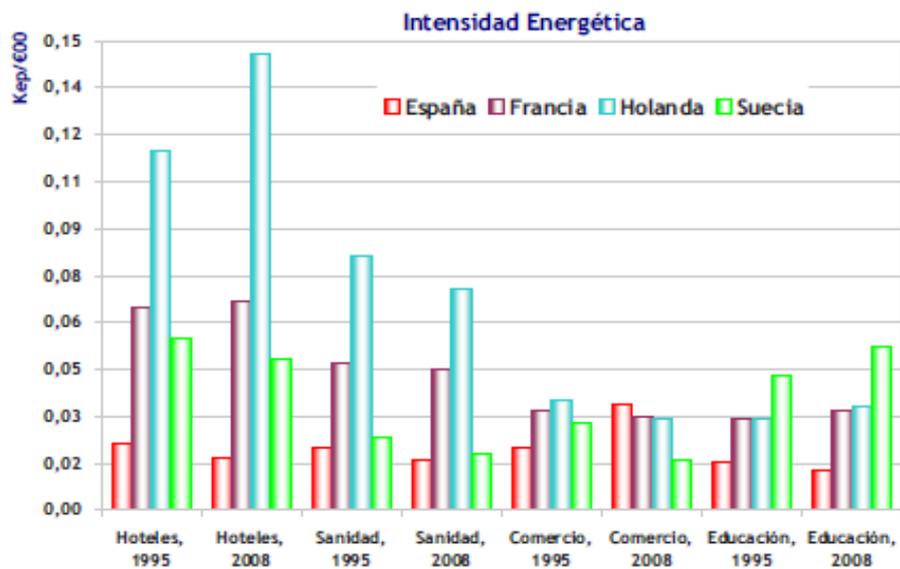


Figura 43. Comparación Europea de la intensidad eléctrica en ramas del sector servicios

Fuente: Informe anual de indicadores energéticos del año 2009 del IDAE

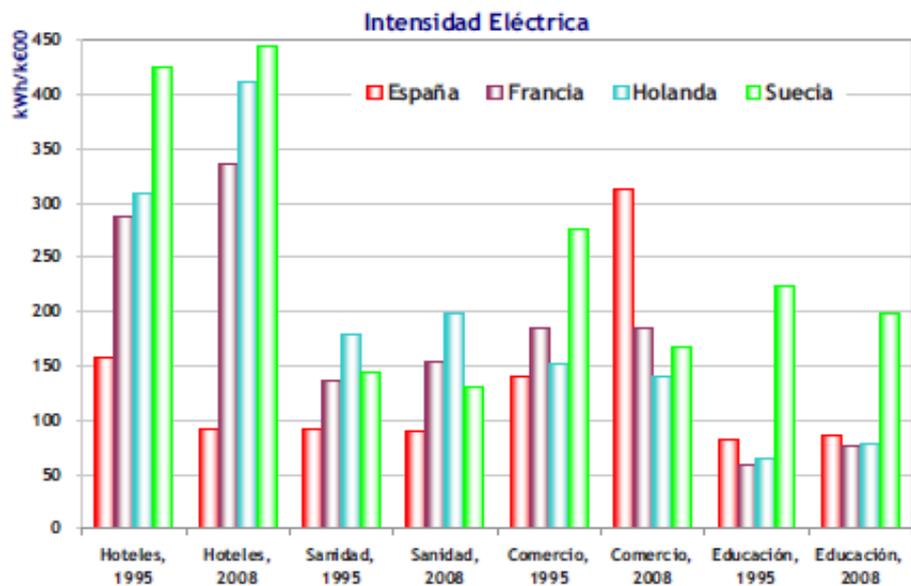


Figura 44. Comparación Europea de la intensidad energética en ramas del sector servicios

Fuente: Informe anual de indicadores energéticos del año 2009 del IDAE

Como datos más concretos, en el territorio catalán, podemos hablar de unos consumos promedio de energía para hospitales, en el año 2010 de 417,94kWh/año.m<sup>2</sup> y para los CAPS<sup>i</sup> de 224,51kWh/año m<sup>2</sup>. El promedio global de todos los centros asistenciales, considerando hospitales y centros de asistencia primaria, es de 305,50kWh/año m<sup>2</sup>, de los que 154,12 kWh/año m<sup>2</sup> son en forma de electricidad y 151,38 kWh/año m<sup>2</sup> en forma de gas natural.<sup>ii</sup>

En el caso concreto del Hospital San Joan de Reus, un hospital que ofrece muchos servicios, como hospital de día de oncología, UCI, urgencias, radioterapia, 10 quirófanos, más 300 habitaciones de hospitalización, además de servicios como auditorio, cafetería, almacén,...y un largo etcétera, desde su obertura en diciembre de 2010, ha generado los siguientes consumos de energía eléctrica:<sup>iii</sup>

-	Diciembre 2010	1.554.422 kWh
-	Enero 2011	1.636.727 kWh
-	Febrero 2011	1.570.426 kWh
-	Marzo 2011	1.695.703 kWh
-	Abril 2011	1.468.900 kWh
-	Mayo 2011	1.628.620 kWh
-	Junio 2011	1.729.724 kWh

Que equivale a un consumo medio de 57.653 kWh por día.

---

<sup>i</sup> Centros de Asistencia Primaria

<sup>ii</sup> Datos ofrecidos por la Divisió de Recursos Físics del Àrea de Patrimoni i Inversions del Servei Català de la Salut (CatSalut).

<sup>iii</sup> Datos ofrecidos por el servicio de mantenimiento del propio hospital.

## 5.3 ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO

### 5.3.1 CLASIFICACIÓN Y DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO USADAS EN HOSPITALES

Estudios a nivel nacional e internacional revelan que el uso de diversas estrategias de eficiencia energética puede suponer importantes ahorros económicos. Así por ejemplo, el diseño para aprovechar la iluminación natural, mejorar el rendimiento de la iluminación artificial, el uso de sistemas de iluminación eficientes y el correcto mantenimiento de los sistemas de iluminación puede aportar ahorros de más del 50% (Reed, 2009) (IDAE et al, 2001), el *National Health Service* (Servicio Público de Salud) de Inglaterra constata que se puede ventilar, total o parcialmente, el 70% de la superficie de un hospital por medios naturales, en lugar de los mecánicos, usados mayoritariamente, y la *American Society for Healthcare Engineering of the American Hospital Association* (ASHE) también da valores de ahorros de hasta un 30% si se implantan medidas de control que aseguren un correcto funcionamiento de los sistemas de calefacción y aire acondicionado.

Muchos hospitales llevan a cabo prácticas de acción para reducir el consumo de energía. Pero, el primer paso, es, sin duda, medir, para determinar los factores que influyen y controlan el consumo. La medición es un sistema de información: *'To reduce emissions you've got to manage them, and to manage them, you need to measure them'*, como dijo Manish Bapna, director del *World Resources Institute* de Washington<sup>i</sup>. Por ello, podemos considerar la instalación de instrumentos de medición, como la primera estrategia de ahorro. Para un hospital de tamaño medio,

---

<sup>i</sup> Manish Bapna, director del World Resources Institute de Washington (WRI por sus siglas en inglés). Un centro independiente que se dedica a la investigación de políticas y a la asistencia técnica en cuestiones ambientales y de desarrollo.

con alrededor de 350 camas, se requieren entre 80 y 100 medidores. Los resultados son recogidos mensualmente para conocer las cifras de consumo y de uso (kWh, m<sup>3</sup>, potencia calorífica en kW, horas de servicio, etc.) y controlar el gasto energético y económico de las diferentes áreas, unidades, edificios y secciones. (Löhr, 2009). Llegados a este punto, en que conocemos las principales fuentes de consumo, podemos examinar las posibilidades que existen de ahorro energético. Existen dos guías editadas en España, por la administración pública, que pueden servir como orientación para gestores y técnicos en el recorrido de eficiencia energética para los edificios hospitalarios:

- La guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales, publicada por la Consejería de Economía y Hacienda, en colaboración con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid y diversas empresas del sector energético y de servicios. (IDAE, 2007)
- La guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria, fruto del Convenio de Colaboración firmado entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI). (IDAE et al, 2001)

A groso modo, las acciones de ahorro energético las podemos sintetizar en: La sustitución de equipos, la gestión de instalaciones y en un mejor aprovechamiento energético (Morell, 2011).

Las estrategias de ahorro energético más comúnmente usadas en los edificios hospitalarios son:

- En cuanto al suministro de calor y frío: (Aguilar, 2004) (Sánchez, 2005) (Noé, 2006) (Isasi, 2007)
  - Es importante detectar los espacios con temperatura inadecuadas y observar a que son debidas.
  - Realizar una revisión periódica de los termostatos y temporizadores para asegurarse que la configuración es la correcta.
  - Diferenciar las zonas según las necesidades de clima, ya que no todas necesitan la misma temperatura ni están ocupadas las mismas horas, para programar climatización independiente y evitar derroches.
  - Una posibilidad es colocar sistemas de control inteligentes para anticipar los cambios de temperatura en función de las condiciones meteorológicas exteriores.
  - Hacer uso de una banda muerta o intervalo de temperaturas entre la temperatura por debajo de la cual se enciende el sistema de calefacción y la temperatura por encima de la cual funciona la refrigeración, ancha para evitar que ambas funcionen a la vez.
  - Se ha demostrado que dos tercios del calor generado en un hospital se pierden a través de las paredes y techos del edificio (el tercio restante se va por las puertas, ventanas y sistemas de ventilación), por lo que mejorar el aislamiento térmico, tanto en conductos de instalaciones como en los paramentos del propio edificio, reducirá de manera importante esas pérdidas energéticas. En el primer caso

evitaremos reducciones en la temperatura del fluido transportado, y por tanto ahorraremos energía, además de la formación de agua de condensación que puede deteriorar los conductos.

- El uso de sistemas de cogeneración ya que éstos, alimentados por combustibles como el gasoil, generan electricidad y calor simultáneamente.
  
- En cuanto a la ventilación: (Castro, 2008)
  - Al igual que en la producción de calor y frío, diferenciar las zonas sin necesidades especiales de ventilación, como las destinadas a oficinas, de las que requieren de una mayor tasa de renovación del aire, como quirófanos. Esto permitirá regular la potencia de los sistemas de ventilación, en el caso de usarse ventiladores de velocidad variable, según necesidades.
  
  - Hacer circular el aire de las zonas más limpias a las zonas que tienen más presencia de agentes infecciosos para un aprovechamiento máximo del mismo.
  
  - Aprovechar la ventilación natural siempre que sea posible. El uso de ventiladores de velocidad regulable permite complementar con ventilación forzada allí dónde la natural no es suficiente.
  
- En cuanto al suministro de iluminación artificial: (Forster, 2005) (Leyún, 2010)

Ésta puede superar el 20% de la energía usada en un hospital, o el 35% de la electricidad.

- Se pueden instalar lámparas de bajo consumo, como los fluorescentes trifósforo, o el uso de LEDs, unas de las lámparas más eficientes que existen a día de hoy.
  - Diseñar los circuitos eléctricos de manera que se puedan apagar luces innecesarias por su proximidad entradas de iluminación natural.
  - Instalar mecanismos automáticos de encendido/apagado de las luces mediante detectores de presencia y temporizadores.
  - No olvidar que la concienciación de los ocupantes del edificio es vital.
- En cuanto al uso de energías renovables: (Ledesma, 2004) (Sancho, 2006)

El uso de energías menos contaminantes o incluso la generación de su propia energía es otra medida que se está implantando en algunos centros hospitalarios españoles.

- Instalación de placas solares para calentar el ACS o como soporte a la calefacción (De obligado cumplimiento, según el Código Técnico de la Edificación, para hospitales de más de 100 camas, de nueva construcción). (Castellano, 2004)
- Instalación de placas solares fotovoltaicas.

- Instalaciones geotérmicas para aprovechar el diferencial de temperatura del terreno con el aire ambiente.

Ejemplos de ello son los hospitales onubenses, Juan Ramón Jiménez y Vázquez Díaz, que obtienen el 75% del agua caliente con energía solar, el programa Hospisol en Castilla y León que contempla la instalación, hasta 2011, de paneles solares térmicos en los 23 hospitales de la Comunidad o el Hospital de Mollet del Vallés por su instalación geotérmica con 140 pozos a casi 150 m de profundidad.

- En cuanto al papel del usuario:

Demostrada la importancia del consumo de energía, del hospital, durante su fase de uso, se evidencia que el papel del usuario, sobretodo en un edificio de tipo público, como es el caso que nos ocupa, es clave para llevar a cabo actuaciones de reducción de energía (Cuchí et al, 1999). Es importante educar al ocupante en su uso de las instalaciones hospitalarias. El Hospital General de Valencia, por ejemplo, es una de las muchas instituciones públicas, que ha optado por mostrar a la sociedad una completa información respecto del consumo energético de sus instalaciones.

- En cuanto al mantenimiento y control: (Benjumea, 1979) (Hueros, 2005) (García, 2007)

En Cataluña, la normativa obliga, para los edificios públicos con consumos superiores a los 200.000 kWh de energía final térmica y/o eléctrica a disponer de un gestor para la explotación de las instalaciones energéticas. El

gestor del edificio tiene como objetivo 'lograr, con el mínimo coste posible, la máxima seguridad para el personal y las instalaciones y el máximo respeto para el medio ambiente, la mayor disponibilidad de los ítems mantenidos en condiciones de funcionamiento adecuadas' (Corretger, 2008). Conviene resaltar la importancia de su papel, pues, pese a que el diseño y construcción de un edificio hospitalario sea inmejorable, si el mantenimiento de sus instalaciones es inadecuado, puede poner en peligro el confort y provocar costes imprevistos. Un mantenimiento regular permitirá detectar fugas, obstrucciones,...

### **5.3.2 HOSPITALES ACTUALES CUYO DISEÑO INCORPORA ESTRATEGIAS DE AHORRO ENERGÉTICO**

Se ha procedido a realizar un análisis particular de las estrategias utilizadas en una selección de proyectos arquitectónicos de hospitales, construidos recientemente, lo que permitirá valorar las técnicas más utilizadas actualmente, a la vez que establecer una comparativa entre los mismos. Los criterios para elegir estas obras han sido, en primer lugar, por su relevancia en el sector de la arquitectura hospitalaria sostenible del estado español y, en segundo, se han elegido aquellos los que ofrecían una mayor información y, a su vez, que ésta fuera fiable.

Las obras elegidas han sido:

- El servicio de urgencias del Hospital San Llorenç de Viladecans (1999)
- El Hospital de Mollet del Vallés (2003)
- El centro nacional de Alzheimer de Madrid (2007)
- El Hospital General San Joan de Reus (2010)

La información para cada centro sanitario se halla clasificada según un guión. Éste permite, no sólo conocer las estrategias que han sido utilizadas para ahorrar energía en cada edificio, si no tener una idea previa de las características del mismo en cuanto a ubicación, año de construcción o tamaño entre otros. Datos que se consideran fundamentales para el entendimiento del funcionamiento, a nivel energético, de cada centro hospitalario.

Obra: *Servicio de urgencias del Hospital de Sant Llorenç* (Editorial Pencil, 2007)



*Figura 45. Fotografías del servicio de urgencias del Hospital San Llorenç de Viladecans (1999).*

*Fuente: Extraído de Arquitectura Sostenible, 5 (2007).*

1 Técnicos:

Arquitectos: Miguel Palmero e Ingenieros: JG Ingenieros Consultores.

2 Año de construcción:

1999-2000

3 Emplazamiento

Viladecans, provincia de Barcelona.

4 Descripción volumétrica:

Volumen, a base de elementos prefabricados, que se dispone perpendicularmente al hospital existente, creando a la vez, una plaza de acceso.

5 Descripción programa funcional:

El espacio se divide en cuatro zonas:

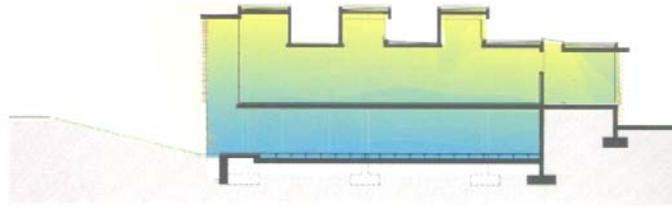
- Zona 1: Comprende los accesos, el vestíbulo, salas de espera y recepción.
- Zona 2: En ella se ubican los espacios de trabajo y revisión médica, como la sala de curas, exploraciones, enfermería,...
- Zona 3: En esta zona se ubican los laboratorios.
- Zona 4: Se destina como zona privada de los médicos.

6 Número de camas

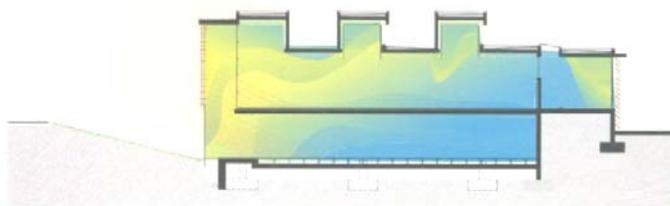
7 Estrategias de ahorro energético utilizadas la fase de uso:

- Suministro de calor y/o frío:
  - Instalación de superficies acristaladas a modo de colector térmico.

- Instalación de quemadores modulados.
- Climatizadores free-cooling.
- Variadores de velocidad en los ventiladores.
  
- Ventilación:
  - Ventilación natural como apoyo a los sistemas activos de climatización, aprovechando la situación de los vientos.
  
- Suministro de iluminación natural y/o artificial:
  - Uso de iluminación natural mediante oberturas laterales y cenitales.
  - Usos de luminarias de bajo consumo.
  - Usos de variadores de potencia por zonas.
  - Uso de superficies acristaladas tintadas y lamas de madera para protegerse de la radiación solar.
  - Aislamiento térmico.
  
- Mantenimiento y control:
  - Control energético individual por dependencias.
  
- Otros:
  - Uso de elementos prefabricados para reducir residuos.
  - Instalación de sistemas de reducción de consumo de agua: Grifos con dispositivo de reducción de caudal, inodoros con sistema de bajo volumen y recogida de agua de lluvia.
  - Reducción de la contaminación acústica a base de cristales especiales y materiales fonoabsorbentes.



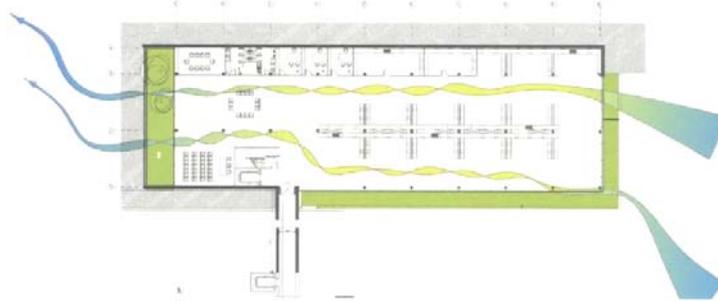
Análisis Temperatura del Aire: Solsticio de Verano



Análisis Temperatura del Aire: Solsticio de invierno



Flujos de Viento: Planta de Acceso



Flujos de Viento: Planta Bajo Rasante

*Figura 46. Estudios de ahorro energético mediante sistemas pasivos en la ampliación del Hospital San Llorenç de Viladecans (1999)*

*Fuente: Extraído de Arquitectura Sostenible, 5 (2007).*

Obra: *Hospital de Mollet del Vallés*. (Castella, 2010)



*Figura 47. Fotografías y maqueta del Hospital de Mollet del Vallés (2003)*

*Fuente: Extraído de [www.coreamoran.com](http://www.coreamoran.com)*

1. Técnicos:

Arquitectos: Corea-Moran Arquitectura e Ingenieros: Enginya, S.L.

2. Año de construcción:

En 2003 se acabaron las obras de construcción.

3. Emplazamiento:

El hospital se halla ubicado en Mollet del Vallés (Barcelona).

4. Superficie construida:

La superficie construida es de 26.000 m<sup>2</sup>.

5. Descripción volumétrica:

Se trata de un edificio totalmente adaptado a su entorno, dónde se aprovecha la pendiente del terreno para minimizar el impacto paisajístico. Éste, desarrollado en sentido horizontal, con una altura de tres plantas, está perforado por cuatro patios de luz, ajardinados, para facilitar la penetración de luz natural y ventilación a las estancias, a la vez que las dota de agradables vistas. El acceso se realiza desde una plaza pública, situada delante del edificio. La distribución interior ha sido planteada de manera que se eviten los cruces entre los diferentes usuarios: pacientes, visitantes y personal sanitario y se facilite el control de la higiene. Además, su estructura, diseñada mediante la repetición de módulos de 16m x 60m, garantiza flexibilidad para organizar los programas funcionales y adaptabilidad a futuras ampliaciones o modificaciones y avances tecnológicos.

6. Descripción programa funcional:

Se organiza en cuatro plantas. En horizontal, se plantea el programa de los espacios más generales a los más especializados y en vertical de los más públicos a los más restringidos. Así, según las plantas se disponen:

- En la planta primera las unidades de internación, 88 habitaciones y 160 camas.
- Las plantas técnicas de instalaciones (intersticiales) entre la planta baja y la planta primera de 2.60 m, dónde se instalan las máquinas de aire acondicionado del edificio. Esta solución permite reducir los recorridos de las instalaciones, a la vez que libera a la cubierta de la ubicación de maquinaria, mejorando el impacto visual.
- En la planta baja las unidades de tratamiento ambulatorio y un atrio, de gran altura, que comunica visualmente todas las plantas.
- En la planta -1 el área de tratamiento intensivo.
- En la planta -2 los servicios de suministros, logística e instalaciones.

7. Número de camas:

El Hospital dispone de un total de 160 camas de internación

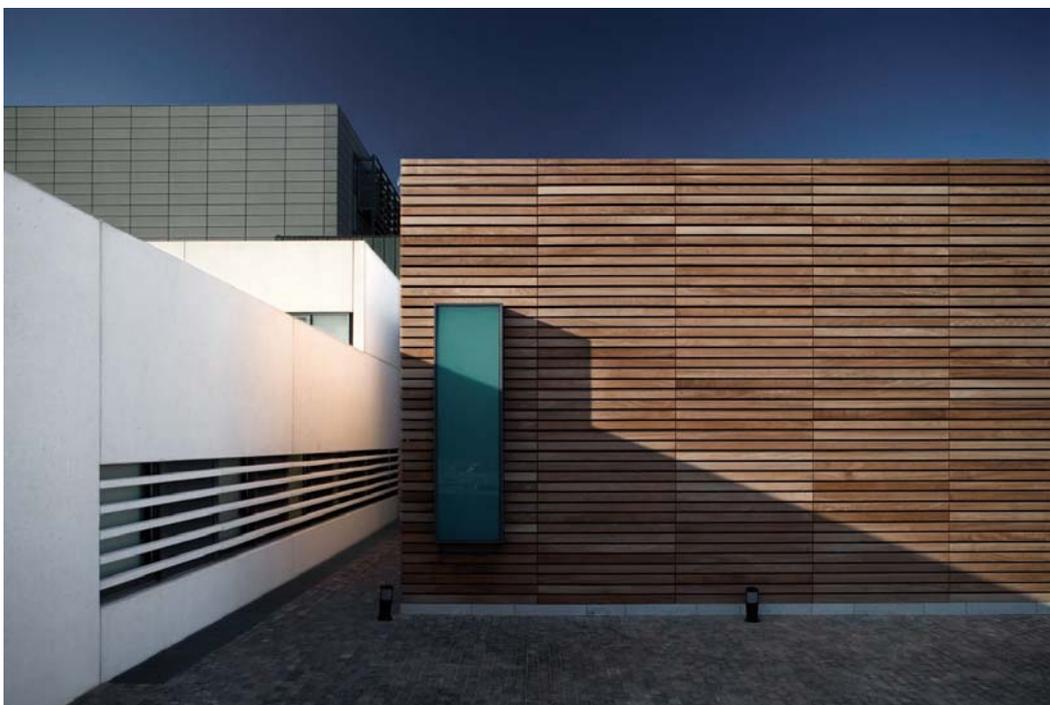
8. Estrategias de ahorro energético utilizadas en la fase de uso:

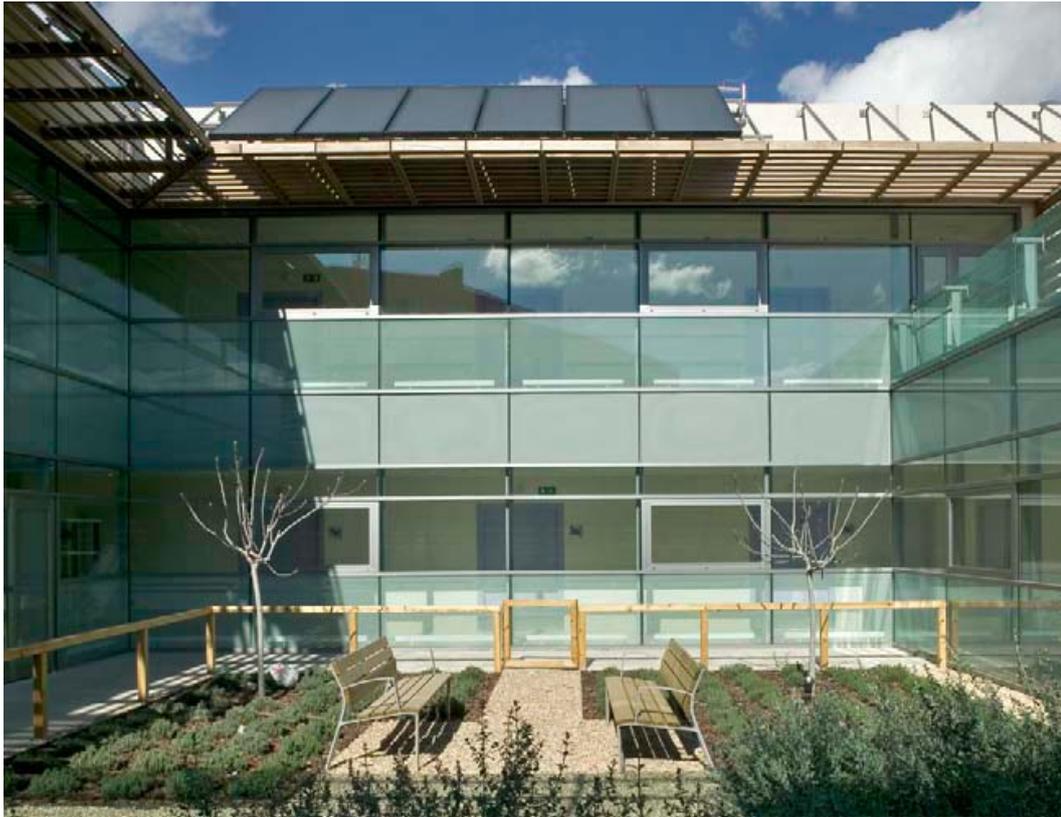
- Suministro de calor y/o frío:
  - Techos radiantes
  - Incremento de inercia térmica y aislamiento: Se propone una cubierta ajardinada que permite reducir altamente el coeficiente de transmitancia térmica y el nivel acústico, reduciendo el ruido aéreo y de impacto, a la vez que facilita la integración del edificio con el paisaje.

- Climatización geotérmica, evitando los problemas de legionela derivados de las torres de refrigeración.
- Placas solares fotovoltaicas
- Fachadas ventiladas
- El uso de vidrios especiales reflectantes, de muy baja conductividad térmica y alto nivel de aislamiento acústico.
- Carpinterías de aluminio con rotura de puente térmico.
- Elementos de control solar
- Producción de energía térmica mediante bombas de calor.
- Alto rendimiento de equipos
  
- Ventilación:
  - El uso de ventilación natural y aire exterior
  
- Suministro de iluminación natural y/o artificial:
  - El aprovechamiento de luz natural
  - Luminarias con sistema de regulación de luz incorporado para ahorrar energía
  
- Uso de energías renovables:
  - Energía geotérmica
  - Energía fotovoltaica
  
- Mantenimiento y control:
  - Sistemas de gestión térmica del edificio
  
- Otros:
  - Reutilización de aguas pluviales

La bioclimatización es una importante estrategia de ahorro de energía, por ello, aunque no se trata propiamente de un hospital, este centro sanitario posee, desde su diseño, una voluntad sostenible que lo ha convertido en un referente como complejo bioclimático para ahorrar energía, motivo por el cual se ha decidido considerarlo en la presente selección.

Obra: *Centro nacional de Alzheimer* (On Diseño, 2007) (Perfil, 2007)





*Figura 48. Fotografías del Centro Nacional de Alzheimer de Madrid (200)*  
*Fuente: Extraído de Perfil, monográfico de arquitectura hospitalaria, 40 (2007)*

1. Técnicos:

Arquitectos: Estudio Lamela arquitectos e Ingenieros: ENAR.

2. Año de construcción:

El edificio se dio por finalizado en 2007.

3. Emplazamiento:

Este centro se encuentra situado en Madrid.

4. Superficie construida:

La superficie construida es de más de 14.000 m<sup>2</sup>

5. Descripción volumétrica:

El edificio consta de un gran número de volúmenes bajos unidos por un eje dorsal, que hace de nexo entre la zona pública y la residencial, donde se resuelven los desniveles mediante una gran rampa.

6. Descripción programa funcional:

La estructura del complejo se divide en cuatro ámbitos: La residencia para 162 personas, el centro de día, el centro de investigación y el de formación para personal sanitario.

7. Número de camas:

El Edificio se proyecta para 156 pacientes.

8. Estrategias de ahorro energético utilizadas en la fase de uso:

- Suministro de calor y/o frío:
  - Elección responsable de los materiales que constituyen los cerramientos del edificio. Ésta es una de las claves de la estrategia medioambiental utilizada por los arquitectos.
  - Usos de elementos de protección y captación solar: Para las fachadas orientadas a sureste y suroeste se han diseñado grandes superficies acristaladas con la finalidad de aumentar la captación solar en invierno. En esta época, al incidir el sol muy horizontal, la ventana capta casi un 90% de la radiación solar, reduciéndose así el consumo en calefacción e iluminación. En verano, en cambio, la incidencia solar se reduce pues es muy

vertical, y la ventana únicamente capta un 29%. Al ser menor la radiación solar para las fachadas orientadas a noreste y noroeste se ha proyectado una superficie de vidrio menor y se han protegido menos del sol.

- Uso de placas fotovoltaicas en una fachada del Centro de Investigación que a su vez actúa de protección solar.
  - Situación de todas las unidades de convivencia alrededor de unos patios cerrados con muro cortina para aprovechar los beneficios del sol.
  - Uso de carpinterías especiales en las grandes oberturas de las fachadas exteriores para garantizar el máximo espacio acristalado.
- 
- Ventilación:
    - Uso de la ventilación natural.
  - Suministro de iluminación natural y/o artificial:
    - Usos de la iluminación natural siempre que sea posible.
  - Uso de energías renovables:
    - Captación solar

Obra: *Hospital General de San Joan de Reus* (Pich-Aguilera, 2008) (Pich-Aguilera, 2009) (Pich-Aguilera, 2010) (On Diseño, 2011)



*Figura 49. Fotografía y maqueta del Hospital San Joan de Reus (2006)*

*Fuente: Extraído de [www.reus.cat](http://www.reus.cat)*

1. Técnicos:

Arquitectos: Pich-Aguilera Arquitectos y Corea-Moran Arquitectura e Ingenieros: Enginya, S.L y PGI Enginyeria.

2. Año de construcción:

Empezado en 2007, las obras se finalizaron en 2010.

3. Emplazamiento:

El proyecto se halla ubicado en la ciudad de Reus, en la provincia de Tarragona.

4. Superficie construida:

El total de la superficie construida es de 83.000 m<sup>2</sup>.

5. Descripción volumétrica:

El hospital se plantea como una gran nave horizontal de tres plantas calada por patios, sobre la cual flotan seis volúmenes de internación de dos plantas.

6. Descripción programa funcional:

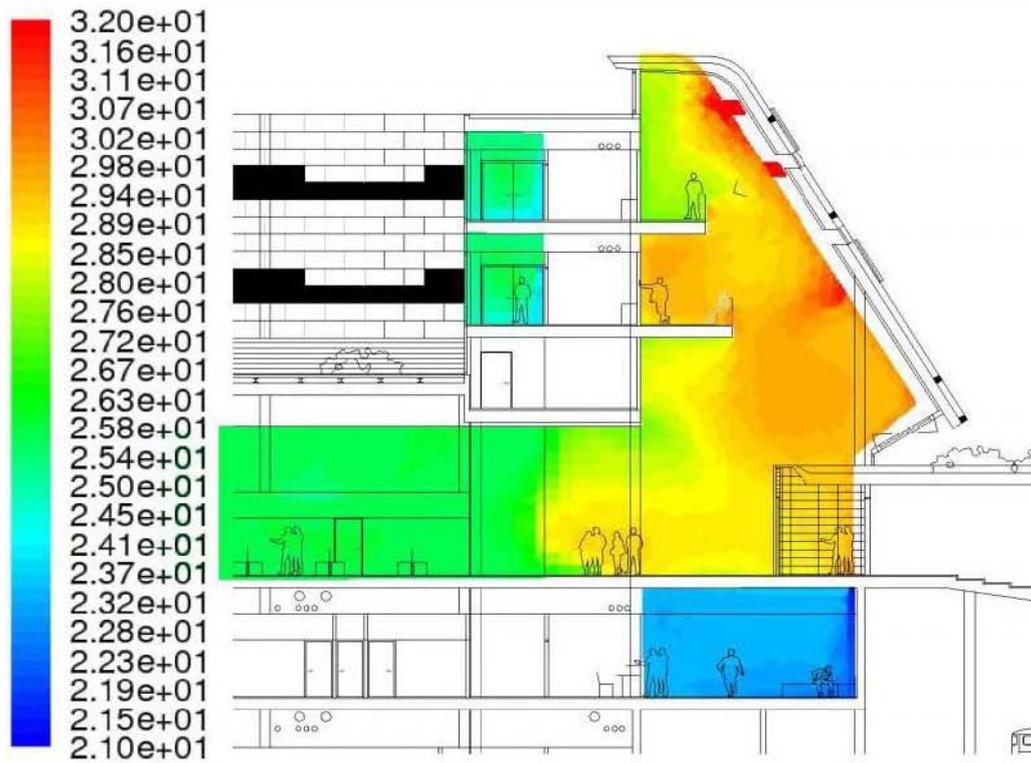
El hospital dispone de 4 bunkers de radioterapia y radiofísica, 10 quirófanos, 2 quirófanos sépticos, y un total de 93 consultas externas.

7. Número de camas:

El número de camas en este hospital es de 250 camas de internación y 150 de sociosanitario.

8. Estrategias de ahorro energético utilizadas en la fase de uso:

- Suministro de calor y/o frío:
  - Cogeneración externalizada: Aprovechamiento del calor para ACS, calefacción y deshumidificación mediante desecación.
  - Techo radiante
  - Uso de bombas de calor
  - Placas solares fotovoltaicas
  - Fachada ventilada
  - Usos de sistemas naturales pasivos: Orientación,..
  - Cubierta ajardinada
  
- Ventilación:
  - Usos de sistemas naturales pasivos
  
- Suministro de iluminación natural y/o artificial:
  - Usos de sistemas naturales pasivos
  
- Uso de energías renovables:
  - Cogeneración
  - Energía fotovoltaica
  
- Mantenimiento y control:
  - Tecnología de gestión energética
  
- Otros:
  - Uso de agua de nivel freático en la fase de construcción y con previsión para usos futuros.



*Figura 50. Estudio de la distribución de la temperatura. Sección transversal por las salas de espera de planta baja del Hospital San Joan de Reus (2006)*

*Fuente: Documentación cedida por el despacho de arquitectura Pich-Aguilera*

## 5.4 COMENTARIOS GENERALES

El área geográfica dónde se sitúa el hospital es determinante en lo que a sus necesidades energéticas, para conseguir un confort interior, se refiere. El estudio *Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals*, realizado en 1997, pone de manifiesto diferencias entre consumos de hospitales, debidas a su país de ubicación: Por ejemplo el consumo de energía eléctrica por cama en Italia correspondía a 5,1 MW/h y a 28,1 MW/h, en Australia. En Suiza, este consumo por metro cuadrado se encontraba sobre los 61 kW/h y en Canadá sobre los 119 kW/h. Sin embargo, estas disparidades se explican no sólo por las diferencias climáticas, si no también por el tipo de edificación, su diseño, el precio de la energía, etc. (Zapico, 2010). En nuestro país, evidentemente, un hospital de la costa andaluza tiene una demanda energética totalmente diferente a uno situado en la ciudad de Salamanca. Dentro de una misma área geográfica también se ha demostrado que la propia ubicación del hospital en un solar es determinante. Su posible capacidad para aprovechar o defenderse de los fenómenos ambientales exteriores le conferirá mayor o menor ahorro energético y, por lo tanto, económico.

Al analizar los hospitales desde el punto de vista de su programa de necesidades se observa su repercusión sobre el consumo energético del mismo, además ello nos lleva a hacer la siguiente distinción en relación al consumo energético en los hospitales, desde el punto de vista de la eficiencia de los edificios:

- El consumo energético necesario para conseguir el confort ambiental relacionado con la arquitectura, como la calefacción y/o refrigeración, la ventilación y la iluminación.
- El consumo debido al uso de aparatos empleados en las actividades hospitalarias ajenas a los servicios ambientales propios de la arquitectura, como, por ejemplo, la energía usada para el correcto funcionamiento de material médico.

Mientras que la eficiencia arquitectónica es capital para el primer tipo de consumo, en el segundo tipo las instalaciones energéticas del edificio son el único recurso para incidir sobre un consumo independiente de la arquitectura.

Un ejemplo son las necesidades en el Hospital Universitario de Juan XXIII que dispone de un servicio de UVI neonatal, que requiere de un equipamiento específico, muy diferentes a un hospital especializado en otro tipo de servicios como traumatología,...que son altamente intensivas en cuanto a consumo de energía., y, como se ha mencionado, no todos los hospitales disponen de los mismos servicios. Por ello es importante diferenciar los distintos tipos de hospital según sus servicios ofrecidos. Además también debemos tener en cuenta peculiaridades como su tamaño, capacidad de camas...

Las instalaciones vuelven a remarcar las diferencias entre estos edificios: El tipo de fuente energética utilizada para el funcionamiento de sus sistemas, el uso o no de estrategias energéticas para reducir consumo y cuáles son...

En cuanto a las normativas ya hemos observado cuan cambiantes pueden ser según la etapa de construcción o el país, o incluso comunidad autónoma, en que se ha realizado el proyecto. Todo ello supone exigencias muy dispares y por lo tanto edificios difícilmente comparables respecto de su consumo.

Fuera de considerar sólo el consumo energético en la fase de uso, la manera como se ha construido el hospital, los materiales utilizados, si eran reutilizados, su procedencia,...también son factores determinantes en cuanto a consumo.

## **6. EXPOSICIÓN PARTE III. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3**

## **6. EXPOSICIÓN PARTE III. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3**

*Recorrido energético: La eficiencia energética en hospitales según su consumo energético óptimo.*

Índice del capítulo:

### **6.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL**

- 6.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR HOSPITALARIO
- 6.1.2 NORMATIVAS ENERGÉTICAS
- 6.1.3 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN HOSPITALES
- 6.1.4 GESTIÓN ENERGÉTICA EN HOSPITALES

### **6.2 EL CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO DE UN HOSPITAL**

- 6.2.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO 'CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO'
- 6.2.2 CRITERIOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SECTOR EDIFICATORIO HOSPITALARIO
- 6.2.3 INDICACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SECTOR EDIFICATORIO HOSPITALARIO
- 6.2.4 ESTUDIOS DE OTROS CASOS SIMILARES. 'ESTADO DEL ARTE', ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS Y VALORACIÓN DE SU APLICABILIDAD

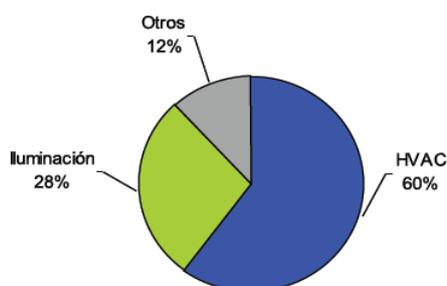
### **6.3 COMENTARIOS GENERALES**

En este apartado se pretende analizar el edificio hospitalario desde el punto de vista de su consumo de energía, iniciado con una introducción para ofrecer una visión general de la situación energética actual en relación al ámbito de la edificación, y concretamente al sector hospitalario. A continuación, se hace referencia a las normativas energéticas existentes a día de hoy y se habla de las certificaciones energéticas como medio de ajuste del consumo en los hospitales. Llegados a este punto se aborda el objetivo del presente estudio, la indagación sobre como determinar el valor del consumo energético óptimo para considerar que un hospital es energéticamente eficiente. Para ello, en el posterior 'Estado del arte', se lleva a cabo una recopilación de estudios, de los que se realiza un seguimiento, que ayudan o conducen a la obtención de dicho valor, puesto que en la presente tesis no se han hallado investigaciones que lo hayan concretado. A partir de realizar una clasificación de toda la información obtenida, se procede al análisis de las metodologías empleadas en cada estudio, que es el paso previo a la valoración de las mismas respecto de su posible aplicabilidad en el campo hospitalario. En último lugar se redactan las conclusiones, en relación a la posibilidad de aplicar las metodologías halladas al caso que nos ocupa, los hospitales.

## 6. EXPOSICIÓN PARTE III. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN 3

### 6.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

Es evidente que el sector de la edificación ha supuesto un importante desarrollo económico para España. Según los censos elaborados por el Instituto de Nacional de Estadística y las licencias de obra censadas por los Ministerios de Fomento y Vivienda, en menos de veinte años, este sector ha construido una tercera parte de los metros cuadrados edificadas actualmente en España (Cuchí, 2010). Algunas de sus consecuencias han sido el alto consumo de recursos energéticos y la no menos importante producción de residuos. Es preocupante que aproximadamente el 40% de la energía consumida en la Unión Europea está ligada a la construcción y uso de los edificios, como demostró La Comunidad Europea, en Enero 2003, publicando la Directiva 91 sobre la Eficiencia Energética en la Edificación alarmada por las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por un aumento imparable de consumo de energía en este sector. El Sector Edificación comprende los servicios que tienen un mayor peso sobre el consumo energético de los edificios: las instalaciones térmicas (calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria) y las instalaciones de iluminación interior; tanto del sector doméstico como del terciario. El consumo de energía final de este sector representa el 17% del consumo de energía final nacional, correspondiendo un 10% al sector doméstico y un 7% al sector terciario, con una tasa de crecimiento del 5% anual, según los datos del IDAE (ver Plan de Acción 2008-2012, de Julio 2007).



*Figura 51: Reparto de consumos en el sector terciario*

*Fuente: Plan de Acción 2008-2012 del IDAE*

En el Libro de la Energía de 2009 del Ministerio de Industria se observa que el 28% de la energía final consumida corresponde al sector residencial, comercio y servicios.

Sector	Consumo [ktep]	Peso sobre el total [%]
Industria	29.962	30,37%
Transporte	39.617	40,16%
Servicios	9.211	9,34%
Agricultura	3.382	3,43%
Residencial	16.471	16,70%
Total	98.643	100%

*Tabla 10: Distribución del consumo de energía final por sectores en 2008*

*Fuente: IDAE*

### **6.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR HOSPITALARIO**

Incluidos en los considerados servicios del sector edificación, podemos hablar de los edificios sanitarios como unos de los más intensivos en consumo de energía y recursos en España. Este consumo, que va en aumento, representa un incremento significativo de costes, por lo que el control y la reducción de este gasto resultan indispensables. Por un lado se trata de edificios en su mayoría de titularidad pública, pues prácticamente el 70% lo son, y de un sector en crecimiento, por lo resulta de gran importancia actuar lo más pronto posible. (Urruty, 2008) Además, su arquitectura en muchos casos les otorga una singularidad urbana y un carácter de edificio referencial que hacen del hospital una tipología ejemplar, por lo que sus planteamientos energéticos deberían transmitir mensajes de sostenibilidad y fomentar nuevos hábitos de comportamiento a la ciudadanía. Por último, cabe destacar el hecho de que los hospitales tienen un alto potencial de ahorro energético, con muchas posibilidades de mejora y optimización, muchas veces posible con inversiones relativamente modestas en términos comparativos (Pich-Aguilera, 2009).

El uso de sistemas pasivos, no como alternativa, pero si como complemento de los sistemas activos, es fundamental para conseguir una arquitectura que siga los criterios de eficiencia energética que demanda nuestra sociedad, consciente de la limitación de recursos y de los problemas medioambientales actuales. El diseño arquitectónico del edificio puede aprovechar las posibilidades de interacción entre el edificio y su entorno y evitar así que las condiciones de habitabilidad y confort se conviertan en un problema de máquinas, de alto consumo energético. Un diseño inadecuado del edificio hospitalario es uno de los elementos que más contribuye a su alto consumo energético, dado que la mayor parte del consumo energético de un hospital proviene de la calefacción-refrigeración, ventilación e iluminación y aquellas construcciones que no consideran la ubicación del hospital derivan en consumos de calefacción o ventilación muy elevados. Mejorar el aislamiento de los cerramientos adaptándolo a las condiciones climáticas del lugar y aprovechar la ventilación y la iluminación natural y los sistemas de climatización pasiva son factores que puede reducir notablemente el consumo de energía (Tucci, 2000) (Túnica, 2007). En definitiva, racionalizar el gasto energético resulta muy necesario y más aún si se considera que el ahorro que consiga puede invertirse en un mayor presupuesto para atender a los pacientes. (Burnay, 2004)

Diversos estudios y comparativas internacionales demuestran que los hospitales están entre los edificios más intensivos energéticamente:

- Dos estudios canadienses muestran a los hospitales como edificios, del sector comercial o institucional, con un mayor consumo de energía por unidad de superficie construida, con un consumo de 2.60 GJ/m<sup>2</sup>. (Hancock, 2001) (*Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency*, 2005)

- Otro estudio realizado en Grecia, sitúa a los hospitales como los segundos consumidores en cuanto a energía térmica por m<sup>2</sup>, por detrás de los hoteles pero por delante de otras tipologías edificatorias como escuelas, hospitales y edificios comerciales y de oficinas también constata éstos son, de entre todos los edificios mencionados, los mayores consumidores de energía térmica, para calefacción o refrigeración. (Gaglia, 2007)
- En Alemania, se supone un consumo energético por cama de hospital equivalente al triple de una casa unifamiliar de nueva construcción.
- En Estados Unidos los hospitales son, por detrás de los edificios destinados a restaurantes, los segundos edificios más consumidores de energía. Se estima que su consumo es del 9% del conjunto de los edificios comerciales. (Pérez-Lombard, 2008). Los hospitales de EEUU, gastaron en 2001, sólo en electricidad 3.000M USD<sup>i</sup> En 2009, el gasto de energía para el sector salud fue de 8.500 USD<sup>ii</sup>.
- España los hospitales consumen el 11% de la energía demandada por todo el conjunto de edificios destinados a oficinas, comercios, escuelas, hoteles y restaurantes, instalaciones de ocio, y resto de edificios considerados comerciales y en el Reino Unido ese porcentaje es del 6%.
- En *New South Wales* (Australia) los edificios públicos destinados a la salud son responsables de más de la mitad del consumo total del conjunto de edificios de titularidad pública.

### **6.1.2 NORMATIVAS ENERGÉTICAS**

---

<sup>i</sup> Según datos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

<sup>ii</sup> Según el programa Energystar del gobierno de los Estados Unidos.

Se puede decir, que la primera crisis energética con consecuencias a nivel mundial data del 1973. El encarecimiento del petróleo conllevó a que empresas y particulares tuvieran una mayor conciencia energética. La energía dejó de ser un recurso ilimitado, barato y siempre disponible y se empezó a concebir la idea de un edificio que no derrochara energía. Antes, muchos edificios construidos eran altamente ineficientes energéticamente. Se habían sustituido protecciones solares y sistemas pasivos de calefacción por sistemas eléctricos de calefacción y refrigeración, de alto consumo eléctrico y muchas veces sin posibilidad de regulación, haciendo que los habitantes debieran abrir las ventanas en invierno para regular la temperatura de confort. Más adelante y con la finalidad de buscar una solución al problema de las fuentes de energía, se organizan dos importantes protocolos internacionales para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por nuestras actividades, el de Kioto, en 1997 y el de Bali, en 2007, ambos dentro del Convenio del Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático y el protocolo de Montreal, de 1987 y el programa 21 de la ONU de 1989, enfocados hacia la sostenibilidad, las energías renovables y protección y conservación de los recursos de los que disponemos. (Giménez, 2011). El Protocolo de Kioto (Japón), de diciembre de 1997, es uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a luchar contra el cambio climático. Contiene los compromisos asumidos por los países industrializados de reducir sus emisiones de algunos gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global. Entre 2008-2012 éstas deben reducirse al menos en un 5% respecto a los niveles de 1990. En diciembre de 2007 nace el Protocolo de Bali (Indonesia), con el fin de sustituir al de Kioto cuando éste expire en 2012. Para el mismo se reunieron representantes de 190 países. Por otro lado, el Protocolo de Montreal, de diciembre de 1987, y el programa 21 de la ONU (Organización de Naciones Unidas), iniciado en diciembre de 1989, son un tratado enfocado hacia la reducción de producción y consumo mundial de sustancias responsables del

deterioramiento de la capa de ozono en el que se propone el desarrollo de las energías renovables, disminuir los impactos sobre la salud y el medio ambiente de la producción y consumo de energía y el fomento de una educación hacia el desarrollo sostenible, del que se han ido realizando revisiones hasta 1999 y un plan de acción de las Naciones Unidas (ONU) nacido para promover el desarrollo sostenible que trata cuestiones del planeta como la conservación y gestión de recursos para el desarrollo, respectivamente.

Centrándonos en el panorama europeo, la Unión Europea, ha dejado patente la necesidad y el interés de reducir el consumo en el sector de la edificación en la Directiva 93/76/CEE, el Libro Verde ('Hacia una estrategia para la seguridad de suministro energético para la Unión Europea', 2001) y la Directiva 2002/91/CE (Derogada actualmente por la nueva Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010). El objetivo de ésta última es el de establecer exigencias energéticas en la edificación. Para adaptarse a esta normativa, España dispone los siguientes documentos, de cumplimiento obligatorio:

- CTE (Código Técnico de la Edificación): Implica el cumplimiento, en la mayoría de edificaciones, de unos requerimientos básicos en cuanto a limitación de la demanda, instalaciones térmicas y de iluminación y uso de energía solar, de baja temperatura, y fotovoltaica. Su aplicación es obligatoria tanto para edificios de nueva construcción como para rehabilitaciones que supongan más de un 50%.
- RITE (Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios): Este reglamento, relativo a las instalaciones térmicas en los edificios, implica la revisión periódica y obligada de calderas y sistemas de aire acondicionado.

- Real Decreto 47/2007 de Certificación energética en los edificios: Se trata de un procedimiento básico para poner en conocimiento a compradores y usuarios del nivel de eficiencia energética del edificio. Su finalidad es favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

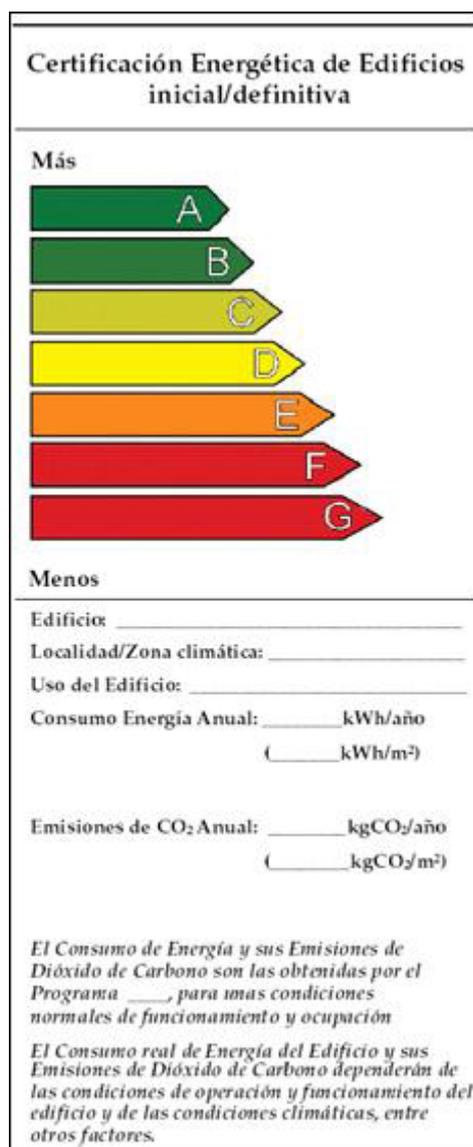


Figura 52. Etiqueta de eficiencia energética de edificios en España.

Fuente. Dalkia

Adicionalmente, la norma UNE 216301 ‘Sistemas de Gestión Energética. Requisitos’ permite identificar, valorar, planificar y controlar

el consumo energético de empresas y administraciones a lo largo de su ciclo productivo.

### **6.1.3 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA EN HOSPITALES**

Existen también sistemas de evaluación y certificación medioambiental, de carácter nacional e internacional algunos de los cuales son de carácter voluntario y otros de carácter normativo y que ayudan a establecer estrategias de mejora en los edificios, los cuales reciben una valoración objetiva por parte de terceros, quedando reconocido el compromiso del promotor por la construcción de edificios sostenibles que implanten medidas de ahorro energético y de respeto al medio ambiente. (Túnica, 2009) (Hernández, 2008)

La certificación energética en España, de carácter normativo, originada por el Real Decreto 47/2007 de Certificación energética en los edificios, en vigor desde 2007 y que afecta a todos los edificios de nueva construcción o amplia rehabilitación, tiene como objetivo reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo energético en el sector de la edificación, es un proceso que permite obtener una calificación energética del edificio y de sus instalaciones. Según este decreto todos los edificios de titularidad pública o privada que presten servicios públicos a un número importante de personas y que, por consiguiente, sean frecuentados habitualmente por ellas, con una superficie útil total superior a 1.000 m<sup>2</sup>, exhibirán de forma obligatoria, en lugar destacado y claramente visible por el público, la etiqueta de eficiencia energética. Se incluyen expresamente los edificios de uso sanitario, en concreto con un máximo de 6 años para todos los hospitales. Mediante las herramientas informáticas Líder y Calener, promovidas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y por el Ministerio de Vivienda, se puede calcular la demanda energética del edificio y establecer la categoría energética del mismo, respectivamente. Para realizar el cálculo, de la calificación de un hospital, se hace en base a un método

que compara el edificio a certificar con uno de referencia, que cumple determinadas condiciones normativas, y evalúa si éste tiene igual o superior eficiencia energética. Para su cómputo se consideran unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación del edificio y se calcula el consumo de energía final, hora a hora, mediante la obtención de la demanda horaria y del rendimiento medio horario de los sistemas que cubren las necesidades. En función de los resultados obtenidos cada hospital dispondrá de una etiqueta de eficiencia energética, dónde en una escala de siete letras, se considera la letra A para designar al edificio más eficiente y la letra G para el menos eficiente, siendo C, el índice de calificación de eficiencia energética de este tipo de edificios, cociente entre las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio a certificar y las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio de referencia. (Camino, 2004) (García 2004) (Manzanera, 2004)

Calificación de eficiencia energética del hospital	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C > 0,40$
B	$0,40 \leq C < 0,65$
C	$0,65 \leq C < 1,00$
D	$1,00 \leq C < 1,3$
E	$1,3 \leq C < 1,6$
F	$1,6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

*Tabla 11. Tabla de clasificación energética de los hospitales en España.*

*Fuente: <http://www.hospitecnia.com/Fotos/0204640.pdf>*

En cuanto a los sistemas de acreditación voluntaria, los más reconocidos son *Leed*, *Bream*, *Passiv Haus* y *Minergie*, estos dos últimos más centrados en aspectos de ahorro energético. Solicitar estas certificaciones de carácter no obligatorio, tiene sentido en un hospital, ya que conlleva un menor consumo energético y de agua, un mayor ahorro económico y ofrece una imagen de responsabilidad social prácticamente obligatoria en este tipo de instituciones.

A continuación se hará una breve descripción de los sistemas de acreditación voluntaria mencionados:

- *Sistema de acreditación Leed*

En el caso del método de certificación ambiental LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design, US Green Building Council*), que es un sistema de indicadores promovido por promotores, constructores y el Departamento de Energía de los EEUU, además de ser el más extendido de los certificados de acreditación de sostenibilidad de edificios. Entre los sistemas internacionales de certificación medioambiental, éste permite evaluar la eficiencia del edificio y cumplir los fines de sostenibilidad, tanto en la fase de proyecto de arquitectura e instalaciones técnicas, como en la fase de construcción, puesta en marcha y uso de la edificación. Aunque es un sistema aplicado en EEUU, principalmente, se está extendiendo a muchos otros países y gran número de hospitales se han adherido a sus criterios, los cuales se aplican en seis áreas temáticas diferentes que se indican a continuación. Plantea un edificio que debe cumplir con las siguientes características: (Cuchí et al, 2003)

- Debe estar construido sobre un terreno marginal, sin valor ecológico, y muy probablemente sobre una edificación existente.
- No debe consumir energía fósil y la eficiencia energética le debe permitir autoabastecerse energéticamente mediante el uso de energía solar.
- El sistema de transporte que conduce a sus ocupantes hasta el mismo no debe utilizar combustibles fósiles. Se considera esencial la reducción de la necesidad de usar el

automóvil mediante la implantación de medidas que promuevan el uso de transporte público o alternativo (bicicletas, vehículos híbridos, vehículos compartidos).

- Debe captar el agua que usa, reciclarla y devolverla al ciclo natural depurada; y nunca interferir en el agua que circula fuera de sus límites. Este apartado implica utilizar instalaciones eficientes de riego y saneamiento, utilizar vegetación autóctona o de baja necesidad de riego e implantar tecnologías de recuperación de aguas pluviales y grises.
- Los materiales deben ser 100% reciclados o renovables, de origen local y no han de producir ningún tipo de emisiones en el proceso de transformación y puesta en obra. De hecho, lo más probable es que no sea un edificio de nueva construcción, sino la rehabilitación de uno ya existente, con el máximo aprovechamiento de sus subsistemas.
- Aportar una calidad ambiental interior óptima, permitiendo unas demandas de confort adaptadas a los usuarios y con la eficiencia continuamente controlada lo que conllevará a una reducción en los impactos económicos y medioambientales. Se trata de fomentar la iluminación y ventilación natural además de mantener una buena calidad del aire interior, eliminar, reducir y gestionar fuentes de contaminantes interiores, asegurando el confort térmico y la capacidad de control de los sistemas.

Sobre este modelo podríamos deducir, con algunos matices, modelos de edificación hospitalaria sostenible.

- *Sistema de acreditación Breeam*

Está desarrollado en el Reino Unido por el organismo *Bre*, un centro de investigación sin ánimo de lucro. Actualmente, es el líder mundial como sistema de evaluación ambiental de edificios en cuanto a número de edificios certificados, con más de 200.000 certificados emitidos según datos de la *Bre*. *Breeam* evalúa los edificios según un sistema de créditos agrupados en diferentes categorías:

- Gestión,
- Salud & bienestar
- Energía
- Transporte
- Agua
- Materiales
- Residuos
- Uso del suelo y ecología del lugar
- Contaminación

Identifica y premia medidas que contribuyan al bienestar de los ocupantes y la protección del medio ambiente, para conceder finalmente cinco niveles de certificación: Aceptable, Bueno, Muy bueno, Excelente y Excepcional.

- *Sistema de acreditación Minergie*

Es aplicable a cualquier tipo de construcción, nueva o rehabilitada y adaptable a cualquier tipo de arquitectura. La base de este estándar suizo de construcción sostenible es el consumo energético en kWh/m<sup>2</sup> para lograr el confort térmico. Se trata lograr que este consumo energético sea muy bajo. Para ello, se permite al proyectista del edificio cierta libertad, limitando la demanda de energía de calefacción y de energía total. *Minergie*, y

*Minergie-P*, una variante más exigente, hacen hincapié en los siguientes aspectos:

*Minergie:*

- Exigencias en la envolvente del edificio.
- Controles periódicos de la renovación del aire.
- Valor límite *Minergie*. (Mirar *Figura 53*)
- Certificación del confort térmico en verano.
- Requisitos adicionales dependiendo de la categoría otorgada, relativas a la iluminación, refrigeración y producción de calor.
- 10% de coste adicional en comparación con una edificación convencional.

Tipo de Edificación	Valores Máximos	
	Minergie (kWh/m <sup>2</sup> año)	Minergie – P (kWh/m <sup>2</sup> año)
Edificaciones colectivas	38	30
Viviendas unifamiliares	38	30
Edificaciones Comerciales	40	25
Hospitales	75	45
Industrias	20	15
Instalaciones Deportivas	25	20

*Figura 53: Valores máximos de consumo según tipologías edificatorias.*

*Fuente: Requisitos energéticos (Lignum facile, Universidad de Vigo y Consorcio de la zona franca de Vigo) 2010*

*Minergie-P:*

- Exigencias en la envolvente del edificio.
- Requisitos térmicos específicos.
- Controles periódicos de la renovación del aire.
- Valor límite *Minergie*. (Mirar *Figura 53*)
- Certificación del confort térmico en verano.

- Impermeabilidad del aire.
- Electrodomésticos eficientes energéticamente.
- Requisitos adicionales dependiendo de la categoría otorgada, relativas a la iluminación, refrigeración y producción de calor.
- 15% de coste adicional en comparación con una edificación convencional.

Como ventajas y desventajas ofrecidas por este estándar podemos hablar de que éste ofrece un control riguroso de la construcción, sin embargo, un importante inconveniente es que los cálculos se basan en la normativa suiza. Además, al permitir el clima de este país evitar los sistemas de refrigeración en los meses más calurosos, los resultados en nuestro país no serían totalmente fiables. (Tigges, 2009)

- *Sistema de acreditación Passiv Haus*

Proporciona el etiquetado energético para viviendas que cumplen sus Estándares y controla en cada fase del proyecto el balance energético del edificio. Consiste fundamentalmente en:

- Limitar la demanda energética térmica para calefacción y refrigeración y para todos los servicios (Calefacción, agua caliente sanitaria y electricidad).
- Considerar para el confort climático una determinada estanqueidad de la envolvente del edificio, según la temperatura exterior
- Considerar elementos y sistemas constructivos certificados por *Passiv Haus* que permitan alcanzar los objetivos energéticos y de confort climático con una relación óptima entre costes y eficacia.

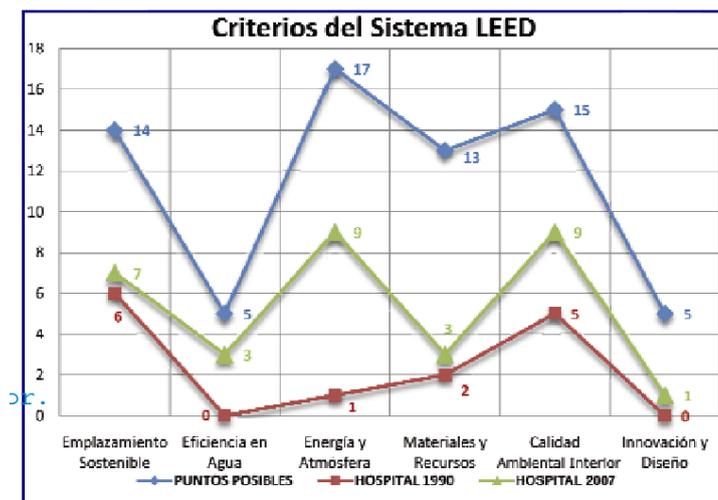


Figura 54. Ejemplo de tabla con la puntuación de la categoría de certificación medioambiental LEED de dos hospitales.

Fuente. Túnica, 2009

#### 6.1.4 GESTIÓN ENERGÉTICA EN HOSPITALES

Desde 2007 es de obligado cumplimiento, en Cataluña, que los edificios con un consumo energético superior a 200.000 kWh de energía final, tanto térmica como eléctrica, dispongan de un gestor energético, es decir, de un responsable de la explotación de las instalaciones energéticas en estos edificios. Dentro de la gestión energética el *benchmarking* es un método directo para comparar el consumo energético de diferentes entidades (edificios, equipamientos o procesos) entre sí o con normas de referencia reconocidas. Un paso clave en el proceso de *benchmarking* es normalizar el consumo de energía dentro de un sistema métrico definido (kWh, MWh/ton producida...) que permita confrontar sobre el mismo parámetro de medida. (Aulí, 2011)

## 6.2 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO DE UN HOSPITAL

### 6.2.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO 'CONSUMO ENERGÉTICO ÓPTIMO'

Antes de comenzar el apartado daremos una definición de la palabra *consumo* y de la palabra *óptimo*, lo que nos permitirá concretar, que, en este trabajo, se considera consumo óptimo para un hospital:

- *Consumo:*

Mirar apartado 2. Preámbulo del Capítulo 1: Introducción.

Sí que es importante, de todos modos, visto que el consumo energético de un hospital puede producirse a lo largo de todas las fases del edificio, desde su diseño hasta su demolición, concretar el tipo de consumo al que se hace referencia en esta tesis, que se trata del consumo en su etapa de uso, por ser éste el más elevado.

- *Óptimo:*

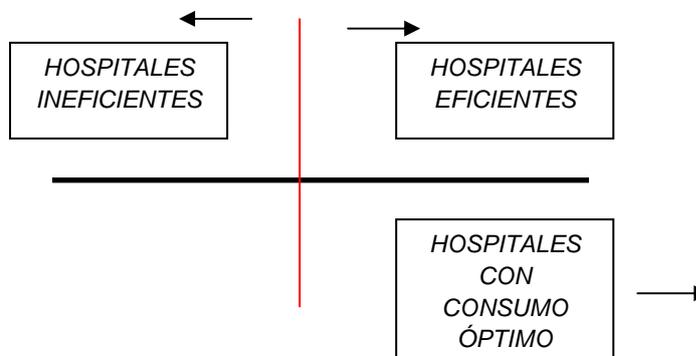
Sumamente bueno, que no puede ser mejor.<sup>i</sup>

A partir de este punto podemos considerar que el consumo óptimo será aquel valor, medido en kWh/m<sup>2</sup> o cama, que supone una línea imaginaria entre lo que son los hospitales eficientes y los no eficientes, es decir, que superarlo supondrá afirmar que el hospital analizado no está dentro de lo considerado eficiente. Sin embargo, el hecho que la palabra *óptimo* sea sinónimo de 'sumamente bueno' implicará que el hospital no puede quedarse en ese valor que marca el

---

<sup>i</sup> Definición obtenida del diccionario de la Real Academia Española.

límite entre la eficiencia energética y la no eficiencia, sino que debe superarlo, evidentemente siempre dentro de lo que es posible. Pero ¿Cuándo consideramos que un edificio hospitalario es eficiente?



*Figura 55. Esquema representativo del valor de consumo óptimo*

*Fuente. Fuente de elaboración propia*

Esta interrogación nos permitirá establecer dos caminos:

- Por un lado, el cumplimiento de los estándares obligatorios, en nuestro caso considerados a nivel nacional, nos darán una visión de lo que la normativa considera que es para un edificio hospitalario estar dentro de unos valores aceptables en cuanto a su política de consumo y ahorro energético.
- A nivel Europeo ello supone el cumplimiento de:
  - Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios:<sup>i</sup>
  - Su objetivo es lograr que, a partir del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos

<sup>i</sup> Información obtenida de <http://europa.eu>.

tengan un consumo de energía casi nulo. Los nuevos edificios que estén ocupados y que sean propiedad de las autoridades públicas deben cumplir los mismos criterios después del 31 de diciembre de 2018.

- En la misma, los Estados miembros tienen la obligación de adoptar, a nivel nacional o regional, una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios que tiene en cuenta determinados elementos, como:  
Las características térmicas del edificio (capacidad térmica, aislamiento, etc.), la instalación de calefacción y de agua caliente, las instalaciones de aire acondicionado, la instalación de iluminación incorporada, las condiciones ambientales interiores.
- Éstos tienen la obligación de establecer, requisitos mínimos en materia de eficiencia energética para alcanzar niveles óptimos en términos de costes, que se revisa cada cinco años. Se hace distinción entre edificios nuevos o rehabilitados y entre diferentes tipologías edificatorias:
  - A nivel estatal el cumplimiento de:
    - CTE (Código Técnico de la Edificación), que consta de distintos documentos básicos o DB, siendo los más representativos para la eficiencia energética:

- DB HE: Documento Básico de Ahorro de Energía.
- DB HS: Documento Básico de Salubridad.
  
- RITE (Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios).
- Real Decreto 47/2007 de Certificación energética en los edificios.
  
- Y, a nivel autonómico, el cumplimiento de, considerando el caso de Cataluña, por ser el ámbito dónde se realiza el presente estudio:
  - El Decreto 111/2009, del 14 de julio, que modifica el Decreto 21/2006, del 14 de febrero, por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios.
  
- Por otro lado, si se trata de superar este valor 'límite' o mínimo, podemos proceder al análisis de los criterios exigidos por los diversos sistemas de acreditación voluntarios, que nos permitirán obtener este 'plus'. Se trataría de elegir uno o más de estos sistemas, el que mejor se adecue, para que un edificio hospitalario pueda ser más eficiente energéticamente de lo que exigen los requerimientos normativos. Es importante, pero, matizar que el logro debe ser real. No tiene sentido proponer valores óptimos inalcanzables.

En resumen, llamaremos *valor de consumo estándar* al que cumple con la normativa obligatoria y *valor de consumo óptimo* al que lo supera, mediante cumplimiento de sistemas de acreditación y que su cumplimiento sea posible. Para unificar criterios consideraremos que el sistema de

acreditación que deberá cumplirse será *LEED* por ser éste uno de los más extendidos y ya usado por muchos hospitales.

### **6.2.2 CRITERIOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SECTOR EDIFICATORIO HOSPITALARIO**

Aunque la EPA, la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos, ofrece unos valores indicativos en cuanto al consumo de energía aceptable para determinados edificios, entre ellos los hospitales, la concreción de un valor único que permita determinar el grado de eficiencia energética para un edificio hospitalario tipo, se hace difícil de establecer, pues, como se ha demostrado, existen parámetros muy variables entre diferentes hospitales. Por ello, el presente trabajo de investigación parte de la hipótesis de que un posible camino puede estar en el análisis de estudios que hayan llevado a cabo investigaciones similares, o que de algún modo estén relacionadas con el tema, y en la posterior valoración de su metodología como herramienta posible en la obtención de un sistema para determinar el consumo energético óptimo de un hospital. Del conjunto de estudios e investigaciones hallados, se ha hecho una selección, que es la que se ha llevado a examen. El criterio se ha efectuado en función a la cantidad de información ofrecida por el estudio y la fiabilidad de la misma, el hecho que sea un estudio representativo de un conjunto, por el enfoque que ofrece el/los autor/es y las posibilidades de adaptabilidad para futuras metodologías de evaluación del consumo de energía de hospitales. Toda la información se clasifica y ordena según una plantilla o guión, con diferentes apartados, común para todos. Ello permitirá visualizar los diferentes estudios, de una manera unánime, lo que facilitará su comparación y posterior valoración como posible base para crear métodos evaluadores del consumo energético 'óptimo' en los hospitales.

Así mismo, se ha estimado básico realizar, en primer lugar, un examen de las particularidades de esta tipología edificatoria, referidas a su consumo, y concretar las necesidades de la metodología buscada. Este reconocimiento permite constituir criterios, cuyo cumplimiento o no, por parte de cada uno de los estudios, nos conducirá a aprobar o a desestimar su uso para elaborar la metodología en cuestión. De los capítulos 3 y 4 se han obtenido las particularidades de un edificio hospitalario, en relación a su gasto energético. Éstas son:

- Del capítulo 3: La tipología o aspecto formal que define un edificio hospitalario afectará a su consumo de energía.
- Del capítulo 4: El programa funcional, los servicios ofrecidos, el tamaño, el número de camas, el lugar, las instalaciones, las normativas o las consideraciones en la distribución interior también pueden incrementar o disminuir el gasto energético del centro.

Se valorará positivamente la aplicabilidad de cada estudio, analizado en el apartado anterior, en la determinación de una metodología para el edificio hospitalario, siempre y cuando cumpla con los siguientes criterios establecidos:

- Los estudios estén dirigidos al cálculo de consumo en el sector hospitalario, o en su defecto, en otro sector edificatorio adaptable a nuestro caso.
- Los estudios estén dirigidos al cálculo de consumo energético en la fase de uso de los edificios.
- Los estudios estén dirigidos a concretar, más allá del consumo real, la meta a la que debe dirigirse los hospitales, o edificios en general, para lograr un consumo mínimo posible.

### 6.2.3 INDICACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL SECTOR EDIFICATORIO HOSPITALARIO

Para facilitar la comprensión de dónde radica el problema se puede hacer una similitud con otra tipología edificatoria, como pueden ser los hoteles. Es fácil entender que no es comparable el consumo de un hotel 5\* superior con uno de 2\* ¿Cómo se puede comparar los servicios que ofrece uno con los que ofrece otro? ¿Se tiene que considerar entonces que como menos estrellas tiene un hotel es más eficiente? Es evidente que esto no tiene sentido. Si hablamos en valores absolutos, está claro que sí, que como menos servicios ofrece un hotel menos consume, pero no es la manera correcta de hacerlo. Ya se ha mencionado que la eficiencia energética debe ir en correspondencia al confort ofrecido, y nunca puede jugar en su contra. Se conoce que por normativa, las estrellas de los hoteles están en función de los servicios ofrecidos. Por tanto, estas reflexiones nos conducirían a pensar que no podríamos fijar un valor único de consumo óptimo para todo el conjunto de hoteles, si no que debería hacerse concreto para, por ejemplo, cada agrupación de los mismos según su número de estrellas: El consumo óptimo para los hoteles de 2\*, el consumo óptimo para los de 3\*, los de 4\*,... Por poner un ejemplo concreto podemos hablar del sistema empleado por la Cadena hotelera Accord que establece baremos de consumo máximos de energía fijados según parámetros como: Las condiciones climáticas exteriores del lugar dónde se haya ubicado, el número de estrellas y de habitaciones y las plazas de restaurante. (Aulí, 2011) En el sector hotelero, existe una tendencia mundial de expresar el índice en Kilo Watt hora por Habitación día ocupada (KWh/HDO) y al igual que en el sector hospitalarios, los sistemas que consumen más energía eléctrica son la climatización y el alumbrado. Las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica de los hoteles son el clima, la categoría de hotel y el tipo de turismo. (Cabrera et al, 2004) (Cabrera et al, 2004)

Adaptado a nuestro caso, se debería realizar una clasificación de los edificios hospitalarios en función de las variables que inciden en el consumo de energía del mismo, que además, ya has sido, definidas y concretadas en esta tesis. Así se podrán comparar los comportamientos energéticos entre hospitales con características similares tanto de ubicación, tamaño, tipología arquitectónica, servicios ofertados...y resto de factores con posibilidades de influir en los consumos de energía. El resultado de esta clasificación conllevaría a obtener unos prototipos de hospitales, como por ejemplo los hospitales de 2\*, los de 3\*,...por seguir con la analogía hecha en relación a la tipología hotelera.

Estos grupos podrían establecerse de la siguiente manera:

Definidos previamente estas variables se harían subdivisiones en cada una, que agrupasen la gran diversidad de hospitales en un número más reducido y comparable: Por ejemplo, agruparíamos determinadas ubicaciones según su comportamiento climático sea similar, también estableceríamos grupos según el número de camas del que dispone: Un hospital de 0 hasta 300 camas grupo 1, de 300 a 600 camas grupo 2,..., respecto a sus m<sup>2</sup> construidos,...y así para cada una de las variables que se han definido. A partir de estas agrupaciones se haría una nueva clasificación obtenida de estas previas. Por ejemplo el prototipo de hospital con una clasificación A, B, C,...N. Se trataría de buscar una analogía con la clasificación que existe, por ejemplo, de los hoteles: 2 estrellas, 3 estrellas...Dónde dos estrellas podría ser equivalente a un hospital situado en una determinada zona climática, con x m<sup>2</sup> construidos, x número de camas, x servicios ofrecidos,...Esta discusión puede ejemplarizarse de manera clara en la tabla siguiente. Puntualicemos que se trata de una orientación para la determinación de la metodología que podría usarse y en ningún caso de algo concreto y definido, ya que se precisa de un estudio estadístico:

<b>Principales factores que influyen en el consumo de energía</b>	<b>Prototipo de Hospital A</b>	<b>Prototipo de Hospital B</b>	<b>Prototipo de Hospital C</b>	<b>Prototipo de Hospital N</b>
<i>Ubicación/Condiciones climáticas</i>	<i>Clima suave</i>	<i>Clima medio</i>	<i>Clima severo</i>	...
<i>Tipología edificatoria</i>	<i>Compacto</i>	<i>Medio</i>	<i>Abierto</i>	...
<i>Tamaño</i>	<i>Hasta 25.000m<sup>2</sup></i>	<i>De 25.000 a 50.000m<sup>2</sup></i>	<i>Más de 50.000m<sup>2</sup></i>	...
<i>Número camas</i>	<i>De 0 a 150 camas</i>	<i>De 150 a 300 camas</i>	<i>Más de 300 camas</i>	...
<i>Distribución interior</i>	<i>Alta zonificación</i>	<i>Zonificación media</i>	<i>Baja zonificación</i>	...
<i>Servicios ofrecidos/Instalaciones</i>	<i>Hospital con servicios generales</i>	<i>Hospital con servicios de especialización media</i>	<i>Hospital con servicios muy especializados</i>	...
<i>Normativa de aplicación/Año de construcción</i>	<i>Hospital construido después del CTE</i>	<i>Hospital construido x años antes del CTE</i>	<i>Hospital construido xx años antes del CTE</i>	...
<b>RESULTADO</b>	<i>Consumo óptimo A</i>	<i>Consumo óptimo B</i>	<i>Consumo óptimo C</i>	...
<b>RELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS</b>	<i>Exigencias mayores de ahorro energético</i>	<i>Exigencias medias de ahorro energético</i>	<i>Exigencias menores de ahorro energético</i>	...

*Tabla 12: Tabla orientativa para determinar los posibles prototipos de Hospitales que pueden considerarse*

*Fuente: Elaboración propia*

Las consideraciones para realizar la clasificación de los diferentes prototipos de Hospitales se realizaría a partir de un estudio previo, de tipo estadístico, que valore el grado de afectación que tiene cada uno de los factores anteriores sobre el consumo en Hospitales con características diversas. Su resultado marcará allí dónde se debe situar el salto de un prototipo de Hospital a otro, condicionado por su comportamiento energético. Una orientación para establecer los criterios para pasar de un prototipo a otro según el factor podría ser:

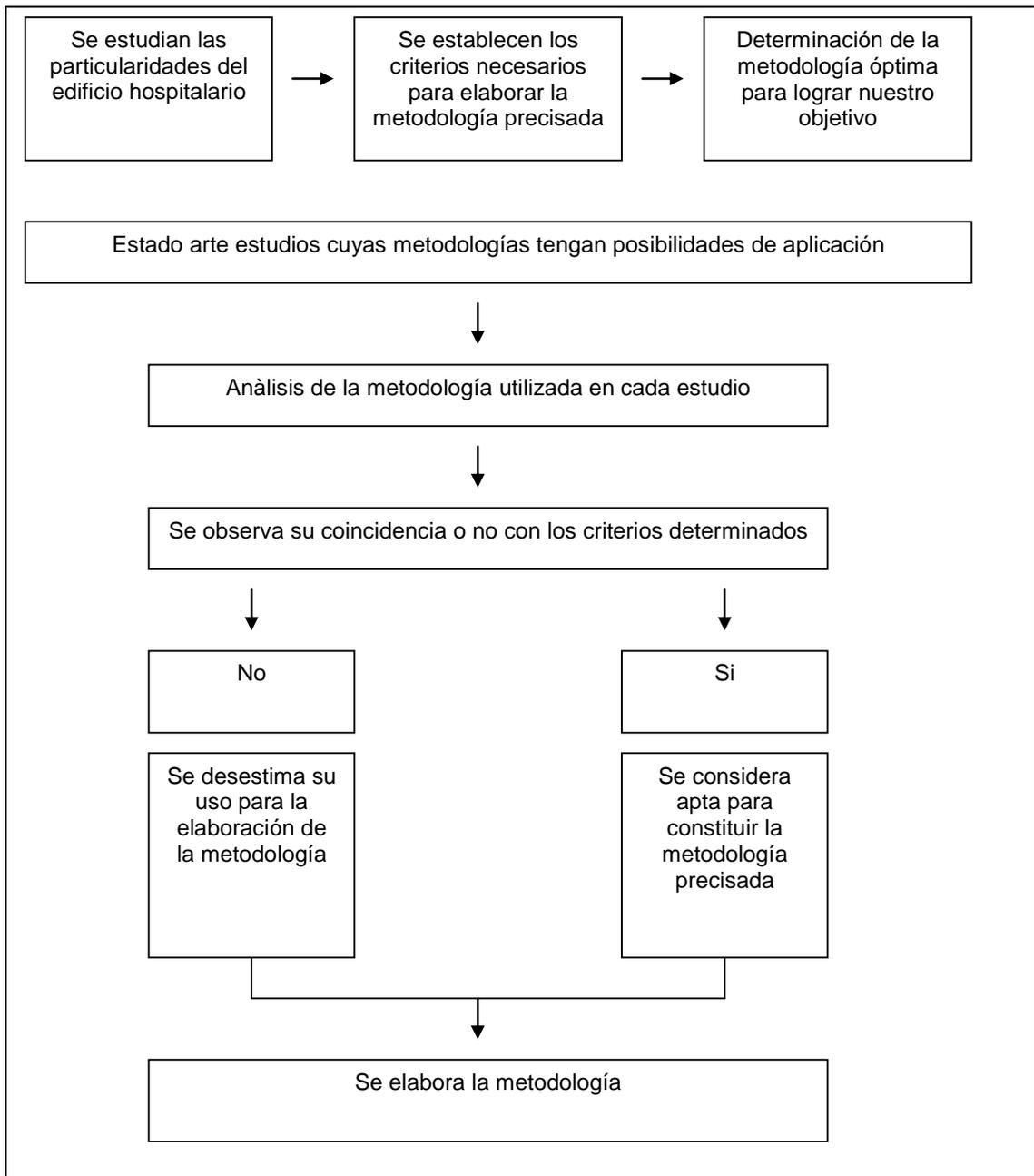
- Ubicación o Condiciones climáticas: Se podrían aprovechar las áreas climáticas definidas por el CTE, para unificar criterios.
- Tipología edificatoria: El grado de compacidad de un edificio determinará su comportamiento energético. Un edificio más compacto tiene una menor interrelación con el ambiente exterior y por tanto consume menos que un edificio con una tipología muy abierta.
- Tamaño y número de camas: Es conveniente investigar dónde aparece el salto en este parámetro. Es posible que a partir de un determinado número de pacientes o de m<sup>2</sup>, se requieran servicios y/o instalaciones que condicionen el gasto energético. Sí que es cierto que en construcciones pequeñas, los costos de energía de las habitaciones tienden a ser mayores, porque ellos generalmente prestan menos servicios en las áreas comunes.
- Distribución interior: Como se ha puesto de manifiesto una correcta zonificación reducirá los recorridos de las instalaciones, entre otras cosas, y ahorrará un importante gasto de energía.
- Servicios ofrecidos e instalaciones necesarias para llevarlos a cabo: Normalmente como más especializado sea el hospital mayores requerimientos de equipos específicos necesitará lo que, en su mayoría,

se traducirá en un coste económico y energético. Por tanto se puede considerar el grado de especialización como un buen indicador de consumo.

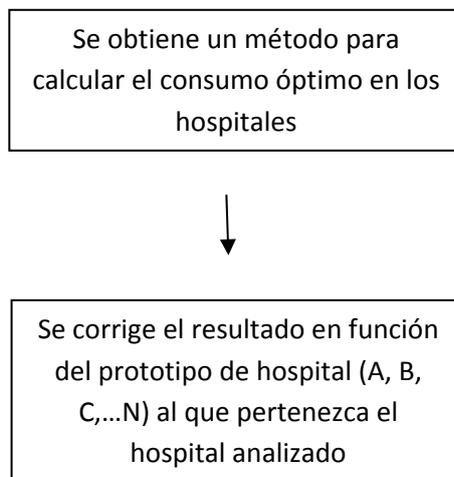
- Normativa de aplicación y año de construcción: Un buen referente será efectuar el salto de un prototipo de Hospital a otro, allí dónde se efectuó un cambio de normativa importante. La aparición del CTE ha marcado un antes y un después en la manera de construir los edificios, concienciando a técnicos y promotores de la necesidad de hacerlo de manera eficiente.

El resultado de la tabla ofrece los diferentes consumos óptimos, que son específicos para cada prototipo de hospital. Si se hubieran realizado los estudios estadísticos y se hubieran obtenido valores numéricos concretos, se debería proceder a establecer una relación entre todos ellos, obteniendo así unos factores de corrección. Es decir, si le damos al prototipo de hospital que menos consume un factor de corrección equivalente a la unidad, a los siguientes les daremos valores, cada vez menores a la unidad, pero siempre en función de éste primero. Un ejemplo de ello podría ser el siguiente:

Analizados los diferentes prototipos de ha observado que el prototipo de hospital A consume  $n$  Kwh/cama, el prototipo B  $2n$  Kwh/cama, y el prototipo C  $3n$  Kwh/cama: por tanto el factor de corrección aplicado para cada prototipo sería 1, para el A, 0,66 para el B y 0,33 para el C. Esto supone decir que las exigencias para los hospitales que consumen más, debido a sus características propias de tamaño, servicios ofrecidos,...evidentemente serán menores.



A continuación:



*Figura 56. Esquema representativo de la metodología usada en este apartado.*

*Fuente. Fuente de elaboración propia*

#### **6.2.4 ESTUDIOS DE OTROS CASOS SIMILARES. 'ESTADO DEL ARTE', ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS Y VALORACIÓN DE SU APLICABILIDAD**

Estudios seleccionados:

Del conjunto de estudios hallados se ha procedido a la selección de un conjunto. Como se ha mencionado ésta se ha realizado en función criterios cómo la cantidad de información ofrecida por el estudio y la fiabilidad de la misma, las posibilidades de adaptabilidad para futuras metodologías de evaluación del consumo de energía de hospitales y el hecho que sea un estudio representativo de un conjunto, por el enfoque que ofrece el/los autor/es. Veamos a continuación el significado de este último criterio:

- *Estudio 1: Parámetros de Sostenibilidad. (Cuchí et al, 2003)*

En este estudio, los autores hablan de un consumo de energía óptimo en el terreno residencial, es decir, en viviendas.

Sus redactores consideran el 'consumo óptimo' como aquel idóneo o perfecto, por encima del considerado 'estándar' o obtenido de una media ponderada, y que cumple con una serie de objetivos, fijados por las instituciones, a nivel autonómico, estatal y europeo, a los que son necesarios llagar para reconducir el planeta hacia la sostenibilidad. Incluso llegan a definir el valor concreto que debe tener. También emplean el término 'viable' para hablar de aquel valor de consumo, entre el 'estándar' y el 'óptimo', al que es posible llegar.

- *Estudio 2: Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León. (San José et al, 2008)*

Este otro estudio ya se enfoca concretamente en el terreno de los edificios hospitalarios. A diferencia de anterior, sus autores, mediante previa comparativa entre hospitales de características semejantes, establecen un valor medio de consumo. Este valor es el que fijan para proceder a clasificar a los hospitales elegidos, según su consumo se halle por encima o por debajo de la media.

- *Estudio 3: Análisis de eficiencia del sector hospitalario: Una revisión de los métodos. (García, 1997)*

La elección del mismo se debe a su metodología. Del mismo modo que la presente tesis doctoral, su autora selecciona un conjunto de estudios e investigaciones relacionados con la eficiencia, a nivel general, en los centros hospitalarios y analiza sus métodos.

- *Estudio 4: Análisis edilicio energético productivo de los edificios de salud. (Martini et al, 2000)*

Esta investigación ofrece un enfoque distinto respecto de las anteriores. En la misma, mediante previa identificación de las variables con una mayor incidencia en el consumo energético de un edificio hospitalario, se procede a la generación de pautas, en el diseño del edificio y sus instalaciones, para conducirlo a un funcionamiento óptimo, o perfecto. De nuevo, sus autores, hacen referencia al consumo de energía óptimo como aquel que es insuperable, idóneo.

- *Estudio 5: Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano. (Cabrera et al, 2004)*

El estudio evidencia la similitud propuesta en apartados anteriores respecto de la manera de analizar en consumo energético en los diferentes tipos de hospitales al igual que en los diferentes tipos de hoteles. En el mismo se consideran las variables más importantes que inciden en el gasto de energía de un hotel según las características de funcionamiento y servicios ofrecidos al cliente, por cada uno.

*Estudio 1: Parámetros de Sostenibilidad*

- Autor/es del estudio:

Autores: A. Cuchi, D. Castelló, G. Díez, A. Sagrera

Dirección: F. Mañà

- Año de elaboración:

2003

- Institución que lo publica:

Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITEC)

- Fuente:

Barcelona. ITEC, 1ª edición: 2003 ISBN: 978-84-7853-461-6.

Disponible en:

<https://www.itec.cat/noubotiga2.e/fonseditorial.aspx#>

- Objetivo del estudio:

Establecer valores de referencia para mejorar la sostenibilidad de las promociones de los edificios de viviendas y aportar estrategias para conseguirlos.

- Resumen de la investigación y metodología usada:

Partiendo de la premisa de que la demanda de sostenibilidad es hoy una demanda generalizada en toda la sociedad, el estudio, valiéndose de diferentes sistemas de evaluación de la sostenibilidad en la edificación, de los que se

dispone en la actualidad, como *Leed*, *Breeam 98*, *Ecohomes*. *The Environmental Rating for Homes*, *The Green Guide to Housing Specification* o *GBC 2000 (Green Building Challenge)*, a modo de herramientas, evalúa los parámetros de sostenibilidad que una vivienda estándar catalana presenta hoy en día, con la intención de poder extrapolar, los resultados, al conjunto de la edificación residencial a nivel estatal. Para poder comparar los valores obtenidos, se establecen unos que actúen como referencia y que puedan ser considerados como valores óptimos, que conducen a objetivos concretos que hay que alcanzar, ya que recogen demandas sociales y/o institucionales.

En resumen, los autores ofrecen metodologías para definir los consumos estándar, óptimos y viables relativos a los materiales, la energía y el agua para los edificios destinados a viviendas.

En esta investigación se establecer estrategias que puedan acercarnos a un consumo óptimo de los recursos. Para ello, en primer lugar, se analiza la situación actual de consumo a partir de:

- El consumo medio de la población en el sector doméstico.
- El consumo real obtenido de la lectura de una muestra de viviendas.
- El consumo en una vivienda estándar, que sería la considerada como una vivienda tipo, con consumos medios de energía y agua.

La publicación hace distinción, dentro del consumo energético en las viviendas, entre el necesario para conseguir el confort ambiental relacionado con la arquitectura, como la calefacción, la ventilación y la iluminación y el debido al uso de aparatos empleados en las actividades domésticas ajenas a los

servicios ambientales propios de la arquitectura, como la energía usada para la cocción de alimentos, por los aparatos electrodomésticos o para obtener agua caliente sanitaria.

A partir de aquí, se definen los consumos óptimo como aquel que se considera deseable, ideal, en función de demandas provenientes de políticas de gestión de recursos que persiguen la sostenibilidad y viable como el que tiene en consideración las posibilidades de aplicar estrategias de reducción de consumo de recursos viables tanto técnica como económicamente y aceptables desde el punto de vista social, respectivamente.

Centrándonos en el consumo de energía, en los edificios de viviendas, por ser el que más se acerca al tema que se está estudiando, el estudio presenta, a modo de resumen, una tabla con valores concretos de los tres tipos de consumo:

- Para valorar el consumo estándar, dado que es difícil de determinar un consumo aplicable a diferentes tipos de viviendas, a diferentes situaciones climáticas y a diferentes tipologías de uso, se ha elaborado una propuesta de estimación de consumos en una vivienda ocupada por cuatro personas en el área de Barcelona (Datos extraídos del ICAEN y del ITEC), que tiene establecidas comparaciones con viviendas similares situadas en otras zonas climáticas de Cataluña, suficientemente creíble respecto a la proporción del consumo para los diferentes usos domésticos de la energía.
- El consumo óptimo en energía se ha definido a través del cumplimiento equilibrado de varios compromisos como el Plan de Kioto, para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de combustibles fósiles, y dos objetivos del

Plan de la Energía en Cataluña en el horizonte de 2010: Disminuir hasta ese año un 12% el consumo actual de energía en los edificios y doblar el porcentaje de uso de energías renovables en el consumo de energía primaria.

- El consumo viable se ha obtenido a través de un menú de actuaciones que considera el ahorro combinado de cada una. Se han elaborado un conjunto de fichas, de actuaciones propuestas como soluciones de mejora, para cada una de las categorías analizadas en el trabajo presentado: agua, energía y materiales, presentas siguiendo un mismo guión:

- Descripción de la estrategia
- Ahorro energético
- Ahorro y coste medioambiental
- Viabilidad económica
- Viabilidad comercial
- Viabilidad normativa y de calidad
- Viabilidad técnica y social

- **Ámbito de estudio:**

Edificios de viviendas, en el ámbito de Cataluña, aunque se consideran extrapolables a la mayor parte del territorio español.

- ***Inputs/Outputs*** - indicadores - herramientas usados/as:

Diversos sistemas de evaluación de la sostenibilidad en edificación: *Leed, Breeam 98, Ecohomes. The Environmental Rating for Homes, The Green Guide to Housing Specification y GBC 2000 (Green Building Challenge).*

- Resultados y conclusiones obtenidos/as:

Emisiones anuales estándar		Emisiones anuales óptimas	Emisiones anuales viables		
3059,0 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 11836,7 kWh/vivienda		2857,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda (1) 639,2 kWh (renovables)/vivienda (2) 10416,3 kWh/vivienda (3)	1793,6 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1890,0 kWh (renovables) / vivienda 6698,6 kWh/vivienda  Reducción del 41,4% de emisiones. El 28,2% con energías renovables. Ahorro del 43,4% del consumo.		
Fuente	Emisiones/consumo	(1) Reducción del 6,6% de emisiones. Compromiso de Kyoto para 2010.  (2) Aumentar el porcentaje de energías renovables hasta un 5,4% (Plan de la energía en Cataluña en el horizonte de 2010).  (3) Mejorar en un 12% el consumo energético hasta 2010 (Plan de la energía en Cataluña en el horizonte de 2010).	Fuente	Emisiones/consumo	Coste* (/m <sup>2</sup> )
Calefacción	992,9 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 4940,0 kWh/vivienda		Calefacción	525,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 2614,7 kWh/vivienda	11,85**
ACS	633,1 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 3150,0 kWh/vivienda		ACS	253,2 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1260,0 kWh/vivienda	6,11
Cocina y horno	211,0 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1050,0 kWh/vivienda		Cocina y horno	211,0 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1050,0 kWh/vivienda	-
Aparatos domésticos	942,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 2079,9 kWh/vivienda		Aparatos domésticos	524,3 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 1157,1 kWh/vivienda	0,00
Iluminación	279,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 616,8 kWh/vivienda		Iluminación	279,5 kg CO <sub>2</sub> /vivienda 616,8 kWh/vivienda	-

\* Coste adicional que implica la consecución del consumo viable.

\*\* Este coste parcial se desglosa en 3,30 euros/m<sup>2</sup> para calderas y 8,55 euros/m<sup>2</sup> para el aumento del aislamiento.

Tabla 13. Tabla representativa del estudio 1 a cerca de los diferentes consumos.

Fuente: *Parámetros de Sostenibilidad*

- Parte aplicable del estudio en los edificios hospitalarios (ventajas e inconvenientes). Comentarios generales:

Del conjunto de la investigación se valorará la posible aplicabilidad de la metodología utilizada para definir el consumo óptimo en cuanto a energía, pues aunque ésta está enfocada hacia un ámbito muy concreto, el de los edificios de viviendas, parece factible que pueda ampliarse a otros sectores de la edificación.

Para utilizar esta metodología en el ámbito de los edificios hospitalarios, deberíamos definir, para los mismos, los valores de consumo de energía: estándar, óptimo y viable:

- Consumo estándar:

Consistiría en realizar una estimación de consumos de un hospital tipo, previamente definido: respecto a su situación climática, tipo y uso, donde se haría distinción entre el consumo destinado a conseguir el confort ambiental en cada zona y el usado para el funcionamiento de los aparatos sanitarios específicos de cada área.

- Consumo óptimo:

Para fijar un valor de consumo de energía idóneo, como objetivo al que se desea llegar, conllevaría, en primer lugar, concretar los compromisos a cumplir, derivados de normativas u otros con finalidades sostenibles.

- Consumo viable:

Se trataría de precisar un valor, que estaría entre el consumo estándar y óptimo, y con objetivo de llegar a éste último, pero valorando su viabilidad real. Es un concepto que parece interesante y útil para la tesis que se está realizando.

*Estudio 2: Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León.*

- Autores:

J.F. San José, F. Castro, J.M. Villafruela y A. Guijarro

- Año de elaboración:

2008

- Institución que lo publica:

Dpto. Ingeniería Energética y Fluidomecánica de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid.

- Fuente:

<http://www.aeih.org/ih/Congresos/Congreso26/IFHE2008/Program/Presentations/A3-3.pdf>

- Objetivo del estudio:

Obtener indicadores energéticos para analizar el consumo de energía generado por la calefacción y el ACS de un hospital, independientes de la ubicación, el tamaño, el tipo de construcción y de las variables climatológicas de la zona del hospital, tomando como referencia los valores promedios de los hospitales de Castilla y León.

- Resumen de la investigación y metodología usada:

Los autores consideran que los datos de consumo de energía y coste medio por cama y año en los hospitales de Castilla y León sólo pueden ser tomados, de referencia, en hospitales con características constructivas similares y ubicados en zonas climáticas parecidas, por ello, estiman necesaria la existencia de indicadores adimensionalizados para establecer comparaciones entre hospitales y criterios para la gestión energética de los mismos.

Se presentan, como indicadores, unos basados en la Demanda (Carga), otros en el Consumo (Facturas) y otros en la Eficiencia energética (Rendimiento) y por lo tanto son extrapolables a todo tipo de hospital:

Los indicadores energéticos relacionados con la demanda son:

- La carga máxima de una zona (kW o Kcal/h)
- La carga punta del edificio (kW o Kcal/h)
- La potencia térmica media (kW o Kcal/h)
- Las horas equivalentes a plena carga de funcionamiento (t)
- El factor de Carga (adimensional)
- La energía demandada (kJ o kcal)
- El factor de pérdidas (kW/m<sup>2</sup> °C).

DEMANDA			
Denominación y abreviatura	Abreviatura	Unidades	Concepto
Carga máxima de una zona j	$P_j^{\max}$	kW o Kcal/h	Representa la demanda máxima de una zona del edificio, en un instante determinado del año, tiene interés, por el uso de la zona; por diferente orientación; etc. Se emplea para el dimensionado de los emisores
Carga punta del edificio	$P_e^{\max}$	kW o Kcal/h	Representa la demanda máxima del edificio, en un instante determinado del año, no tiene que coincidir con el instante donde se den las demandas máximas por zonas. Se emplea para el dimensionado de la Central térmica
Potencia térmica media	$\bar{P}$	kW o Kcal/h	Representa la demanda media del edificio en un periodo determinado, en un valor empírico. Se utiliza para el ajuste de la curva de demanda y la útil de los generadores
Horas equivalentes a plena carga de funcionamiento	HEPC	t	Representa el tiempo que la instalación funcionaria a plena carga para compensar la demanda. Se utiliza para el ajuste de la curva de demanda y la útil de los generadores.
Factor de Carga	LF	Adimensional	Es un parámetro de utilización de los equipos. Se utiliza para el ajuste de la curva de demanda y la útil de los generadores.
Energía demandada	$E_D$	kJ o kcal	Es la energía necesaria para mantener a los locales en las condiciones de confort en un periodo de tiempo.
Factor de Pérdidas	CTE	kW/m <sup>2</sup> °C	Representa la calidad de la epidermis del edificio.

Tabla 14. Tabla representativa del estudio 2 a cerca de los indicadores de la demanda en los edificios tratados.

Fuente: Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León

Los indicadores energéticos relacionados con el consumo son:

- El consumo del edificio (kWh)

CONSUMO			
Denominación y abreviatura	Abreviatura	Unidades	Concepto
Consumo del edificio	C	kWh	Representa la energía consumida en un periodo de tiempo y se valora a partir de las facturas de consumo.

Tabla 15. Tabla representativa del estudio 2 a cerca de los indicadores de consumo en los edificios tratados

*Fuente: Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León*

Los indicadores energéticos relacionados con la eficiencia energética son:

- El rendimiento de generación (adimensional)
- El rendimiento de distribución (adimensional)
- El rendimiento de las unidades terminales (adimensional)

EFICIENCIA ENERGÉTICA			
Denominación y abreviatura	Abreviatura	Unidades	Concepto
Rendimiento de generación	$\eta_{\text{generación}}$	Adimensional	Representa la bondad de los generadores, este valor debería valorarse de forma estacional. Se define por norma.
Rendimiento de distribución	$\eta_{\text{distribución}}$	Adimensional	Representa la bondad del aislamiento de la distribución y dimensionamiento de los anillos y montantes del edificio, requiere equipos de medida en la instalación.
Rendimiento de unidades terminales	$\eta_{\text{unidad terminal}}$	Adimensional	Representa el grado de confort de las distintas dependencias y la bondad de regulación individual, requiere haber realizado una buena zonificación del edificio y usar los locales para el uso de proyecto.

*Tabla 16. Tabla representativa del estudio 2 a cerca de los indicadores de eficiencia energética en los edificios tratados.*

*Fuente: Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León*

Como datos de partida y obtención de indicadores energéticos se han usado:

- Los datos de proyecto en cuanto temperaturas de confort y diseño y determinación de la caracterización térmica del edificio.
- Los datos de facturación de gas correspondientes al año 2004.
- Medidas realizadas en las instalaciones.
- Datos meteorológicos de la norma UNE 100-002-88 y del libro 'Condiciones climáticas para proyectos de

Calefacción', editado por El Instalador y realizado por ATECYR.

- Criterios de uso de cada hospital.

A continuación, se ha seleccionado un total de 9 hospitales, y, de cada uno, se realizado una ficha donde se recogen sus consumos, obteniéndose los indicadores energéticos mensuales y anuales. A continuación se determina el valor medio, de los nueve hospitales analizados, que sirve de referencia para situar las desviaciones de cada uno, en cuanto a consumo de calefacción y A.C.S.

**Hospital Numero 1**

Número de camas: 352

Metros cuadrados calefactados: 24.899 m<sup>2</sup>

Potencia de generación: (calefacción 8.000 kW, funcionamiento 2,5 horas/día, septiembre a mayo)  
(ACS 1.110 kW)

Temperatura de diseño calefacción 25° C, temperatura exterior NP 99%: -5,3° C

Temperatura de preparación ACS 60° C

*Datos de partida*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
C ACS MWbACS	116	109	115	110	89	122	71	98	98	102	129	128
Consumo MWbACS	1.107	1.038	858	689	407	99	0	0	136	483	623	881
GD 15-15	357	326	317	230	137	36	1	4	37	130	274	388
T. amb.	4,4	6,8	10,1	10,6	14,6	18,2	21,9	22,0	16,8	12,5	8,6	5,7
T. agua	8	8	10	12	14	16	18	18	16	14	12	10

*Indicadores mensuales del hospital*

ACS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
m <sup>3</sup> /cama	3,9	3,7	4,0	4,0	3,4	4,9	3,0	4,1	3,9	3,9	4,7	4,5
Calefacción												
Factor de P	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	0,000	0,006	0,006	0,004	0,004
HEPC	138,4	129,8	107,3	86,1	50,9	12,4	0,0	0,0	17,0	60,4	77,9	110,1
FCO	0,49	0,50	0,43	0,47	0,47	0,43	0,00	0,00	0,58	0,59	0,36	0,36

*Indicadores anuales del hospital*

ACS( m <sup>3</sup> /cama mes)	4,0
Calefacción	
Factor de pérdidas de proyecto (kW/m <sup>3</sup> C)	0,011
Factor de pérdidas de funcionamiento (kW/m <sup>3</sup> C)	0,005
Horas equivalentes a plena carga de funcionamiento (h/año)	790,1
Factor de consumo	0,5

Figura 57. Imagen de la ficha realizada para uno de los nueve hospitales analizados.

*Fuente: Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León*

**Hospital de referencia para Castilla y León con mas 300 camas**  
Se obtiene como media de todos los valores anteriores

*Indicadores de referencia del hospital*

ACS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
m <sup>3</sup> /cama	4,40	4,24	4,50	4,82	5,08	4,52	4,75	4,58	4,18	4,55	5,16	4,65
Calefacción												
Factor de P	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,005	0,000	0,000	0,008	0,004	0,004	0,003
HEPC	129,54	94,42	78,62	70,49	28,09	5,99	0,00	0,00	13,39	31,36	69,99	103,73
FCO	0,48	0,43	0,38	0,52	0,40	0,56	0,00	0,00	0,79	0,43	0,38	0,37

*Indicadores anuales de referencia del hospital*

ACS( m <sup>3</sup> /cama mes)	4,62
Calefacción	
Factor de pérdidas de proyecto (kW/m <sup>2</sup> °C)	0,011
Factor de pérdidas de funcionamiento (kW/m <sup>2</sup> °C)	0,004
Horas equivalentes a plena carga de funcionamiento (h/año)	62,5
Factor de consumo	0,47

*Figura 58. Imagen de los resultados obtenidos para concretar los valores de referencia.*

*Fuente: Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León*

- **Ámbito de estudio:**

El sector hospitalario, en concreto los hospitales de más de 300 camas ubicados en ciudades de mas de 25.000 habitantes de Castilla y León.

- **Inputs/outputs - indicadores - herramientas usados/as:**

- El factor de carga del edificio, que representa la característica térmica del edificio de acuerdo a los datos de proyecto del hospital.
- El factor de pérdidas de funcionamiento del edificio, que representa la caracterización del edificio en función del

consumo real y la zona climática donde se encuentra el edificio.

- Las horas equivalentes a plena carga, que permiten obtener una idea sobre el sobredimensionamiento de la sala de calderas del hospital.
- El factor de consumo que relaciona el consumo del edificio de proyecto y el de uso.

- Resultados y conclusiones obtenidos/as:

Las conclusiones de esta investigación fueron presentados en el *20th Congress of the IFHE*<sup>i</sup> y el XXVI Congreso Nacional de la AEIH<sup>ii</sup> Barcelona en 2008, siendo éstas:

- La investigación recoge los principales indicadores utilizados en estudios de consumo de energía para ACS y calefacción, independientes de la ubicación, la climatología de la zona, el tamaño y el tipo de construcción del hospital.
- Se compara el estado de los diferentes hospitales de Castilla y León con uno obtenido como media de todos ellos, que se considera como hospital de referencia. Ello permite tomar decisiones sobre la modificación o sobre estudios más pormenorizados de un hospital en concreto.
- En la medida que se reduzca el consumo energético de ACS y calefacción, se podrán obtener unos valores de referencia menores, lo que conlleva a una constante mejora.

---

<sup>i</sup> International Federation of hospital Engineering.

<sup>ii</sup> Asociación Española Ingeniería Hospitalaria.

- Parte aplicable del estudio en los edificios hospitalarios (ventajas e inconvenientes). Comentarios generales:

Resulta un estudio muy útil desde el punto de vista de su aplicabilidad al tema que nos ocupa, dado que el ámbito de análisis es coincidente. La metodología parece claramente extrapolable a hospitales ubicados fuera de la región estudiada, Castilla y León, siempre y cuando se adapten los valores de referencia.

Adoptar esta metodología al presente estudio supondría considerar como valor óptimo, el obtenido como media del conjunto de hospitales analizados.

Como inconveniente se puede incidir en el hecho que este estudio ofrece solo unos valores que son relativos siempre respecto a una media, la cual se desconoce si corresponde a un hospital eficiente o no.

*Estudio 3: Análisis de eficiencia del sector hospitalario: Una revisión de los métodos.*

- Autor/es del estudio:

B. García Cornejo

- Año de elaboración:

1997

- Institución que lo publica:

Universidad de Oviedo

- Fuente:

Cuadernos de estudios empresariales (1997), 7: 151-176.

Disponible en:

<http://revistas.ucm.es/emp/11316985/articulos/CESE9797110151A.PDF>

- Objetivo del estudio:

Revisar las investigaciones existentes sobre eficiencia hospitalaria hasta el momento para determinar las técnicas disponibles para su medición y análisis.

- Resumen de la investigación y metodología usada:

La investigación comienza con una definición de eficiencia y con una clasificación de los diferentes tipos de la misma, todo ello enfocado desde un punto de vista hospitalario. A continuación

se catalogan las técnicas de medición de eficiencia hospitalaria en grupos, más usadas hasta el momento, según las características de su método, describiéndose su metodología. Paralelamente se recopilan investigaciones que hayan tratado el tema. La autora hace mención a los requerimientos que se deben cumplir para elaborar los indicadores hospitalarios, valorando, a partir de éstos, las ventajas e inconvenientes del uso de cada una de las metodologías usadas en los estudios hallados. Estos requerimientos se sintetizan en (Birch y Maynard, 1986):

- Deben estar relacionados con los objetivos del hospital, valorando no sólo el consumo, si no a que se destina.
  - No deben ser ambiguos. Es imprescindible valorar sus consecuencias, pues una mejora en un punto puede perjudicar otro punto.
  - Deben ser específicos y sensibles, es decir que las comparaciones en cuanto a eficiencia deben realizarse entre hospitales con características similares de oferta y demanda.
- **Ámbito de estudio:**
- El ámbito hospitalario
- ***Inputs/outputs* - indicadores - herramientas usados/as:**
- Se consideran los Inputs como los consumibles para llevar a cabo la actividad hospitalaria y los outputs como los productos ofrecidos por la misma.
- **Resultados y conclusiones obtenidos/as:**

La investigación no considera que exista, de todo el conjunto analizado, una metodología 'ideal' para medir la eficiencia en los hospitales. A modo de conclusiones, se ofrecen las ventajas e inconvenientes que supondría la aplicación de cada tipo de metodología.

- Parte aplicable del estudio en los edificios hospitalarios (ventajas e inconvenientes). Comentarios generales:

A modo de inconveniente puede decirse que, aunque el sector tratado es el hospitalario, no es un estudio que hable de consumo de energía. Más bien se trata de una investigación encarada hacia el coste y la productividad o forma en que los servicios son provistos, por lo que el estudio no es útil en cuanto a la metodología para determinar el valor de consumo óptimo de energía. Sin embargo, si puede ser de gran utilidad el hecho de definir previamente los *inputs* y *outputs* en cuanto a la eficiencia energética en un hospital y unos requerimientos necesarios para elaborar los indicadores.

Aplicando el método que indica B. García Cornejo, la manera de medir la eficiencia energética en un hospital sería relacionando los *inputs* usados con los *outputs* obtenidos. En este caso los *inputs* corresponden a los suministros o consumibles energéticos para el correcto funcionamiento del hospital y los *outputs*, al producto obtenido, es decir, lo que genera consumo energético. Una alta eficiencia energética representará capacidad de obtener una producción de bienes o servicios con bajo consumo energético. En un hospital tenemos:

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
<i>Suministros energéticos</i>	<i>Consumo energético</i>
Gas/gasoil	Climatización, calefacción, ventilación
Electricidad	Alumbrado
Agua	Funcionamiento de aparatos y equipamiento sanitario

*Tabla 17. Tabla representativa de los Inputs y Outputs de consumo de energía principales en un hospital.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Por otro lado los indicadores, como aquellos dispositivo o señales que comunican o ponen de manifiesto un hecho, referidos en nuestro caso a la eficiencia energética, permitirán establecer comparaciones entre diferentes hospitales y controlar los cambios o variaciones producidos. En el caso que nos ocupa el más común es el consumo por unidad de cama hospitalaria (CECU, 2007). Los requerimientos mencionados en '*Análisis de eficiencia del sector hospitalario: Una revisión de los métodos*' pueden ser totalmente adaptables a la presente, tanto respecto a indicar el valor del consumo y su uso, a su no ambigüedad y a su grado de especificación y sensibilidad.

*Estudio 4: Análisis edilicio energético productivo de los edificios de salud.*

- Autor/es del estudio:

I. Martini, C. Discoli, Y. Rosenfeld, E. Rosenfeld
- Año de elaboración:

2000
- Institución que lo publica:

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Plata  
(Argentina)
- Fuente:

[http://www.arquinstal.com.ar/publicaciones/integra-meep\\_arquisur00.pdf](http://www.arquinstal.com.ar/publicaciones/integra-meep_arquisur00.pdf)
- Objetivo del estudio:

Identificar las variables que tengan mayor incidencia en el consumo energético de un hospital (el clima, la habitabilidad, el equipamiento, los usos y los costes operativos) y, a partir de los resultados, generar pautas de diseño que apunten a un funcionamiento óptimo del mismo.
- Resumen de la investigación y metodología usada:

Se trata de un estudio experimental en el que se compara el funcionamiento, desde el punto de vista de consumo de energía de iluminación, equipamiento y climatización, de un hospital real,

el Hospital COE en Gonnet., con uno teórico. Se plantea una metodología que permita predecir los comportamientos, de consumo, de diferentes hospitales, detectando distorsiones en los edificios e identificando las variables críticas que tengan mayor incidencia en el ahorro energético. Se consideran las variables tecnológicas, energéticas, productivas y de comportamiento.

Se hace un análisis según tres escalas: Global, particular y diferencial. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta las siguientes características:

- Las dimensiones de las zonas se obtienen de planos técnicos.
- Para determinar los requerimientos, infraestructura y equipamientos necesarios se usó información de fuentes bibliográficas concretas de instituciones u organismos representativos en este campo.
- Se consideró que el equipamiento general necesario era el óptimo para cada zona estudiada y para cada Módulo energético considerado (MEEP).
- El factor de ocupación y las horas de uso de los locales y la iluminación se determinaron según los turnos característicos de cada ámbito.
- Como solución constructiva de los cerramientos exteriores, se consideró el sistema constructivo tradicional, a base de ladrillo común con un espesor de 0,20 revocado con una transmitancia térmica de 2,21 (K [W/m<sup>2</sup>°C]) y vidrio simple ( $\tau=0,8$ ) con una protección del 60 % por parasoles y transmitancia térmica de 5,82 (K [W/m<sup>2</sup>°C]), para las zonas vidriadas.
- Para calcular la ganancia térmica por radiación solar se usaron las tablas para la zona climática correspondiente al hospital estudiado.

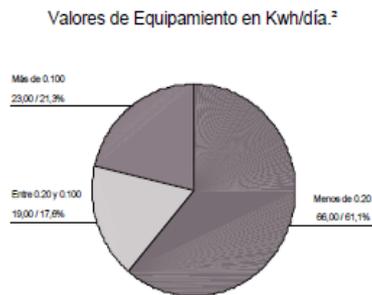
Para determinar la demanda de climatización se consideraron las siguientes variables:

- Para la ocupación se estableció un valor constante y se fijaron el tiempo de ocupación por día, la cantidad de personas y el factor de ocupación según uso.
  - Para la iluminación se usó el valor mínimo del nivel lumínico determinado por la normativa, según uso, estableciendo su tiempo de uso diario.
  - Para el equipamiento, se fijó la cantidad, el consumo por aparato y el tiempo de uso diario.
  - La ganancia directa por ventanas se obtuvo según la zona climática, la orientación, el tipo de acristalamiento del espacio, el tipo de protección y el grado de apertura de la misma y de la superficie vidriada.
  - Las renovaciones de aire se definieron según el volumen del local, la cantidad de renovaciones horarias necesarias indicadas por la normativa según el uso dado, la densidad del aire, la entalpía del aire y los grados día/día.
  - La transmitancia térmica de la envolvente se determinó por la superficie de cada elemento que la compone, los grados día/día de la zona en estudio y el factor de exposición.
- **Ámbito de estudio:**
- Hospitalario
- **Inputs/outputs - indicadores - herramientas usados/as:**

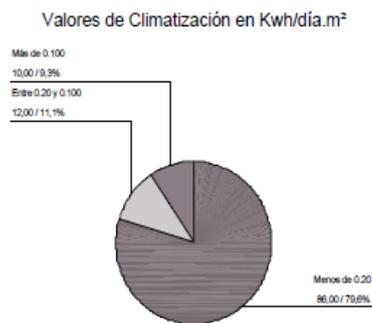
Como punto de partida el estudio se vale de datos teóricos, obtenidos de normativas o guías orientativas, respecto del funcionamiento y consumo energético en hospitales, de fuentes

muy fiables y, a partir de dicha información, organizada en Módulos Edilicios Energéticos Productivos (MEEP) para las diferentes variables críticas que tienen mayor incidencia en la racionalización energética, como la iluminación, la climatización,...crea un modelo teórico de edificio, que considera que tiene un comportamiento ‘óptimo’.

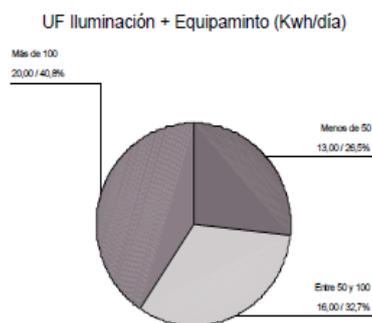
**Fig.1: MEEP Iluminación**



**Fig.2: MEEP Equipamiento**



**Fig.3: MEEP Climatización**



*Figura 59. Imagen de los MEEP considerados en iluminación, equipamiento y climatización.*

*Fuente: Análisis edilicio energético productivo de los edificios de salud.*

- Resultados y conclusiones obtenidos/as

La metodología usada a base de módulos MEEP, diferenciados para cada una de las variables, ha permitido cuantificar áreas de diferentes intensidades energéticas, identificando en cada nivel de integración, aquellas de mayor incidencia en el ahorro energético (Factor de ocupación, equipamiento, renovaciones, iluminación, etc.)

- Parte aplicable del estudio en los edificios hospitalarios (ventajas e inconvenientes). Comentarios generales:

La elección de este estudio radica en sus resultados, ya que la metodología usada le permite identificar las áreas del hospital de mayor consumo energético, a la vez que determinar a que es debido:

Áreas	Servicios	S Il+Eq	S Clim	Area Il+Eq	Area Clim
Internación	Internación Clínica	132.205	-127.691		
	Internación Cuidados Intensivos	827.860	451.402		
				960,064	323,711
Cirugía	Cirugía	89,481	-179,756		
				89,481	-179,756
Atención Ambulatoria	Consultorios Externos	9,258	-214,555		
				9,258	-214,555
Diagnóstico y Tratamiento	Laboratorio	168,813	-38,089		
	Radiología	79,310	-7,086		
	Medicina Nuclear	26,534	-76,274		
				274,658	-121,450
Administración	Administración	51,046	-117,071		
				51,046	-117,071
Servicios Auxiliares y de apoyo	Enseñanza	4,903	-91,348		
	Áreas Auxiliares	253,917	-184,492		
	Especiales	4,998	-22,120		
	Depósitos	0,910	-1,157		
	Vestuarios	0,279	-46,115		
				265,007	-345,232
Circulaciones y Baños	Circulaciones, baños	0,966	0,193		
				0,966	0,193

Tabla 18. Resultados obtenidos respecto del consumo en iluminación, equipamiento y climatización de cada área del hospital.

Fuente: Análisis edilicio energético productivo de los edificios de salud.

Para obtener el valor de consumo óptimo de energía de un hospital sería factible aprovechar la metodología usada por esta investigación y así determinar, en primer lugar, el valor de consumo y a qué es debido, de cada zona, para diferentes hospitales. Ello permitiría establecer comparaciones y analizar diferentes comportamientos de hospitales según sus servicios y necesidades.

*Estudio 5: Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano y Indicadores de eficiencia energética en hoteles turísticos en Cuba.*

- Autor/es del estudio:

Se trata de dos estudios, que comparten el autor principal: Para el primer estudio los autores son: Cabrera, O., & Pérez, Y. y para el segundo: Cabrera, O., Borroto, A., Monteagudo, Pérez, C. & Cambell, H.

- Año de elaboración:

Ambos estudios son del 2004.

- Institución que lo publica:

El autor principal el profesor en el Centro Universitario de Sancti Spíritus de Cuba.

- Fuente:

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/gener1/conenhotcuba.htm> y <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/archives/HASH0160/85dbae54.dir/doc.pdf>, respectivamente.

- Objetivo del estudio:

Demostrar que el índice de consumo utilizado actualmente en los hoteles turísticos en Cuba no constituye un indicador efectivo para evaluar la eficiencia energética del uso de la electricidad, analizar las posibles causas de ello y proponer la

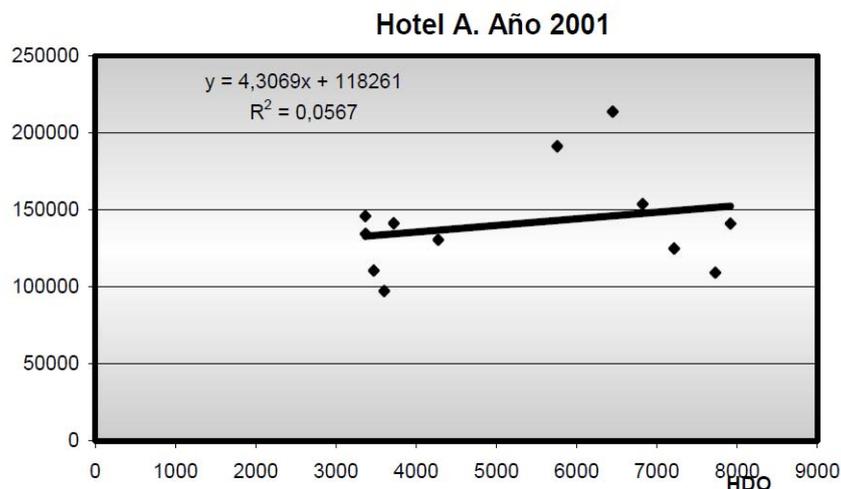
necesidad de un nuevo índice de consumo de energía eléctrica, introduciendo el concepto de “Habitación Día Ocupada Equivalente”. Finalmente ofrecer pautas a seguir en futuros estudios energéticos para encontrar un indicador capaz de evaluar adecuadamente los consumos de electricidad de las instalaciones hoteleras.

- Resumen de la investigación:

Ambos estudios están relacionados y son complementarios. En general los autores, preocupados por el alto consumo energético del sector hotelero en Cuba, respecto de la media internacional, analizan las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica de los hoteles para tratar, así, de reducir el impacto de las mismas sobre el consumo total, siendo éstas: El clima, la categoría de hotel y el tipo de turismo. A continuación confirman la importancia de concretar unos indicadores y obtener unos modelos que relacionen el consumo de energía eléctrica de las instalaciones hoteleras con los indicadores de las variables anteriormente analizadas.

- Metodología usada:

Para evaluar la efectividad del índice de consumo por habitación día ocupada, kWh/HDO, utilizado en el sector turístico, se determina el coeficiente de correlación lineal entre consumo mensual de electricidad en kWh y la ocupación expresada en habitaciones días ocupadas (HDO) para ocho hoteles turísticos cubanos, designados por las letras “A” a la “H”.



*Figura 60. Diagrama de dispersión del consumo mensual de energía eléctrica vs. habitaciones día ocupadas para el hotel estudiado A.*

*Fuente: Evaluación del indicador KWH/HDO de eficiencia eléctrica en instalaciones hoteleras cubanas.*

Hoteles Estudiados	Coefficiente de Correlación ( $R^2$ ) del Modelo Lineal (kWh vs. HDO)
A	0.050
B	0.146
C	0.147
D	0.053
E	0.123
F	0.144
G	0.015
H	0.017

*Tabla 19. Coeficientes de Correlación Lineal entre el consumo de energía eléctrica (kWh) y la ocupación (HDO) en diferentes hoteles.*

*Fuente: Evaluación del indicador KWH/HDO de eficiencia eléctrica en instalaciones hoteleras cubanas.*

- **Ámbito de estudio:**

## El sector hotelero

- Inputs/outputs - indicadores - herramientas usados/as:

El indicador Habitación Día Ocupada Equivalente.

- Resultados y conclusiones obtenidos/as:

La baja correlación entre el consumo de electricidad, kWh, y las habitaciones días ocupadas, HDO indica que no existe una dependencia directa entre ambos por lo que lo resulta inapropiado el uso de este índice de consumo para evaluar la eficiencia energética de un hotel turístico. Lo anterior evidencia que otros factores influyen con mayor peso que la ocupación en el consumo de energía eléctrica de las instalaciones hoteleras. Por ello se debe establecer un nuevo índice que refleje adecuadamente el comportamiento de la eficiencia energética en un hotel turístico, introduciendo el concepto de 'Habitación Día Ocupada Equivalente (HDOeq)', que considera:

- La influencia de la temperatura ambiente sobre el consumo de electricidad del sistema de climatización.
- Las habitaciones de diferentes tamaños, orientación,.. y, por tanto, consumos energéticos.
- La influencia de otros servicios que presta el Hotel y que tienen alto consumo energético, como son los salones de eventos, tiendas, etc.
- El tipo de turismo, ya que los hábitos de consumo varían mucho en dependencia del origen del destino analizado, así como el tiempo de permanencia en la instalación hotelera en función del tipo de turismo (Especialidad, de negocio, etc.).

Por todo ello, la fórmula para determinar la HDOeq, será:

$$HDOeq = HDO \cdot Fc \cdot Ft + Fs, \text{ dónde:}$$

HDOeq:	Habitaciones Días Ocupadas Equivalentes.
HDO:	Cantidad de habitaciones días ocupadas reales
Fc:	Factor de Carga (diferencias en carga de enfriamiento en las habitaciones).
Ft:	Factor de Temperatura (influencia temperatura ambiente).
Fs:	Factor de Servicios (consumos no asociados con la ocupación).

- Parte aplicable del estudio en los edificios hospitalarios (ventajas e inconvenientes). Comentarios generales:

En apartados anteriores se han establecido comparaciones entre el sector hospitalario y el hotelero. Es evidente que aunque sus servicios y necesidades energéticas son totalmente diferentes, ambos comparten una heterogeneidad muy similar. Este ha sido el motivo de la elección de dicha investigación.

El hecho de que considere necesario conocer las variables principales que inciden sobre el consumo de energía, condicionadas por las características concretas de cada hotel, como su ubicación, número y tamaño de habitaciones, servicios ofrecidos y confort requerido, según el número de estrellas,...para determinar unos indicadores que permitan medir el consumo de energía y, a su vez, establecer comparaciones entre los distintos edificios es una metodología totalmente aplicable al estudio que se está llevando a cabo en la presente tesis.

### 6.3 COMENTARIOS GENERALES

Después de lo visto, se puede decir que analizar y comparar el consumo energético de las edificaciones de los diferentes países no es viable directamente debido a:

- Las diferencias en niveles absolutos de consumo energético:

El número de procesos que se incluyen en los diferentes cálculos de calificación energética varía en función del país que se esté analizando. Por ejemplo, Francia contempla como consumo energético el gasto generado por calefacción/refrigeración, ventilación, agua caliente e iluminación, mientras que Suiza no considera esta última. Además los procedimientos de cálculo también son distintos y cada país considera un tipo de superficies para realizar los cálculos de consumo.

- Diferencias en los requisitos mínimos exigidos por cada CTE según el país.

A nivel individual, se ha comentado la posible aplicabilidad que ofrece cada estudio al caso ocupado, los edificios hospitalarios.

- Estudio 1:

Para utilizar esta metodología en el ámbito de los edificios hospitalarios, deberíamos definir, para los mismos, los valores de consumo de energía: estándar, óptimo y viable:

- Consumo estándar:

Consistiría en realizar una estimación de consumos de un hospital tipo, previamente definido: respecto a su situación climática, tipo y uso, donde se haría distinción entre el consumo

destinado a conseguir el confort ambiental en cada zona y el usado para el funcionamiento de los aparatos sanitarios específicos de cada área.

- Consumo óptimo:

Para fijar un valor de consumo de energía idóneo, como objetivo al que se desea llegar, conllevaría, en primer lugar, concretar los compromisos a cumplir, derivados de normativas u otros con finalidades sostenibles.

- Consumo viable:

Se trataría de precisar un valor, que estaría entre el consumo estándar y óptimo, y con objetivo de llegar a éste último, pero valorando su viabilidad real. Es un concepto que parece interesante y útil para la tesis que se está realizando.

- Estudio 2:

La metodología es aplicable al tema que se está considerando y, a pesar de que los valores obtenidos serán siempre relativos a una media, que no tiene porqué ser un valor de consumo idóneo, si dará una idea de variaciones importantes que puedan existir entre diferentes comportamientos de consumo de energía en los hospitales.

- Estudio 3:

Considera imprescindible realizar un estado del arte, crítico, de todos los estudios, llevados a cabo hasta el momento, para conocer hasta que punto es posible su aplicabilidad. Consideración que se ha llevado a cabo en la presente investigación.

- Estudio 4:

Este estudio hace patente la necesidad de revisar los consumos energéticos sobre el terreno, es decir, analizando el comportamiento de diferentes hospitales, y comparando los resultados con un hospital teórico, cuyo comportamiento está determinado por requerimientos normativos.

- Estudio 5:

Aplicar su metodología supondría considerar que el consumo óptimo estará en función de unos factores correctores referidos a las variables principales que inciden sobre el consumo de energía, condicionadas por las características concretas de cada hospital.

Parece interesante, también, ofrecer también una visión global, de la aplicabilidad del conjunto de los estudios, para ofrecer una visión más general:

A nivel más general, se puede considerar factible desarrollar, a partir de los estudios elegidos, una metodología para averiguar cuál debe ser el gasto energético de un hospital, para ser considerado eficiente. Como se observa, de los estudios seleccionados no hay ninguno que hable de cuál es o como determinar el consumo de energía óptimo en un hospital, sin embargo, sí que cada uno contribuye con una pequeña aportación: Uno nos ofrece una metodología para hallarlo, si lo adaptamos a nuestra tipología edificatoria. Otros nos indican qué hospitales son comparables y las variables que inciden en el consumo de energía. Otro nos indica que el modo de hacerlo, en primer lugar, es a partir de la revisión de los métodos existentes...Y otro incide en la importancia de considerar todos los factores que afectan al consumo. Por ello, se considera que, a partir de la extracción de una parte de la metodología que emplea cada estudio, sería posible elaborar la necesaria para el sector hospitalario.

## **7. DISCUSIÓN**

## 7 DISCUSIÓN

La tesis parte de la premisa de que un mismo valor de consumo de energía óptimo, para todos los hospitales, no aportaría una información real sobre la eficiencia energética de cada uno, ya que, como se manifiesta en numerosas ocasiones en la presente, la palabra HOSPITAL, abarca tal pluralidad de edificios, cada uno con sus correspondientes peculiaridades, respecto a la ubicación, arquitectura, programa de servicios y/o necesidades, equipamiento, instalaciones y un largo etcétera, que los convierte en edificios difícilmente comparables entre sí, principalmente en cuanto al consumo energético, que es el tema tratado. Esta hipótesis de planteamiento queda justificada en los capítulos 4 y 5, en los que se pone de manifiesto la gran diversidad de los hospitales en diversos aspectos:

- En el capítulo 4, primera línea de investigación, referida a la *eficiencia energética en hospitales desde una perspectiva histórica*, ya se constata el alto nivel de afectación que tiene la elección de una tipología edificatoria u otra sobre su comportamiento energético, en diversos aspectos como la longitud del recorrido que deben realizar las instalaciones para dar servicio a todos los puntos de la edificación y asegurar así el correcto funcionamiento de la misma, o las posibilidades de aprovechar los recursos naturales ofrecidos por su entorno, entre otros.
- En el capítulo 5, segunda línea de investigación, *la eficiencia energética en hospitales según su programa de necesidades*, se vuelve, de nuevo, a demostrar la influencia de parámetros característicos de estos edificios y altamente influyentes en el consumo de energía como su tamaño y capacidad, los servicios comprendidos, las fuentes energéticas utilizadas, el uso o no de determinadas estrategias energéticas, el año de construcción, determinante, tanto por las exigencias normativas como por los materiales y soluciones constructivas utilizadas, etc. Este capítulo revela lo incoherente que sería comparar las demandas energéticas de un hospital de más de 300 camas, ubicado en Andalucía, con servicio de lavandería y UCI pediátrica y construido hace más de treinta años, con

uno de nueva construcción situado en Salamanca, de pequeño tamaño y con menor número de servicios de alto consumo de energía.

En el capítulo 6, se da una definición de lo que se estima en esta tesis cómo consumo energético óptimo de un hospital, valor que siempre debe estar por encima del exigido por la normativa, para lo que ha sido básico, conocer los requerimientos normativos energéticos obligatorios que establezcan dónde se halla el límite máximo de consumo. Recordemos que *óptimo* era sinónimo de *insuperable*, por lo que se ha considerado que el cumplimiento de las directrices marcadas por las recomendaciones de las instituciones gubernamentales y/o las acreditaciones voluntarias puede conducir hacia este valor. Como se debe concretar que estándar se utilizará en cada caso, para unificar criterios, en esta tesis se ha propuesto utilizar el Sistema de acreditación *Leed*.

En el mismo apartado, también se muestra un abanico de metodologías, con posibilidad de ser total o parcialmente adaptables a una propia y exclusiva para los hospitales, que permita determinar cuál debe ser el consumo idóneo y que marque la línea de separación entre los que son o no eficientes. Aunque esta metodología puede ser única para todo el conjunto de edificios hospitalarios, el resultado obtenido, del valor consumo de energía 'óptimo, estará condicionado por unas variables, causantes de las alteraciones del consumo de energía de cada hospital. Éstas posibilitan crear una clasificación de los hospitales en un determinado número de prototipos (A, B, C,...N), tantos como se consideren necesarios, agrupados según su grado de gasto energético requerido, lo que permitiría realizar comparaciones entre hospitales con características similares tanto de ubicación, tamaño, tipología arquitectónica, servicios ofertados...y resto de factores con posibilidades de influir en los consumos de energía. Con ello, se podría reconocer un valor de consumo óptimo idéntico para toda la tipología hospitalaria, a condición de corregirlo multiplicándolo por un factor característico para cada prototipo, representante de un conjunto de hospitales con similitudes en cuanto a necesidades y comportamiento energético. El resultado de todo ello sería una mayor aproximación al consumo óptimo real de un hospital y la posibilidad de

establecer comparaciones con fundamento, ya que se establecerían similitudes entre edificios con características semejantes y no tan dispares como ocurría anteriormente a este planteamiento.

## **8. CONCLUSIONES**

## 8 CONCLUSIONES

En las tres líneas de investigación desarrolladas en los capítulos 4, 5 y 6, parte de la exposición de la tesis, se han elaborado unos comentarios generales, al final de cada uno, a modo de conclusiones parciales. El conjunto de los mismos, junto con el resto del trabajo, posibilita la elaboración de las conclusiones finales que se presentan a continuación:

- 1 Se evidencia la repercusión de la heterogeneidad de los edificios hospitalarios, sobre la imposibilidad de realizar comparaciones en cuanto a su consumo de energía.
- 2 Determinar un valor único y característico de consumo de energía 'óptimo' para todo el conjunto de hospitales aportaría un dato de escasa fiabilidad.
- 3 La base para diseñar un método adecuado en futuras investigaciones, a fin de concretar el valor del consumo de energía 'óptimo', estará en función de la suma de las partes aplicables de cada uno de los métodos ofrecidos, por los estudios que se adapten a la tipología de los edificios hospitalarios, ya que, ninguno de los estudios analizados, permite la aplicabilidad total de su metodología a nuestro caso, pero si, en cambio, de manera parcial.
- 4 Aunque se considera que la futura metodología a diseñar, puede ser única para todo el conjunto de edificios hospitalarios, su resultado estará condicionado por un conjunto de parámetros, definidos en la presente tesis, como principales causantes de las variaciones del consumo de energía en los hospitales
- 5 Estas variables permiten originar una clasificación de los hospitales, agrupados según su grado de gasto energético requerido, en un determinado número de prototipos, posibilitando de esta manera una comparación más precisa.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

## 9 BIBLIOGRAFÍA

**Aguilar R, García M, Cañuelo M & Díaz J.M.** *Posibilidades técnicas para reducir los consumos de agua y energía en centros hospitalarios y residenciales.* XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Alavedra P, Domínguez J, Gonzalo E, & Serra J.** (1998). *La construcción sostenible. El estado de la cuestión.* Ciudades para un futuro más sostenible. Boletín CF+S, 4: 1-11.

**Anderson, D.** (2009). *Humanizing the hospital: Design lessons from a Finnish sanatorium.* CMAJ (Canadian Medical Association or its licensors).

**Araujo, R.** (2010) *Diseño y construcción del Hospital Infanta Leonor en Vallecas (Madrid).* Informes de la Construcción, 520: 5-14.

**Arque, J.** *Criterios energéticos. Tipificación de consumos.* IV Congreso Nacional de Hospitales. Barcelona (España), 1979.

**Aulí, E.** (2011). *Sostenibilidad en edificios sanitarios.* Plataforma Editorial. Barcelona (España).

**Ballbé, J.** (2008) *Eficiencia energética y calidad visual en instalaciones de iluminación hospitalarias.* Ingeniería Hospitalaria, 37: 1-5.

**Ballesteros, J.M.** (2010) *Gestión del alumbrado. Revisión de aspectos normativos, ahorro energético y confort de los usuarios de un hospital.* XXVIII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Málaga (España), 2010.

**Bambarén C & Alatrística S.** (2008). *Programa Médico Arquitectónico para el Diseño de Hospitales Seguros.* SINCO editores. Perú.

**Batesteza, J [dir.] & Poch, M [dir.]**. (2010). *Arquitectura per a la Salut. 18 anys d'arquitectura sanitària a Catalunya. CatSalut 1991- 2009*. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Servei Català de la Salut. Barcelona (España).

**Berrocal, F.** (2008). *Centro de rehabilitación para discapacitados*. Tesis Doctoral. Facultad de arquitectura de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

**Benjumea, J.** *El mantenimiento: Criterios y condicionantes del diseño*. IV Congreso Nacional. Barcelona (España), 1979.

**Binet, J.L.** (1996). *Les architectes de la médecine*. Les Éditions de l'Imprimeur. Francia.

**Birch S & Maynard A** (1986). *Performance Indicators and Performance Assessment in the UK National Health Service: Implications for Management and Planning*. International Journal of Health Planning and Management, 1:143-156.

**Bobes, A & Tribó, J.A.** (2005). *Les instal·lacions en el projecte executiu. Instal·lacions de calefacció*. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Demarcació de Barcelona. Barcelona (España).

**Burgos M, Alcolea S, Rodríguez J, Ruiz L, Durán J, Sanz A et al.** (2010). *Guía de ahorro y eficiencia energética para hospitales*. Fenercom. Recuperado de:  
<http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicacion.php?id=143>

**Burnay, L.** *Tendencias en el diseño de la Ingeniería Hospitalaria*. XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Cabrera O & Pérez Y.** (2004) *Reflexiones sobre el consumo energético en el sector hotelero cubano*. Recuperado de:

<http://www.ilustrados.com/tema/2897/Reflexiones-sobre-consumo-energetico-sector-hotelerero.html>

**Cabrera O, Borroto A, Monteagudo Y, Pérez C & Cambell H.** (2004). *Evaluación del indicador KWH/HDO de eficiencia eléctrica en instalaciones hoteleras cubanas*. Recuperado de:  
<http://site.ebrary.com/lib/bibliounicafamsp/Doc?id=10336980>

**Cáceres, J.** (1996) *Desenvolupament Sostenible*. Revista Tracte, 66.

**Camino E, Diéguez A & Blanco M.** *La búsqueda de la excelencia medioambiental en un Hospital público*. XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Carrier Air Conditioning.** (1989). *Manual de aire acondicionado Carrier (Handbook of air conditioning system design)*. Editorial Marcombo, S.A. Barcelona (España).

**Casares, A.** (1994). *Residencia vertical o estructura tecnificada. La evolución del Hospital del S. XX*. AV Monografías de arquitectura y vivienda, 49: 9-12.

**Castella F.** (2010). *Hospital de Mollet, Eficiencia y sostenibilidad*. Ingeniería Hospitalaria, 42: 20-32.

**Castellano J & Vilardell M.** *Hospital Verde: reto de presente, garantía de futuro*. XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Castro F, San José J.F, Villafruela J.M, Méndez C & Guijarro A.** (2008). *Mejora de la ventilación de una habitación de Hospital*. Ingeniería Hospitalaria, 37: 1-7.

**Cebrián, F.** *Acondicionamiento de aire en los Hospitales*. XVIII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Málaga (España), 2010.

**CECU**, Confederación de consumidores y usuarios. (2007). *Enerbuilding: El uso racional de la energía en los edificios públicos*. Ministerio de Sanidad y Consumo. Recuperado de: <http://www.cecuc.org/campanas/medio%20ambiente/Guia%20Edif%20Publicos.pdf>

**Comando, R.** (2008). *Tecnología y diseño para mejorar la calidad de atención en salud*. Ingeniería Hospitalaria, 37: 23-25.

**Consejería de Salud Junta de Andalucía.** (2007). *Memoria de Sostenibilidad del Hospital Universitario Virgen de las Nieves*. Recuperado de: [http://www.hvn.es/invest\\_calid\\_docencia/bibliotecas/publicaciones/archivos/doc\\_36.pdf](http://www.hvn.es/invest_calid_docencia/bibliotecas/publicaciones/archivos/doc_36.pdf)

**Cor Wagenaar ed.** (2006). *The architecture of hospitals*. NAI Publishers. Rotterdam (Holanda).

**Corretger, M.** (2008). *Incidencia del mantenimiento en la gestión energética en los edificios*. Ingeniería Hospitalaria, 39: 4-23.

**Cruceta, G.** (2005). *Verificación y validación de la calidad ambiental en áreas quirúrgicas*. Ingeniería Hospitalaria, 30: 12-7.

**Cuchí A & López I.** (1999). *Una aproximación al impacto ambiental de la Escuela de Arquitectura del Vallés*. Monografies Textures, 504.

**Cuchi A, Castelló D, Díez G & Sagrera A.** (2003). *Parámetros de sostenibilidad*. ITEC. Barcelona (España).

**Cuchí A & Pagès A.** (2007). *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*. Ministerio de Vivienda del Gobierno de España. Madrid (España).

**Cuchi A, Wadel G & Rivas P.** (2010). *Cambio Global España 2020-2050. Sector edificación*. Societat Orgànica. Madrid (España).

**Czajkowski, J.** *Evolución de los edificios hospitalarios. Aproximación a una visión tipológica*. IV Congreso Latinoamericano y 7º Jornadas Interdisciplinarias de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria. Buenos Aires (Argentina), 1993.

**Chávez del Valle, F.** *Zona variable de confort térmico*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2002.

**Dirección General de Electricidad. Ministerio de Energía y Minas.** (2008). *Guía, 13: Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético*. Perú.

**Durán, S.** (2008). *Cálculos de instalaciones de fontanería, gas y calefacción. Volumen 1: Comportamiento térmico de los edificios y cálculo de instalaciones de agua caliente sanitaria*. Tornapunta Ediciones. Madrid (España).

**Editorial Pencil.** (2007). *Arquitectura Sostenible*, 5. Editorial Pencil. Valencia (España). pp: 321-8.

**Ehrström M, Jetsonen S, Lindh T, Schalin M. & Schalin M.** (2005). *Nomination of Paimio Hospital for inclusion in the world heritage list*. National Board of Antiquities. Helsinki (Finlandia).

**EPA**, Environmental Protection Agency. (2001). *EPA Administrator Launches New ENERGY STAR(TM) Rating Tool for Hospitals*.

Recuperado de:

<http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/d0cf6618525a9efb85257359003fb69d/38d48f0>

613d8f18185256b0500701889! OpenDocument.

**Esquerra P, Planas C, Gallostra J & Túnica J.** (2007) *Tecnología para la Sostenibilidad ¿Conveniencia o necesidad?* Ingeniería Hospitalaria, 36: 24-41.

**Esquerra, P.** (2008). *Les instal·lacions en el projecte executiu. Instal·lacions de climatització.* Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, Demarcació de Barcelona. Barcelona (España).

**Fernández, L.** *¿Podemos diseñar y construir hospitales más eficientes en el futuro?* XVI Congreso Nacional de Hospitales. Extremadura (España), 2009.

**Fernández, M.D.** (2007). *Aproximación a la historia de la arquitectura hospitalaria.* Fundación Universitaria Española. Madrid (España).

**Folkesson K & Lawrance W.** (2005). *Comparación de costes energéticos en el ciclo de vida útil.* Ingeniería Hospitalaria, 30: 46.

**Forster R.** (2005). *Iluminación eficiente en los Hospitales.* Ingeniería Hospitalaria, 30: 47.

**Gaglia, A.** (2007). *Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings.* Energy Conversion and Management, 48: 1160-1175.

**Galeno, C.** (2006). *Concepción sanitaria de la arquitectura: La salubridad que marcó el espacio moderno.* Ciudad y Arquitectura (CA), 125: 36-7.

**Gallostra, J.** (1984). *La incorporación de las instalaciones en el hospital*. Todo Hospital, 9: 47-52.

**Ibid.** *Criterios de diseño de sistemas eléctricos y ambientales en áreas de riesgo del hospital*. XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**García, B.** (1997). *Análisis de eficiencia del sector hospitalario: Una revisión de métodos*. Cuadernos de Estudios Empresariales, 7: 151-176.

**García J, Garrido S, Pérez C, López F & Díaz E.** (2007) *Gestión energética en servicios de salud*. Ingeniería Hospitalaria, 34: 31-8.

**García, J.** *Centros de salud de alta eficiencia energética y Medioambiental. Claves estratégicas para la reducción global de las emisiones de contaminantes*. XX Congress of International Federation of Hospital Engineering y XXVI Seminario de Ingeniería Hospitalaria, Congreso Nacional. Barcelona (España), 2008.

**Ibid.** (2010). *Vía Construcción sanitaria*, 1.

**García, X.** (2004). *Regulación y certificación energética en edificios: Una asignatura pendiente en España*. Revista del Instituto de investigación Tecnológica de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Recuperado de <http://www.iit.upcomillas.es/docs/IIT-04-022I.pdf>.

**Gas Natural Fenosa.** (2010). *Eficiencia energética en el sector sanitario*. Ingeniería Hospitalaria, 45: 36-37.

**Gener, J.M [dir.], Vendrell, J [coo.] & Vila, M [coo.].** (2010). *Arquitectura dels equipaments públics a Catalunya 2000-2010*. Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Barcelona (España).

**Gil, L.** (1984). *Qué ha de hacer el arquitecto y para quién*. *Todo Hospital*, 9: 47-52.

**Ibid.** (1998). *40 años de arquitectura hospitalaria*. T6 Ediciones S.L. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra. Navarra (España).

**Ibid.** (2003). *Hablando a futuros arquitectos*. T6 Ediciones S.L. Navarra (España).

**Giménez, C.** *Alternativas para la mejora de la eficiencia energética de los acristalamientos: los vidrios dinámicos*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 2011.

**Gómez A & Carnero C.** *Clasificación de equipos e instalaciones de un Complejo Hospitalario de última generación*. X Congreso de Ingeniería de Organización. Valencia (España), 2006.

**Gordo, J.L.** *El papel de ingeniero en el S. XXI*. XX Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Salamanca (España), 2002.

**Grané, G.** (2007). Climatización por radiación en recintos Hospitalarios. *Ingeniería Hospitalaria*, 34: 19-30.

**Hancock, T.** (2001). *Doing Less Harm: Assessing and Reducing the Environmental Impact of Canada's Health Care System*. Canadian Coalition for Green Health Care. (Canadá).

**Hernández, B.** (2008). *Algunos modelos de certificación energética en Europa*. *Técnica Industrial*, 274.

**Hueros, A.** *Importancia del proyecto hospitalario. Después de la obra.* XXIII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Sevilla (España), 2005.

**IDAE**, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2007) *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012. Sector edificación.* Recuperado de:

[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_Plan\\_de\\_Accion\\_2008-2012\\_19-07-07\\_con\\_TABLAS\\_PDF\\_ACC\\_2936ad7f.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Plan_de_Accion_2008-2012_19-07-07_con_TABLAS_PDF_ACC_2936ad7f.pdf)

**IDAE** (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & **CEI** (Comité Español de Iluminación). (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria.* Recuperado de:

<http://www.idae.es/index.php/id.133/mod.publicaciones/mem.detalle>

**Iglesias, P.** (2011). *La habitación del enfermo. Ciencia y arquitectura en los hospitales del Movimiento Moderno.* Arquia/tesis, 32. Fundación Caja de Arquitectos. Madrid (España).

**Isasi, J.** *Ahorro energético en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. (HVAC).* XXV Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Santander (España), 2007.

**Junge, W** [dir.]. (2011). Especial hospitales y sustentabilidad. *D+A*, 21.

**Lago, J.** *Estrategias de orientación en los proyectos hospitalarios hacia un desarrollo sostenible.* XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Ledesma, J.M.** *Instalaciones de energía solar térmica en Hospitales.* XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**León, J.** (1994). *La arquitectura de la medicina*. AV Monografías de arquitectura y vivienda, 49: 3-4.

**Leyún O.** (2010). *LEDs en los hospitales. La tecnología LED marcará una nueva era en la iluminación*. Ingeniería Hospitalaria, 45: 22-35.

**Löhr W, Gauer K, Serrano N & Zamorano A.** (2009). *Eficiencia energética en Hospitales públicos*. Recuperado de: <http://www.gtz.de/de/dokumente/gtz2009-es-eficiencia-energetica-en-hospitales-publicos.pdf>

**López, F.** *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación. Una aportación para reducir el impacto ambiental de los edificios*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2006.

**López M & Romero S.** (1997) *Arquitectura Hospitalaria*. *Revista de la Universidad Da Coruña: Boletín Académico de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura*, 21: 31-9.

**Macias, J.** *Hospitales respetuosos con el medio ambiente*. XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria, Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Ibid.** (2010) *Evolución de los consumos energéticos y de agua en un hospital de 600 camas*. Ingeniería Hospitalaria, 45: 18-21.

**Manzanera, R.** *Acreditación de centros de atención hospitalaria en Catalunya*. XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Martí J & Tiers T.** (2009). *Eficiencia energética en hospitales*. *Temas hospitalarios*, 5521: 34-5.

**Martín, R.** (2007), *Sistemas de Climatización para Quirófanos. Módulos de flujo laminar para quirófanos.* Recuperado de <http://www.soloingenieria.net/dmdocuments/climaquiro.pdf>

**Martínez, L.M.** *Eficiencia energética en las instalaciones hospitalarias.* XXV Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Santander (España), 2007.

**Martínez V.** *Nuevo código técnico de edificación. Aplicación a hospitales.* XXIV Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Valencia (España), 2006.

**Martini I, Discoli C, Rosenfeld Y & Rosenfeld E.** *Análisis edilicio energético productivo de los edificios de salud.* IV Congreso Arquisur. La Plata (Argentina), 2000.

**McElroy J, Rhodes D, Manara G, Caraviggio M & Gonzalez L.** *Diseño de Edificios Hospitalarios. Nuevas tendencias e Innovaciones. Perspectivas en Reino Unido, Italia, EE.UU. y España.* XXV Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Santander (España), 2007.

**Millán, J.M.** *Conducción y mantenimiento para la sostenibilidad energética en sistemas de climatización de los hospitales. 'El consumo de energía para no hacer nada'.* XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**Ministerio de Sanidad y Política Social.** (2009) *Bloque quirúrgico: Estándares y recomendaciones.* Recuperado de: <http://www.msc.es/organizacion/sns/planCalidadSNS/docs/BQ.pdf>

**Miranda, Á. L.** (2007). *Técnicas de Climatización.* Editorial Marcombo, S.A. Barcelona (España).

**Miranda, Á. L & Jutglar, L.** (2008). *Técnicas de Refrigeración*. Editorial Marcombo, S.A. Barcelona.

**Ibid.** (2009). *Técnicas de Calefacción*. Editorial Marcombo, S.A. Barcelona (España).

**Monge, V.** (2001). *Contaminación Ambiental en zonas de riesgo hospitalario*. Ingeniería Hospitalaria, 22.

**Montaner, J.** (1994) *Racionalidad e higiene. Los modelos curativos del Movimiento Moderno*. AV Monografías de arquitectura y vivienda, 49: 6-8.

**Montero, S et al.** (2010). *Eficiencia energética de Edificios Residenciales*. Documents InnoCons 2010. Recuperado de: [http://www.innocons.cat/99\\_pdf/2010/eficiencia\\_energetica.pdf](http://www.innocons.cat/99_pdf/2010/eficiencia_energetica.pdf)

**Muller S, Guerrero M & Schroth T.** (2001). *La vanguardia en la filtración de aire para Hospitales. Nuevas normativas. Mantenimiento preventivo de los filtros*. Ingeniería Hospitalaria, 22.

**Nadour, M.** *La remodelación de los grandes hospitales de Madrid después de la ley de sanidad*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, 2000.

**Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency.** (2005) *Commercial and Institutional Consumption of Energy Survey (CICES)*. Natural Resources Canada. Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency. (Canadá).

**Neila, F. J.** (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Editorial Munilla-Iería. Madrid (España).

**Noé, N.** *Eficiencia en la producción de energía térmica en los hospitales.* XXIV Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Valencia (España), 2006.

**O'Byrne, C.** *El proyecto para el Hospital de Venecia de Le Corbusier.* Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2007.

**On Diseño.** (2007). *Estudio Lamela diseña un Centro de Atención para Enfermos de Alzheimer pionero en España.* On Diseño, 285.

**On Diseño.** (2011). *Arquitectura hospitalaria.* On Diseño, 318.

**Pastor, P.** (2009). *Control de riesgos ambientales en el ámbito hospitalario.* Ingeniería Hospitalaria, 25.

**Pérez, M.** (2001). *Participación del servicio de ingeniería y mantenimiento en el diseño arquitectónico y construcción de los hospitales.* Ingeniería Hospitalaria, 21.

**Pérez, P & Pastor, P.** (2009). *Consumos energéticos y calidad del aire en quirófanos.* Ingeniería Hospitalaria, 42: 4-13.

**Pérez T, Martínez L, Vélez L & Gallegos V.** (2008). *Hospitales Sustentables.* Recuperado de:

[http://www.omaaragon.org/riesgos/ficheros/\\_3521.pdf](http://www.omaaragon.org/riesgos/ficheros/_3521.pdf)

**Perfil** (2007). *Centro Nacional de Alzheimer de Madrid: Un complejo bioclimático para ahorrar energía.* Perfil, apuntes de construcción Technal: Monográfico de arquitectura hospitalaria, 40: 3.

**Pearson, D.** (1978). *Alvar Aalto and the International Style.* Whitney Library of Design. New York (EEUU).

**Pérez-Lombard L, Ortiz J & y Pout C.** (2008). *A review on buildings energy consumption information*. Elsevier. Energy and Buildings, 40: 394-398.

**Pich-Aguilera F & París J.** (2008). *Estrategias medioambientales en el nuevo Hospital de Reus*. XX Congress of International Federation of Hospital Engineering. Barcelona (España), 2008.

**Ibid.** (2009). *Estrategias medioambientales en los diseños hospitalarios*. Todo Hospital, 260: 602-6.

**Ibid.** (2010). *Estrategias medioambientales para la arquitectura hospitalaria. Un compromiso contemporáneo*. Todo Hospital, 266: 261-5.

**Pizza, A.** (1993). *Dispensario Antituberculoso De Barcelona, 1933-1937: J.Ll. Sert, J.B. Subirana, Y J. Torres Clave*. Colegio de Arquitectos de Almería. Almería (España).

**Ramírez, Y.** *Evaluación de los sistemas de energía auxiliar y la calidad de la energía. Caso: 'Dr. Rafael Medina Jiménez', Estado Vargas. Venezuela*. 2º Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad. Montevideo (Uruguay), 2006.

**Reed, C.** (2009). *Putting the 'O' Back in Energy Management*. American Society for Healthcare Engineering of the American Hospital Association. Inside ASHE. (EEUU)

**Romero, M.** (2005). *Los sistemas de aire acondicionado y su relación con la calidad ambiental en los hospitales*. Ingeniería Hospitalaria, 30: 22-9.

**Renedo, C.** (2002). *Introducción al Aire Acondicionado*. Servicio de Publicaciones de la ETSI Industriales y Telecomunicación. Cantabria (España).

**Rey, R.** (2007). *Iluminación de hospitales y el Código Técnico de la Edificación*. *Ingeniería Hospitalaria*, 35: 4-9.

**Salat, S.** *La eficiencia energética: punto clave para un hospital sostenible*. XXII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Barcelona (España), 2004.

**San José J, Alberte A & Vegas A.** *Climatización en áreas especiales. Diseño, control y seguimiento*. XX Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Salamanca (España), 2002.

**San José J, Castro F, Villafruela J & Guijarro A.** *Indicadores de energía térmica para los hospitales de Castilla y León*. XX Congress of International Federation of Hospital Engineering y XXVI Seminario de Ingeniería Hospitalaria, Congreso Nacional. Barcelona (España), 2008.

**Sánchez, A.** *Medidas de eficiencia energética en sistemas de climatización*. XXIII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Sevilla (España), 2005.

**Sancho, J.M.** *Energías renovables y medidas de ahorro y eficiencia energética en hospitales*. XXIV Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Valencia (España), 2006.

**Santos, J.** (2003). *Verticalidad versus horizontalidad. Historia de la construcción de hospitales en el S. XX*. *Informes de la Construcción*, 485: 13-25.

**Tallada, G.** *Clasificación de Quirófanos y Salas Limpias (Recomendaciones)*. XX Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Salamanca (España), 2002.

**Tigges, D.** *Exportación de la marca Minergie*. Tesina del Master oficial en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente. Universitat Politècnica de Catalunya, 2009.

**Tucci, F.** (2000). *Tecnologia e natura. Gli insegnamenti del mondo naturale per il progetto dell'architettura bioclimática*. Alinea Editrice. Firenze (Italia).

**Túnica, J.** *Tecnologías para la sostenibilidad, bioclimatización. simulación de condiciones. Tecnología necesaria*. XXV Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Santander (España), 2007.

**Ibid.** (2009). *Sistema de certificación ambiental LEED en edificios hospitalarios*. Ingeniería Hospitalaria, 42: 14-18.

**Ubierna, E.** (2006) *Hospital Sanitas La Moraleja*. Arte y Cemento, revista de la construcción y su entorno, 2024: 10.

**Urruty, E.** (2008). 'Más avanzamos, más se aleja la meta'. *Ingeniería Hospitalaria*, 39: 45-7.

**Villalobos, J.** (2010) *Gestión sanitaria para los profesionales de la salud*. McGraw-Hill Interamericana. Madrid (España).

**Xercavins, J.** *Què és el desenvolupament sostenible?* I Jornadas: Construcción i Desarrollo sostenible. Barcelona (España), 1996.

**Zapico, D.** *Reflexiones sobre el impacto ambiental del sector salud*. Conama 10. Congreso Nacional de medioambiente. Madrid (España), 2010.

**Zorita, A.L.** *Análisis de la demanda de energía eléctrica en un hospital de nueva construcción.* XXIII Seminario de Ingeniería Hospitalaria. Congreso Nacional. Sevilla (España), 2005.

## **10. ANEXO: FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

## **10 ANEXO: FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

Se debería establecer los diferentes modelos de HOSPITAL, que se consideren suficientes como para contemplar todo el abanico de centros existentes actualmente. Ello implica una revisión detallada de todos los factores que tienen afectación sobre el consumo energético y que ya esta tesis ha mencionado. A partir de este punto, y elaborada y definida una metodología única para todos los modelos, se podría concretar, mediante ésta, el valor óptimo de consumo energético requerido por cada prototipo.

Además, de este recorrido de investigación podrían surgir futuras líneas de investigación, como el análisis de la repercusión del uso de determinadas estrategias energéticas, sus costes de instalación y mantenimiento, la diferencia existente entre el ahorro energético real de un hospital en relación al que se estima teóricamente en fase de proyecto o el coste que supone recuperar las inversiones de enfocar un hospital hacia el terreno de la sostenibilidad.