

Climatización de Hospitales: análisis de costes en la producción de energía térmica y simulación energética.

Autores: José A. Torre Calvo - **MASHRAE**, Ingeniero Industrial, Director Comercial en EVAIR y Rubén Gil Gil - **MASHRAE**, Ingeniero Industrial, Director Técnico EVAIR.

INTRODUCCIÓN

El presente artículo, se centra en la simulación energética que se realizó para un estudio bajo el título de “Análisis de costes energéticos en producción de energía térmica para aportar frío según el sistema de condensación elegido en un hospital” y que se presentó vía ponencia en el XXXVI Congreso de Ingeniería Hospitalaria, celebrado en Zaragoza entre 17 y 19 de octubre de 2018.

Los datos obtenidos mediante la simulación fueron contrastados con datos reales del hospital y además de estos se incluyeron también cifras reales costes de la energía según tarificación (término de potencia y consumo), así como impuestos.

Igualmente, la ponencia completa presentada incluía, además de los costes energéticos asociados a los equipos de producción de energía térmica, otros costes de implantación de los distintos sistemas. Se consideraron, la adquisición de equipos, instalación, obra civil, consumo agua para torres, así como otros consumos secundarios (bombas, ventiladores...) y costes de mantenimiento asociados a limpieza, consumibles, cambios de filtro en pozo, desinfección y seguridad sanitaria, etc.

ALCANCE DE ESTUDIO

La realización del análisis, que se centra en la simulación energética de los diferentes sistemas propuestos y sus consumos, queda validada al haber sido contrastados éstos con los datos reales del hospital caso de estudio. Un factor muy importante en un hospital es la distribución de Energía dentro del mismo, pero esto se considera fuera del alcance de este trabajo.

SIMULACIÓN ENERGÉTICA

La simulación Energética, reproduce con la mayor fidelidad posible el comportamiento del edificio considerando uso, horarios, ocupación, iluminación, actividad de sus ocupantes y condiciones ambiente de manera horaria a lo largo de un año.



José Antonio Torre – Ingeniero Industrial

A lo largo del año es posible encontrar periodos en los que los efectos de las cargas térmicas interior y exterior simultáneo pueden llegar a compensarse y equilibrarse, dando lugar a un equilibrio térmico, mientras que, en otros, incluso con las mismas condiciones ambiente exteriores, no tiene porqué producirse este efecto debido a las diferentes condiciones de ocupación, actividad, etc.

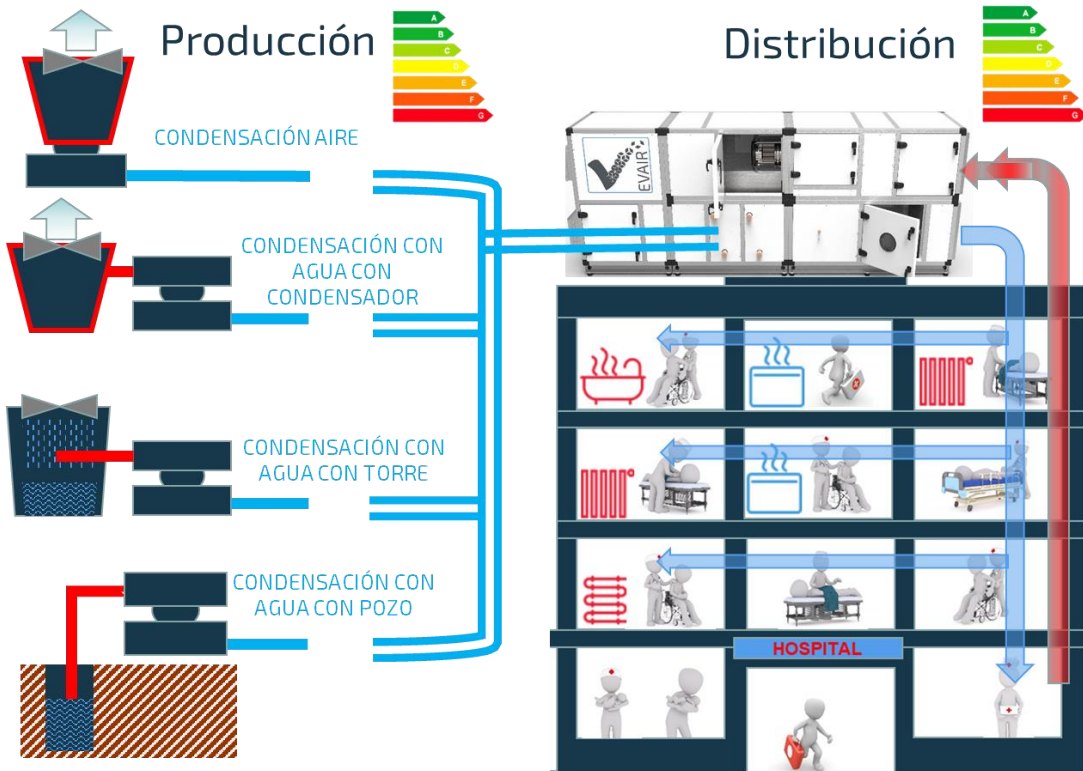
Además de las cargas consideradas como externas (radiación, transmisión y convección a través de cerramientos) y las consideradas como internas (iluminación, aparatos y ocupación) con sus correspondientes perfiles de uso, es de vital importancia la consideración de la ventilación, que puede llegar a ser un aporte positivo o negativo, pudiendo en algunos casos reducir la potencia a aportar por los sistemas de climatización propuestos gracias a la gestión de *free-cooling*.

Sistemas Incluidos en la Simulación

La eficiencia de un edificio está afectada por dos grandes bloques, por un lado, la producción de energía y por otro la distribución de energía al interior del edificio. La elección de ambas partes debe realizarse de manera conjunta y coherente, pues un edificio será tanto más eficiente cuanto más se hayan considerado la relación entre producción y distribución.

Para obtener resultados comparables, se realizó el estudio partiendo de una misma tecnología en los grupos de producción de frío (tipo de compresor y regulación del mismo).

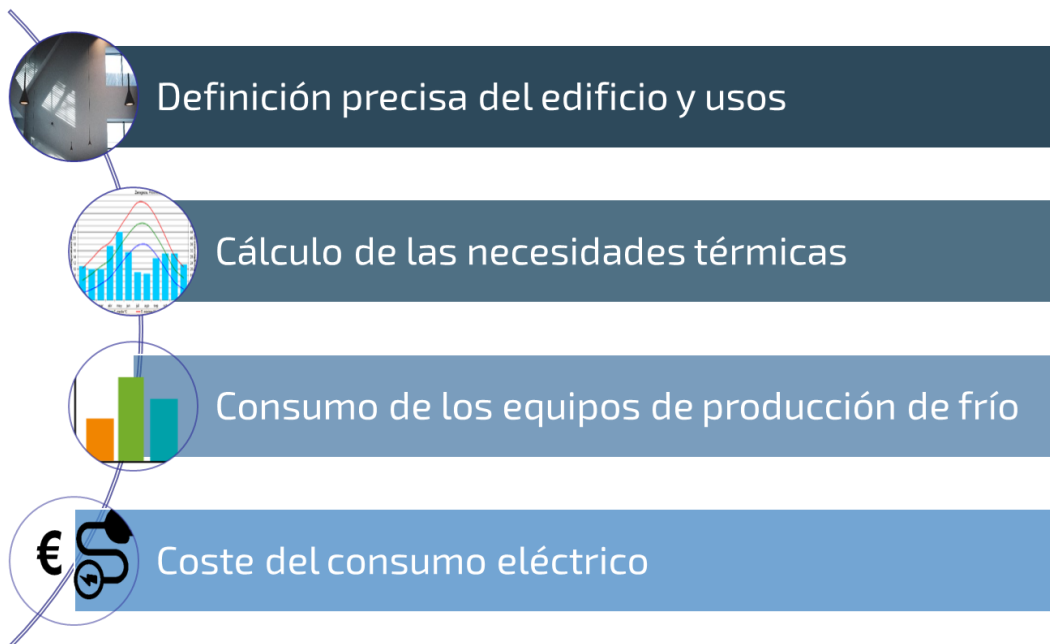
Se consideraron los siguientes sistemas de condensación para la de producción de energía:





José Antonio Torre – Ingeniero Industrial

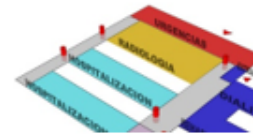
Datos de Partida para la Simulación

Para que una simulación energética sea fiable, deben tenerse en cuenta, como mínimo, cuatro aspectos fundamentales:



En la definición del edificio se debe considerar la superficie del hospital, la ocupación en distintas franjas horarias, que está afectada por los residentes, visitas y personal sanitario, la actividad metabólica de los ocupantes, la iluminación y el calor emitido por los aparatos eléctricos, la epidermis del edificio y tipo de cerramientos (Transmitancia), así como su orientación.

| DEFINICIÓN DEL EDIFICIO | | | | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------|------------------|----|-----------------|----|
| Superficie Hospital (m2) | | | 20000 | | | | |
| Ocupación (Nº de Personas) | Franja Horaria Mañana |  | 1200 | | | | |
| | Franja Horaria Tarde | | 630 | | | | |
| | Franja Horaria Noche | | 350 | | | | |
| Actividad metabólica | Franja Horaria Mañana |  | Paseo | Sensible/Persona | 50 | Latente/Persona | 60 |
| | Franja Horaria Tarde | | Paseo | 50 | 60 | | |
| | Franja Horaria Noche | | Trabajo sentado | 50 | 55 | | |
| Potencia Iluminación + Aparatos (W/m2) | | | 8 | | | | |
| Potencia Iluminación + Aparatos (W) | | | 160000 | | | | |
| Superficie Cerramientos (m2) - 5Plantas | | | 8595 | | | | |
| Transmitancia Térmica global del edificio (W/m2K) | | | 1.0 | | | | |
| Superficie Acristalada (m2) | Total | | 688 | | | | |
| | Cara N | | 86 | | | | |
| | Cara NE | | 86 | | | | |
| | Cara E | | 86 | | | | |
| | Cara SE | | 86 | | | | |
| | Cara S | | 86 | | | | |
| | Cara SO | | 86 | | | | |
| | Cara O | | 86 | | | | |
| | Cara NO | | 86 | | | | |



La evaluación de la carga de ventilación es diferente en función de la zona del hospital y de la ocupación.

| | INTERIOR | Superficie (m2) | Ventilación (m3/(hm2)) | Simultaneidad (%) | Ventilación - Simultaneidad (m3/(hm2)) |
|-------|---------------------|-----------------|------------------------|-------------------|--|
| Zonas | UCI | 350 | 70 | 60 | 42 |
| | Quirófanos | 1200 | 70 | 60 | 42 |
| | Hospitalización | 2370 | 10 | 90 | 9 |
| | Consultas | 1200 | 10 | 60 | 6 |
| | Laboratorios | 300 | 10 | 60 | 6 |
| | Rehabilitación | 550 | 10 | 60 | 6 |
| | Vestibulos/pasillos | 5500 | 5 | 60 | 3 |
| | Esterilización | 150 | 55 | 60 | 33 |
| | Radiología | 200 | 10 | 60 | 6 |
| | Urgencias | 150 | 15 | 60 | 9 |
| | Despachos | 1700 | 5 | 60 | 3 |
| | Oficinas admón | 300 | 5 | 60 | 3 |
| | Archivos | 500 | 5 | 60 | 3 |
| | Lavandería | 65 | 0 | 60 | 0 |
| | Aseos | 330 | 10 | 60 | 6 |
| | Salas de estar | 200 | 10 | 60 | 6 |
| | Vestuarios | 460 | 36 | 60 | 21,6 |
| | Almacenes, otros | 5000 | 0 | 60 | 0 |



Es muy importante la orientación del edificio y su acristalamiento para considerar el efecto de la radiación solar. Se consideran los siguientes valores de radiación en función de la hora solar y la latitud.

| Radiación solar directa a través del cristal desnudo, en W/m ² | | | | | | | | | | |
|---|------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| | | Orientación | | | | | | | | |
| Latitud Norte | Hora Solar | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO | |
| 40 | 8 | 44 | 406 | 646 | 491 | 57 | 37 | 37 | 37 | MAÑANA |
| | 9 | 48 | 248 | 520 | 510 | 132 | 44 | 44 | 44 | |
| | 10 | 50 | 98 | 399 | 466 | 217 | 50 | 50 | 50 | |
| | 11 | 53 | 57 | 182 | 355 | 283 | 72 | 53 | 53 | |
| | 12 | 53 | 53 | 59 | 202 | 309 | 202 | 59 | 53 | TARDE |
| | 13 | 53 | 53 | 53 | 72 | 283 | 355 | 182 | 57 | |
| | 14 | 50 | 50 | 50 | 50 | 217 | 466 | 399 | 98 | |
| | 15 | 48 | 44 | 44 | 44 | 132 | 510 | 567 | 248 | |
| | 16 | 44 | 37 | 37 | 37 | 57 | 491 | 646 | 406 | |
| | 17 | 50 | 31 | 31 | 31 | 35 | 390 | 614 | 469 | |
| 18 | 81 | 19 | 19 | 19 | 22 | 211 | 412 | 366 | | |
| Media Mañana | | 50 | 173 | 361 | 405 | 200 | 81 | 49 | 48 | |
| Media Tarde | | 54 | 39 | 39 | 42 | 124 | 404 | 470 | 274 | |



La principal ventaja de realizar una simulación con el nivel de detalle descrito, para llevar a cabo el análisis energético, es poder valorar situaciones a priori desconocidas; un ejemplo es aquella en las que, para condiciones exteriores equivalentes, las plantas enfriadoras tienen que aportar una capacidad completamente distinta.

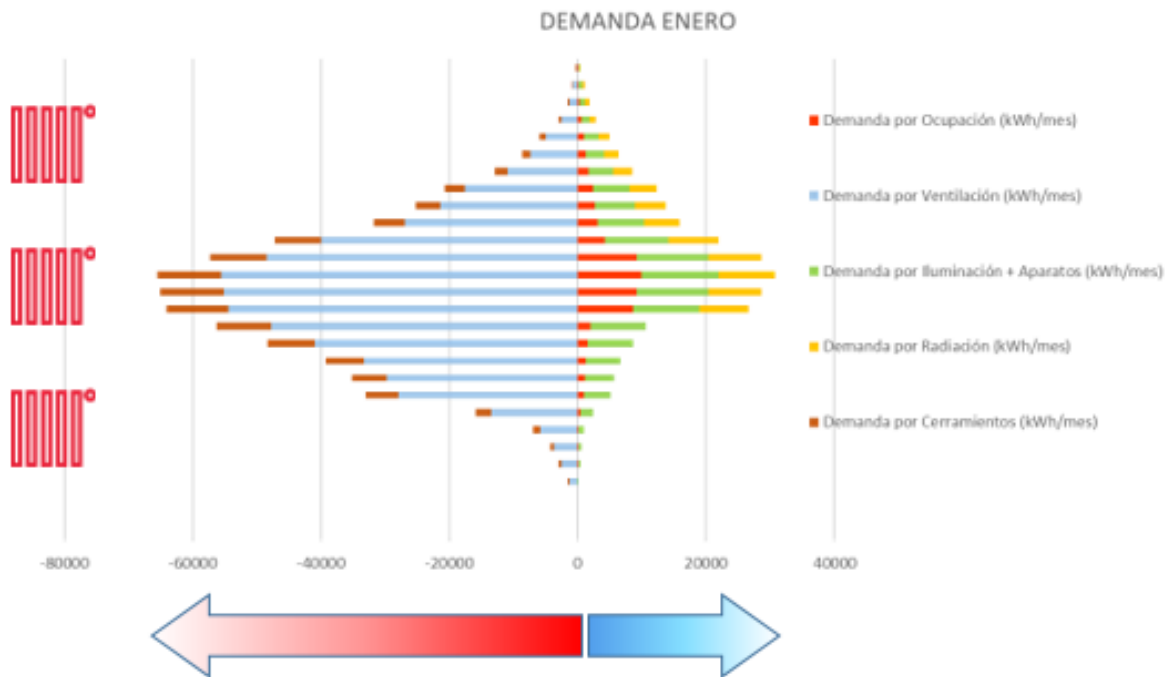
En nuestro caso de estudio, para una misma temperatura exterior de 23°C, hay momentos en los cuales la planta enfriadora va a estar suministrando 482 kW y otros en los que va a tener que suministrar 543 kW. Esta situación da lugar a un punto de trabajo del equipo diferente a nivel de carga de capacidad y por tanto a un rendimiento diferente aun trabajando en el mismo punto de condensación.

Por este motivo se hace imprescindible disponer de datos reales de los equipos en los puntos de trabajo requeridos, no sólo de rendimiento de los mismos en cargas parciales, sino en función de la variación de las condiciones de condensación.

Del resultado de la simulación energética se puede realizar un interesante análisis del funcionamiento del sistema a lo largo del año.

En meses como enero la demanda de frío es altísima, fundamentalmente debida a la transmisión por los cerramientos y al aire de ventilación, que está por debajo de la temperatura de confort del edificio.

Las cargas positivas debidas a la ocupación, radiación e iluminación ayudan a calentar el edificio, pero no son suficientes para contrarrestar la pérdida de calor, por lo que será necesario aportar calor en todo momento.



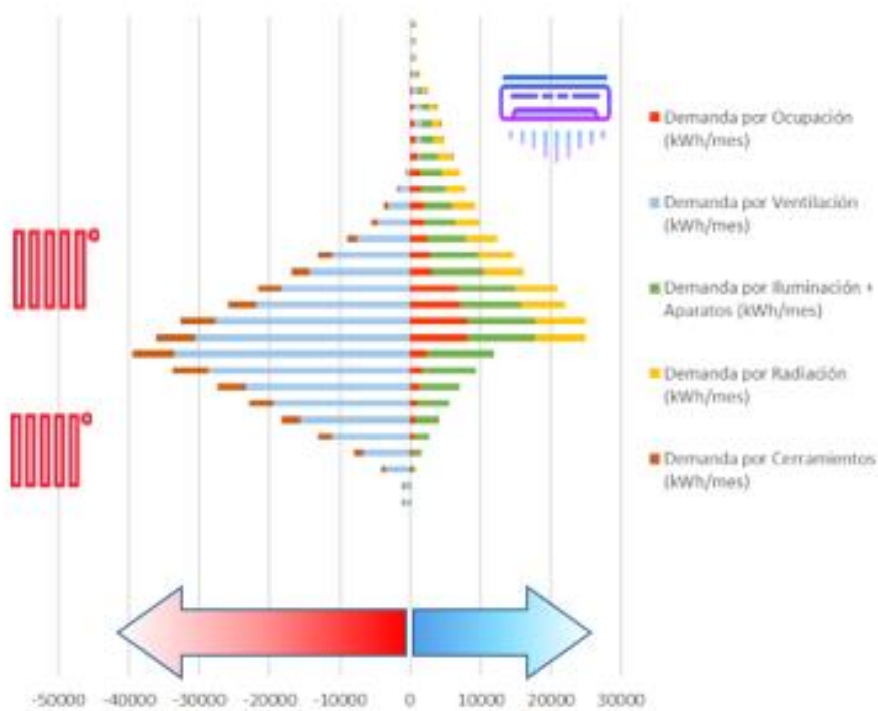
En lo que respecta a la parte de distribución de aire, las Unidades de Tratamiento de Aire deberán estar dotadas de recuperadores de energía con una eficiencia superior al 73%, lo cual supone que la carga por ventilación va a ser muy inferior a la que tendríamos si ese aporte de aire de ventilación se hiciera sin recuperación (pretratamiento gratuito).

Con unos niveles actuales de recuperación exigidos por el reglamento Erp Ecodiseño (UE) 1253/2014 superiores al 73%, un aire exterior que hipotéticamente estuviera a 5°C de temperatura, recuperaría la energía del aire extraído y alcanzaría, sólo gracias a la recuperación, una temperatura mínima de 19,6°C (ver artículo <http://www.evair.es/evair-academy>). Esto es especialmente interesante cuando la carga de ventilación es muy elevada, en épocas muy cálidas o muy frías.

En otros meses del año, como por ejemplo Abril, se aprecia una reducción drástica de la carga negativa (frío), manteniéndose prácticamente constante la carga positiva debida a la ocupación, iluminación y radiación, lo cual hace que, en determinados momentos del día, el balance entre la carga positiva y la negativa haga necesario refrigerar y en otros haga necesario calentar.

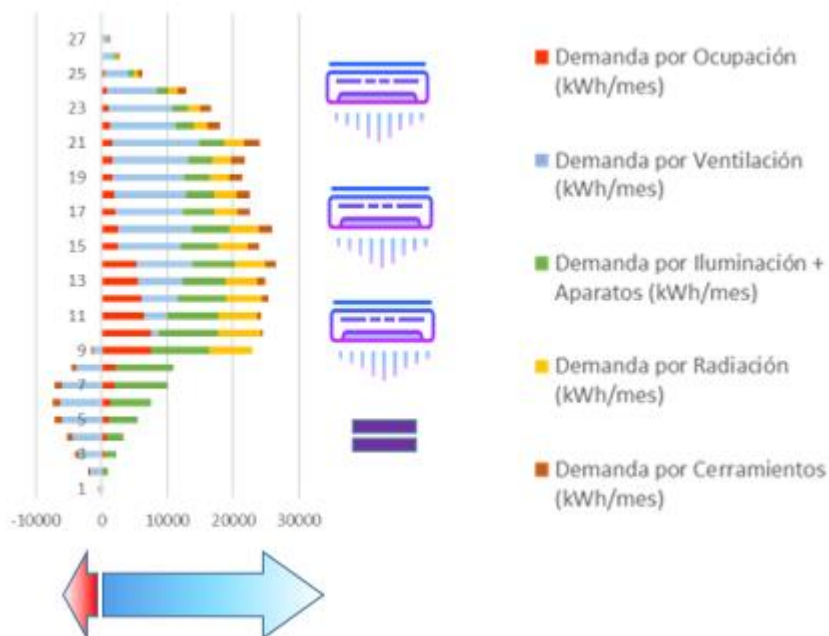
Cuando la temperatura exterior esté por encima de la consigna de temperatura interior (unos 24°C), la carga de ventilación y de transmisión pasa a ser positiva. Por otra parte, la carga de ventilación negativa se puede utilizar (y aumentar) para enfriar determinadas dependencias del Hospital (Quirófanos) en los que la carga interna es elevada, provocando una reducción del uso (o incluso una parada) del grupo frigorífico durante ese periodo. Esta estrategia, que también ha sido tenida en cuenta en la simulación, se denomina habitualmente *free-cooling* o enfriamiento gratuito.

DEMANDA ABRIL

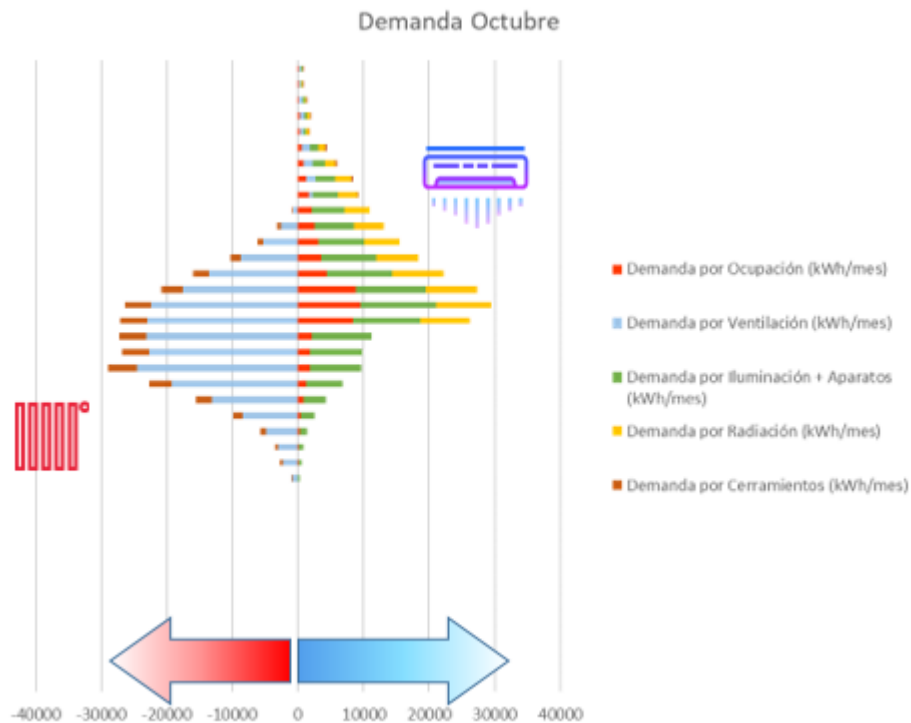


La situación en verano varía considerablemente. En Julio vemos que el balance en todo momento es positivo. A lo largo de la noche, cuando la temperatura exterior puede llegar a ser inferior a la temperatura de consigna del hospital, el aporte de aire más fresco de la ventilación provoca un equilibrio térmico sin necesidad de aporte energético con los grupos de producción.

DEMANDA JULIO



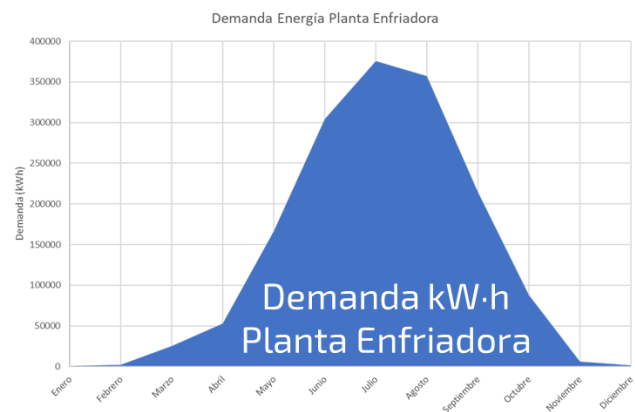
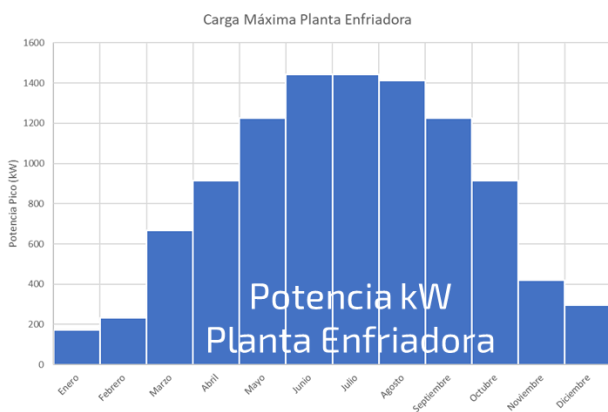
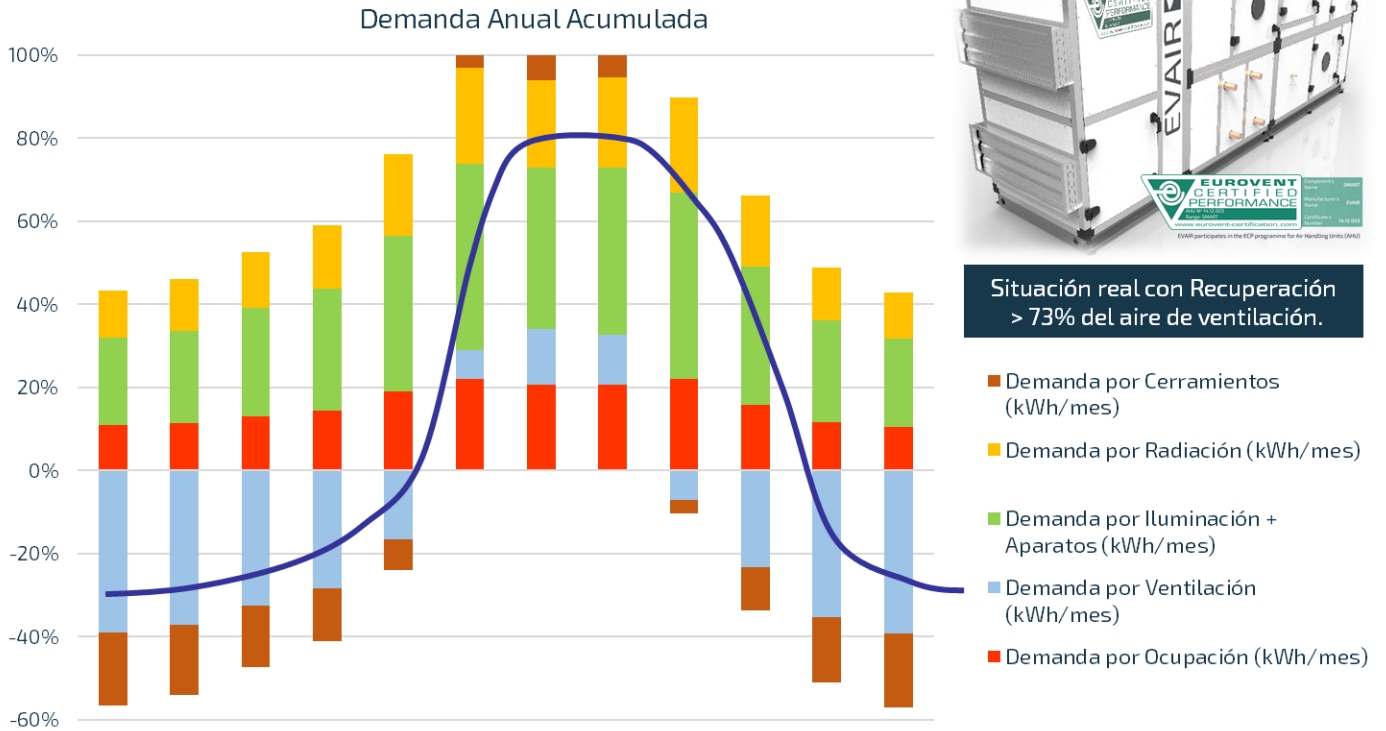
La situación en otoño es similar a la de primavera, existiendo momentos del día en los que todas las cargas son positivas y otros en los que la carga negativa del aire de ventilación compensaría la carga interior, reduciendo o anulando el aporte de los sistemas de producción. En momentos puntuales, la carga negativa supera a la carga positiva y es necesario el aporte de calor.



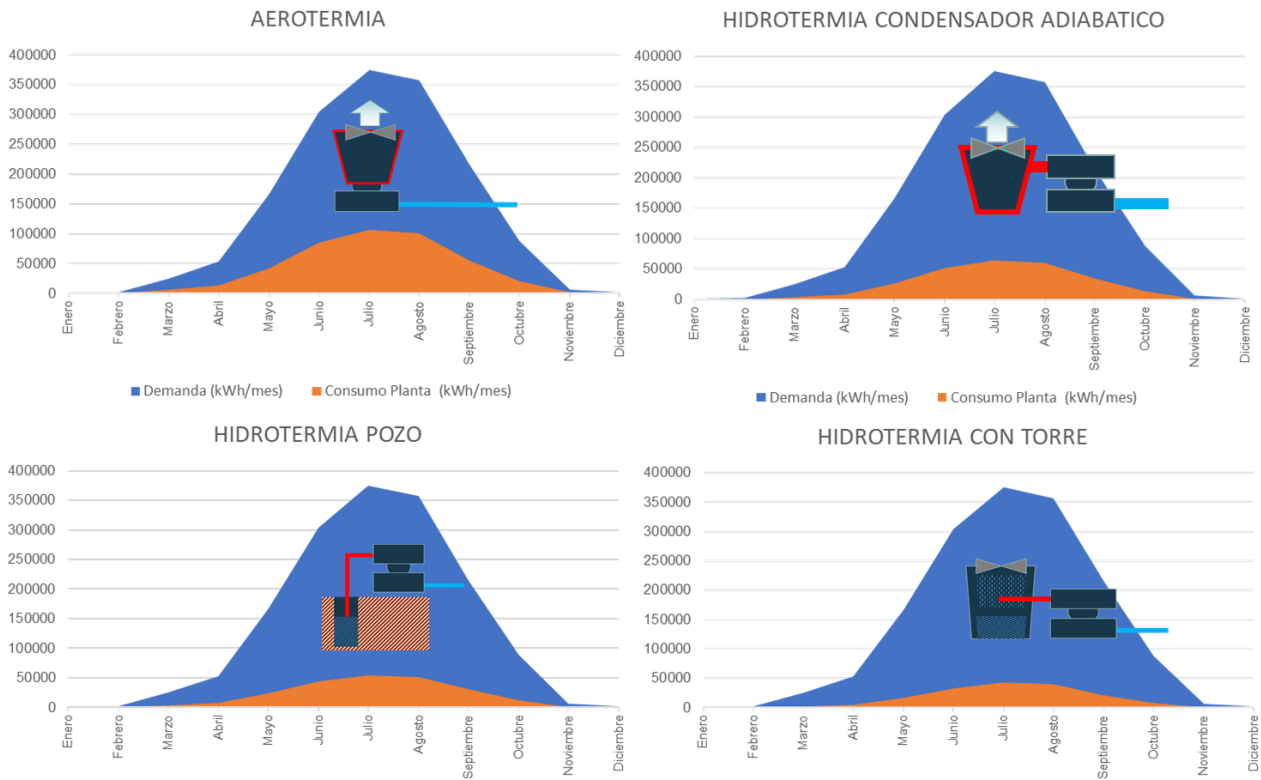
Agregando las necesidades hora a hora durante todo el año se obtiene la curva de demanda del edificio y la potencia térmica máxima necesaria en cada momento.

Aunque la parte de distribución no es objeto de este estudio, merece la pena resaltar la potencial reducción de carga térmica debido a la recuperación de calor del aire de extracción que se utiliza para precalentar (o preenfriar) el aire de ventilación. De igual modo, el *free-cooling* es una estrategia que permite que las unidades de tratamiento de aire den lugar a un impacto notable en lo que al ahorro energético final de la instalación respecta.

Teniendo en consideración la recuperación de calor y el *free-cooling*, obtenemos la curva real de demanda de la instalación:



Considerando el rendimiento a cargas parciales y teniendo en cuenta la variación de las condiciones de condensación de cada supuesto, podemos obtener la curva de consumo (demanda de energía eléctrica) según el sistema de producción elegido:



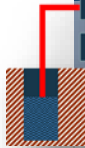
Estudiando las tablas de consumos y costes se aprecia que, como norma general, los sistemas que condensan con agua directamente, como la Torre y el Pozo, consiguen mejores rendimientos. Partiendo de los datos de tarificación eléctrica del hospital, se obtuvieron los costes por consumo de energía para cada caso:



| RESUM EN ANUAL AEROTERMIA | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|---|--|---|---|------------------------|--|
| Mes | Demanda (kWh/mes) | Carga Máxima (kW) | Consumo Planta (kWh/mes) | Coste Electricidad (Fórmula Fijo SNVA - CLMA) [€] | Precio Electricidad (Fórmula Variable Mensual) [€/kWh] | Coste Electricidad (Fórmula Variable Mensual) [€] | Coste Electricidad (Fórmula Fijo - 5,11%) [€] | Coste Electricidad [€] | |
| Enero | 674 | 172 | 189 | 2537 | 0,0705 | 13,35 | 130,32 | 2680,57 | |
| Febrero | 2418 | 234 | 630 | 2537 | 0,0705 | 44,42 | 131,91 | 2713,23 | |
| Marzo | 25216 | 668 | 5911 | 2537 | 0,0585 | 345,79 | 147,31 | 3030,01 | |
| Abril | 52996 | 916 | 12746 | 2537 | 0,0535 | 681,90 | 164,48 | 3383,29 | |
| Mayo | 166241 | 1226 | 41678 | 2537 | 0,0535 | 2229,78 | 243,58 | 5010,27 | |
| Junio | 304119 | 1443 | 84702 | 2537 | 0,0665 | 5632,69 | 417,47 | 8587,07 | |
| Julio | 375356 | 1443 | 106881 | 2537 | 0,0715 | 7641,96 | 520,14 | 10699,01 | |
| Agosto | 357055 | 1412 | 100210 | 2537 | 0,0484 | 4850,15 | 377,48 | 7764,54 | |
| Septiembre | 214847 | 1226 | 54503 | 2537 | 0,0590 | 3215,68 | 293,96 | 6046,55 | |
| Octubre | 88277 | 916 | 20877 | 2537 | 0,0535 | 1116,93 | 186,71 | 3840,55 | |
| Noviembre | 6063 | 420 | 1508 | 2537 | 0,0585 | 88,23 | 134,14 | 2759,28 | |
| Diciembre | 1313 | 296 | 324 | 2537 | 0,0705 | 22,81 | 130,80 | 2690,52 | |
| | | | | | | 25883,69 | 2878,29 | 59204,90 | |



| RESUM EN ANUAL HIDROTÉRMITA CON AEROCONDENSADOR SECO | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-------------------|---------------------------|--|--|--|---------------------------------------|------------------------|--|
| | Demanda (kW h/mes) | Carga Máxima (kW) | Consumo Planta (kW h/mes) | Coste Electricidad (Fijo - SN IVA - CLM A) [€] | Precio Electricidad (Fijo Variable Mensual) [€/kW h] | Coste Electricidad (Fijo Variable Mensual) [€] | Coste Electricidad (Fijo - 5,11%) [€] | Coste Electricidad [€] | |
| Enero | 674 | 172 | 103 | 2933,33 | 0,0705 | 7,26 | 150,26 | 3090,86 | |
| Febrero | 2418 | 234 | 376 | 2933,33 | 0,0705 | 26,51 | 151,25 | 3111,09 | |
| Marzo | 25216 | 668 | 4233 | 2933,33 | 0,0585 | 247,63 | 162,55 | 3343,51 | |
| Abril | 52996 | 916 | 9330 | 2933,33 | 0,0535 | 499,16 | 175,40 | 3607,88 | |
| Mayo | 166241 | 1226 | 31319 | 2933,33 | 0,0535 | 1675,57 | 235,51 | 4844,41 | |
| Junio | 304119 | 1443 | 64883 | 2933,33 | 0,0665 | 4314,72 | 370,38 | 7618,42 | |
| Julio | 375356 | 1443 | 82110 | 2933,33 | 0,0715 | 5870,87 | 449,89 | 9254,09 | |
| Agosto | 357055 | 1412 | 76652 | 2933,33 | 0,0484 | 3709,96 | 339,47 | 6982,76 | |
| Septiembre | 214847 | 1226 | 41374 | 2933,33 | 0,0590 | 2441,07 | 274,63 | 5649,03 | |
| Octubre | 88277 | 916 | 15230 | 2933,33 | 0,0535 | 814,81 | 191,53 | 3939,66 | |
| Noviembre | 6063 | 420 | 965 | 2933,33 | 0,0585 | 56,45 | 152,78 | 3142,56 | |
| Diciembre | 1313 | 296 | 208 | 2933,33 | 0,0705 | 14,66 | 150,64 | 3098,64 | |
| | | | | | | 19678,65 | 2804,30 | 57682,91 | |



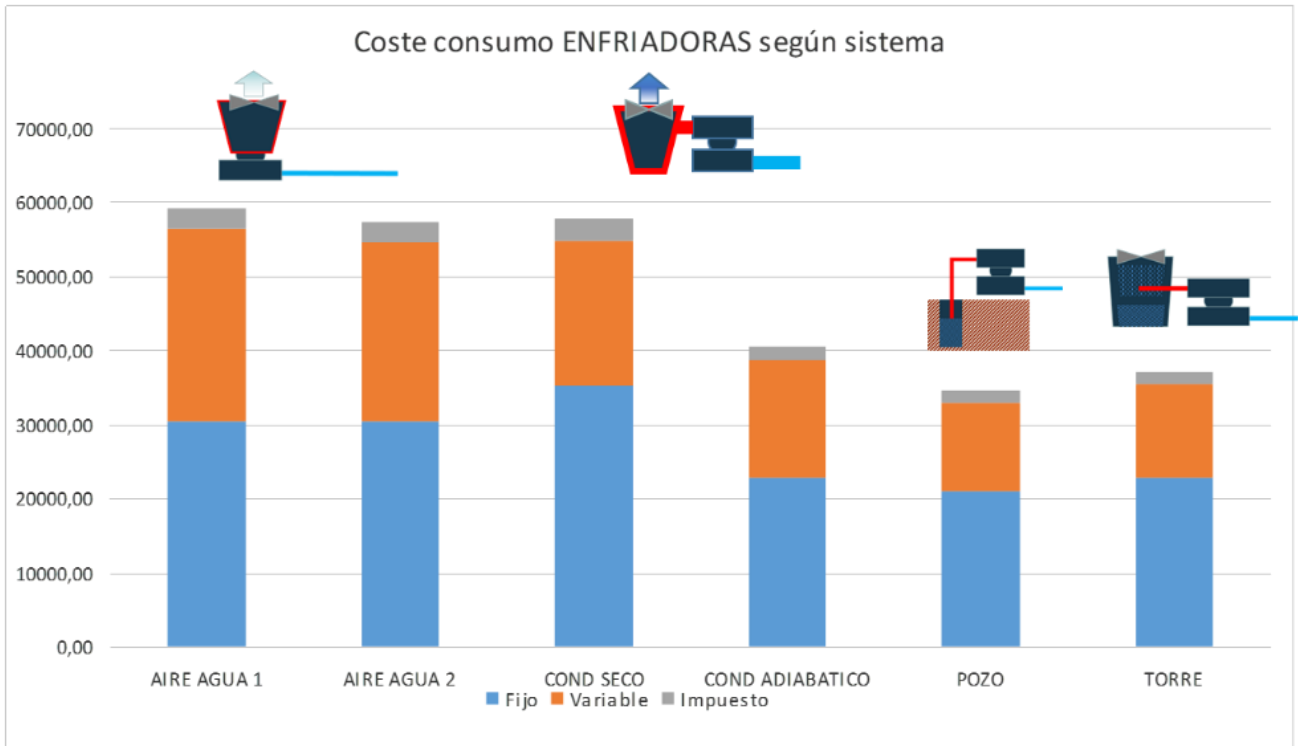
| RESUM EN ANUAL HIDROTÉRMITA POZO | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|--|--|--|---------------------------------------|------------------------|--|
| | Demanda (kW h/mes) | Carga Máxima (kW) | Consumo Planta (kW h/mes) | Coste Electricidad (Fijo - SN IVA - CLM A) [€] | Precio Electricidad (Fijo Variable Mensual) [€/kW h] | Coste Electricidad (Fijo Variable Mensual) [€] | Coste Electricidad (Fijo - 5,11%) [€] | Coste Electricidad [€] | |
| Enero | 674 | 172 | 81 | 1744 | 0,07 | 5,71 | 89,42 | 1839,29 | |
| Febrero | 2418 | 234 | 289 | 1744 | 0,07 | 20,37 | 90,17 | 1854,70 | |
| Marzo | 25216 | 668 | 2980 | 1744 | 0,06 | 174,33 | 98,03 | 2016,52 | |
| Abril | 52996 | 916 | 6298 | 1744 | 0,05 | 336,94 | 106,34 | 2187,45 | |
| Mayo | 166241 | 1226 | 20248 | 1744 | 0,05 | 1083,27 | 144,48 | 2971,91 | |
| Junio | 304119 | 1443 | 38422 | 1744 | 0,07 | 2555,06 | 219,69 | 4518,91 | |
| Julio | 375356 | 1443 | 47946 | 1744 | 0,07 | 3428,14 | 264,30 | 5436,60 | |
| Agosto | 357055 | 1412 | 45284 | 1744 | 0,05 | 2191,75 | 201,12 | 4137,03 | |
| Septiembre | 214847 | 1226 | 26061 | 1744 | 0,06 | 1537,60 | 167,70 | 3449,46 | |
| Octubre | 88277 | 916 | 10479 | 1744 | 0,05 | 560,63 | 117,77 | 2422,56 | |
| Noviembre | 6063 | 420 | 722 | 1744 | 0,06 | 42,24 | 91,28 | 1877,68 | |
| Diciembre | 1313 | 296 | 157 | 1744 | 0,07 | 11,07 | 89,69 | 1844,92 | |
| | | | | | | 11947,10 | 1680,02 | 34557,04 | |



| RESUM EN ANUAL AGUA-AGUA TORRE | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|--|--|--|---------------------------------------|------------------------|--|
| | Demanda (kW h/mes) | Carga Máxima (kW) | Consumo Planta (kW h/mes) | Coste Electricidad (Fijo - SN IVA - CLM A) [€] | Precio Electricidad (Fijo Variable Mensual) [€/kW h] | Coste Electricidad (Fijo Variable Mensual) [€] | Coste Electricidad (Fijo - 5,11%) [€] | Coste Electricidad [€] | |
| Enero | 674 | 172 | 78 | 1903 | 0,07 | 5,50 | 97,51 | 2005,67 | |
| Febrero | 2418 | 234 | 278 | 1903 | 0,07 | 19,60 | 98,23 | 2020,49 | |
| Marzo | 25216 | 668 | 2937 | 1903 | 0,06 | 171,81 | 106,01 | 2180,48 | |
| Abril | 52996 | 916 | 6299 | 1903 | 0,05 | 337,00 | 114,45 | 2354,10 | |
| Mayo | 166241 | 1226 | 20546 | 1903 | 0,05 | 1099,21 | 153,40 | 3155,27 | |
| Junio | 304119 | 1443 | 40857 | 1903 | 0,07 | 2716,99 | 236,06 | 4855,71 | |
| Julio | 375356 | 1443 | 51374 | 1903 | 0,07 | 3673,24 | 284,93 | 5860,83 | |
| Agosto | 357055 | 1412 | 48098 | 1903 | 0,05 | 2327,94 | 216,18 | 4446,79 | |
| Septiembre | 214847 | 1226 | 26850 | 1903 | 0,06 | 1584,15 | 178,18 | 3664,99 | |
| Octubre | 88277 | 916 | 10427 | 1903 | 0,05 | 557,84 | 125,73 | 2586,24 | |
| Noviembre | 6063 | 420 | 699 | 1903 | 0,06 | 40,89 | 99,32 | 2042,87 | |
| Diciembre | 1313 | 296 | 151 | 1903 | 0,07 | 10,65 | 97,77 | 2011,08 | |
| | | | | | | 12544,83 | 1807,75 | 37184,50 | |

Estudiando el coste de la electricidad el escenario comienza a ser diferente, ya que hay que tener en cuenta, no sólo la tarificación eléctrica, sino también el hecho de que algunos sistemas que tienen menores picos de demanda (consumo más estable a lo largo del año), lo cual permite reducir la contratación eléctrica en lo que a término fijo refiere.

Gráficamente:

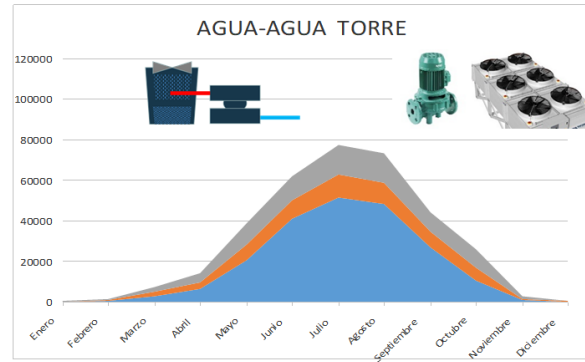
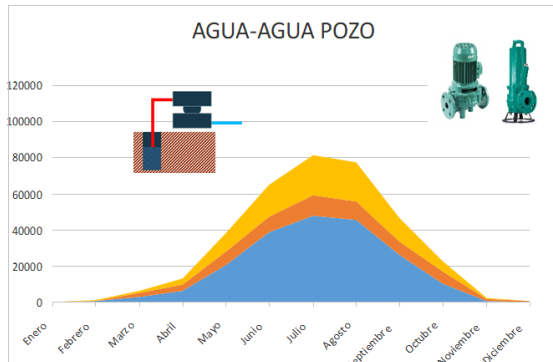
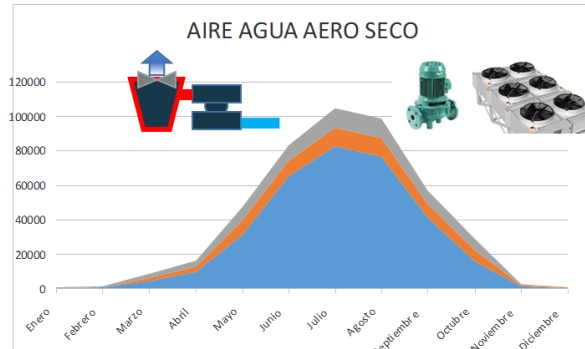
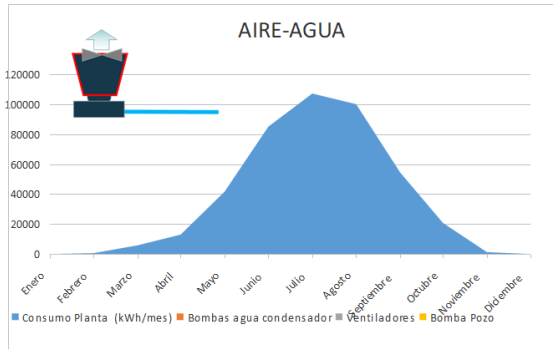


En este primer análisis parece que el coste de consumo de los equipos (plantas enfriadoras) más favorable es el de los sistemas condensados por agua con pozo y con torre, sin embargo, para completar el comparativo, hay que tener en cuenta el consumo asociado a elementos necesarios de transporte de energía que conciernen exclusivamente a la producción, como son las bombas de circulación de agua, la bomba de pozo o los ventiladores.

Incorporación de circuladores de agua y aire en condensación:



Si se añaden los consumos asociados al transporte de energía, se obtiene una nueva curva de consumo de cada sistema:

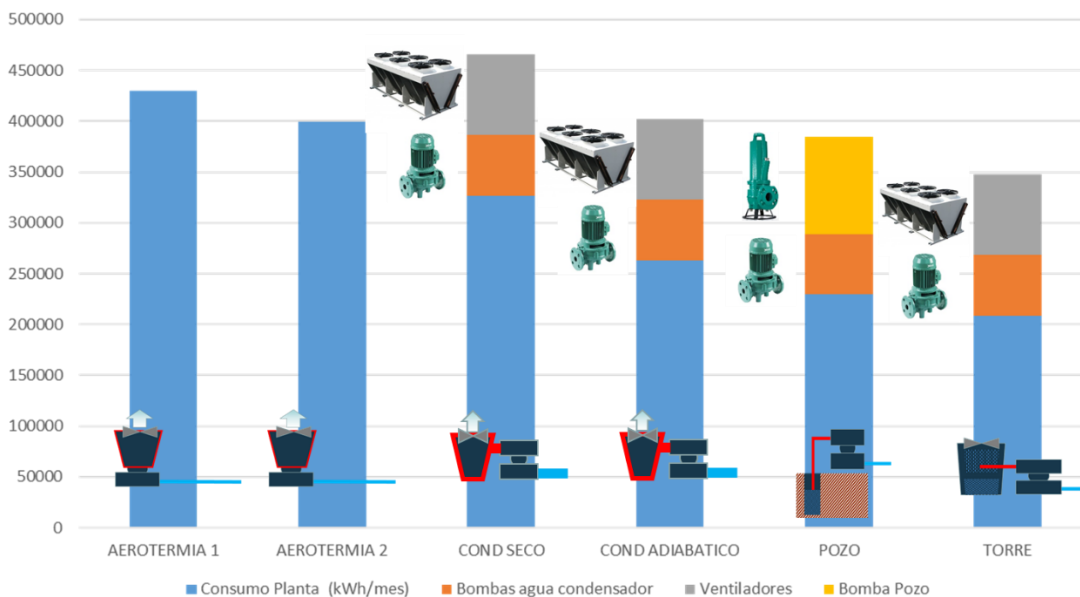


- Consumo Planta (kWh/mes)
- Bombas agua condensador
- Ventiladores
- Bomba Pozo

José Antonio Torre – Ingeniero Industrial

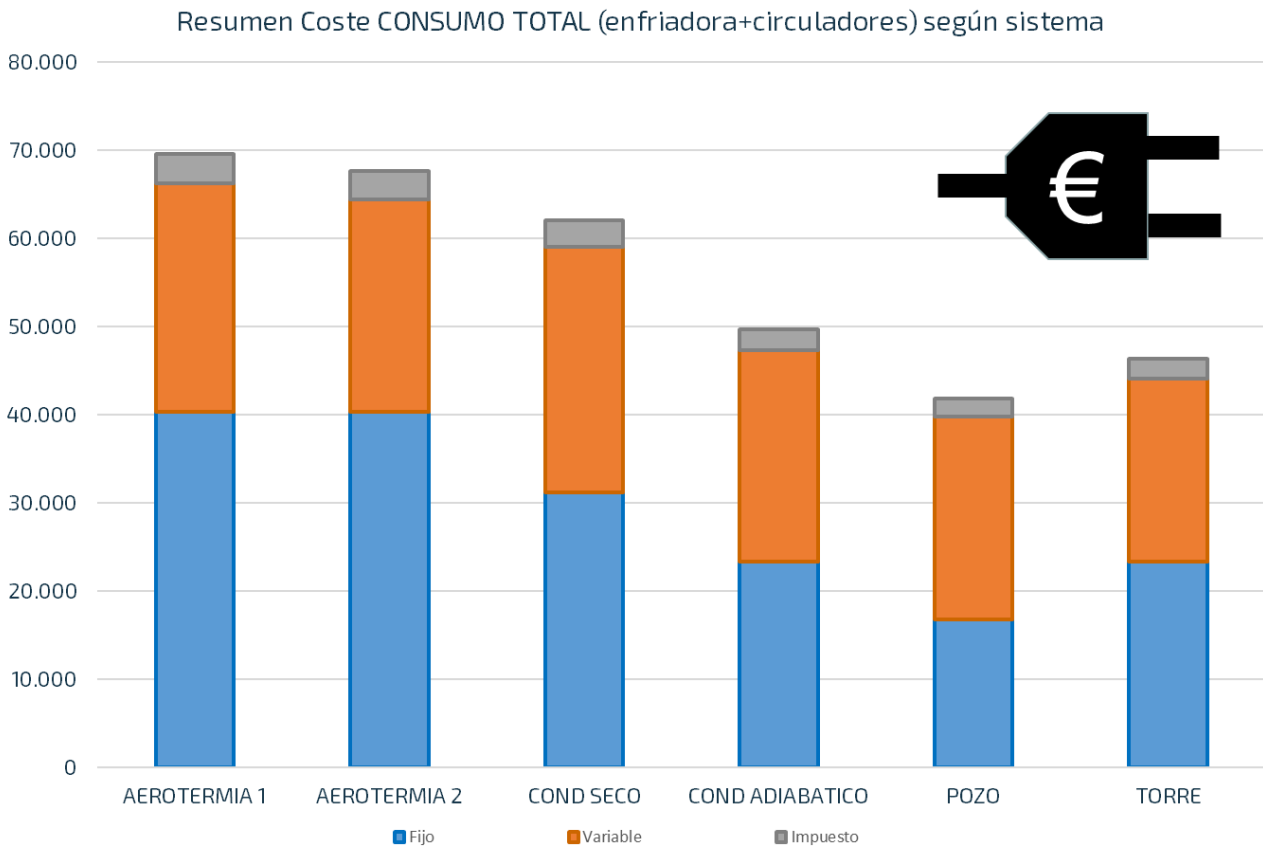
A partir de ahí ya se puede establecer un consumo real de cada sistema contabilizando la condensación de la planta enfriadora y todos los elementos necesarios para el transporte de energía en condensación.

Resumen Consumo TOTAL - kWh/mes



Finalmente, añadiendo los costes asociados a dicho consumo y se obtiene el coste final de cada sistema y se puede comparar el coste anual de los distintos sistemas de condensación para el hospital. Considerando todos los costes, se puede apreciar que la diferencia entre los sistemas condensados por aire y agua es mucho menor de lo que cabría pensar inicialmente al hacer una comparativa directa de rendimientos.

Como referencia, si se quieren tomar datos de referencia €/m², recordar que el estudio se planteó para un hospital de 20.000 m³/h.



Este artículo, como se mencionó anteriormente, se centró en la parte de simulación energética y la contrastación de datos con los existentes del hospital.

En la ponencia completa, presentada en el XXXVI Congreso de Ingeniería Hospitalaria, se incluyó además un resumen de costes de adquisición de equipos, instalación, mantenimiento, limpieza y seguridad sanitaria.

Estos costes, varían mucho entre sistemas, y cabe destacar el peso que tienen algunos consumibles y operaciones de mantenimiento como la limpieza de los filtros de pozo, la desinfección de torres de condensación o el consumo de agua. Como conclusión de este resumen de costes, citar simplemente que los costes de explotación más altos fueron los de Torre de Refrigeración, seguidos de los de Pozo. En cuanto a los costes de inversión, los más altos fueron los de los equipos con condensación con pozo, siendo el resto muy similares.

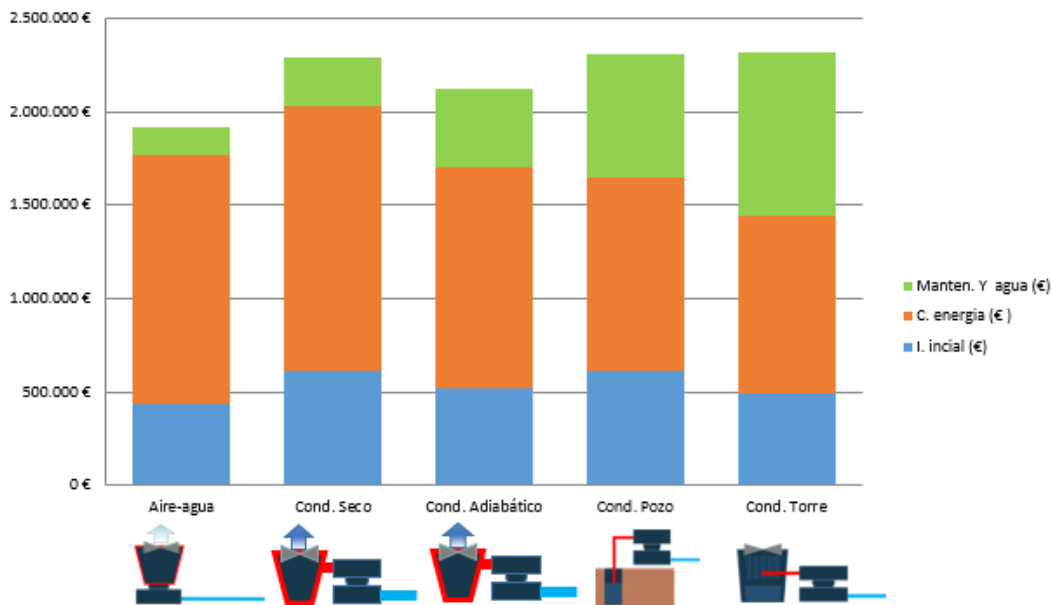
CONCLUSIÓN

La primera conclusión de este estudio, a tenor de la constatación de los datos obtenidos mediante la simulación, con datos reales de consumo de un hospital, es que se puede afirmar que la Simulación Energética, se postula como una herramienta excelente para anticipar el comportamiento del hospital, prever consumos reales y así poder tomar decisiones de cara a establecer diferentes estrategias de ahorro energéticas.

En lo que concierne al caso de estudio, para este hospital de tamaño medio, la ausencia de grandes diferencias entre los sistemas hace, a priori, más atractiva la elección de sistemas de condensación por aire. En cualquier caso, la elección dependerá de aspectos como la disponibilidad de espacio, las condiciones meteorológicas de la zona, y las condiciones de suministro de la red eléctrica.

Aunque fuera del alcance de este artículo, a modo informativo, se presenta el resumen final de los costes finales que de explotación de los diferentes sistemas a lo largo de una vida útil de 20 años.

Cuenta de explotación global a lo largo de la vida útil del sistema de producción considerado (20 años)



AGRADECIMIENTOS

Para la realización del estudio se formó un equipo de ingenieros con experiencia en la materia formado por: Fidel Ledesma Lardiés, Ingeniero Técnico de Mantenimiento Hospital Nuestra Señora de Gracia de Zaragoza, José Muerza Ingeniero y Gerente en GESTE Innovación, Carlos Gil Ingeniero y Delegado de KEYTER INTARCON en Aragón, Alberto Fernández, Consultant Engineer en TRANE y José Antonio Torre, Ingeniero Industrial y Director Comercial en EVAIR. La excelente coordinación de todo el equipo, fue clave para la culminación del mismo. A todos los miembros del equipo, nuestro agradecimiento y reconocimiento por su profesionalidad.

Para la simulación Energética fue necesario la inclusión de rendimientos de los equipos de producción de frío trabajando en distintas condiciones de condensación y a cargas parciales. Dichos datos fueron tratados con absoluta confidencialidad, mostrando en el estudio exclusivamente los resultados del análisis sin identificar el



origen de dichos datos. Nuestro agradecimiento por su colaboración y profesionalidad a las empresas que proporcionaron estos datos para la elaboración de la simulación: KEYTER, TRANE, CARRIER y YORK (Johnson Controls).