



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

Trabajo final del Grado en Ingeniería mecánica

## SIMULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL. ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA ENERGÉTICA.

**Alumno:** Pablo Gil Valls

**Tutor:** Emilio José Sarabia Escrivà

Valencia, septiembre, 2019

1.	Agradecimientos .....	1
2.	Resumen del proyecto.....	1
3.	Introducción.....	2
3.1	Emplazamiento del edificio.....	2
3.2	Clima de la región .....	2
3.3	Criterios de diseño.....	3
3.4	Alcance del trabajo .....	3
4.	Programas utilizados .....	4
4.1	GENERA3D.....	4
4.2	EnergyPlus.....	4
4.3	Calener VYP .....	4
4.4	AutoCAD.....	4
5.	Descripción del edificio .....	5
5.1	Datos catastrales .....	5
5.2	Evolución Constructiva .....	5
5.3	Usos del edificio.....	5
5.3.1	Datos sobre las plantas .....	5
5.4	Sistema constructivo .....	2
5.5	Descripción de la instalación de climatización actual.....	3
5.5.1	Equipos generadores de energía térmica .....	3
5.5.2	Unidades terminales .....	4
5.5.3	Climatizadoras .....	7
6.	Cálculo de la demanda energética actual.....	7
6.1	Análisis de resultados .....	8
6.1.1	Resultados edificio .....	8
6.1.2	Resultados por planta .....	13
7.	Soluciones alternativas al sistema actual .....	19
7.1	Sistemas de climatización .....	20
7.1.1	Aeroterminia .....	20
7.1.2	Sistema VRV.....	23
7.1.3	Enfriadoras nuevas con torres de refrigeración .....	25
7.2	Sistema constructivo .....	26
7.3	Ventilación .....	27
8.	Resultados .....	28

8.1	Soluciones escogidas para la mejora de los diferentes sistemas .....	28
8.1.1	Sistema de climatización .....	28
8.1.2	Sistema constructivo .....	28
8.1.3	Ventilación.....	28
8.2	Cálculo de la demanda energética de las soluciones adoptadas .....	29
9.	Presupuesto total de la instalación .....	31
10.	Conclusión.....	32
11.	Normativa .....	33
12.	Bibliografía .....	34
13.	Planos .....	35
13.1	Planos originales.....	35
13.2	Planos creados para el GENERA 3D .....	40
14.	Anexos .....	45
14.1	Esquemas de la instalación actual.....	45
14.2	Esquema de la instalación propuesta .....	47
14.3	Imágenes del edificio.....	48

## 1. Agradecimientos

Tras un intenso periodo de ocho meses, hoy acabo mi proyecto final de carrera y por lo tanto, también termina una importante etapa de mi vida. En este espacio de tiempo ha habido personas que han hecho que todo sea más fácil y llevadero para mí. Por esta razón he visto necesario realizar un apartado donde agradecer todo esto.

En primer lugar, quería dar las gracias a mi tutor de TFG, Emilio, el cual me ha ayudado desde el primer minuto y dirigido en este proceso a pesar de las complicaciones que encontré con los programas informáticos inicialmente. También a mis compañeros de clase, ahora ya amigos, Néstor, Vicent, David y Rafa. Por quedarse a comer conmigo todos los días en la cafetería para aguantar jornadas de estudio de 12h.

También he recibido mucha ayuda desde la empresa en la que actualmente trabajo, CLIMASAT PROJECTS, aquí he conocido personas que me han enseñado el mundo de la climatización desde el punto de vista laboral. Gracias a todos ellos he aprendido más sobre mi profesión y quería agradecer a Javier que me diera esta gran oportunidad de mostrar lo que valgo. Y quería hacer mención especial a mi tutor de las prácticas dentro de la empresa, José, porque he encontrado en él una figura donde fijarme para ser un buen profesional y porque me ha aconsejado muchísimo a la hora de tomar decisiones, tanto en la empresa como en el TFG.

Por otra parte, quería agradecer a mis padres todo el apoyo que he recibido por su parte, a mi madre por llamarme todos los días después del trabajo y ayudarme económicamente y a mi padre por darme siempre buenos consejos para tomar decisiones importantes en mi vida.

Y, por último, pero no por ello menos importante, quiero hacer especial mención a Laura, mi compañera de vida, el pilar más fuerte de toda la estructura de mi cabeza. Gracias a ti este proyecto ha ido adelante.

## 2. Resumen del proyecto

El presente proyecto consiste en el análisis energético de las instalaciones de climatización de un hospital situado en el municipio de Sagunto (Valencia). Una primera parte del trabajo consistirá en realizar la certificación energética con las instalaciones actuales con la herramienta Calener VYP. Seguidamente se propondrán medidas de mejora energética y se analizará el impacto de las mismas sobre el edificio.

Para un mejor análisis de los resultados, el edificio se modelizará en EnergyPlus, herramienta de referencia en simulación energética de edificios. Los resultados obtenidos en el programa se compararán con los consumos reales de la instalación con el fin de intentar ajustar el modelo definido con el real. Esto servirá para analizar las propuestas de mejora energética desde el punto de vista de consumos y poder establecer unos criterios más fiables para la mejora energética del edificio.

### 3. Introducción

#### 3.1 Emplazamiento del edificio

El edificio de este proyecto se sitúa en la población de Sagunto, una ciudad de la Comunidad Valenciana, España. Es la capital de la comarca del Camp de Morvedre y con casi 66.000 habitantes, se trata del décimo municipio con más población de toda la comunidad.

La ciudad tiene dos núcleos principales: Sagunto y Puerto de Sagunto. El primero de ellos se sitúa a unos 6km del mar y posee el casco histórico de la ciudad. El segundo está más cercano a la playa, y a pesar de tener menos años de existencia, es el núcleo más poblado con unas 41.000 personas. Pero en cuanto al hospital (edificio de este proyecto) se sitúa más cerca de El Puerto tal como se indica en la siguiente imagen:

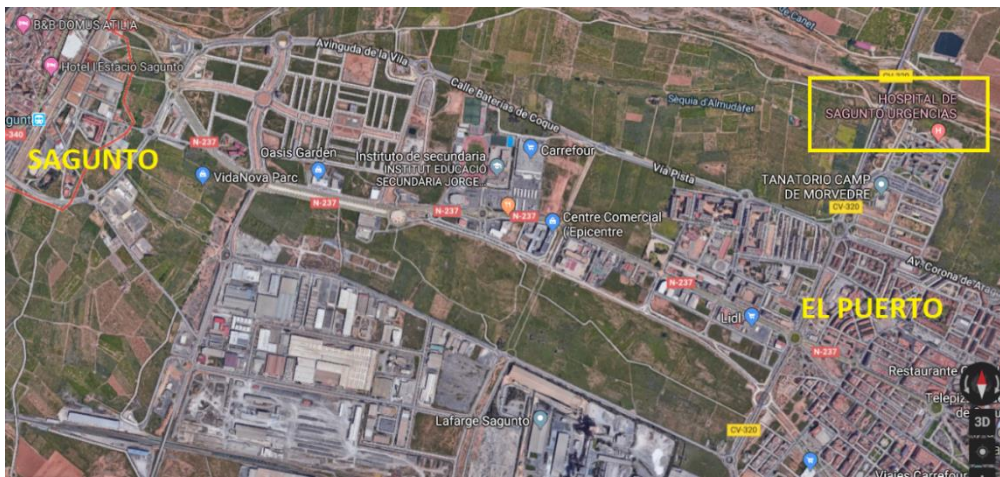


Figura 1: Localización geográfica de los dos núcleos de la ciudad y del hospital objeto de estudio en este proyecto.

#### 3.2 Clima de la región

La localidad de Sagunto está situada prácticamente al nivel del mar. Su temperatura media está entorno a los 17°C (clima BSk según la clasificación climática de Köppen-Geiger) y con escasas precipitaciones durante el año (441mm de media).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	10.6	10.9	13	15	18	21.5	24.3	24.9	22.6	18.4	14	11.3
Temperatura min. (°C)	6.4	7	8.4	10.5	13.7	17.3	20.2	20.8	18.3	14	9.7	7
Temperatura máx. (°C)	14.9	14.8	17.7	19.5	22.4	25.7	28.5	29	26.9	22.9	18.4	15.7
Temperatura media (°F)	51.1	51.6	55.4	59.0	64.4	70.7	75.7	76.8	72.7	65.1	57.2	52.3
Temperatura min. (°F)	43.5	44.6	47.1	50.9	56.7	63.1	68.4	69.4	64.9	57.2	49.5	44.6
Temperatura máx. (°F)	58.8	58.6	63.9	67.1	72.3	78.3	83.3	84.2	80.4	73.2	65.1	60.3
Precipitación (mm)	28	34	31	32	36	25	11	19	56	78	50	41

Figura 2: Tabla de temperaturas durante el año en Sagunto. Imagen de climate-data web.

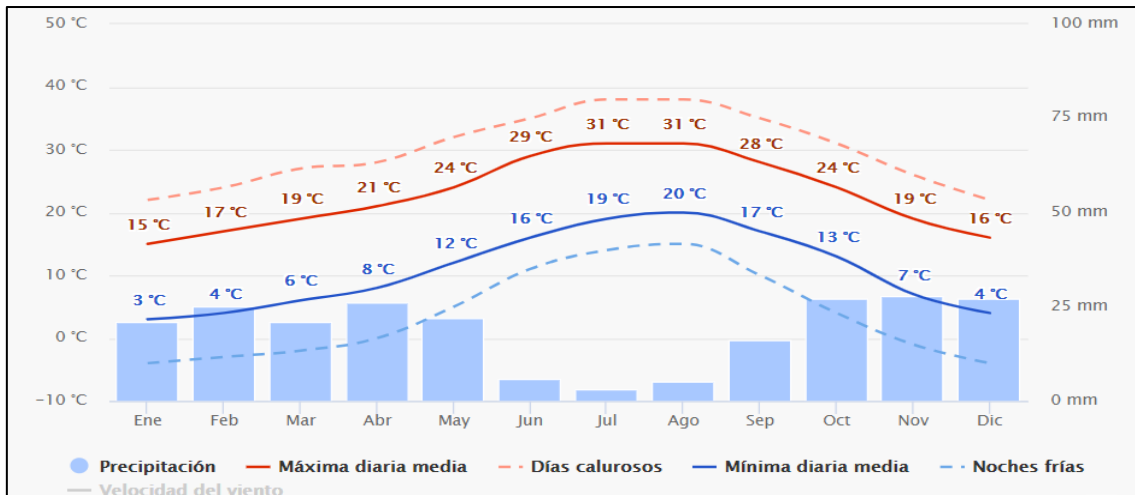


Figura 3: Evolución de las precipitaciones medias durante el año en el municipio de Sagunto. Imagen obtenida de Climate-data web.

### 3.3 Criterios de diseño

Para aportar unas soluciones válidas a este proyecto tendremos en cuenta los siguientes aspectos para acercarnos lo máximo posible a la realidad:

- Compatibilidad de los sistemas de instalación con el uso del edificio
- La interferencia de los accesorios del sistema en la estructura del edificio
- El coste económico de las máquinas y la instalación
- La dificultad de la ejecución de la instalación

En esencia, se intentarán incluir soluciones desde un punto de vista práctico y real para la reducción de la demanda energética del edificio en cuestión.

### 3.4 Alcance del trabajo

Para este trabajo se van a realizar las siguientes tareas:

- Delineado de los planos obtenidos por el personal del hospital.
- Análisis de los elementos constructivos del edificio.
- Cálculo de la demanda energética obtenido mediante la herramienta informática Energyplus.
- Simulación informática del edificio con CALENER VYP para determinar su nivel de eficiencia.
- Análisis de los resultados de cargas y demanda obtenidos.
- Búsqueda de soluciones alternativas.
- Valoración y comparación de las soluciones aplicadas.

## 4. Programas utilizados

### 4.1 GENERA3D

Este programa se ha utilizado para obtener la geometría tridimensional del edificio a partir de los planos creados en AutoCAD, con el objetivo de realizar un cálculo térmico posterior. Parte de un fichero en formato .DXF por cada planta del edificio, indicando la altura a la que se sitúa y la cota de las ventanas con respecto al suelo.

Las propiedades se asignan haciendo uso de otro fichero (dependiente de cada programa) sin geometría, en el que se especifican las características constructivas y las de uso y control (ocupantes, ventilación...). Una vez reconoce los planos introducidos, genera una recreación en 3D del edificio, así como los ficheros que posteriormente se utilizarán en otros programas como EnergyPlus™ y CALENER VYP.

### 4.2 EnergyPlus

EnergyPlus™ es una herramienta informática utilizada para la simulación energética de edificios. Con ella se ha analizado el gasto energético en calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación, así como el consumo de agua. Una vez obtenidos esos datos, se puede calcular la demanda energética para posteriormente seleccionar los equipos adecuados gracias a la estimación de la potencia necesaria.

### 4.3 Calener VYP

El programa Calener VYP (**Calificación de la Eficiencia energética de Viviendas y Edificios Terciarios Medianos y Pequeños**) se ha utilizado para obtener la Calificación Energética del hospital, en este caso. Esta herramienta permite importar el modelo de la demanda energética generado en el software de cálculo, al que hay que añadir los equipos y sistemas de acondicionamiento del edificio. Así, a partir de la demanda, el rendimiento de los equipos instalados y sus fuentes de energía, el CALENER VYP proporciona la calificación energética. Tal y como se ha hecho en el anterior caso, uno de los motivos por el que se ha usado este programa es por ser de libre disposición al público.

### 4.4 AutoCAD

AutoCAD es el software que se ha utilizado para crear los planos del edificio objeto de estudio en este trabajo. Tras el delineado de los mismos, los archivos generados han sido cargados en GENERA3D. Para que este último reconozca los ficheros, es necesario realizar en AutoCAD los muros con el comando "polilínea" y las ventanas con el comando "línea". Además, es necesario que los archivos estén en formato ".dxf"

## 5. Descripción del edificio

### 5.1 Datos catastrales

El edificio objeto de este proyecto está construido sobre una parcela de casi 30.000m<sup>2</sup> situada en la Avenida Ramón y Cajal de Puerto de Sagunto. Ésta linda al Norte con el río Palancia (actualmente seco debido a la presa situada en la localidad de Algar del Palancia), al sur está la calle José Doñate Franch y al este y oeste con parcelas rurales.

En cuanto a la división de la parcela podemos diferenciar 2 partes:

- Edificio con 5 plantas (2 sótanos, planta baja y 2 plantas más)
- *Parking* para coches de unos 6.000m<sup>2</sup>

En este proyecto solamente se va a realizar la certificación energética del edificio ya que el *parking* es descubierto.

### 5.2 Evolución Constructiva

El hospital de Sagunto está en funcionamiento desde su construcción en enero de 1982. Ha experimentado alguna reforma desde sus inicios, pero este estudio se centra en la situación actual del edificio. Con respecto a la climatización del mismo, no se instalan las máquinas hasta el año 1993, con dos posteriores reformas en los años 2000 y 2003.

### 5.3 Usos del edificio

El edificio está destinado a labores hospitalarias y de centro de especialidades. Posee 4 quirófanos para realizar intervenciones, 3 laboratorios, zona de urgencias, talleres, lavandería, cafetería, capilla y otros servicios propios de un hospital. El funcionamiento del edificio es de 24h durante todo el año y en caso de fallo eléctrico existe un generador capacitado para dar soporte al hospital durante horas.

#### 5.3.1 Datos sobre las plantas

A continuación, se detallan las estancias localizadas en cada una de las cinco plantas del edificio, así como su superficie y volumen (ver tabla 1).

#### **Sótano**

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| - Central de frío y calor | - Talleres                 |
| - Salas de climatizadores | - Centro de transformación |
| - Lavandería              | - Almacenes                |

#### **Semisótano**

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| - Consultas externas | - Esterilización      |
| - Radiología         | - Rehabilitación      |
| - Urgencias          | - Anatomía patológica |



- Dormitorios médicos
- Cocina
- Farmacia
- Vestuarios
- Almacén general

**Planta Baja**

- Vestíbulo principal
- Dirección y administración
- Cafetería
- Pediatría
- Urgencias maternidad
- Consultas externas
- Laboratorios
- Salón de actos
- Capilla
- Maternidad

**Planta primera**

- Cuidados intensivos
- Área de quirófanos generales
- Zona de hospitalización

**Planta segunda**

- Zona de hospitalización

*Tabla 1: Superficie y volumen de cada una de las plantas del edificio*

<b>Planta</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Sótano</b>	11.100	33.300
<b>Semisótano</b>	10.900	32.700
<b>Baja</b>	10.900	32.700
<b>Primera</b>	5.660	16.980
<b>Segunda</b>	3.220	9.660

**5.4 Sistema constructivo**

Para realizar la certificación del edificio es necesario saber los materiales con los que está constituido.

- **Paredes:** se pueden diferenciar 2 tipos.
  - **Exteriores:** Son paredes maestras de unos 30cm de grosor. Dado que no se ha podido acceder a la información del material de las paredes, se va a tomar como referencia un muro compuesto por 24cm de ladrillo macizo, una capa de aire de 5cm y una última de 2cm de yeso. Con esto la transmitancia térmica de 0,85 W/m<sup>2</sup>K.
  - **Paredes traviesas:** son aquellas que están entre habitaciones o despachos y en los pasillos. Se va a estimar un muro compuesto por 24cm de ladrillo macizo, 6cm de placas de pladur y 1cm de masilla. Este tipo de pared tiene una transmitancia de 1,41 W/m<sup>2</sup>K.

En ambos casos la transmitancia ha sido calculada con la siguiente fórmula:

$U = \frac{1}{R_t}$ , donde  $R_t$  es la resistencia de cada material, se calcula con la conductividad térmica de cada uno, que este es un dato que se puede obtener de cualquier base de datos de internet.

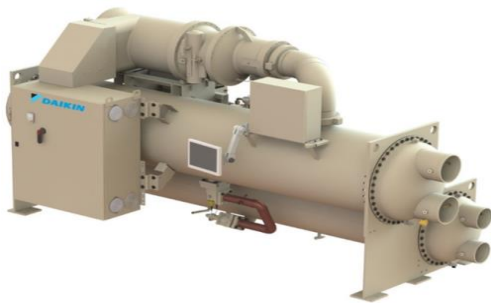
- **Cubiertas y suelos**
- **Ventanas:** para mantener una temperatura adecuada en el interior del edificio, se emplean ventanas de doble acristalamiento, las cuales tienen un coeficiente de conductividad térmica de 3 W/m·K.

### 5.5 Descripción de la instalación de climatización actual

La instalación actual del hospital lleva casi 20 años funcionando ya que la última remodelación data del año 2000. Entonces se cambiaron las máquinas por otras que ahora proporcionan en torno a 4000 kW. Cuenta con 3 plantas enfriadoras y 3 calderas de agua caliente que proporcionan energía para un total de 32 climatizadoras y 246 fan coils que expulsan el aire por conductos hasta sus respectivas salas donde se climatiza el ambiente a través de rejillas.

#### 5.5.1 Equipos generadores de energía térmica

- **Planta enfriadora condensada por agua con compresor centrífugo**



- Marca: McQuay
- Modelo PEH 100
- Potencia: 1.918,6 kW

Figura 4: Enfriadora McQuay. Imagen obtenida de la página web de DAIKIN.

- **Planta enfriadora condensada por agua con compresor centrífugo**



- Marca: ROCA
- Modelo HTH3E35EC
- Potencia: 2.151,16 kW

Figura 5: Enfriadora ROCA. Imagen obtenida de la página web de ROCA-YORK.

- **Planta enfriadora condensada por agua**



- Marca: Carrier
- Modelo 2 VEA-W2-141
- Potencia: 465,11 kW

Figura 6: Enfriadora Carrier. Imagen obtenida de web de CARRIER.

- **3 Ud. Calderas agua caliente, marca YGNIS con**



- Generador de gasóleo WEISHAUPT RL-10
- Potencia calorífica: 3.266 kW

Figura 7: Caldera YGNIS. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca de quemadores WEISHAUPT.

### 5.5.2 Unidades terminales

Existen un total de 246 fan coils en el edificio que tienen las siguientes características:

- I. Fan coil horizontal sin envolvente modelo FL-900 de la firma Termoven, de las siguientes características:



- Caudal 850 m<sup>3</sup>/h
- Bat. Frío 5,23 kW (7/12°C) (26°C/50% HR)
- Bat. Calor 5,23 kW (80/70°C)
- Pot. Absorbida 4,03 kW
- Dimensiones: 1.320 x 510 x 210
- Peso: 32 Kg

Figura 8: Fan coil Termoven FL-900. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca TERMOVEN.

- II. Fan coil horizontal sin envolvente modelo FL-650 de la firma Termoven, de las siguientes características:



Figura 9: Fan coil Termoven FL-650. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca TERMOVEN.

- Caudal 600 m<sup>3</sup>/h
- Bat. Frío 3,72 kW (7/12°C) (26°C/50% HR)
- Bat. Calor 5,35 kW(80/70°C)
- Pot. Absorbida 3,13 kW
- Dimensiones: 1.100 x 510 x 210
- Peso: 27 Kg

- III. Fan coil horizontal sin envolvente modelo FL-200 de la firma Termoven, de las siguientes características:



Figura 10: Fan coil Termoven FL-200. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca TERMOVEN.

- Caudal 250 m<sup>3</sup>/h
- Bat. Frio 1,58 kW (7/12°C) (26°C/50% HR)
- Bat. Calor 2,33 kW (80/70°C)
- Pot. Absorbida 1,26 kW
- Dimensiones: 685 x 510 x 210
- Peso: 17 Kg

- IV. Fan coil de techo, tipo *cassette*, modelo 42 GWDO20 de la firma Carrier, de las siguientes características:



Figura 11: Cassette Carrier GWDO20. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca CARRIER.

- Caudal 486 m<sup>3</sup>/h
- Pot. Frio 10,47kW (7/12°C) (27/19°C)
- Pot. Calor 7 kW (80/70°C)
- Pot. Absorbida 0,18 kW
- Dimensiones: 960 x 960 x 298
- Peso: 51 Kg

- V. Fan coil de techo, tipo *cassette*, modelo 42 GWDO10 de la firma Carrier, de las siguientes características:



- Caudal 236 m<sup>3</sup>/h
- Pot. Frío 4,65kW (7/12°C) (27/19°C)
- Pot. Calor 5,4 kW (80/70°C)
- Pot. Absorbida 0,11kW
- Dimensiones: 720 x 720 x 298
- Peso: 23 Kg

Figura 12: Cassette Carrier GWDO10. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca CARRIER.

- VI. Fan coil de techo, tipo *cassette*, modelo 42 GWDO04 de la firma Carrier, de las siguientes características:



- Caudal 185 m<sup>3</sup>/h
- Pot. Frío 2,33 (7/12°C) (27/19°C)
- Pot. Calor 2 kW (80/70°C)
- Pot. Absorbida 0,07 kW
- Dimensiones: 720 x 720 x 298
- Peso: 22 Kg

Figura 13: Cassette Carrier GWD04. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca CARRIER.

- VII. Fan coils de techo, tipo *cassette*, modelo 42 GWC020 de la firma Carrier, de las siguientes características:



- Caudal 486 m<sup>3</sup>/h
- Pot. Frío 12,79 kW (7/12°C) (27/19°C)
- Pot. Absorbida 0,18 kW
- Dimensiones: 960 x 960 x 298
- Peso: 51 Kg

Figura 14: Cassette Carrier GWC020. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca CARRIER.

- VIII. Fan coil de techo, tipo *cassette*, modelo 42 GWC016 de la firma Carrier, de las siguientes características:



- Caudal 361 m<sup>3</sup>/h
- Pot. Frio 9,30 kW (7/12°C) (27/19°C)
- Pot. Absorbida 0,12 kW
- Dimensiones: 960 x 960 x 298
- Peso: 48 Kg

Figura 15: Cassette Carrier GWC016. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca CARRIER.

- IX. Fan coils de techo, tipo cassette, modelo 42 GWC012 de la firma Carrier, de las siguientes características:



- Caudal 306 m<sup>3</sup>/h
- Pot. Frio 6,98 (7/12°C) (27/19°C)
- Pot. Absorbida 0,09 kW
- Dimensiones: 960 x 960 x 298
- Peso: 46 Kg

Figura 16: Cassette Carrier GWC012. Imagen obtenida del catálogo de productos de la marca CARRIER.

### 5.5.3 Climatizadoras

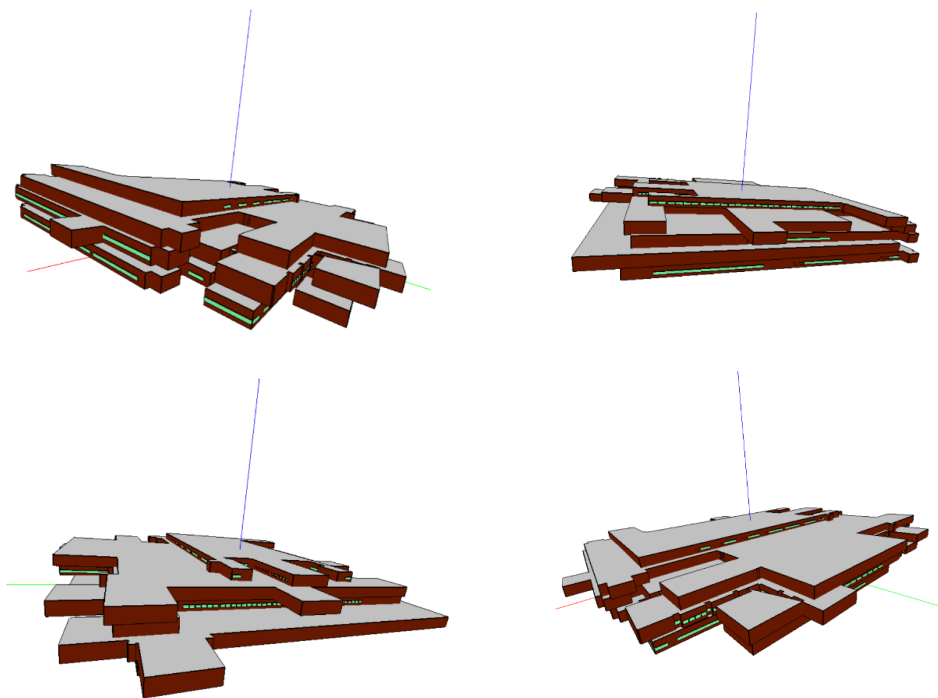
Existen un total de 32 climatizadoras repartidas por el hospital que suman un total de 342kW de consumo. Su objetivo es suministrar un caudal de aire tratado o acondicionado para ser distribuido por una red de conductos a los espacios habitados.

## 6. Cálculo de la demanda energética actual

Como anteriormente se ha dicho, para el cálculo de la demanda energética del edificio en cuestión, se ha utilizado el software EnergyPlus.

Para iniciar el cálculo, lo primero es rellenar los datos generales del edificio (situación, zona climática, orientación, tipo de construcción y uso del edificio). Una vez hecho esto, lo siguiente va a ser determinar los materiales y composición del sistema constructivo del hospital, este trabajo se ha realizado mediante la visualización personal del edificio en vivo para su mejor estimación. Cabe destacar que, para su simplificación, se han tomado 3 tipos de muros diferentes como se ha explicado en el apartado anterior, y lo mismo con los distintos tipos de cerramientos. Aun así, se trata de un trabajo minucioso debido a la gran cantidad de elementos existentes.

Seguidamente, se ha creado un modelo en 3D del edificio (Figura 17) con las facilidades que el programa GENERA3D ofrece. Desde el semisótano hasta la cubierta se han ido creando los diferentes espacios que conforman el edificio. Una vez hecha la estructura del edificio, se han modificado algunos detalles para que el análisis sea lo más próximo posible a la realidad, es decir, se han definido los espacios en función de si se trataban de espacios habitables o no habitables, en función del número de personas que puede haber y también se ha definido la ventilación estableciendo unos niveles acordes a los de un edificio público como es un hospital. Cabe destacar que almacenes y baños no serán climatizados, es importante porque conforman un espacio amplio del edificio.



*Figura 17: Vista en 3D del edificio en estudio*

En este paso, ha sido muy importante el delineado previo del estado actual del edificio con el programa AutoCAD a partir de los planos ya existentes. Cualquier error en estos planos hace que el programa GENERA3D no sea capaz de realizar la geometría, ya que con los planos proporcionados por el personal del hospital no es posible por las características del programa tal y como se ha explicado anteriormente en este proyecto.

## 6.1 Análisis de resultados

### 6.1.1 Resultados edificio

A continuación, se va a realizar un análisis de los datos obtenidos por el programa EnergyPlus en vistas generales del edificio. Tal y como era de esperar se ha obtenido mayor demanda por refrigeración que por calefacción debido a la zona geográfica en la que nos situamos (Tabla 2). Una zona que como ya se ha comentado con anterioridad se caracteriza por tener un clima principalmente cálido.

Tabla 2: Demanda energética anual de calefacción y refrigeración

CALEFACCIÓN (kWh)	REFRIGERACIÓN (kWh)	CALEFACCIÓN (kWh/m <sup>2</sup> año)	REFRIGERACIÓN (kWh/m <sup>2</sup> año)
-6,97x10 <sup>5</sup>	3,07x10 <sup>6</sup>	-16,68	73,48

Una vez analizados, a nivel anual, los resultados, podemos desglosarlos por mes. Esto es de gran utilidad a la hora de saber cuál es el mes más desfavorable en cuanto a consumo. Es de esperar que el mes con más demanda energética de calor sea enero y el de más demanda energética de frío sea agosto. Esta evolución se puede ver también en las imágenes ofrecidas por el programa EnergyPlus (Figura 18) que genera unas gráficas donde se ve la evolución del consumo mensual como ya se ha comentado.

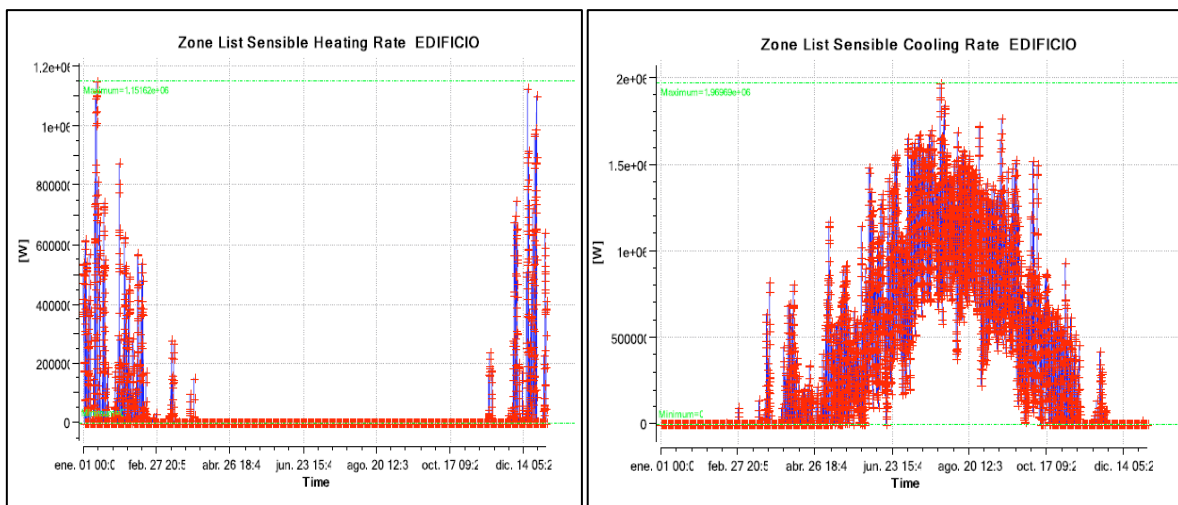
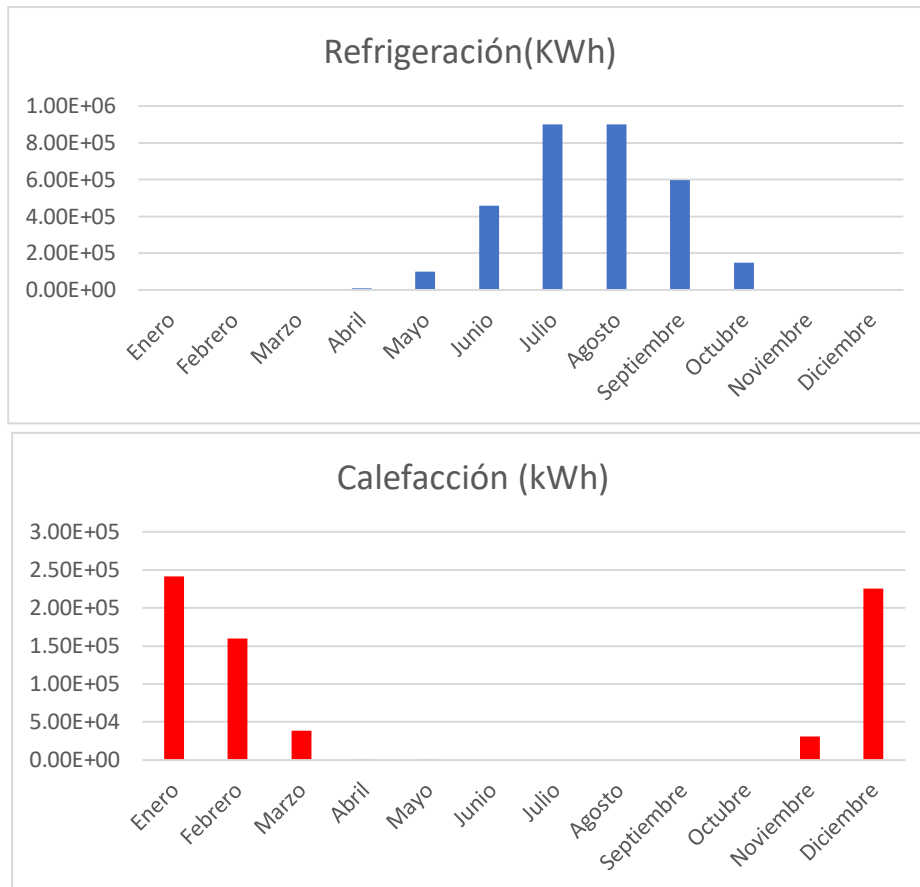


Figura 18: Evolución de la demanda energética anual de calefacción (izquierda) y refrigeración (derecha). Imágenes del programa EnergyPlus

Gracias al departamento de ingeniería del Hospital de Sagunto, se han facilitado una serie de datos sobre el consumo del edificio de electricidad (Gráfica 2), agua (Gráfica 3) y de gasoil (Gráfica 4). Esto nos puede ayudar mucho a la hora de comparar lo calculado con la vida real. Esos datos han sido representados en forma de gráfico de barras para una mayor facilidad en su análisis.

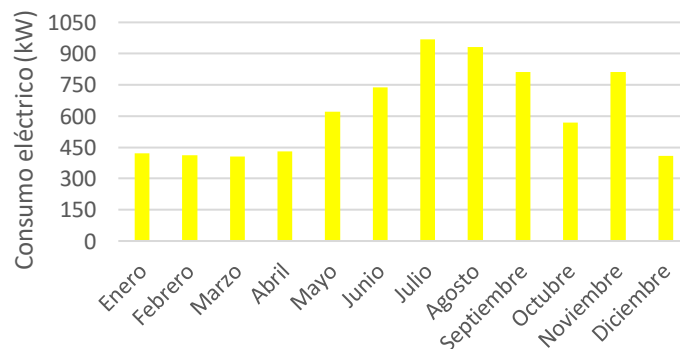
A continuación, se puede observar (Gráfica 1) cómo los resultados de refrigeración son muy parecidos a las imágenes obtenidas con EnergyPlus, en cambio los de calefacción han cambiado ligeramente debido a que el programa siempre escoge unas condiciones ideales que no tienen por qué darse en la realidad.





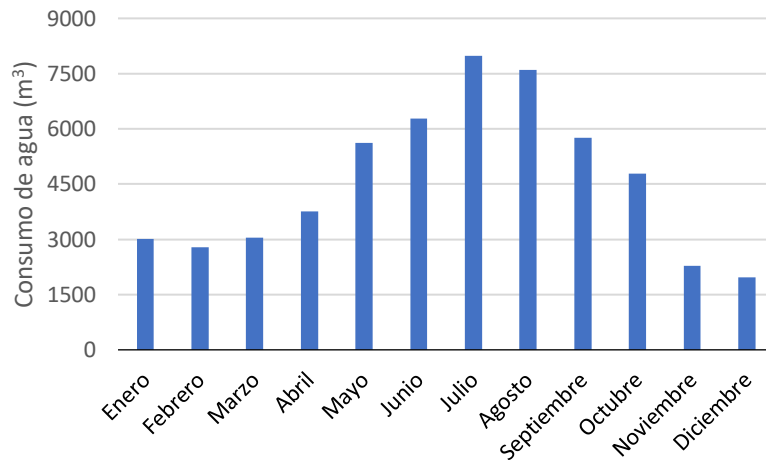
Gráfica 1: Evolución anual de la demanda energética de calefacción (arriba) y refrigeración (abajo).

Con respecto al consumo eléctrico (Gráfica 2), éste es sacado directamente de sus cuadros de luz, eso quiere decir que también cuenta la luz consumida por todos los aparatos eléctricos del edificio, no solo del aire acondicionado. Con lo cual debe servir para saber cómo funciona la actividad del hospital pero no lo tendremos como referencia principal para comparar con la demanda energética de climatización.



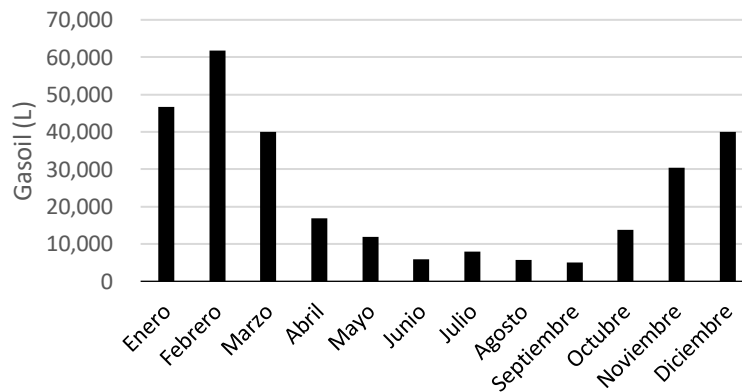
Gráfica 2: Evolución del consumo anual eléctrico

El consumo de agua es interesante conocerlo ya que los fan coil y enfriadoras consumen este producto, por lo tanto, podemos esperar que sea elevado. Así que en el proyecto se analizarán las distintas soluciones para reducirlo.



Gráfica 3: Consumo anual de agua en el edificio

Y, por último, se puede también analizar el consumo de gasoil para ver lo que están gastando las calderas en agua caliente sanitaria y para la calefacción en verano. Como es lógico, se gasta mucho más en invierno que en verano. Esto se debe a que los consumidores de gasoil son las calderas, y éstas, en invierno, proporcionan calor al agua de los fancoils y del agua caliente sanitaria de los baños. En cambio, en verano solo han de aportar calor al agua caliente sanitaria.



Gráfica 4: Consumo anual de gasoil en el edificio

Una vez presentados estos datos, podemos pasar a realizar el estudio de la potencia necesaria para la selección de equipos. Y para ello habría que ponerse siempre en el peor de los casos. Es decir, se tomará como referencia los datos de máximo calor en verano y de máximo frío en invierno para comprobar que las máquinas son adecuadas.

Con los equipos que tiene actualmente el edificio se puede calcular la certificación energética del mismo con el programa CALENER VYP. En España, la certificación energética de un edificio puede tener varios niveles clasificados mediante letras, de la "A" a la "G", indicando de mayor a menor eficiencia. Es decir, las letras A, B y C significan que ese edificio tiene un consumo que está por debajo de la media. Las letras D y E reciben el "aprobado", y, por último, las letras F y G son las que peor consumo poseen, está por encima de lo habitual.

Para saber en qué nivel se sitúa el edificio hay que introducir en el programa los equipos, la potencia de los mismos y su consumo. Así obtenemos los siguientes resultados:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO2/m <sup>2</sup> año	Edificio Objeto		
<5,5 A			
5,5-10,4 B			
10,4-17,5 C			
17,5-28,1 D	23,0 D		
28,1-54,9 E			
54,9-64,3 F			
>64,3 G			
	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
Demanda calefacción	A	5,4	397240,3
Demanda refrigeración	A	5,0	368560,9
	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
Consumo energía primaria no renovable calefacción	D	55,4	4091570,0
Consumo energía primaria no renovable refrigeración	G	69,5	5132478,0
Consumo energía primaria no renovable ACS	A	6,8	502890,4
Consumo energía primario renovable totales	E	131,8	9726939,0
	<b>Clase</b>	<b>kgCO2/m<sup>2</sup> año</b>	<b>kgCO2/año</b>
Emisiones CO2 calefacción	C	9,5	697596,3
Emisiones CO2 refrigeración	G	11,8	869421,8
Emisiones CO2 ACS	A	1,8	132653,9
Emisiones CO2 totales	D	23,0	1699672,0

Figura 19: Cuadro de certificación energética de edificios

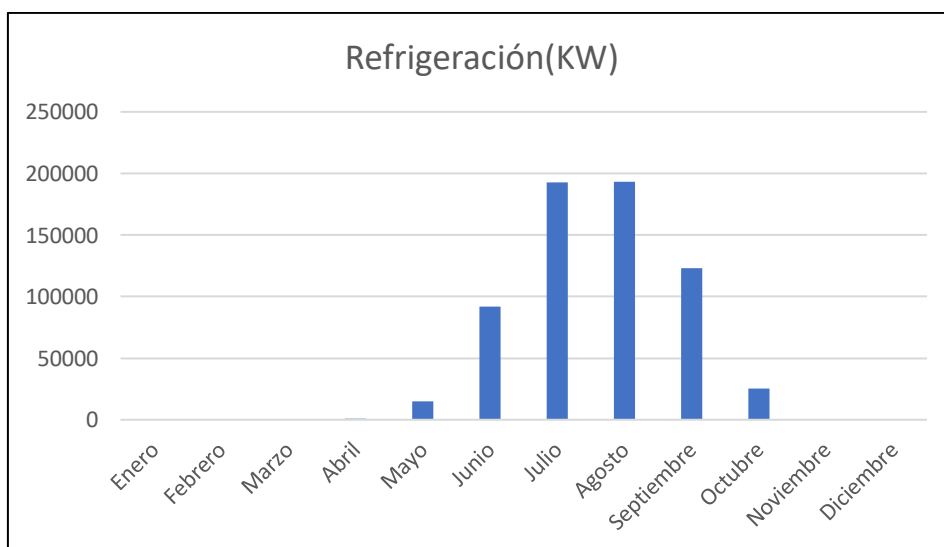
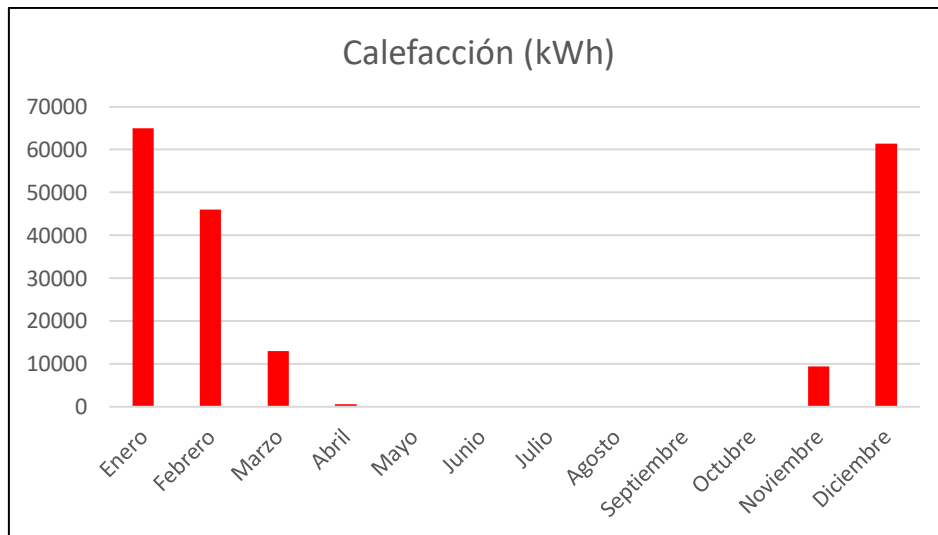
Se puede observar en la imagen como la certificación tiene la letra "D", lo cual indica que podría mejorarse bastante. Sin embargo, hay que analizar bien estos resultados ya que en los apartados de demanda la letra que certifica el programa es la letra "A", esto quiere decir que es eficiente. En este apartado lo que realmente influye es el sistema constructivo del edificio, es decir, materiales, orientación y situación del edificio. Por lo tanto, ahora sabemos que este parámetro no es necesario de mejorar mucho. El análisis de mejoras se va a centrar más en el sistema de climatización, ya que la parte de consumos da una certificación energética muy baja, sobre todo en refrigeración, donde al haber enfriadoras muy antiguas, el consumo es muy elevado y además se trata de las máquinas que más tiempo se mantienen funcionando.

Para tener un mejor análisis de la demanda energética, se va a calcular por plantas, ya que por ejemplo en el sótano no es necesaria tanta refrigeración como en la planta baja, ya que ésta tiene mucho más tráfico de gente y de zonas climatizadas. Si se sabe dónde hace falta más demanda, podremos detectar las zonas más críticas del edificio. Estos detalles serán importantes a la hora de realizar la instalación.

### 6.1.2 Resultados por planta

- **Sótano**

En esta planta, al ser un sótano, es fácil que se mantenga una temperatura constante por debajo de la media durante todo el año debido a la humedad. Podemos observar cómo la demanda de calefacción es más elevada que en otras plantas.

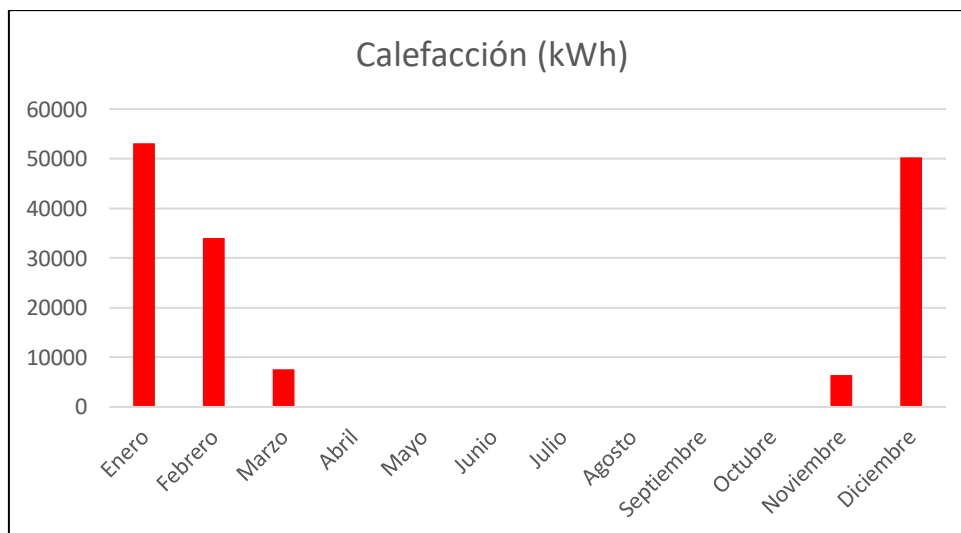
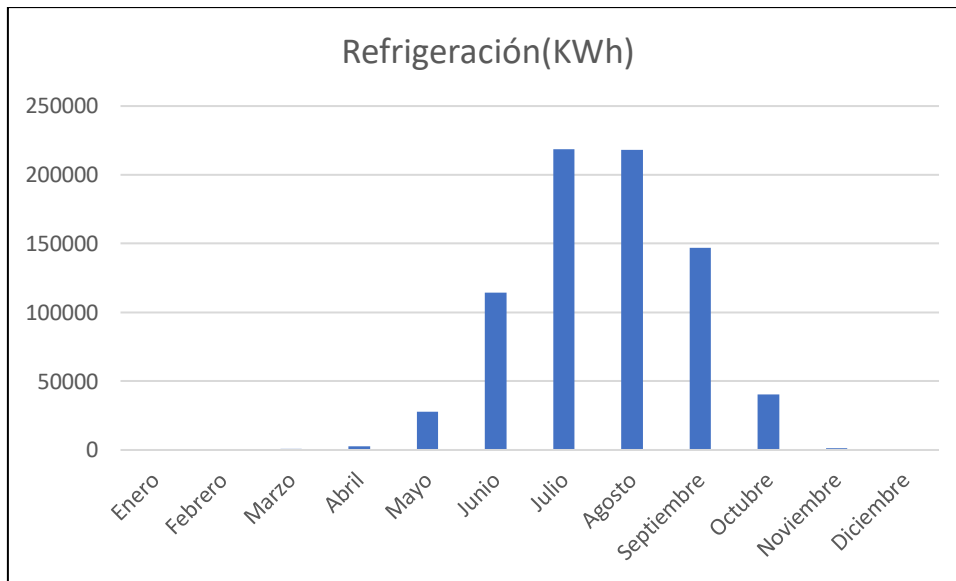


Gráfica 5: Demanda energética de calefacción (arriba) y refrigeración (abajo) en el sótano

Además, se trata de una sección dónde hay almacenes, salas de máquinas, el archivo y otros espacios donde no hay mucha afluencia de gente por lo general, así que podemos esperar una bajada en la demanda de refrigeración y aumento de la de calefacción.

- **Semisótano**

En esta planta debemos tener en cuenta que se encuentra urgencias y dos quirófanos. Esto quiere decir que la demanda de refrigeración puede ser más elevada por la afluencia de gente entre la sala de espera de urgencias, los pasillos, traumatología y cocina. Aquí será importante controlar bien la ventilación, las cargas internas y el dimensionado de los conductos.



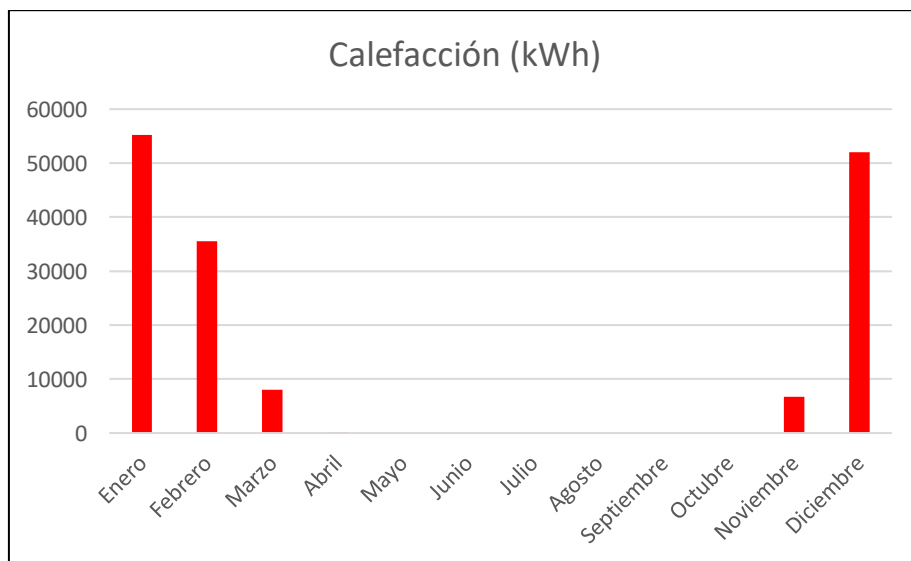
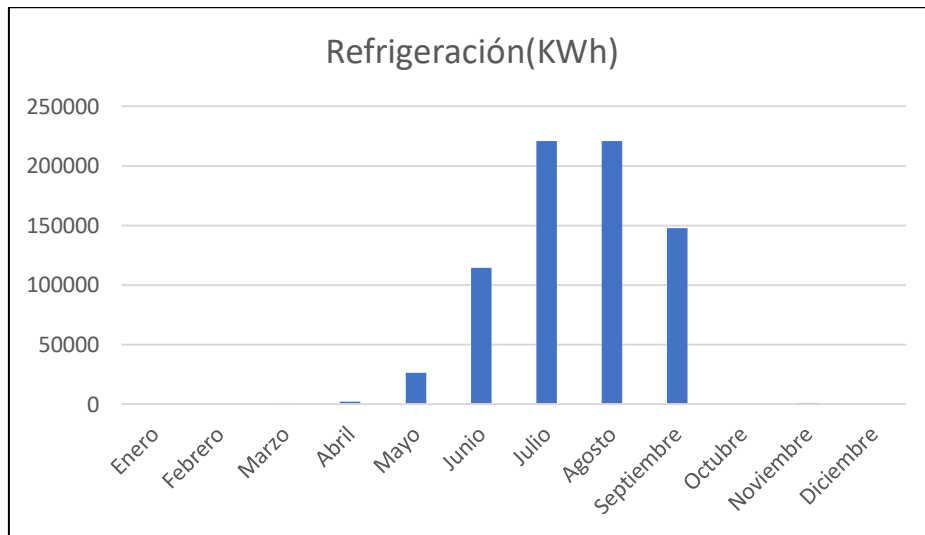
Gráfica 6: Demanda energética de calefacción (arriba) y refrigeración (abajo) en el semisótano

- **Planta baja**

En esta sección cabe destacar que se encuentran la mayoría de habitaciones de los pacientes del hospital, así que habrá que ramificar los conductos de manera adecuada para que el caudal llegue bien a todas las habitaciones. También encontramos la peculiaridad de la zona de maternidad donde hay que tener un especial tratado con la temperatura ambiente de la sala donde duermen los neonatos, así como la sala de paritorios.

Por otra parte, también hay que tener en cuenta la sala de conferencias, el hall de la entrada principal y la cafetería por su gran afluencia de gente. En estos espacios habrá momentos de máxima ocupación donde la climatización se verá exigida al 100%.

Esta planta es la que más gente alberga durante todo el día.

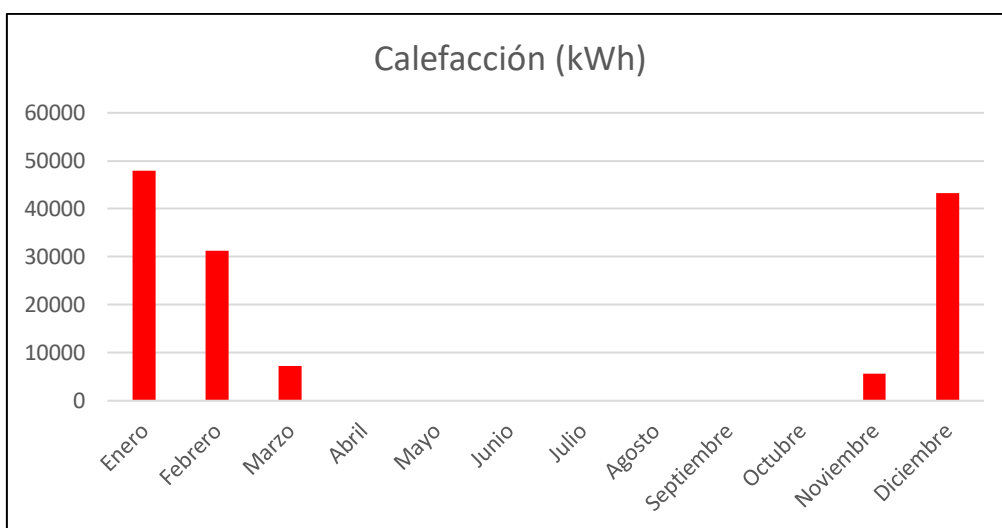
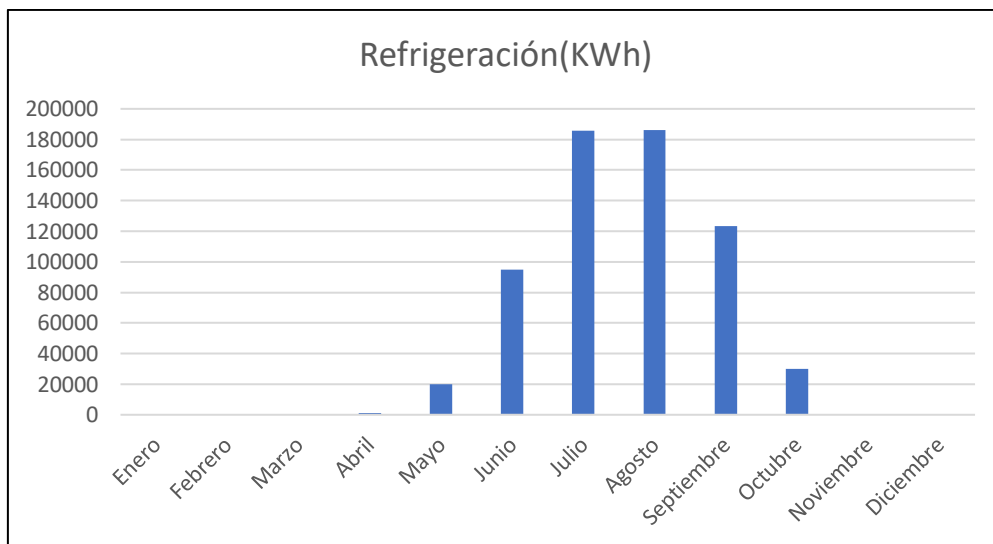


Gráfica 7: Demanda energética de calefacción (arriba) y refrigeración (abajo) en el semisótano

- **Primera planta**

En esta planta lo más importante son los 8 quirófanos ya que habrá que tratarlos con sistemas individuales, no es posible utilizar la instalación central ya que según el tipo de quirófano podría haber contaminación por gérmenes, bacterias o agentes patógenos. Esto requiere un sistema de tratamiento de aire que coja el aire directamente del exterior, lo trate y lo enfríe o caliente según las necesidades, y por último con unas rejillas de extracción lo canalice hacia el exterior del edificio pasando por un sistema de filtración que no permita a ninguna bacteria pasar.

Por otra parte, al igual que en la planta baja, aquí tenemos varias habitaciones de pacientes, por lo que en cada una de ellas debemos tener una salida de conducto de aire para que cada paciente pueda controlar su temperatura.

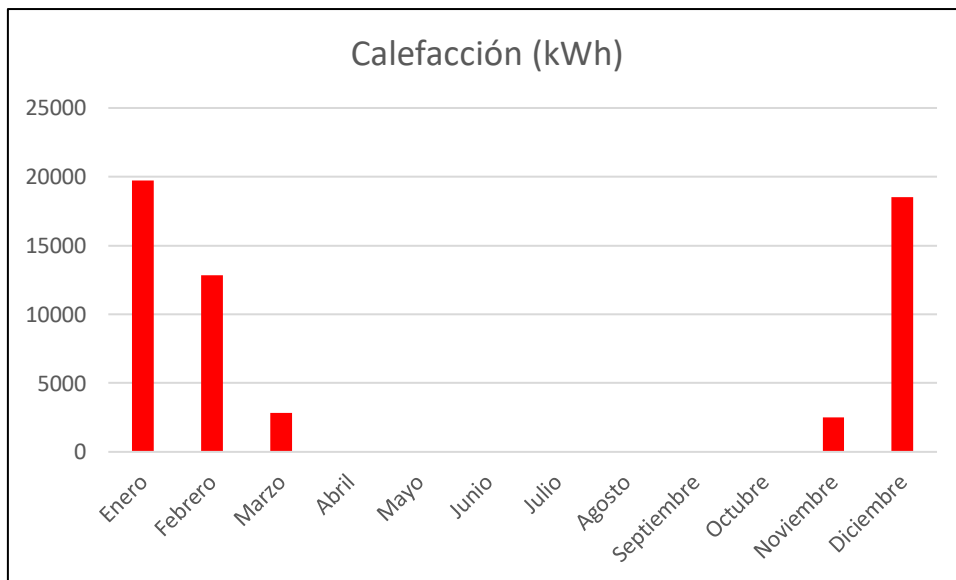
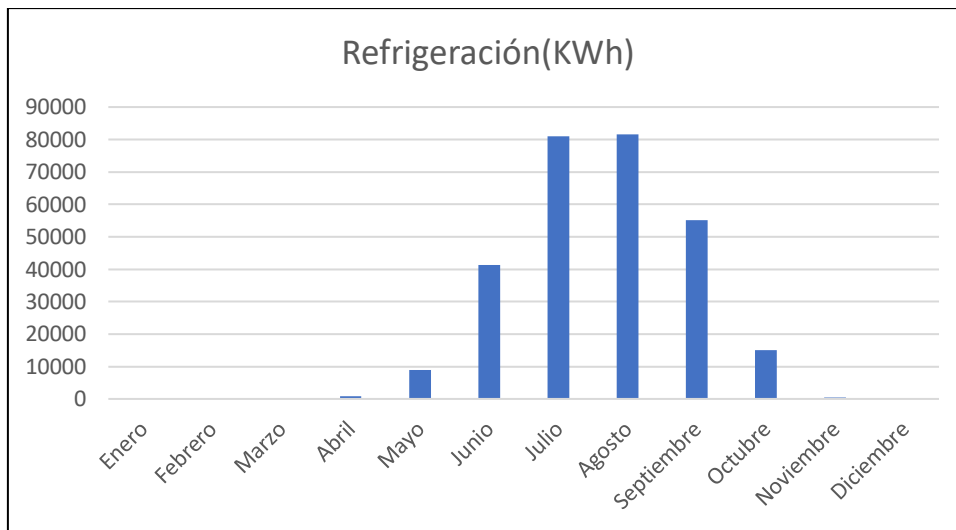


Gráfica 8: Demanda energética de calefacción (arriba) y refrigeración (abajo) en el semisótano

- **Segunda planta**

Esta es la última planta y por lo tanto es donde más calor hace debido a la exposición al sol que hay. Sin embargo, es posible que no se note mucho la subida de demanda de refrigeración con respecto a otras plantas ya que se trata de la planta con menos volumen.

La planta está dedicada principalmente al descanso de los pacientes en sus respectivas habitaciones, con lo cual, tal y como se ha dicho en las dos plantas anteriores, habrá que ramificar los conductos de manera correcta para cada habitación.



Gráfica 9: Demanda energética de calefacción (arriba) y refrigeración (abajo) en el semisótano



Tal y como se comentaba, se puede observar en la última foto como la demanda de refrigeración es notablemente mayor a la de calefacción.

Por tanto, para el análisis de la demanda energética de este edificio hay que atender a diversos factores:

- Volumen a climatizar
- Orientación del edificio
- Situación geográfica
- Ocupación (número de personas)

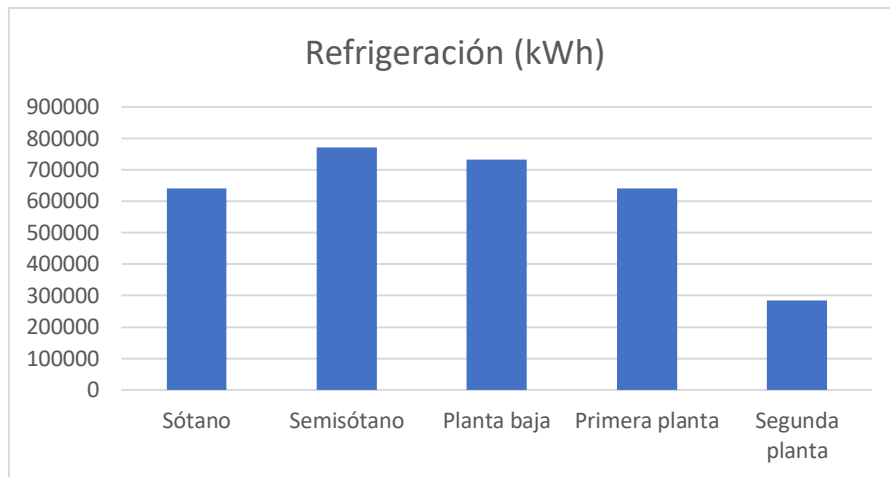
Con respecto al primer punto, la planta que más volumen tiene es el sótano y la que menos es la segunda planta. En el caso del sótano, al encontrarse por un nivel por debajo de tierra, lo lógico sería pensar que, al igual que en una bodega, la temperatura anual es constante y no es necesario refrigeración. Pero en la práctica vemos como esto no es cierto ya que la ocupación de personas en esta planta, aunque no es muy elevada, hace que la temperatura aumente, por lo tanto, sí es necesario algunos meses climatizar. También es necesario el uso de calefacción en algunos días de invierno ya que se trata de un espacio en el que nunca da el sol y por lo tanto no hay más cargas internas que las personas y las luces existentes.

En resumen, se puede observar como la demanda de calefacción acaba siendo muy parecida a la de la planta superior, el semisótano, ya que a pesar de ser más grande y tener menos ocupación, se trata de una planta situada bajo tierra y no le da el sol. En cambio, en el caso de la refrigeración vemos como es más elevada en el semisótano debido a la gran afluencia de gente en urgencias.

Continuando el análisis hacia arriba del edificio, se encuentra la planta baja. Ésta posee unas demandas energéticas muy parecidas a las del semisótano ya que se trata de un volumen, una ocupación y una situación similares.

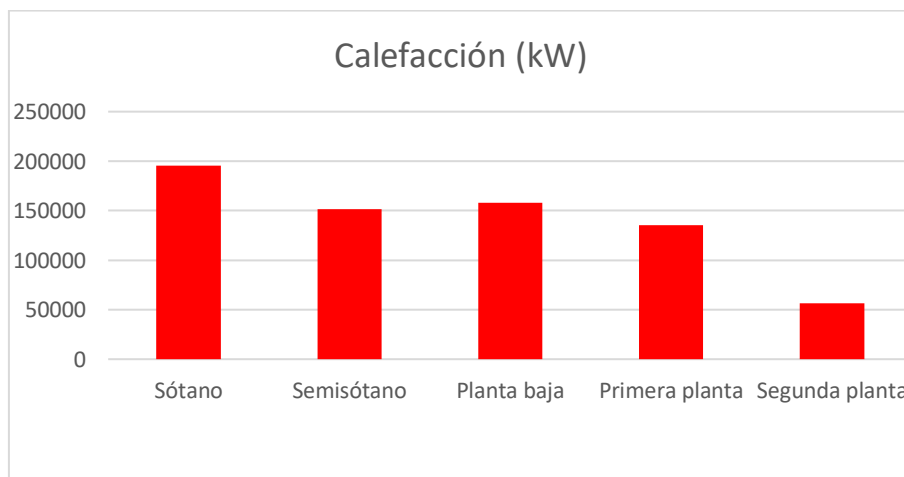
Y seguidamente están la primera y segunda planta, cabe destacar que éstas plantas son sensiblemente más pequeñas que las anteriores, por lo que la demanda de calefacción y refrigeración son notablemente más bajas, sobre todo en la segunda planta que es la más pequeña. La diferencia entre ambas plantas es que en la primera hay más afluencia de gente y además es una superficie más grande que la segunda. Por lo tanto, tal y como se ve en las imágenes superiores, la demanda energética es mayor en la primera planta.

Una vez analizado por plantas la demanda podemos entender mejor de dónde vienen los resultados del edificio entero.



Gráfica 10: Demanda energética de refrigeración separada por plantas

La demanda energética por refrigeración vemos que es más elevada en el semisótano y la planta baja por la afluencia de gente y la superficie a climatizar. Por otro lado, la segunda planta, al ser la que menos superficie tiene que climatizar también es la que menos refrigeración exige.



Gráfica 11: Demanda energética de calefacción separada por plantas

En cuanto a calefacción es lógico que el sótano necesite más demanda energética que cualquier otra planta ya que está bajo tierra y no recibe radiación solar. El caso contrario es la segunda planta, donde que haya menos demanda es debido a la poca superficie que hay y a que es la última planta. Por su posición recibe mayor cantidad de radiación solar.

## 7. Soluciones alternativas al sistema actual

El objetivo principal de este estudio va a ser la reducción de demanda energética en el edificio para así tener menos consumo de electricidad y combustible. Por lo tanto, hay

que tener claro los aspectos que pueden mejorar la instalación actual. Estos aspectos son, los equipos , los materiales de construcción y la ventilación del edificio.

Por ello se van a analizar las distintas posibilidades que existen en cuanto al sistema de climatización a utilizar. Hay que tener en cuenta que estamos hablando de un edificio público de grandes dimensiones, más concretamente un hospital que cuenta con varios espacios. De todos ellos lo más importante a tener en cuenta son los quirófanos, ya que se trata de espacios donde el aire utilizado no se puede recircular ni compartir con otros circuitos ya que puede ser portador de bacterias o cualquier partícula peligrosa.

## 7.1 Sistemas de climatización

### 7.1.1 Aeroterminia

La aeroterminia es un sistema basado en la extracción de energía térmica del aire exterior a través de una bomba de calor, la cual transforma esa energía en calor y la transmite a un circuito de agua para calentarla. Esta opción es válida para suministrar agua a los fan coils y permitir su funcionamiento.

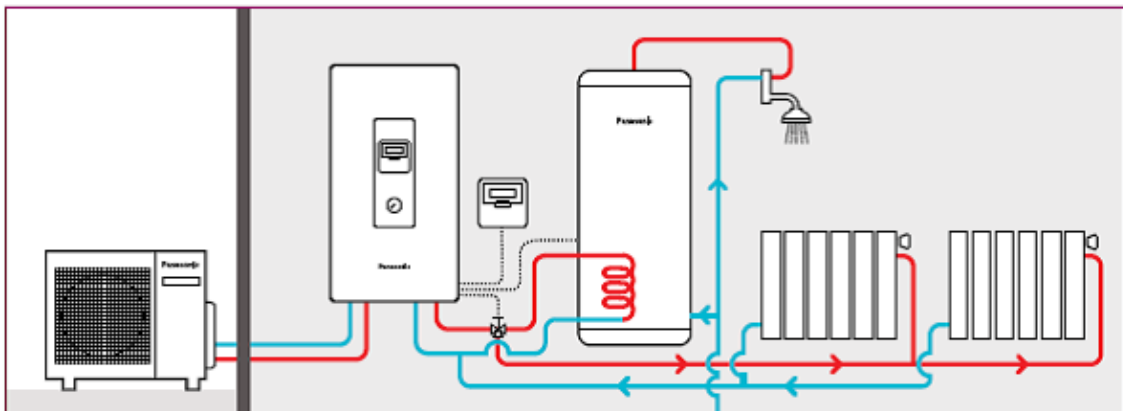


Figura 20: Esquema de un sistema de aeroterminia

La instalación consta de una máquina exterior que capta el aire y lo transmite a un acumulador de agua que, a su vez, enviará el fluido caliente a las unidades terminales (fan coils, suelo radiante, radiadores...) o a la red de agua corriente sanitaria.

Ventajas:

- La mayor parte de la energía la obtiene del aire, casi el 70%, el resto es obtenido mediante electricidad.
- La eficiencia energética y el rendimiento son altos.
- Son válidas en verano e invierno.
- El mantenimiento de las máquinas es simple y sin grandes costes.
- No utilizan combustibles fósiles, lo cual es beneficioso para el medioambiente dependiendo de cómo se obtenga la electricidad.

- La instalación de las máquinas y tuberías es sencilla.
- La inversión inicial se recupera en poco tiempo (10-15 años).
- Posee un control electrónico de temperaturas muy avanzado.

Desventajas:

- La inversión de dinero inicial es alta.
- Debido al salto térmico que pueden alcanzar las máquinas, no es aconsejable instalarlo en zonas climáticas muy frías.
- Requiere de varias unidades exteriores para alcanzar la potencia necesaria en un edificio de grandes dimensiones.
- Hay que instalar también varios acumuladores de agua ya que los existentes en el mercado no alcanzan más de los 200L.
- La parte electrónica de la instalación es complicada, si no se va con cuidado es fácil que las máquinas interiores den errores.
- Las máquinas exteriores tienen capacidad para climatizar volúmenes pequeños, en el caso de un hospital o cualquier obra grande habría que instalar varios módulos para cubrir toda la demanda.

Analizando las ventajas y desventajas, se llega a la conclusión de que este sistema podría ser válido para volúmenes pequeños, pero no para un hospital. Sin embargo, la marca MITSUBISHI ELECTRIC, ha sacado este último año la gama ECODAN Industrial, que permite a las máquinas exteriores alcanzar potencias de casi 65kW.

Con esta potencia no bastaría con poner una sola máquina, así que habría que instalar varias para distintos sitios del edificio. Haciendo cálculos, si hay que cubrir una demanda de 4.000kW, harían falta 70 máquinas CAHV-P500B-HPB. Eso ascendería a un coste total de 1.806.000€, costando 25.800€ cada máquina exterior.

UNIDAD EXTERIOR			CAHV-P500YB-HPB
Capacidad	Capacidad prioritaria	W:45°C; A: 7 / 2 / -7°C	63,2 / 45,0 / 42,4
		W:70°C; A: 7 / 2 / -7°C	58,7 / 43,5 / 43,0
	Eficiencia prioritaria	W:45°C; A: 7 / 2 / -7°C	4,0 / 43,0 / 42,4
		W:70°C; A: 7 / 2 / -7°C	45,0 / 43,3 / 43,0
COP	Capacidad prioritaria	W:45°C; A: 7 / 2 / -7°C	3,02 / 2,63 / 2,17
		W:70°C; A: 7 / 2 / -7°C	1,80 / 1,61 / 1,40
	Eficiencia prioritaria	W:45°C; A: 7 / 2 / -7°C	3,49 / 2,62 / 2,17
		W:70°C; A: 7 / 2 / -7°C	1,76 / 1,61 / 1,40
Eficiencia estacional	Baja T° (W:35°C)	$\eta_{S,MED}$ (Rango) / $\eta_{S,CAL}$	139% (+) / 161%
	Media T° (W:55°C)	$\eta_{S,MED}$ (Rango) / $\eta_{S,CAL}$	139% (+) / 138%
Rangos de T°	Aire exterior	min / máx	-20 / +40
	Circuito hidráulico	min / máx	+25 / +70
Ø tuberías	Circuito de calefacción	Imp - Ret	1 1/2 - 1 1/2
Alimentación eléctrica			3 Fases / 400V / 50Hz
Dimensiones		an x al x fon	1.978 x 1.710 x 759
Refrigerante	R407C	Precarga (kg) / PCA / TCO <sub>2</sub> eq.	11,0 / 1770 / 19,5
PVR	CAHV-P500YB-HPB		25.800 €
PVR	CAHV-P500YB-HPB-BS		29.800 €

Figura 21: Unidad exterior ECODAN de Mitsubishi del sistema de aerotermia

Por otra parte, para la acumulación y distribución del agua son necesarias las máquinas interiores. Ya que se ha escogido la opción de Mitsubishi, ahora se escogerá la gama HIDROBOX DUO, ya que son las máquinas más grandes e interesa que acumulen el máximo en cada una para que se instale el menor número posible de aparatos.

Características Hydrobox Duo		Solo calor	Reversible	Solo calor	Reversible	Solo calor	Reversible	Solo calor	Reversible	Solo calor	Reversible	
Modelo		EHPT20X-VM2C2	ERPT18X-VS3C	EHS200-VM2C2	ERST200-VM2C2-S	EHS200C-VM2C	ERST200C-VM2C-S	--	--	--	--	
Hydrobox Duo	Al. x An. x Fo.	mm 1600 x 595 x 680	1850 x 590 x 590	1600 x 595 x 680	1600 x 595 x 680	1600 x 595 x 680	1600 x 595 x 680	--	--	--	--	
	Peso (vacío)	kg 98	--	103	117,5	110	124,5	--	--	--	--	
	Vaso expansión	L 12	7	12	12	12	12	--	--	--	--	
	Tanque de inercia	L --	40	--	--	--	--	--	--	--	--	
	Alimentación (V, Hz)	1φ: 230, 50		1φ: 230, 50		1φ: 230, 50		--	--	--	--	
	Volumen	L 200	180	200	200	200	200	--	--	--	--	
	Tiempo calentamiento 15°C → 65°C	min 22,75	--	22,75	22,75	22,75	22,75	--	--	--	--	
	Recalentam. 70% volumen → 65°C	min 17,17	--	17,17	17,17	17,17	17,17	--	--	--	--	
	Perdidas kWh/24h	1,91	--	1,91	1,91	1,91	1,91	--	--	--	--	
	Tanque ACS	Material	Acero inoxidable Duplex 2304 (EN 10088)	Acero inoxidable F18	Acero inoxidable Duplex 2304 (EN 10088)	Acero inoxidable Duplex 2304 (EN 10088)	Acero inoxidable Duplex 2304 (EN 10088)	Acero inoxidable Duplex 2304 (EN 10088)	--	--	--	--
	T° ACS	°C +40 -- +60	+60 -- +70	+40 -- +60	+60 -- +70	+40 -- +60	+60 -- +70	--	--	--	--	
	Pr. legionela	°C +60 -- +70	--	+60 -- +70	--	+60 -- +70	--	--	--	--	--	

Características comunes								
Alimentación (V, Hz)	1φ: 230, 50		1φ: 230, 50		1φ: 230, 50		--	3φ: 400, 50
Res. Capacidad	kW 2		3		2		--	3+6
Apoyo Corriente	A 9		13		9		--	13
Tamaño PIA	A 16		16		16		--	16
T° funcionamiento**	°C 0 -- +35		0 -- +35		0 -- +35		0 -- +35	0 -- +35
Calor	T° sala	°C +10 -- +30		+10 -- +30		+10 -- +30		+10 -- +30
	T° flujo	°C +25 -- +60		+25 -- +60		+25 -- +60		+25 -- +60
Frio	T° sala	°C --		--		--		--
	T° flujo	°C --		+5 -- +25		+5 -- +25		+5 -- +25
Sonido	SPL/PWL	(dB(A) 28 / 40		-- / --		28 / 40		28 / 40
		30 / 45		30 / 45		30 / 45		30 / 45

Figura 22: Acumuladores de agua Hydrobox Duo de Mitsubishi para sistema de aerotermia

Tal y como se ve en la Figura 27, estos equipos cuentan con una capacidad de almacenamiento de agua de 200L, por lo tanto, atendiendo a la demanda de agua diaria del edificio (Gráfica 3) y valorando la simultaneidad de los equipos, se puede colocar una máquina interior por cada exterior existente.

Otro aparato a tener en cuenta serán los depósitos de inercia, ya que pueden servir para aprovechar la inercia térmica de los equipos y así obtener un mayor rendimiento. Será necesario un depósito por cada equipo instalado, es decir, 72.

La marca HEATSUN posee un amplio abanico de posibilidades, para la instalación que nos concierne se escogerán las que tienen una capacidad para 200L.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS														
Modelo	Clase Energética	Capacidad	Espesor Aislante	A	B	C	D	E	ØD	H	Conexiones		Peso vacío	Precio
		l	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ef/ec	rf/rc	Kg	€
- ACR 30	C	30	20	105	105	--	510	510	410	460	1"	1"	12	270,00 €
- ACR 50	C	50	20	145	145	330	415	415	410	560	1"	1"	14	295,00 €
- ACR 100	C	100	30	282	305	590	740	760	460	970	1 1/4"	1 1/4"	20	430,00 €
- ACR 200	B	200	50	350	370	660	810	835	650	1.090	1 1/2"	1 1/2"	42	560,00 €
- ACR 300	C	300	50	350	370	1.125	1.275	1.300	650	1.555	2"	2"	58	660,00 €
- ACR 500	C	500	50	385	460	1.390	1.540	1.615	700	1.915	3"	3"	97	890,00 €
- ACR 750	C	750	80	390	445	1.435	1.585	1.635	910	1.945	3"	3"	140	1.269,00 €
- ACR 1000	C	1.000	80	555	630	1.610	1.760	1.835	950	2.250	3"	3"	188	1.365,00 €
- ACR 1500	C	1.500	80	530	605	1.610	1.760	1.835	1.160	2.280	3"	3"	210	2.554,00 €

Figura 23: Depósitos de Inercia de la marca HEATSUN

Se va a seleccionar por lo tanto el modelo ACR 200. Una vez seleccionados los equipos, las tuberías que van a las unidades terminales podrían reutilizarse, y lo mismo con los conductos y rejillas, por lo tanto, eso facilita las tareas de instalación.

### 7.1.2 Sistema VRV

Otra opción sería instalar sistemas de VRV en todas las salas exceptuando los quirófanos que requieren de renovación de aire. El término VRV significa Volumen de Refrigerante Variable y proviene del inglés VRF (*variable refrigerant flow*).

En los sistemas VRV existe una unidad exterior común que está conectada con múltiples unidades interiores a través de tuberías de cobre. Estas tuberías dibujan ramificaciones con distribuidores hacia cada unidad interior. La unidad exterior de los sistemas VRV cuenta con un mecanismo que utiliza el aire exterior para evaporar o condensar el gas refrigerante según se necesite calor o frío, como en un sistema compacto normal. A continuación, el gas refrigerante se reparte por las tuberías para llegar a los diferentes espacios donde las unidades interiores se encargan de utilizarlo para climatizarlos.

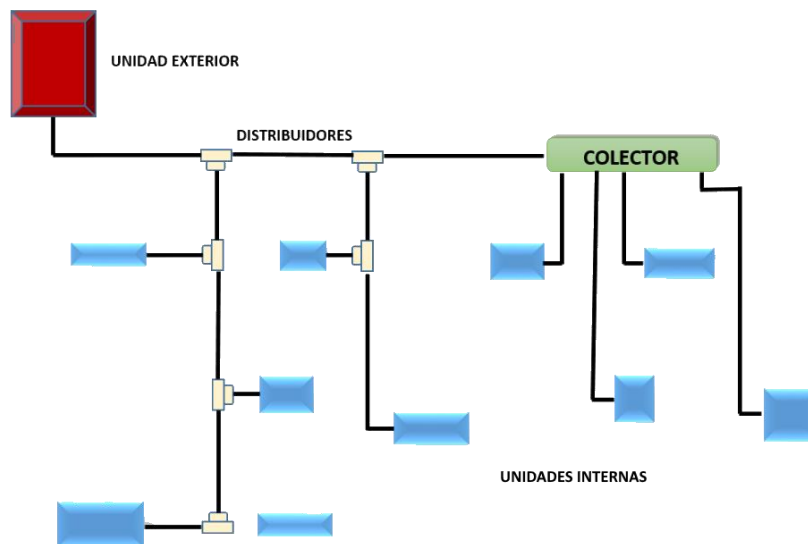


Figura 24: Esquema de un sistema VRV

Los sistemas de climatización VRV pueden ser de dos o de tres tubos. Los primeros proporcionan frío o calor, pero no ambas a la vez. Por su parte, los de tres tubos sí que pueden suministrar frío y calor simultáneamente e incluso recuperar energía cuando hay zonas que trabajan en diferentes servicios (frío y calor). La complejidad de la opción de la instalación de tres tubos encarece severamente el precio total con respecto a su variedad de dos tubos. Su uso está especialmente recomendado para instalaciones comerciales de medio o gran tamaño, con lo cual podría cuadrar con la instalación que nos concierne.

Ventajas:

- El diseño de la instalación no es complicado.
- Bajos niveles sonoros.
- Presenta un ahorro energético notable con respecto a los sistemas convencionales.
- Cada usuario o espacio dispone de su control, lo cual es muy cómodo.
- Las unidades exteriores no son grandes aparatos, con lo que pueden instalarse con facilidad, y lo mismo ocurre con las interiores, suelen ser *splits* o *cassettes*.
- Múltiples tipos de unidades interiores.
- Costes de funcionamiento bajos.
- Flexibilidad y confort.

Desventajas:

- El coste inicial es elevado.
- Distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptible a fugas debido a los muchos puntos con soldaduras. Cada distribuidor tendrá 3 soldaduras como mínimo.

La selección de estos equipos se hará mediante la marca DAIKIN, ya que son pioneros en este tipo de sistemas y sus equipos presentan unas muy buenas prestaciones.

UNIDADES EXTERIORES VRV-IV CON R-410A			REYQ40T	REYQ42T	REYQ44T	REYQ46T	REYQ48T	REYQ50T	REYQ52T	REYQ54T	
Capacidad nominal	Refrigeración	kW	111,9	118,0	123,5	130,0	135,0	140,4	145,8	151,2	
	Calefacción	kW	125,5	131,5	137,5	145,0	150,0	156,5	163,0	169,5	
Consumo nominal	Refrigeración	kW	31,58	32,75	34,83	36,30	38,40	40,80	43,20	45,60	
	Calefacción	kW	31,11	33,18	35,23	37,10	38,70	40,10	41,50	42,90	
EER Calefacción continua / EER Alta eficiencia*			3,54 / 3,70	3,60 / 3,62	3,55 / 3,66	3,58 / 3,58	3,52 / 3,52	3,44 / 3,44	3,38 / 3,38	3,32 / 3,32	
COP Calefacción continua / COP Alta eficiencia*			4,03 / 4,01	3,96 / 3,94	3,90 / 3,94	3,91 / 3,91	3,88 / 3,88	3,90 / 3,90	3,93 / 3,93	3,95 / 3,95	
SEER Calefacción continua / SEER Alta eficiencia*			6,68 / 6,97	6,79 / 6,83	6,68 / 6,90	6,75 / 6,75	6,63 / 6,63	6,49 / 6,49	6,37 / 6,37	6,26 / 6,26	
Cantidad de unid. interiores conectables			nº	64	64	64	64	64	64	64	
Índice de capacidad <sup>(1)</sup> (min.-máx.)				500-1.300	525-1.365	550-1.430	575-1.495	600-1.560	625-1.625	650-1.690	675-1.755
Alimentación eléctrica			V	II / 380V-415V	III / 380V-415V	III / 380V-415V	III / 380V-415V	III / 380V-415V	III / 380V-415V	III / 380V-415V	
Compresor	Tipo		SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	
	Cantidad		4	5	5	6	6	6	6	6	
Conexiones de tuberías	Líquido	mm	ø 19,1 (3/4")	ø 19,1 (3/4")	ø 19,1 (3/4")	ø 19,1 (3/4")	ø 19,1 (3/4")	ø 19,1 (3/4")	ø 19,1 (3/4")	ø 19,1 (3/4")	
	Descarga	mm	ø 34,9 (13/8")	ø 34,9 (13/8")	ø 34,9 (13/8")	ø 34,9 (13/8")	ø 34,9 (13/8")	ø 34,9 (13/8")	ø 34,9 (13/8")	ø 34,9 (13/8")	
	Gas	mm	ø 41,3 (1 5/8")	ø 41,3 (1 5/8")	ø 41,3 (1 5/8")	ø 41,3 (1 5/8")	ø 41,3 (1 5/8")	ø 41,3 (1 5/8")	ø 41,3 (1 5/8")	ø 41,3 (1 5/8")	
Refrigerante R-410A			kg / TCO_eq / PCA	-	-	-	-	-	-	-	
Caudal de aire	Refrig./Calef.	m <sup>3</sup> /min	611	695	705	743	780	771	762	753	
	Alto	mm	1.685	1.685	1.685	1.685	1.685	1.685	1.685	1.685	
Dimensiones	Ancho	mm	3.120	3.430	3.430	3.740	3.740	3.740	3.740	3.740	
	Fondo	mm	765	765	765	765	765	765	765	765	
Peso de la máquina			kg	773	828	828	914	915	947	1.011	
Calefacción continua			REYQ-T	10 +12 +18	10 +16 +16	12 +16 +16	14 +16 +16	16 +16 +16	16 +16 +18	16 +18 +18	18 +18 +18
Alta eficiencia***			REYQ-T	10 +14 +16	12 +14 +16	14 +14 +16	14 +16 +16	16 +16 +16	16 +16 +18	16 +18 +18	18 +18 +18

Figura 25: Modelo escogido de la máquina para sistema VRV

Se escogerá el modelo REYQ54T ya que es la que más potencia ofrece de la gama industrial (151,2 kW) aunque cabe destacar que realmente se trata de un módulo de 3 máquinas REYQ18T juntas. Sin embargo, aunque se consigue bastante potencia no sería suficiente con una sola máquina. Para abastecer toda la demanda serían necesarias 30 máquinas. Cada una con un precio de 69.209€, por lo que todas suman un coste total de 2.076.270€. Lo malo de esta opción es que hay que instalar un gran número de metros de tuberías de cobre, distribuidores y cable de maniobra.

Además, y esto posiblemente sea lo peor de todo, toda la instalación existente de fan coils no podríamos utilizarla con este sistema. Habría que instalar diversas unidades interiores como *splits* o cualquier otra unidad terminal compatible. Este problema subiría muchísimo el coste.

### 7.1.3 Enfriadoras nuevas con torres de refrigeración

Esta opción se basa simplemente en cambiar las máquinas de la instalación actual por otras nuevas ya que las antiguas tienen casi 20 años, con lo cual, con los avances en tecnología que ha habido desde entonces se podría disminuir notoriamente el consumo energético, tanto de gasoil como de electricidad.

Lamentablemente, estos aparatos no disponen de una tarifa de precios. De todos modos, podemos prever que esta sería la opción más barata en cuanto a inversión inicial ya que la instalación actual podría reutilizarse quitando cualquier avería existente.

Por otra parte, el consumo de electricidad y agua de estas máquinas sigue siendo bastante alto con respecto a los otros sistemas alternativos que hemos visto. Aun así, evidentemente mejora a la instalación actual por la evolución en eficiencia que han conseguido los fabricantes.

Se puede observar en las imágenes como el fabricante pide consultar el precio de todos los modelos. Pero analizando la eficiencia que es lo que interesa, las nuevas máquinas consiguen mejorar a las anteriores. Se podrían escoger 2 enfriadoras de la gama EWWQ de 2.000kW y otra de 500kW por si acaso para cubrir toda la potencia que necesitamos (4.000kW).

Tabla 3: Características técnicas de las enfriadoras marca DAIKIN.

Enfriadoras DAIKIN	Modelo EWWQ	Especificaciones	Técnicas	Uds.	EWWQ520B-X	EWWQC20B-X
Nivel de presión sonora	Refrigeración		Nom.	dBA	83 (2)	88 (2)
Refrigerante	Refrigerant=Refrigerant type				2,087.5	2,087.5
Límites de funcionamiento	Evaporador	Calefacción	Máx.	°CBS	25	25
		Refrigeración	Mín.	°CBS	45	45
	Condensador	Refrigeración	Mín.	°CBS	10	10
						2
Capacidad de refrigeración	Nom.			kW	513 (1)	2,025 (1)
Conexiones de tubería	Entrada/salida agua del evaporador			mm	152.4	254
	Entrada/salida de agua del condensador			pulgadas	8	8
Consumo	Refrigeración		Nom.	kW	107 (1)	436 (1)
Nivel de potencia sonora	Refrigeración		Nom.	dBA	102	107
Carga	Por circuito			kg	130.0	150.0
	Por circuito			TCO2Eq	271.4	313.1
Dimensiones	Unidad		Anchura	mm	1,276	1,350
			Profundidad	mm	3,863	4,865
			Altura	mm	2,001	2,495



Con respecto a las calderas de agua, el fabricante BOSCH posee una gama industrial que cubre perfectamente las necesidades del edificio. Así que con 1 caldera de 3.000kW (potencia similar a las actuales) se puede abastecer la demanda que se ha calculado.

Tabla 4: Características técnicas de la caldera de BOSCH. Obtenida del catálogo oficial de productos de la marca.

Modelo	UT-L
Fluido	Agua caliente
Tipo	Generador de agua caliente pirotubular, 3 pasos y horizontal
Producción	de 650 a 19.200 kW
Presión de diseño	hasta 16 bar
Temperatura máx.	hasta 120 °C
Combustibles	Gas natural, gasóleo

A parte de las principales máquinas, también se podrían cambiar los fan coils que no funcionarían bien por otros nuevos, así también se puede ganar en eficiencia.

## 7.2 Sistema constructivo

Con el sistema actual, la envolvente del edificio está compuesta por varios tipos de cerramientos que presentan una transmitancia térmica entre 0.8 y 1.1 (W/m<sup>2</sup>K). Para este tipo de cerramientos situados en una zona climática B (ver *tablas 5 y 6* de transmitancia térmica) el DB-HE1 del CTE exige una máxima de 0,82 W/m<sup>2</sup>K para muros exteriores y de 1,10 W/m<sup>2</sup>K para muros interiores.

Tabla 5: Normativa sobre la transmitancia térmica de los muros exteriores, suelos, cubiertas y huecos según el CTE.

<b>D.2.7 ZONA CLIMÁTICA B3</b>										
Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno								<b>U<sub>Mlim</sub>: 0,82 W/m<sup>2</sup> K</b>		
Transmitancia límite de suelos								<b>U<sub>Slim</sub>: 0,52 W/m<sup>2</sup> K</b>		
Transmitancia límite de cubiertas								<b>U<sub>Clim</sub>: 0,45 W/m<sup>2</sup> K</b>		
Factor solar modificado límite de lucernarios								<b>F<sub>Llim</sub>: 0,30</b>		
% de huecos	Transmitancia límite de huecos U <sub>Hlim</sub> W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos F <sub>Hlim</sub>					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

Tabla 6: Normativa de transmitancia térmica de muros interiores según el CTE

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,10	0,95	0,85	0,70

Las cifras de las *Tablas 5 y 6*, nos sirven para determinar los rangos por donde deben ir las soluciones que aportemos para la mejora energética.

Los muros que tiene actualmente el edificio superan estas cifras, así que una posible mejora del sistema constructivo podría ser a través de la cámara de aire del paramento. Este espacio se puede aprovechar colocando algún tipo de aislante térmico como puede ser la fibra de vidrio ya que posee una conductividad térmica de apenas el 0,04 W/mK. Esta mejora podría disminuir la transmitancia térmica de los muros exteriores a 0,67W/m<sup>2</sup>K si le ponemos una capa de 5cm y la de los muros interiores a 0,87W/m<sup>2</sup>K si se le pone una capa de 2cm.

### 7.3 Ventilación

En este apartado se puede ahorrar mucha demanda energética, ya que, en verano, con una buena ventilación, es más fácil tener una temperatura interior inferior. Esto se podría conseguir con elementos mecánicos como pueden ser conductos de extracción o aspiradores que succionen el aire de dentro del edificio. También podrían colocarse rejillas de retorno al exterior para que expulsen el aire fuera.

Otra opción es instalar un sistema de free-cooling en ciertos lugares del edificio para climatizar el interior con aire exterior. Este sistema permite mejorar la calidad del aire interior.

La normativa para la ventilación de hospitales (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificio, RITE, Instrucción técnica 1.1.4 sobre la exigencia de la calidad del aire interior) exige que la ventilación se trate por zonas, sobre todo es importante tener una buena renovación de aire en los quirófanos, ya que es una zona crítica y la normativa exige hasta 25 renovaciones de aire a la hora.

## 8. Resultados

### 8.1 Soluciones escogidas para la mejora de los diferentes sistemas

#### 8.1.1 Sistema de climatización

Una vez analizadas las distintas posibilidades por separado, la mejor opción sería seguir apostando por el mismo sistema implantado a día de hoy en el hospital ya que se puede aprovechar toda la instalación. El único cambio sería sustituir las máquinas actuales por otras más nuevas. Esta opción ofrece una menor inversión y más simplicidad en cuanto a tareas a realizar.

Por otra parte, también es interesante valorar la opción de realizar una inversión inicial mayor y conseguir una mejor eficiencia a posteriori. Esta opción es la de aerotermia, ya que, aunque la instalación de los equipos sea de un precio elevado, a la larga ofrece un ahorro enorme en cuanto a consumo de agua y electricidad. Además, estas máquinas trabajan en un rango de temperaturas que para la zona climática en la que nos encontramos es totalmente aceptable. El único problema que se puede encontrar para este sistema es que no hay opción para la renovación de aire en los quirófanos u otras zonas críticas. Para estas salas se mantendrá la misma instalación que hay actualmente, pero cambiando las máquinas por otras más nuevas, así también se conseguirá un poco más de ahorro energético.

#### 8.1.2 Sistema constructivo

Tal y como se ha indicado anteriormente, en este apartado se va a disminuir la transmitancia térmica de los muros y a colocar aislante térmico entre ellos. Esto requiere una obra muy grande ya que modificar una estructura es una labor muy costosa.

Las tareas que se realizarán serán:

- Comprobación y localización de grietas en muros.
- Fijación y relleno con escayola u otro material para tapar las grietas.
- Realización de una segunda capa de mortero de cemento-cola.
- Instalación de aislante térmico de fibra de vidrio en todos los muros.

Con estas medidas, la eficiencia del edificio aumentará notablemente ya que las pérdidas de calor serán mucho menores.

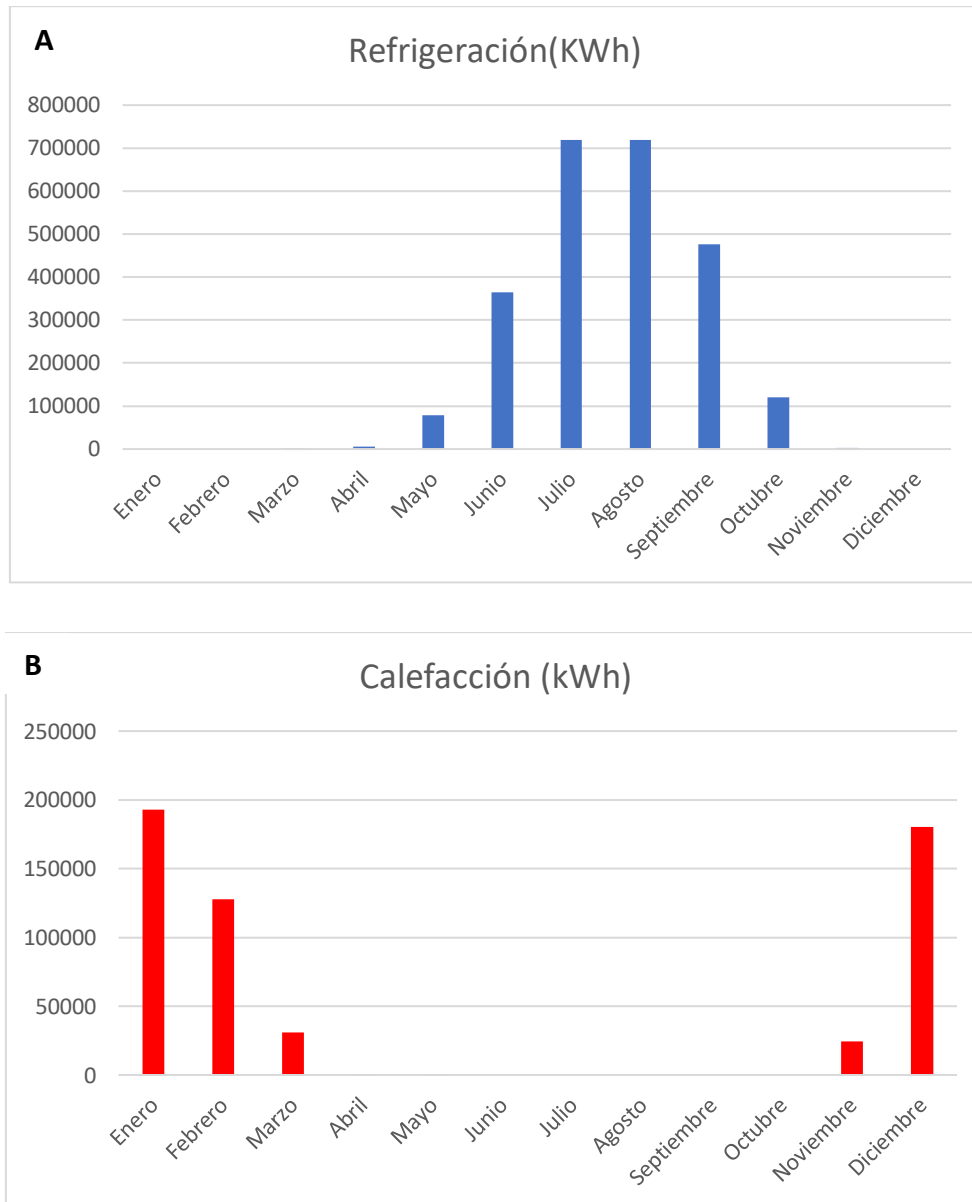
#### 8.1.3 Ventilación

Para una ventilación adecuada en el edificio se instalará un sistema de *free-cooling* para ahorrar en equipos de climatización cuando no sean necesarios y para mejorar la calidad del aire interior. De esta manera se evita recircular el aire presente dentro del edificio. Y en algunas zonas como los quirófanos será necesario por la presencia de bacterias y agentes patógenos que no deban mezclarse con el ambiente.

## 8.2 Cálculo de la demanda energética de las soluciones adoptadas

La solución adoptada para la reducción de consumo en el hospital ha cambiado algunos parámetros que se habían calculado. Por ello es necesario un nuevo análisis con los cambios efectuados.

En primer lugar, se va a volver a realizar el cálculo de la demanda energética del edificio mediante la herramienta Energyplus:



Gráfica 12: Evolución anual de la demanda energética de la solución adoptada. Refrigeración (A) y calefacción (B).

Tal y como se aprecia en la *Gráfica 7*, la demanda energética ha disminuido ligeramente tanto en refrigeración como en calefacción, esto se debe principalmente a los cambios realizados en la ventilación y en la composición de los muros, los cuales ahora poseen un buen aislamiento.

Por otra parte, ahora queda ver qué cambios se aprecian en cuanto a la solución adoptada del sistema de climatización. Se recuerda que finalmente se escogió la aerotermia, con lo cual en el programa CALENER VYP escogeremos los equipos adecuados, es decir, 70 máquinas con su número adecuado de acumuladores. El resultado obtenido es el siguiente:

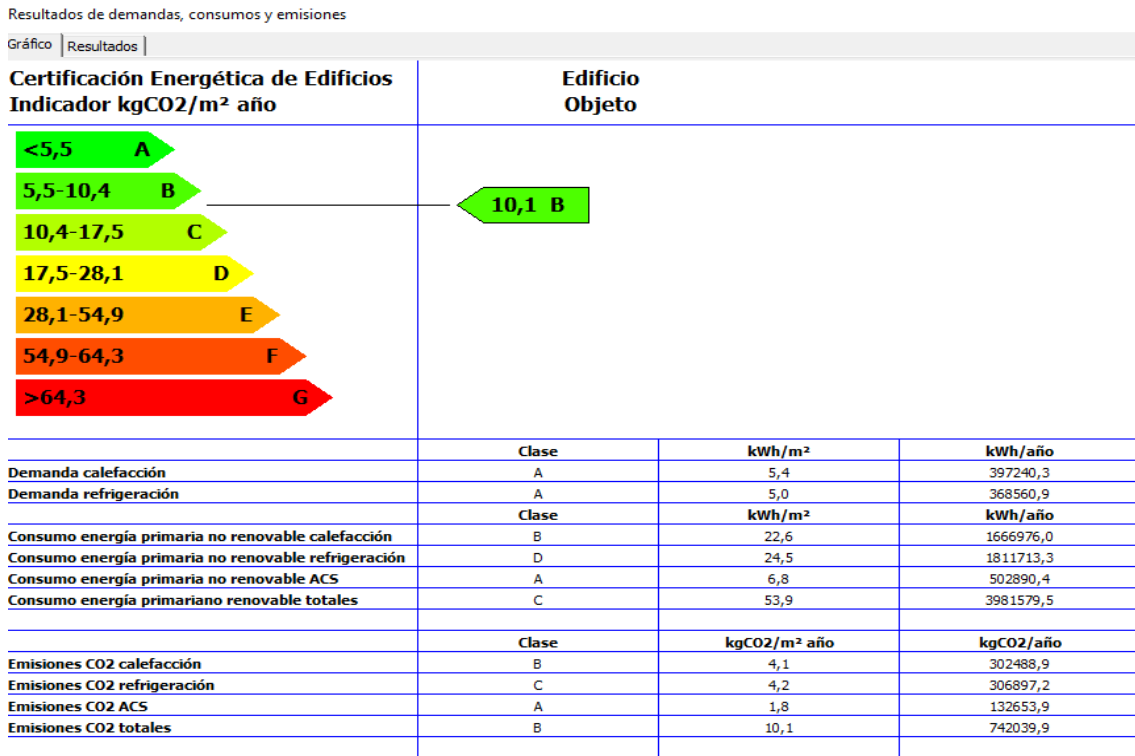


Figura 26: Calificación energética tras la modificación

La diferencia se puede apreciar, es mucha con respecto al anterior sistema (Figura 19). Hemos cambiado de una calificación “D” a una “B”, y es todo gracias al sistema de aerotermia, el cual actualmente es el más eficiente del mercado. La posibilidad de combinar agua caliente sanitaria con climatización es la clave para el ahorro energético. Las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de calefacción es lo que más ha mejorado ya que las calderas antiguas tenían un consumo muy elevado y la tecnología actual se ha centrado mucho en reducir estos dos parámetros. Lo mismo ocurre con el consumo en refrigeración, ha mejorado ya que también las enfriadoras eran muy antiguas y su rendimiento cada vez iba a peor.

De este modo, se consigue una reducción de 13kg de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado al año. Y una cifra también muy llamativa es la reducción de 77,8 kW/h por metro cuadrado al año en cuanto a consumo eléctrico.

## 9. Presupuesto total de la instalación

Para la realización de un presupuesto estimativo de esta obra hay que tener varias cosas en cuenta ya que se trata de una instalación bastante grande. Tal y como se explicó en apartados anteriores, la solución adoptada ha sido finalmente la de instalar máquinas de aerotermia para abastecer a los fan coils ya existentes y para el agua caliente sanitaria.

En primer lugar, hay que calcular el coste de las máquinas que van a ser instaladas, esto se puede saber con el número de máquinas que se van a instalar (72, según lo calculado anteriormente) y con el precio que hay en tarifa se puede estimar a cuánto asciende la suma. El mismo proceso se realizará con las máquinas interiores y los depósitos de inercia.

Tabla 7: Presupuesto de los equipos propuestos para la instalación

<b>Ud.</b>	<b>Concepto</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Precio total (€)</b>
72	Máq. Exterior de Aerotermia marca MITSUBISHI ELECTRIC gama ECODAN modelo CAHV-P200YB-HPB	25.800	1.806.000
72	Máq. Interior Aerotermia marca MITSUBISHI ELECTRIC gama HIDROBOX DUO modelo E RTP18X-VM2C2	4.790	344.880
72	Depósito de inercia marca HEATSUN modelo ACR 200	560	40.320
<b>TOTAL EQUIPOS</b>			<b>2.191.200</b>

Una vez realizada la suma de los equipos ya se puede hacer una estimación de lo que costará el estudio del modelado y del certificado energético. Habitualmente, en los proyectos que se requiere memoria o cualquier escrito por parte de una persona cualificada, se presupuesta cada documento en torno a un 1-5% del presupuesto de la instalación.

Dado que no existe normativa que regule esto, se va a tomar un 3% para el modelado del edificio y un 2% por la certificación energética.

Tabla 8: Presupuesto del estudio de la instalación

<b>Ud.</b>	<b>Concepto</b>	<b>€/Ud.</b>	<b>Precio total (€)</b>
1	Modelado del edificio, incluyendo: - Mediciones	65.736	65.736

	- Delineado		
1	Análisis energético mediante software de certificación energética	43.824	43.824
	<b>TOTAL ESTUDIO</b>		<b>109.560</b>

Por lo tanto, el presupuesto total del proyecto, suma una cantidad de **2.300.760€**

## 10. Conclusión

Para concluir este proyecto se va a analizar la comparativa entre los datos de consumo reales proporcionados por el departamento de ingeniería del hospital, los datos obtenidos con el sistema actual y por último los datos de demanda obtenidos después de haber estudiado las posibles mejoras.

Para empezar, cabe destacar la similitud entre los consumos reales (Gráfica 2, gráfica 3 y gráfica 4) y los obtenidos en EnergyPlus (Figura 18), ya que de la demanda de electricidad han resultado muy similar. Esto demuestra la gran capacidad de la herramienta para el cálculo de la demanda energética, es totalmente fiable. Tal y como se ha comentado antes, las pequeñas diferencias que se encuentran pueden deberse a que los datos de consumo real también cuentan otros aparatos. Y en cuanto a los consumos de agua y gasoil, no es posible medir de forma virtual ya que no se dispone de herramientas suficientes, pero con las medidas que se han adoptado se puede asegurar que el consumo habrá bajado considerablemente, sobre todo en cuanto a gasoil, ya que se pasa de utilizar 3 calderas a utilizar 1.

Y en cuanto a los resultados de la medida adoptada no hay dudas de que el consumo baja considerablemente, el sistema de aerotermia actual permite ser utilizado para grandes superficies como es el caso de este proyecto. Y este sistema posee el mejor rendimiento y eficiencia posible de las máquinas actuales de climatización.

En cuanto a lo social, sería una buena opción colocar estos sistemas en edificios públicos como otros hospitales, ayuntamientos, ministerios, colegios... etc. Contribuiría a al medioambiente y al ahorro en cuanto a consumo tal y como se ha visto en este proyecto. Lo único que puede ser un inconveniente es la inversión inicial de dinero ya que es elevada, y a parte hay que tener en cuenta los muchos metros de tubería de agua que este sistema precisa.

Por esta razón, sería conveniente concienciar a la sociedad sobre lo importante que es hoy en día reducir el consumo energético tanto por el aspecto económico como el medioambiental.

## 11. Normativa

Normativa de aire exterior para ventilación de locales según el RITE

- Calidad de aire interior exigible: IDA 2 (buena calidad)
- El caudal de aire exterior requerido por persona será de 0.025 m<sup>3</sup>/s.per
- Real Decreto 1826/2009 Por el que se modifica el RITE en cuanto a calderas y temperaturas.
- Orden VIV 984/2009 Por el que se modifican determinadas DB del CTE.
- Real Decreto 1371/2007 Por el que se aprueba el documento básico DB\_HR del CTE de protección frente al ruido, y se modifican en numerosos puntos los DB.
- Real Decreto 1027/2007 Por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Termicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (IT E).
- Real Decreto 314/2006 Por el que se aprueba en Código Técnico de la Edificación, DB-SI, sobre seguridad en caso de incendio.
- DB-HE, sobre ahorro de energía.
- Real Decreto 842/2002 Por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, REBT.
- Real Decreto 3099/1977 Por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.
- Normas UNE citadas en los anteriores Reglamentos.
- Orden 17/2002 Sobre homogeneización y simplificación del procedimiento de actuación de las EICIs.
- Orden 688/2008 Por el que se establece el procedimiento para el registro, puesta en servicio e inspección de Instalaciones Térmicas no Industriales en los Edificios.
- Real Decreto 1627/1997 Sobre Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 773/1997 Sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización de equipos de protección individual, por los trabajadores.
- Real Decreto 487/1997 Sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañen riesgos.
- Real Decreto 485/1997 Por el que se establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo.
- Ley 31/1995 Sobre Prevención de Riesgos Laborales.

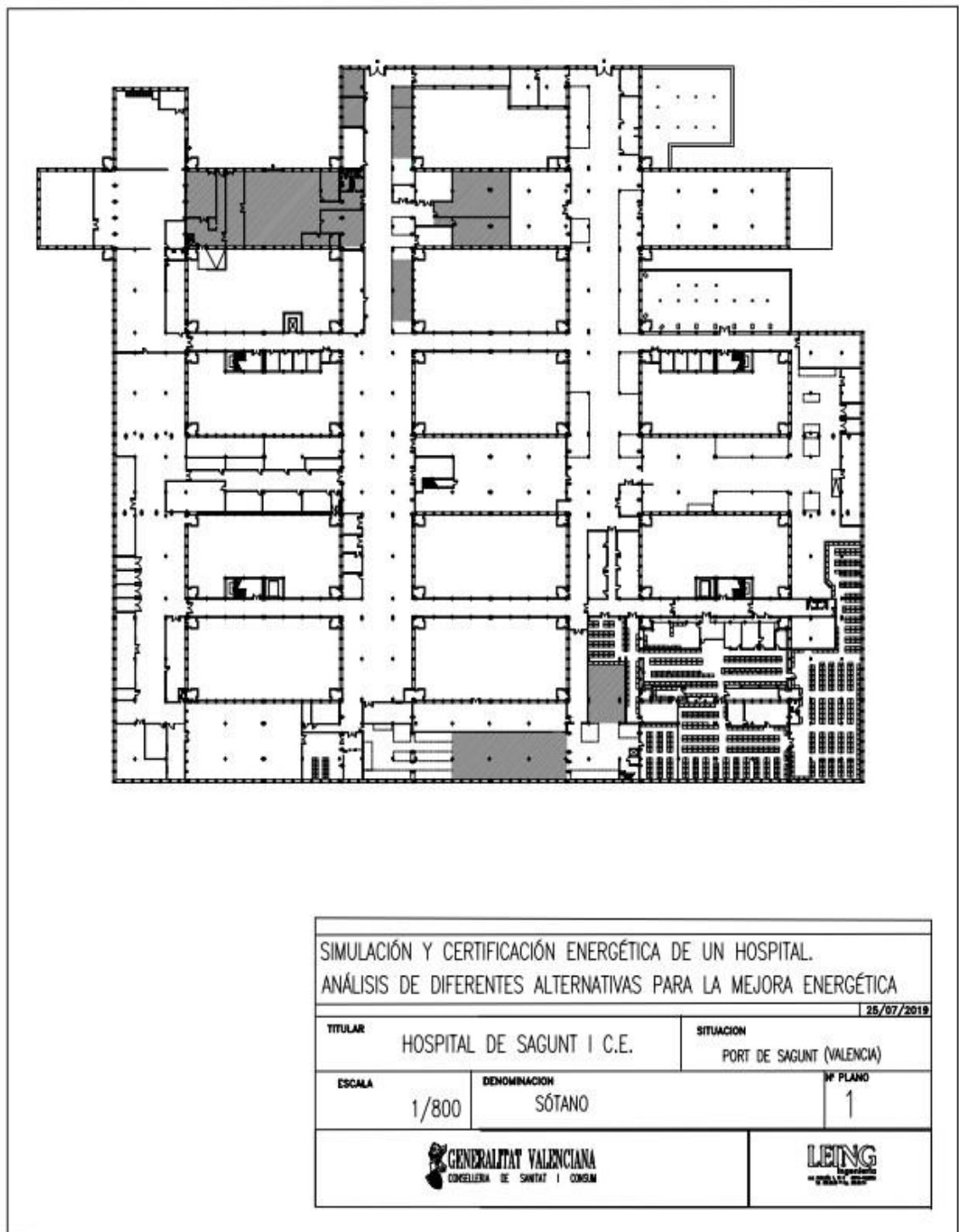


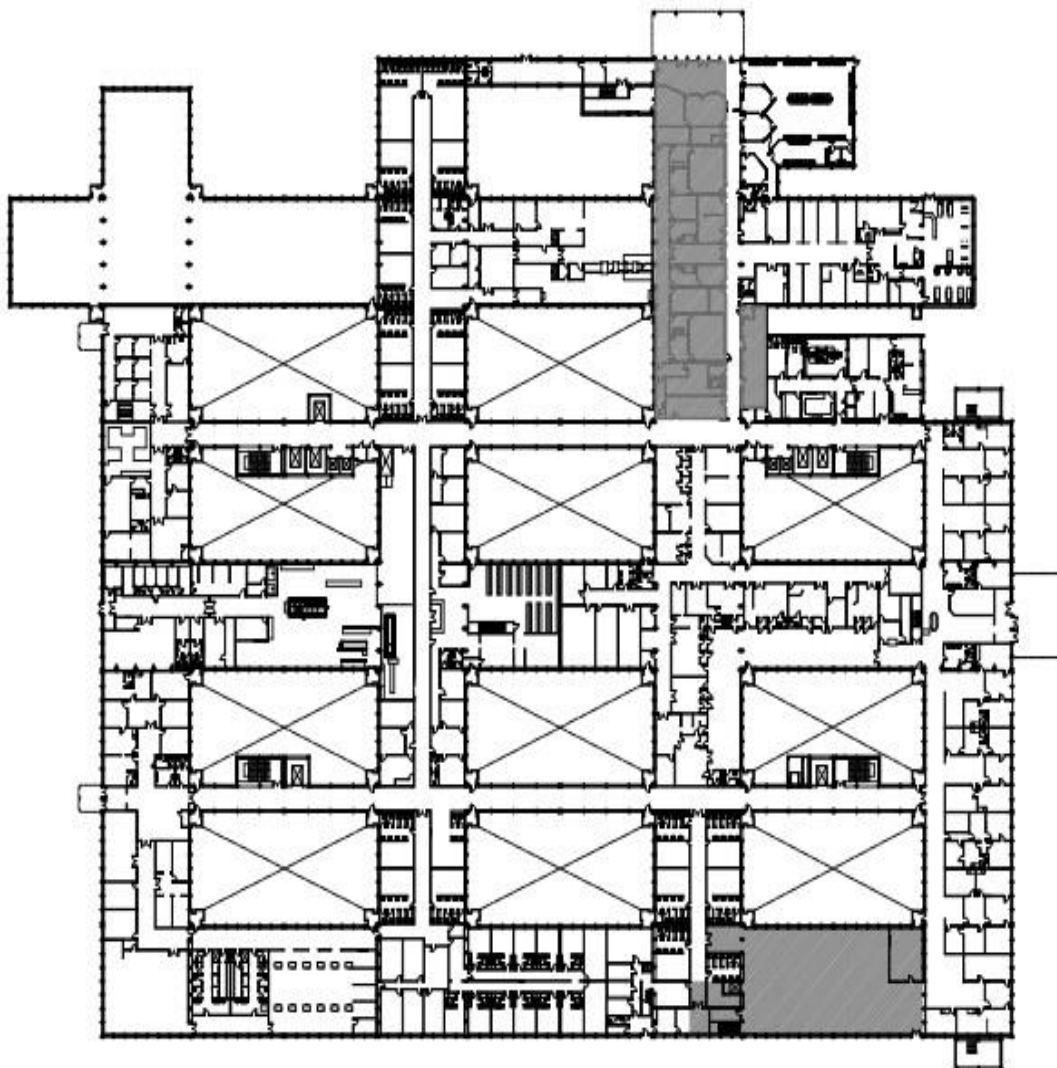
## 12. Bibliografía



- Andrés Sisó Clemente (2014) ESTUDIO DE MEJORA DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PLURIFAMILIAR DE DOS VIVIENDAS EN BINÉFAR.  
<https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/47575/asisoc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Héctor Herrero López (2006) INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE UN HOSPITAL SITUADO EN SALAMANCA.  
<https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/449c5d0d47144.pdf>
- Francisco Javier Ferreres Boix (2016) ESTUDIO PARA LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TR7 DEL CAMPUS UPC DE TERRASSA.  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/98325/REPORT\\_115.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/98325/REPORT_115.pdf)
- Enrique Torrella Alcaraz (2005) MANUAL DE CLIMATIZACIÓN
- Carlos González Sierra (2013) DISEÑO Y CÁLCULO DE INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN
- Antonio Jesús Mendoza Ramírez (2016) EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN EN LOS EDIFICIOS
- RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios)
- Guía técnica de Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de Plantas enfriadoras
- Guía Técnica Torres de refrigeración
- Guía Técnica Agua Caliente Sanitaria Central
- Guía técnica Condiciones climáticas exteriores de proyecto
- Guía técnica Instalaciones de climatización por agua
- Puesta en marcha de instalaciones según RITE.
- CTE (Código Técnico de la Edificación)

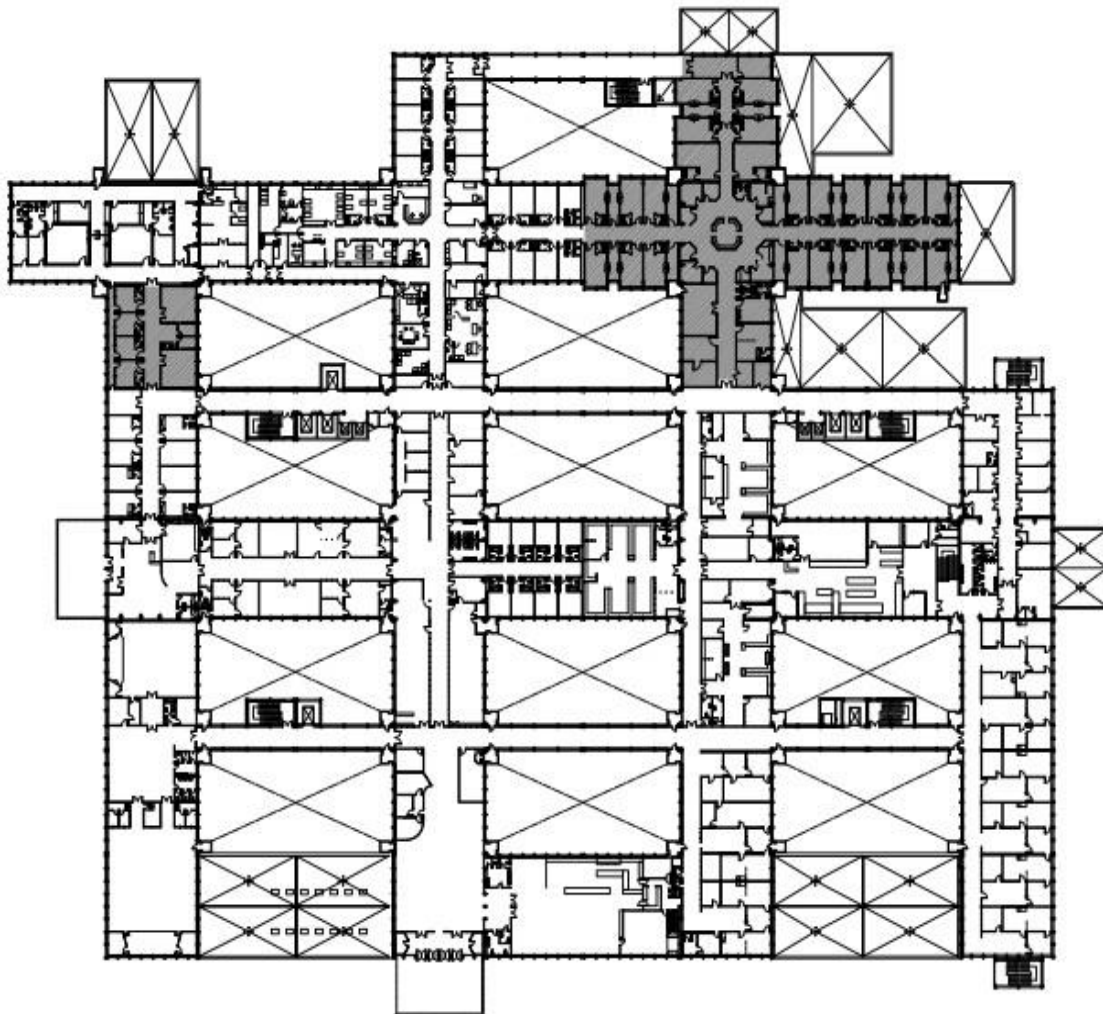
## 13. Planos



### 13.1 Planos originales

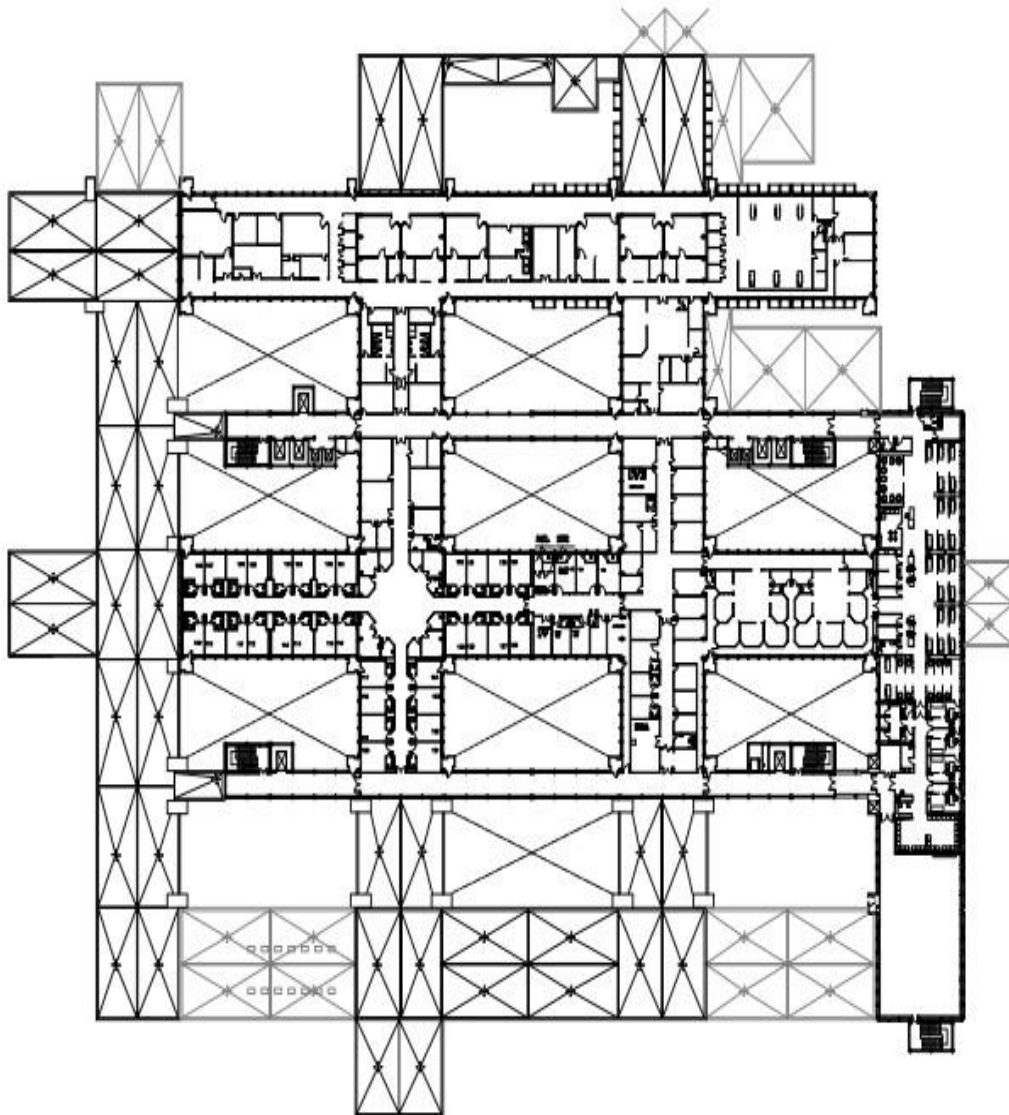






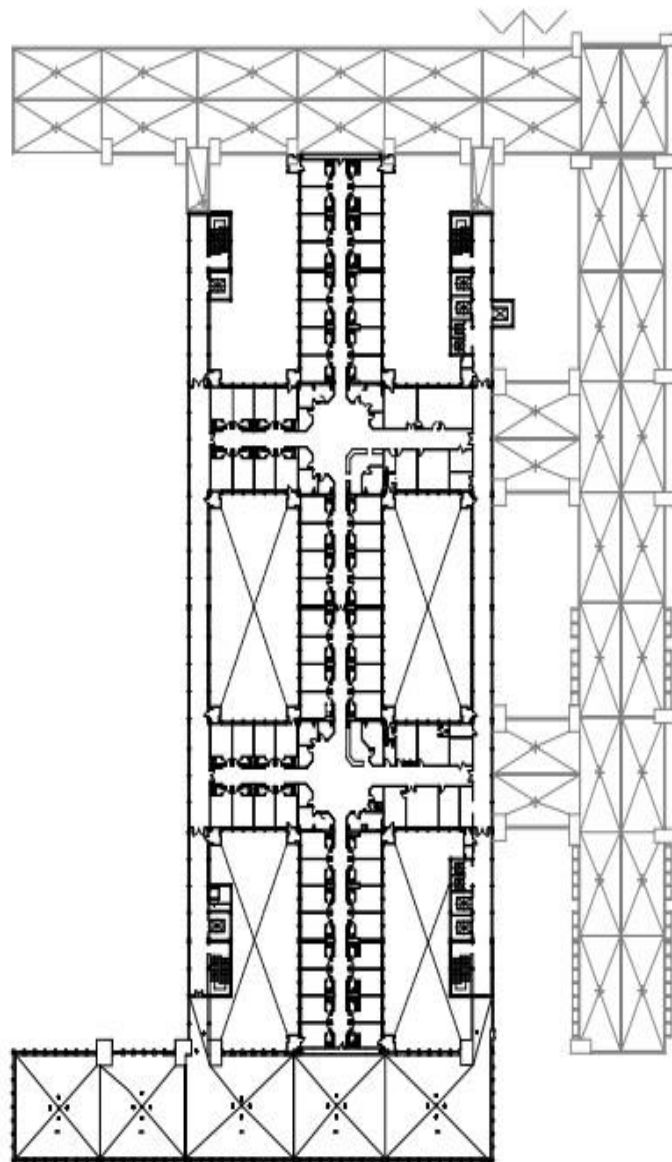
SIMULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL. ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA ENERGÉTICA			
			25/07/2019
TITULAR	HOSPITAL DE SAGUNT I C.E.		SITUACION PORT DE SAGUNT (VALENCIA)
ESCALA	DENOMINACION	Nº PLANO	
1/800	SEMISÓTANO	2	
			





SIMULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL.			
ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA ENERGÉTICA			
25/07/2019			
TITULAR	HOSPITAL DE SAGUNT I C.E.		SITUACION
			PORT DE SAGUNT (VALENCIA)
ESCALA	DENOMINACION	Nº PLANO	
1/800	PLANTA BAJA	3	
			

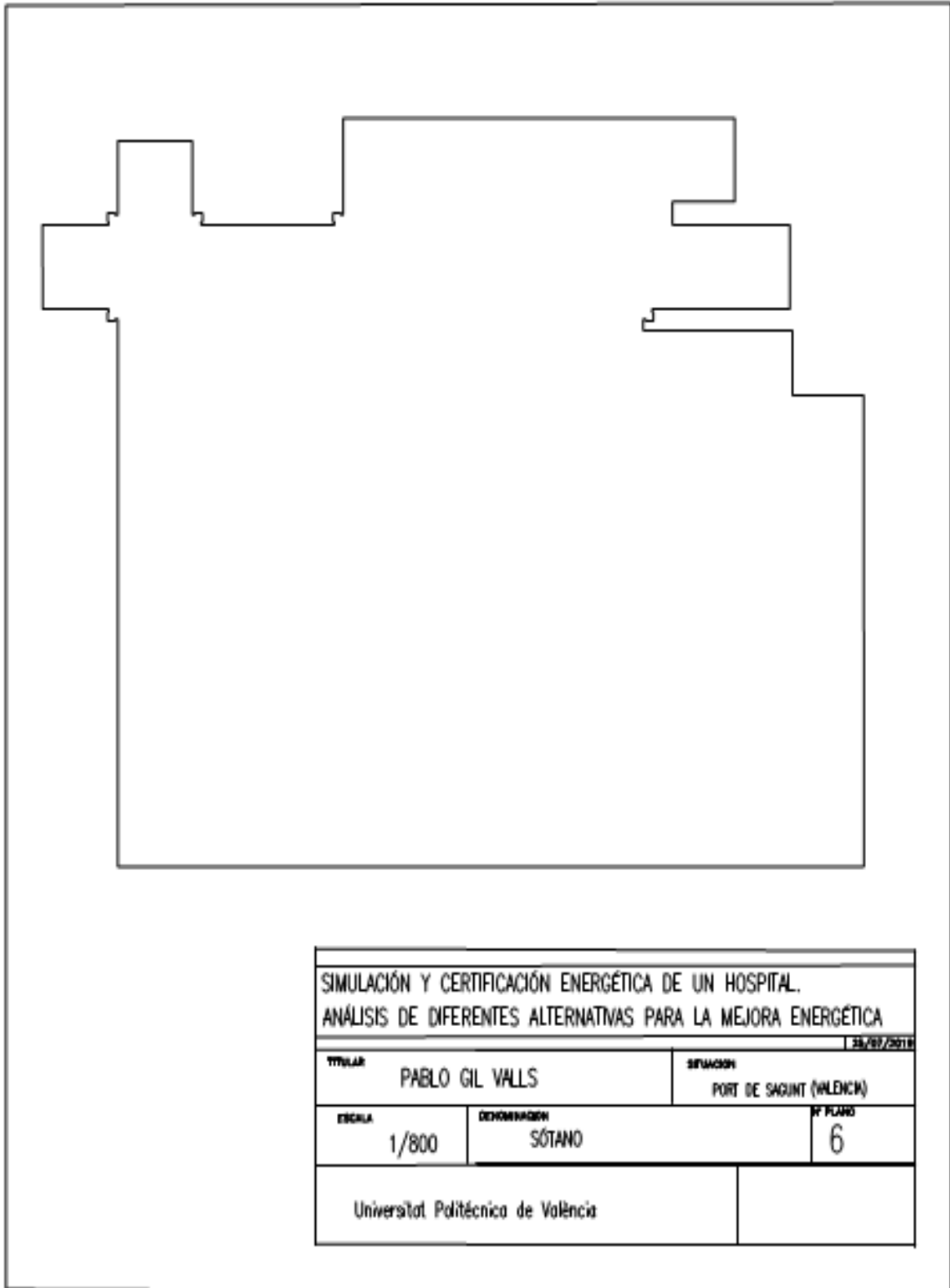


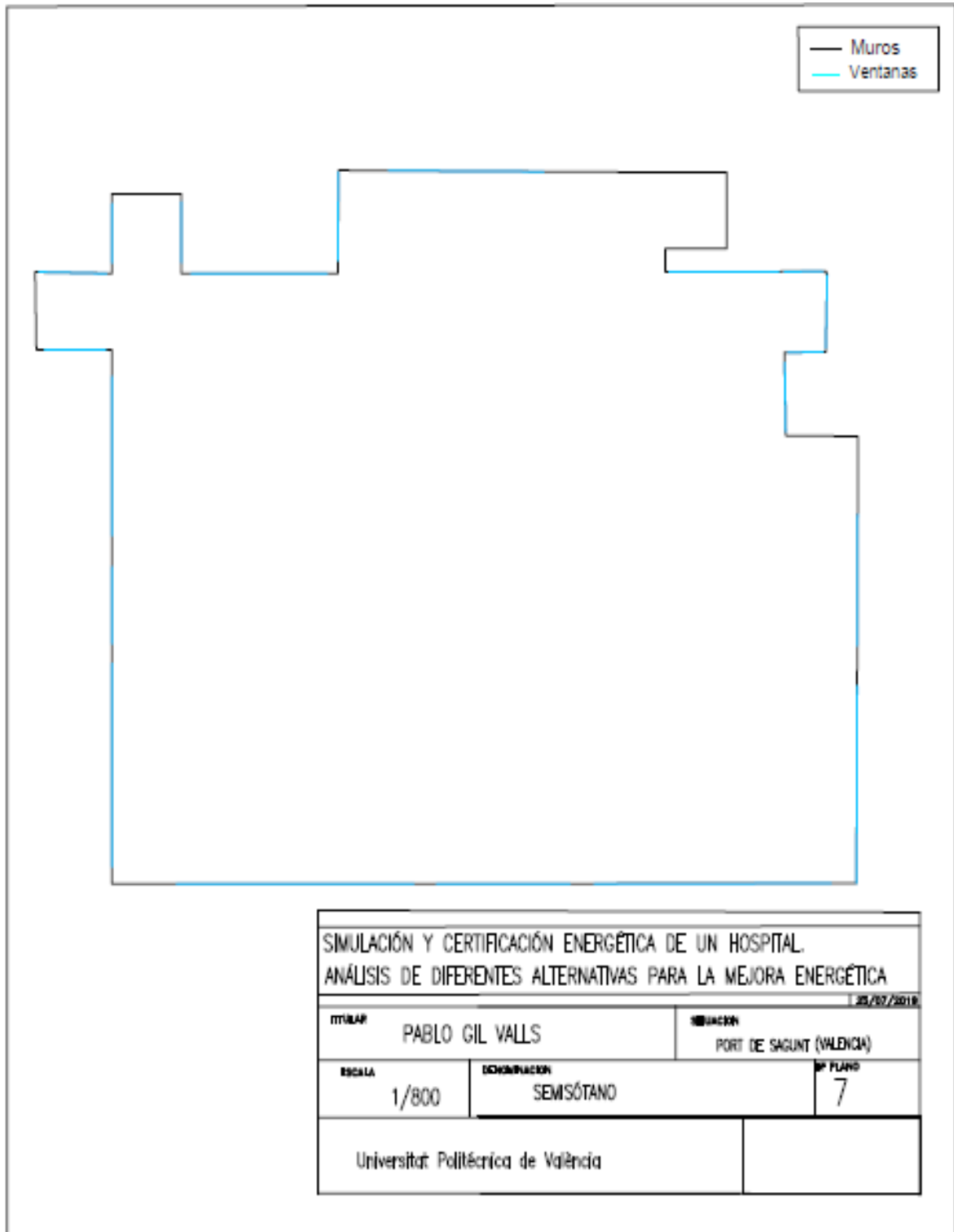
SIMULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL. ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA ENERGÉTICA			25/07/2019
TITULAR	HOSPITAL DE SAGUNT I C.E.	SITUACION	PORT DE SAGUNT (VALENCIA)
ESCALA	1/800	DENOMINACION	PRIMERA PLANTA
		Nº PLANO	4
			



SIMULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL. ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA ENERGÉTICA				
		25/07/2019		
TITULAR	HOSPITAL DE SAGUNT I C.E.	SITUACION PORT DE SAGUNT (VALENCIA)		
ESCALA	1/800	DENOMINACION SEGUNDA PLANTA <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Nº PLANO</td> <td>5</td> </tr> </table>	Nº PLANO	5
Nº PLANO	5			
				

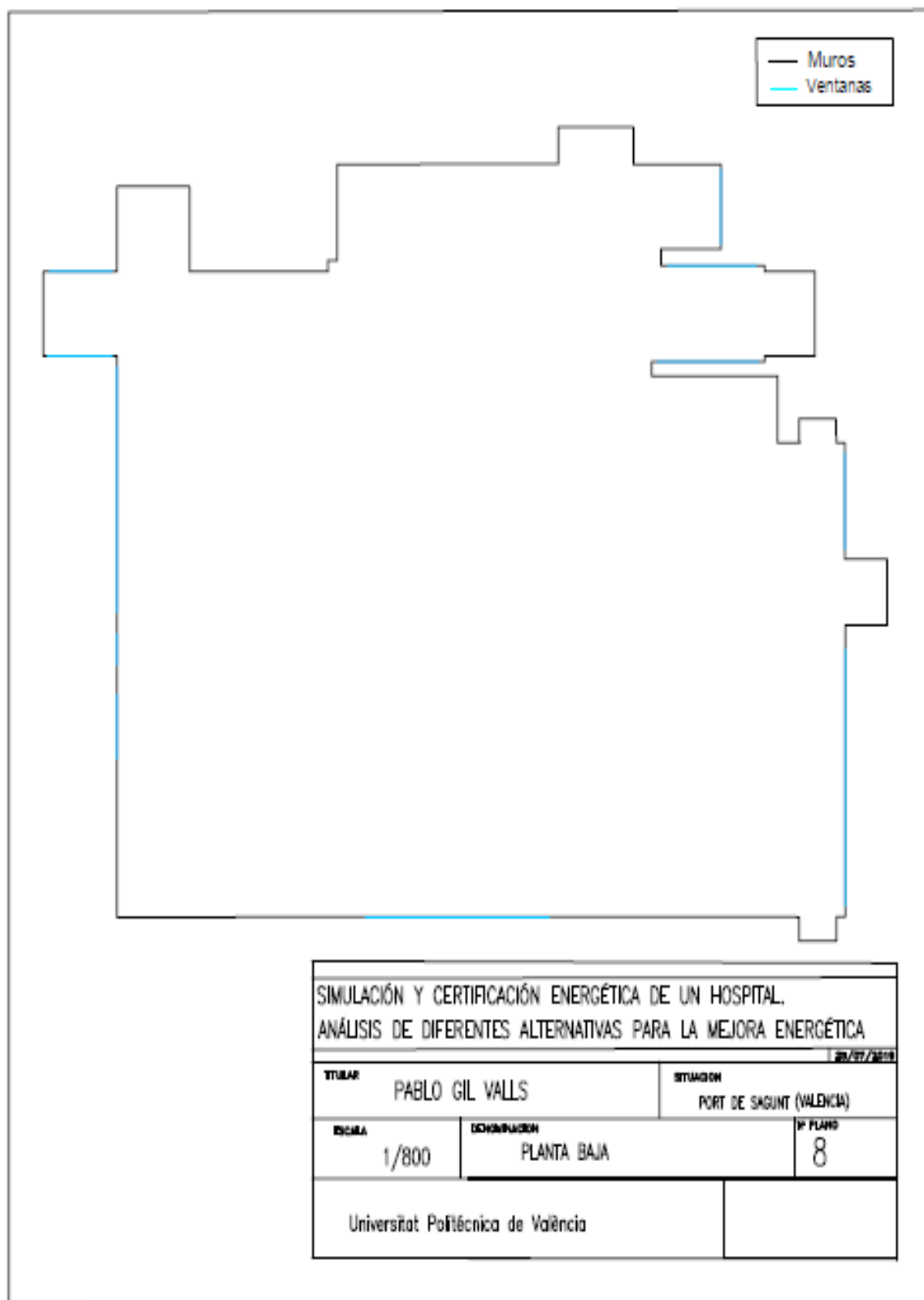
### 13.2 Planos creados para el GENERA 3D

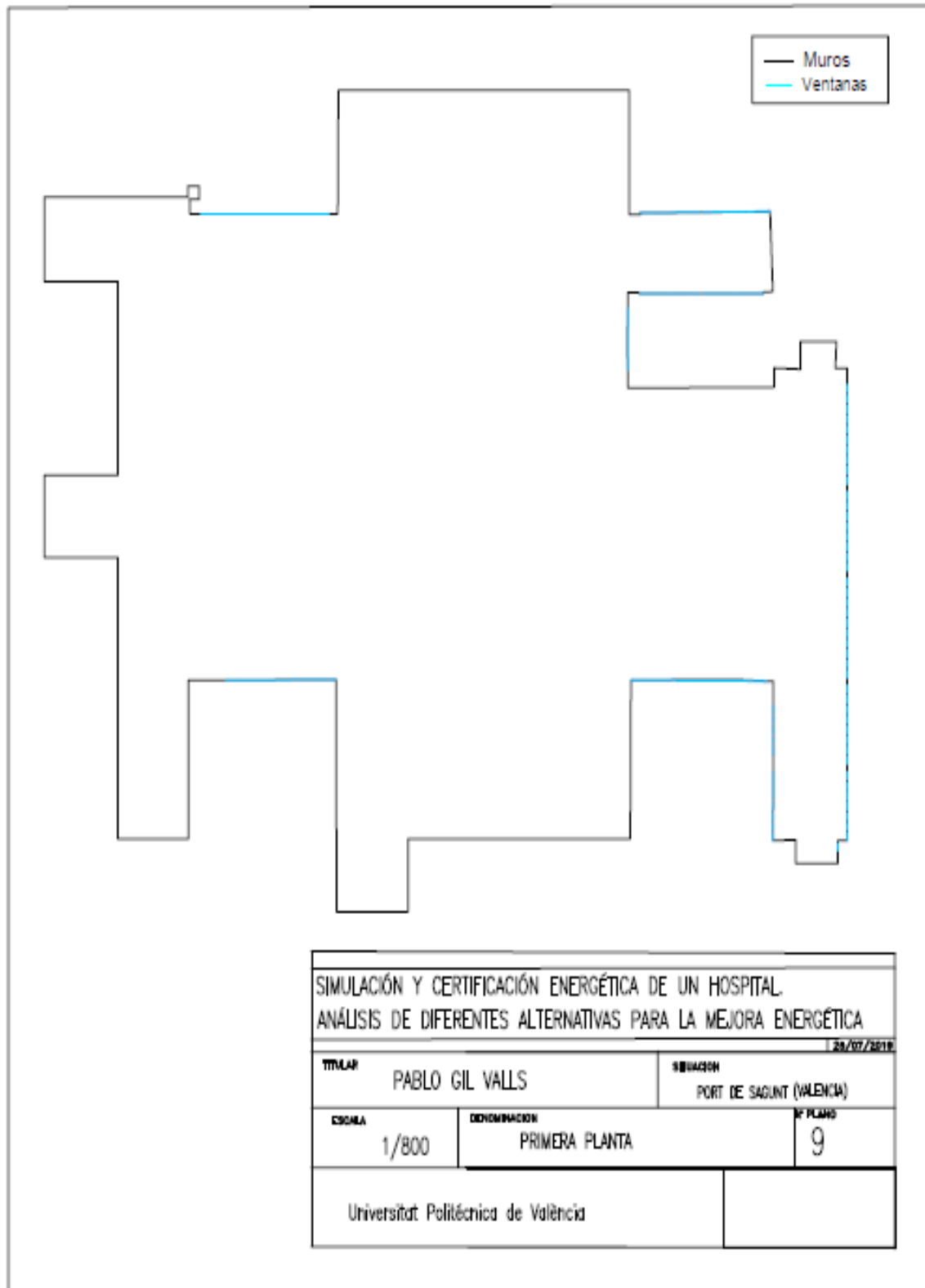


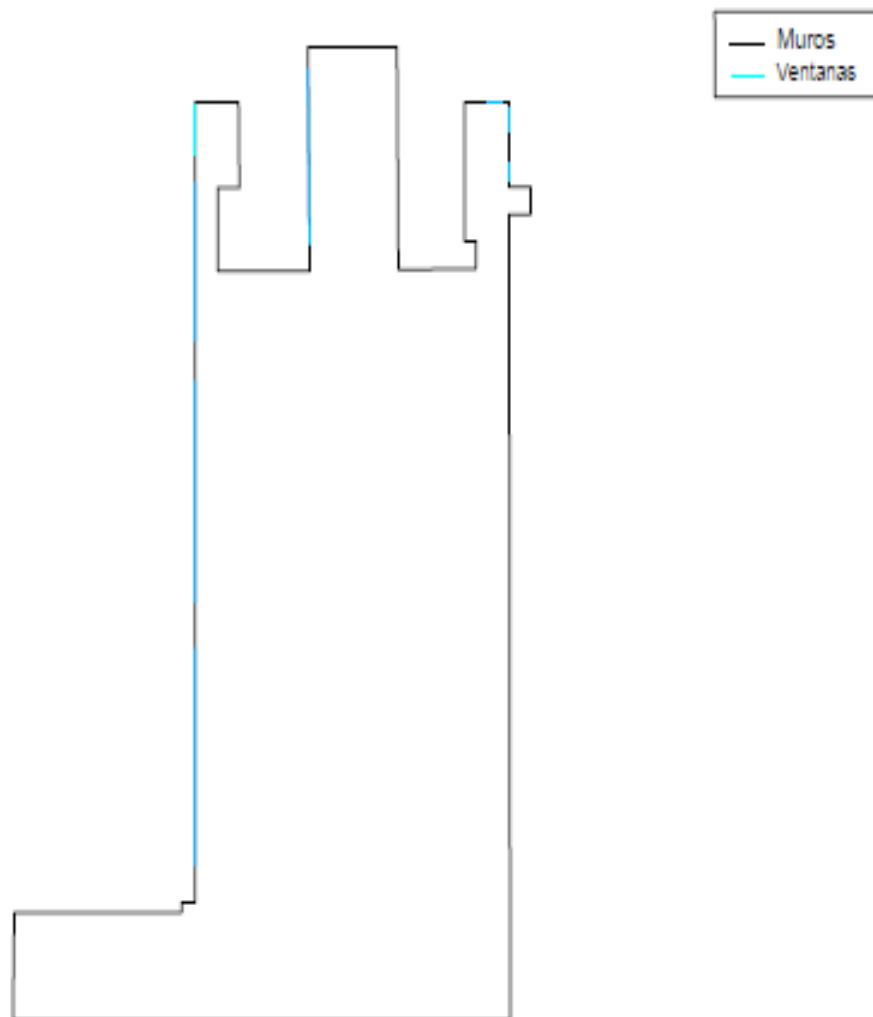


SIMULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL.		
ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA ENERGÉTICA		
1.25/27/2018		
TITULAR	PABLO GIL VALLS	UBICACIÓN
		PORT DE SAGUNT (VALENCIA)
ESCALA	DESCRIPCIÓN	Nº PLANO
1/800	SEMISÓTANO	7
Universitat Politècnica de València		





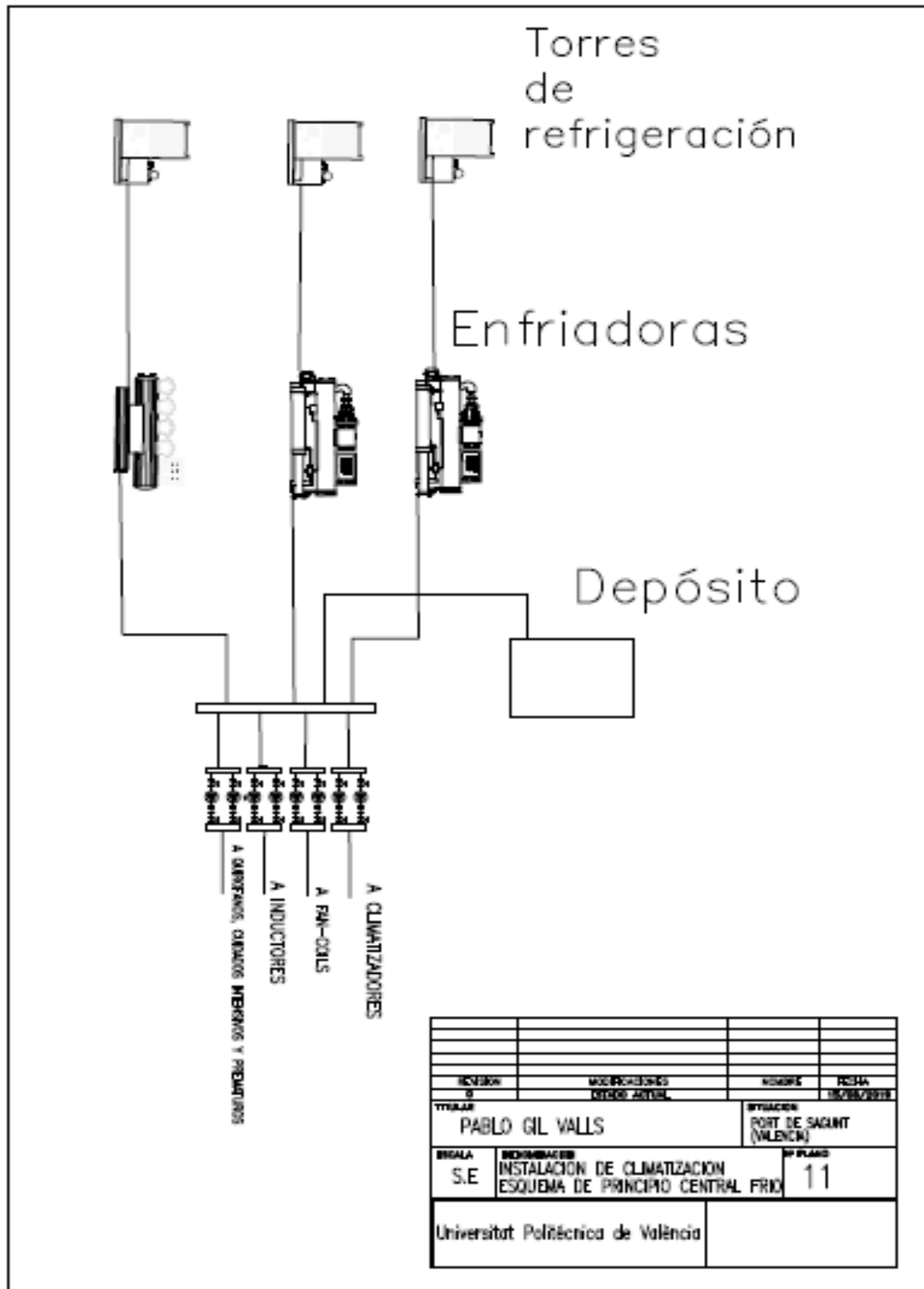


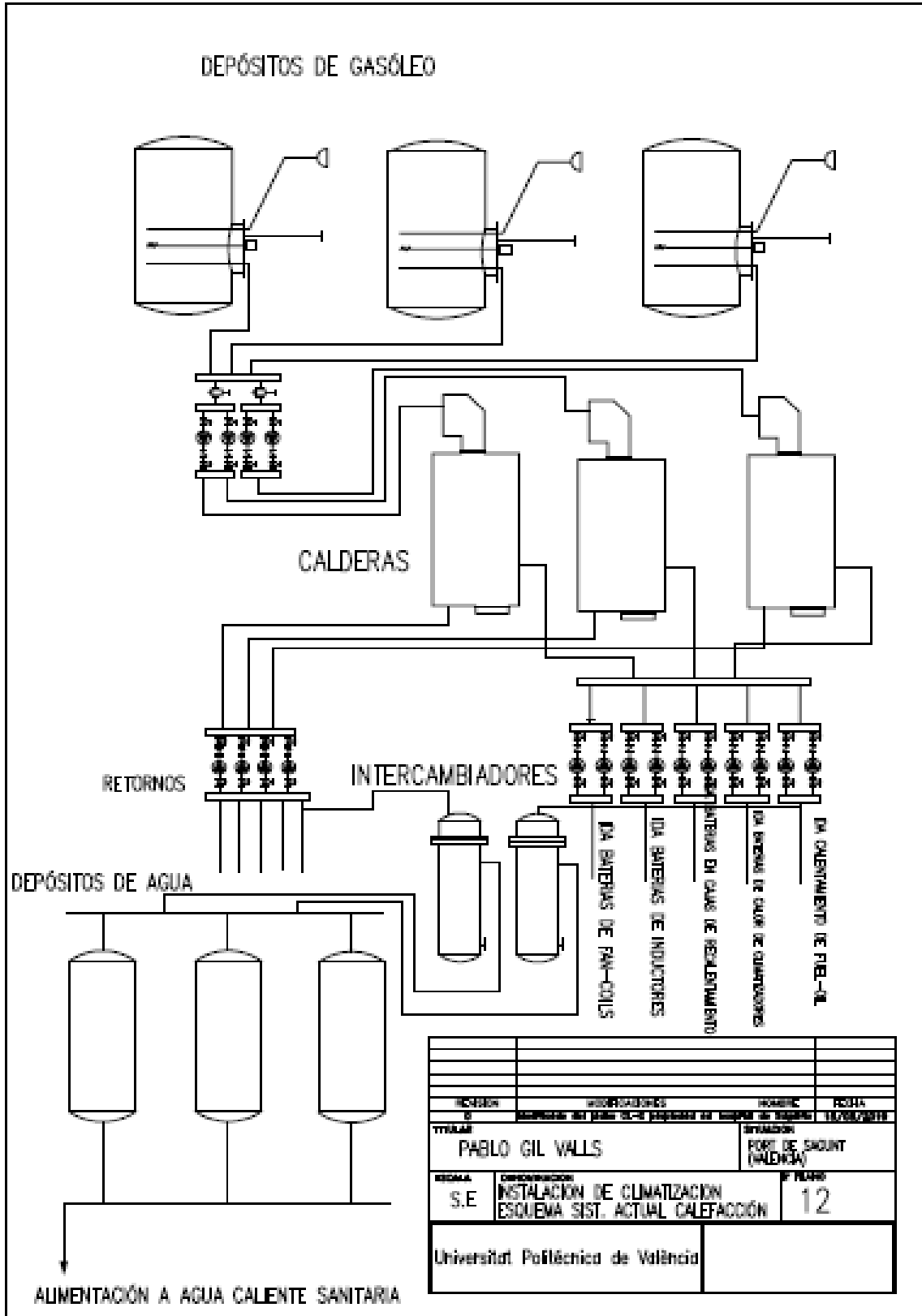


SIMULACIÓN Y CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL. ANÁLISIS DE DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA ENERGÉTICA		
1.28/02/2018		
AUTOR PABLO GIL VALLS		UBICACIÓN PORT DE SACUNT (VALENCIA)
ESCALA 1/800	DESCRIPCIÓN SEGUNDA PLANTA	Nº PLANO 10
Universitat Politècnica de València		

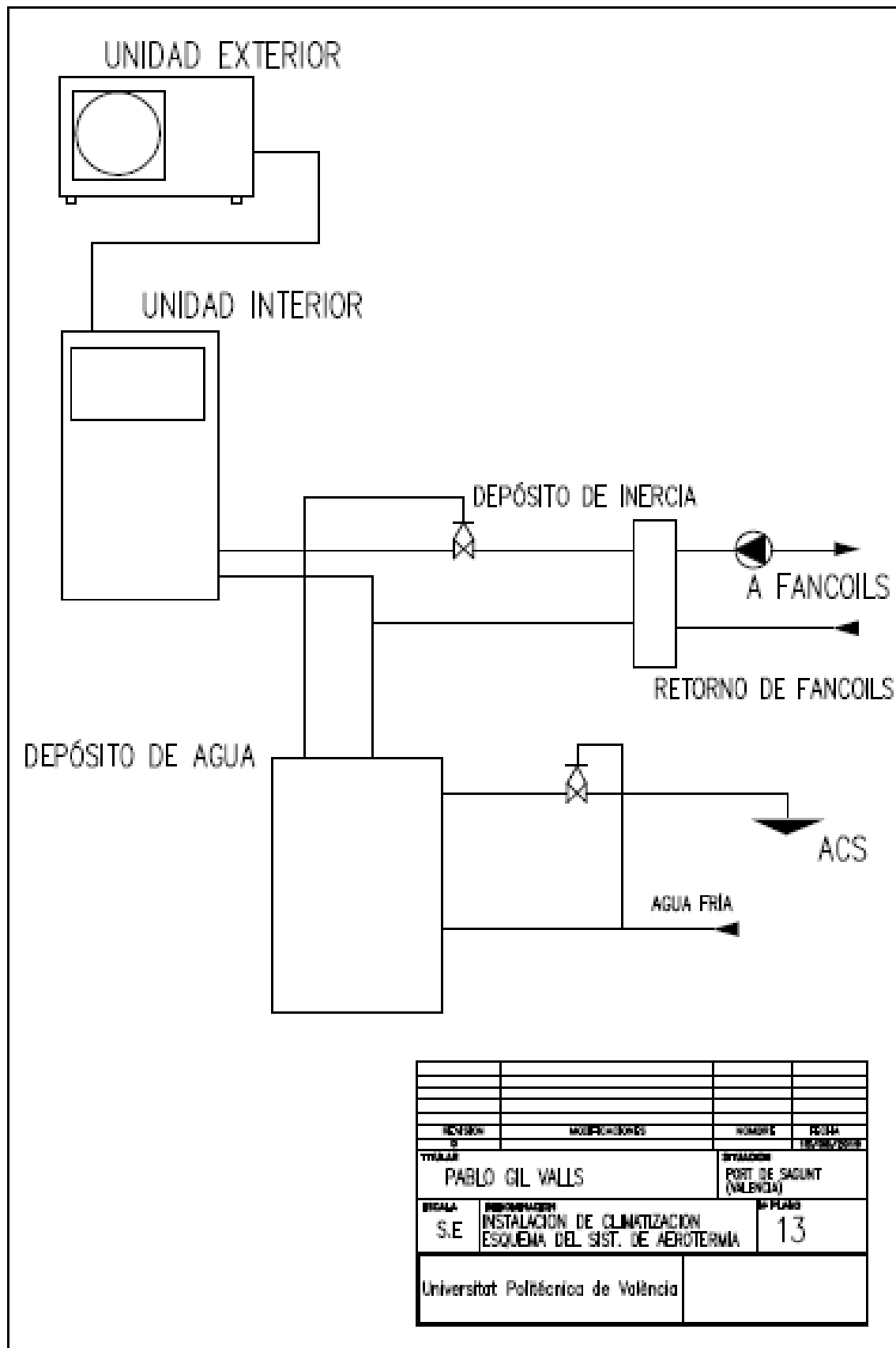
## 14. Anexos

### 14.1 Esquemas de la instalación actual





14.2 Esquema de la instalación propuesta



### 14.3 Imágenes del edificio



*Figura 27: Entrada principal al Hospital*



*Figura 28: Fachada Este del edificio.*



*Figura 29: Fachada sur del edificio. Muros exteriores.*



*Figura 30: Semisótano, Planta baja y Primera planta.*





*Figura 31: Muros de fachada de la zona suroeste del edificio.*