



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería mecánica

**PROYECTO DE DISEÑO Y ELECCIÓN DE INSTALACIONES EN
UN HOSPITAL**



Memoria

Autor/a: Francisco Morales Fernández
Director/a: Juan Daniel García Rueda
Convocatoria: Junio, 2021

Resumen

Una constructora nos ha solicitado proyectar las instalaciones de un nuevo hospital que se va a construir en Barcelona. Nos han hecho entrega de los planos de obra civil para poder diseñar sobre estos las instalaciones de ventilación, iluminación, climatización, entre otros, en función del tipo de actividad que se va a realizar en cada zona o sala. A lo largo del proceso, se llevara a cabo, una comparativa entre diferentes sistemas de ventilación y climatización que se puedan encontrar en el mercado. En la comparativa se valorara el consumo energético y el coste de cada uno de los sistemas, con la finalidad de obtener una mayor eficiencia y un resultado satisfactorio. Además de esos puntos ya mencionados se tendrá en cuenta toda la normativa para este tipo de edificación.

Resum

Una constructora hi ha sol·licitat projectar les instal·lacions d'un nou hospital que es construirà en Barcelona. Ens han entregat els plans d'obra civil per poder dissenyar sobre aquests les instal·lacions de ventilació, il·luminació, climatització, entre d'altres, en funció del tipus d'activitat que es realitzarà a cada zona o sala. Al llarg del procés, es durà a terme, una comparativa entre diferents sistemes de climatització i ventilació que es puguin trobar en el mercat. En la comparativa es valorarà el consum elèctric i el cost de cadascun dels sistemes, amb la finalitat d'obtenir una major eficiència i un resultat satisfactori. A més dels punts mencionats es tindrà en compte la normativa per aquest tipus d'edificació.

Abstract

A construction company has asked us to design the facilities for a new hospital to be built in Barcelona. They have given us the plans of civil works to be able to design on these the ventilation, lighting and air conditioning installations, among others, depending on the type of activity to be performed in each area or room. Throughout the process, a comparison will be made between different ventilation and air conditioning systems that can be found on the market. In the comparison, the energy consumption and the cost of each of the systems will be evaluated, with the aim of obtaining greater efficiency and a satisfactory result. In addition to the points mentioned above, all the regulations for this type of building will be taken into account.



Agradecimientos

Agradecer a familia y amigos que han hecho posible la consagración de 4 años de grado y la elaboración de este trabajo de fin de grado. Especial mención a Juan Daniel García que ha empleado sus conocimientos y tiempo a la confección de este proyecto.



Glosario

- **UGR:** Unified Glare Rating o Índice de Deslumbramiento Unificado, es un valor comprendido entre 10 y 30 que expresa el deslumbramiento de una fuente de luz, siendo 10 nulo.
- **Lumen (lm):** Unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso emitido por una fuente.
- **Lux (lx):** Unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia. Equivale a lumen/m².
- **Iluminancia media (E_m):** Cantidad de flujo luminoso medio que incide en una superficie por unidad de área. La unidad será el lux.
- **Coficiente o factor de uniformidad (E_{min}/E_m):** Relación entre iluminancia mínima y media.
- **Coficiente o factor de uniformidad extrema (E_{min}/E_{max}):** Relación entre iluminancia mínima y máxima.
- **Azolvamiento:** En la red de tuberías, deposición de materiales diversos en las paredes de la tubería.
- **ACS:** Agua Caliente Sanitaria
- **Estratificación:** En un depósito de ACS, la formación de capas con diferentes temperaturas entre ellas.
- **UD:** Unidad de Desagüe equivalente a 0,47 dm³/s.
- **Aguas negras:** Agua con materia orgánica, fecal y orina que circulan por el alcantarillado.
- **Aguas grises:** Agua que ha sido empleada para el lavado de utensilios, baño de personas, lavado de ropa, entre otros.
- **Aguas blancas:** Agua pluvial.
- **Arqueta:** Dispositivo utilizado para recibir, enlazar y distribuir canalizaciones o conductos subterráneos.
- **RITE:** Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- **UTA:** Unidad de Tratamiento de Aire.
- **VRV:** Volumen de Refrigerante Variable.
- **IMA:** Intensidad Máxima Admisible de un cable, la cual varía según el material de aislamiento, tipo de instalación y material del cable.
- **CDT:** Caída de tensión provocada por el recorrido del conductor.

Índice

RESUMEN	I
RESUM	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	V
GLOSARIO	VI
1. PREFACIO	1
Origen del trabajo	1
Motivación	1
Requerimientos previos.....	1
2. INTRODUCCIÓN	3
Objetivos del trabajo	3
Alcance del trabajo	3
3. DISTRIBUCIÓN DEL HOSPITAL	5
4. NORMATIVAS Y NORMAS DE APLICACIÓN	6
5. ALUMBRADO	7
5.1. Alumbrado de general y nocturno	8
5.2. Alumbrado de emergencia	17
6. DISTRIBUCIÓN DE AGUA	20
6.1. Red de agua fría	20
6.2. Red de agua caliente sanitaria	23
6.3. Accesorios y elementos del sistema	24
6.4. Red de retorno	27
7. PRODUCCIÓN ACS	29
7.1. Placas solares	30
8. DESAGÜES DE AGUA	35
8.1. Depósitos de depuración	38

9. COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN	40
9.1. Climatización y ventilación con VRV.....	47
9.2. Climatización y ventilación con rooftop y VRV	49
9.3. Climatización y ventilación con UTA y VRV	50
9.4. Climatización y ventilación con fancoils	51
9.5. Climatización y ventilación con rooftop y fancoils.....	52
9.6. Climatización y ventilación con UTA y fancoils	53
9.7. Comparativa de sistemas de ventilación y climatización	54
9.8. Conductos de ventilación	55
10. ELECTRICIDAD	58
10.1. Líneas eléctricas.....	58
10.2. Cuadros eléctricos.....	59
10.3. Secciones.....	60
10.4. Interruptores y guardamotores.....	60
10.5. Grupo electrógeno	62
11. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL	63
CONCLUSIONES	64
PRESUPUESTO Y/O ANÁLISIS ECONÓMICO	67
BIBLIOGRAFÍA	71

1. Prefacio

Origen del trabajo

El interés hacia esta rama de la ingeniería, se produjo durante el estudio de la asignatura de TCIIM (Tecnología de Construcción e Instalaciones Industriales), impartida por el profesor Juan Daniel para el grado de ingeniería mecánica. En ella se realizó el dimensionado de algunos sistemas tratados aquí, en una nave industrial con un proceso de fabricación determinado. En este proyecto, se ha potenciado todos los conocimientos adquiridos de la asignatura, la cual fue de mucha utilidad ya que entre otras cosas, tuvimos que conocer la normativa de aplicación para la realización de un dimensionado adecuado.

Motivación

Todas las tareas que se tenían que desempeñar para llegar a dimensionar los sistemas eran del agrado del autor, además de ser un proyecto práctico que otorga libertad a la hora de tomar decisiones. Así que en aras de aprender todo lo posible, se decidió tratar un proyecto de un hospital. Era un caso idóneo, en el que la envergadura y las exigencias del edificio, permitían la ejecución de un proyecto de fin de grado.

Requerimientos previos

Se necesitaran conocimientos amplios en diversas ramas de la ingeniera como mecánica de fluidos y electricidad. Además de todos los conocimientos teóricos, se ha de conocer y comprender correctamente, todas las normativas y normas necesarias para el diseño y dimensionado de todos los sistemas a elaborar. Por último, hay que tener habilidad para el manejo de programas tanto de simulación como de cálculo. Todo lo mencionado, se ha ido aprendiendo en mayor o menor medida a lo largo del grado de ingeniería mecánica y sobretodo en TCIIM donde se potenciaron todos estos requisitos.

2. Introducción

Objetivos del trabajo

El principal objetivo de este proyecto es el cálculo y dimensionado de diferentes instalaciones que requiere un hospital para poder desarrollar la actividad. Al ser ingeniero se tiene la competencia de poder realizar este tipo de tareas sea cual sea, en el que nos pueden llegar a pedir un estudio de un sistema de desagüe, agua, electricidad o cualquier tipo de necesidad que se tenga que satisfacer. Para comenzar, se diseñarán sistemas generales y básicos que cualquier edificio funcional de hoy en día como el sistema eléctrico, de desagüe, alumbrado, agua y ventilación y climatización, intentando tomar todas las decisiones que estén en nuestro alcance, siempre justificándolas. Como añadidos se harán sistemas secundarios como depósitos de depuración para aguas grises y pluviales y un sistema de placas solares para obtener agua caliente aprovechando la radiación solar. Se tendrán en cuenta, en todas las elecciones, el impacto ambiental ya que es un aspecto importante en cualquier tipo de edificación que se realice en este siglo.

Alcance del trabajo

Este proyecto será entregado a un instalador profesional, por lo tanto se harán elecciones en función de manuales, normas y cálculos sin llegar a profundizar en tareas que el instalador debería hacer o decisiones que debería de tomar.

El sistema de alumbrado se ha decidido que luminarias y ubicación son idóneas a colocar para este tipo de aplicación, habiendo escogido el tipo de montaje. En la distribución de tuberías de agua, se escogerán los calibres y materiales de las tuberías marcando que elementos colocar y proporcionando una ubicación aproximada en función del tipo de demanda en cada punto de consumo. También se darán las bombas de agua, depósitos entre otros a instalar partiendo de las características y necesidades de la instalación. Sucede exactamente lo mismo con el sistema de climatización y ventilación y en el sistema eléctrico se proporcionaran las secciones de cables, con su método de instalación, la ubicación de los cuadros y los magnetotérmicos y diferenciales tras agrupar los diferentes dispositivos, partiendo de los requisitos para este tipo de actividad.

Para los depósitos de purificación se escogerán concretamente unos modelos y se instalarán unas bombas de extracción del agua para su uso y disfrute. Para las placas solares de obtención de ACS, se decidirá todo el sistema como las bombas, tuberías y placas solares, elaborando un estudio para dimensionarlas correctamente.

3. Distribución del hospital

Durante este proyecto nos apoyaremos en unos planos arquitectónicos de un hospital que se construirá en Barcelona. Nuestro edificio tendrá 5 plantas de 5,5 metros de altura cada una, con unas dimensiones de 150 de largo y 60 de ancho y una altura hasta falso techo de 3 metros. Durante todo el diseño el tipo de actividad que hay en cada zona se tendrá en cuenta. También se han instalado 3 ascensores de 3 por 3 metros de largo de los cuales 1 de ellos está pensado para un uso exclusivo del hospital. Dispondremos de una sala de mantenimiento de 35 metros cuadrados donde se ubicaran algunos controles de los sistemas que diseñaremos como cuadros eléctricos, llaves de paso... Las zonas por donde discurrirán los conductos, tuberías y cables se ubicaran en la pared exterior del lado este en la zona de ascensores y sala de mantenimiento, aunque también se empleara la zona de las escaleras de emergencia. Los planos de la distribución y mobiliario se pueden encontrar en el anexo A.

4. Normativas y normas de aplicación

- Guía Técnica de eficiencia energética en Iluminación de hospitales y centros de atención primaria, referenciando normas UNE-EN.
- Norma sobre la iluminación para interiores UNE 12464.1.
- CTE SUA 4.
- HS4 Suministro de agua.
- Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización 8; Guía Técnica de agua caliente sanitaria central, referenciando al RITE, HE4, HS4 y normas UNE-EN.
- HE4 Contribución solar mínima.
- HS5 Evacuación de aguas.
- UNE-100713:2005.
- Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización 17; Guía técnica en instalaciones de climatización con equipos autónomos, referenciando al RITE y normas UNE-EN.
- UNE 100165:2004.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT).

5. Alumbrado

Para el alumbrado general del hospital se va a tener en cuenta la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de hospitales y centros de atención primaria, actualizada en 2020. Como nuestro hospital tiene zonas que no son de ámbito médico, como la lavandería, el restaurante o la cocina, todos los datos y condiciones que no nos proporcione la guía técnica los obtendremos de la Norma sobre la iluminación para interiores UNE 12464.1.

Hay una serie de factores que se han de tener en cuenta a la hora de iluminar una estancia. Para ello se considerara la composición de la sala como muebles, ventanas, espejos o texturas ya que la forma en que la luz refleja mencionados objetos puede generar destellos o reducir la iluminación de la estancia. También hay que tener en cuenta el índice de deslumbramiento unificado (UGR) y la iluminancia media en el plano de trabajo. Asimismo, algo que no menciona ni la normativa ni la guía, es el coeficiente de uniformidad, que ha de ser mayor a 0,5, por su importancia en el confort visual. Si el coeficiente de uniformidad es muy bajo indicaría la presencia de zonas sin o con escasa iluminación y otras con mucha. Por último, se valorara el VEEI (valor de eficiencia energética en iluminación) que no podrá ser mayor a un límite dado por la guía. Todos estos indicadores dependerán del tipo de actividad de la estancia.

La guía tiene en cuenta todas las luminarias que pueda haber en el mercado o que se puedan fabricar, elaborando un estudio completo de su iluminación, funcionamiento, durabilidad entre otras cosas. Para determinar qué tipo de luminarias se instalaran en nuestro hospital se realizara un estudio de sus ventajas e inconvenientes. Para ello también nos basaremos en un estudio estadounidense de 2012 *“Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products”* compuesto por 3 partes y en el que se hace una comparativa extensa de todos los tipos de tecnologías de iluminación que se pueden encontrar a día de hoy. A pesar de que es un estudio que pueda estar anticuado, el tipo de información que se puede sustraer, puede llegar a ser interesante. Se ha de tener en consideración que la tecnología de las luminarias no ha variado sustancialmente, excepto en la tecnología LED que ha sufrido grandes avances y cambios.

De toda la información disponible, se pueden llegar a varias conclusiones. Las bombillas incandescentes, halógenas y la mayoría de bombillas de descarga de gas ya no se pueden ni fabricar ni adquirir en el mercado, debido a su baja eficiencia lumínica o a mejores alternativas, por ello este tipo de dispositivos quedan descartados completamente. La tecnología LED y lámparas fluorescentes son

las últimas y únicas elecciones. Entre las 2 últimas opciones, el que genera un menor impacto ambiental (contaminación de agua, atmosfera, recursos y suelo), es la tecnología LED. A lo largo de la vida útil de un LED, los fluorescentes tienen un consumo mayor, los LED pueden reciclarse, al menos una parte, y su vida útil es el doble de larga, unas 50000 horas contra las 25000 de un fluorescente. Por estas razones, además de su gran presencia en el mercado y la posibilidad de poder regular la luminosidad, todas las luminarias que se instalaran en nuestro hospital serán LED.

5.1. Alumbrado de general y nocturno

Al tratarse de un hospital con demandas cambiantes en función del momento del día, se realizaran cálculos para la iluminación general de día e iluminación nocturna en las estancias pertinentes. Primero se empezara con el alumbrado de día, ya que es el más complejo y el que más horas de funcionamiento va a estar operativo.

Los casos especiales a tener en cuenta son algunas zonas en las que hay una mayor permisividad en el VEEL, como son los quirófanos (además de UGR) o las UCI, ya que al ser zonas con una gran exigencia de iluminación, no se tiene en cuenta este valor, a pesar de que se introducirá en los resultados finales para poder tener un valor comparativo. Igualmente, se exigen varias iluminancias medias en la misma superficie de cálculo, como en el caso del quirófano, con una iluminación media de 1000 luxes en los alrededores de la zona de trabajo, 2000 luxes en la zona de trabajo y 10000 luxes en la zona de operación. Sucede un caso similar en las UCI, 1000 luxes para examinar a un paciente y 2000 en caso de urgencia en la zona de la cama, aunque para la iluminación general llega con 100 luxes a la altura del suelo y 300 luxes a la altura de la cama. Tenemos el mismo caso en las habitaciones, en las que la iluminancia media es de 100 luxes en general, 300 en la cama y 1000 para exámenes.

Del mismo modo, tenemos salas con una gran variedad de actividades, como por ejemplo las salas de pruebas, en las que se trataran como genéricas, pero en la normativa varían según el tipo de tratamiento o disciplina medica que se practique, por lo que se ha decidido emplear el más desfavorable que contemple la guía técnica, de esta manera, si algún día es necesario modificar la distribución, disciplina o actividad, no habría que realizar ningún cambio en la instalación.

Para simular correctamente las estancias que se pueden encontrar en el hospital se empleara el software Dialux evo con el catálogo de Philips. Se emplea el Dialux evo por su utilidad y competencia que permitirá realizar salas de cualquier forma e introducir texturas, colores y muebles, teniéndolos en cuenta durante la simulación. También tenemos la libertad de escoger la superficie a estudiar, controlando su altura, forma y datos a obtener. El motivo por el que se emplea Philips es por la gran calidad de sus productos, debido a que otras marcas de menor calidad implicarían fallos a lo largo de la vida útil de la luminaria o una reducción de horas útiles de funcionamiento, también dispone de una gran amplitud de productos en el catálogo y es compatible con Dialux dando siempre la información necesaria, otorgando libertad para escoger con certeza la luminaria.

La altura de las superficies se podrían agrupar en 2 alturas. Una a nivel de suelo y otra a la altura de la zona de trabajo, que en nuestro caso son mesas y camas. Por ello se ha estimado que la mejor altura respecto al suelo será de 0,8 metros, siendo una altura a la que normalmente se encuentran las áreas de trabajo.

A continuación se recogerán en una tabla todos los valores de la normativa y guía.

Zona	E_m (lx)	UGR	Altura del plano de calculo
Aseos	200	22	Suelo
Aseos médicos	300	19	0,8
Cocina	500	22	0,8
Consultas	500	19	0,8
Descanso	100	22	0,8
Despensas	200	22	0,8
Dormir	100	22	0,8
Entrada urgencia	200	22	Suelo
Escaleras	100	25	Suelo
Estudio quirófano	500	19	0,8
Habitación	100 general 300 lectura 1000 reconocimiento	19	Suelo y 0,8
Lavandería	300	25	0,8
Pasillos	100	22	Suelo
Preoperatorio	500	19	0,8
Pruebas	1000	16	0,8
Quirófano	10000 operación 2000 cama 1000 alrededores	-	0,8
Recepción Urgencia	500	19	0,8
Recibidor	200	22	Suelo y 0,8
Rehabilitación	300	19	0,8
Restaurante	200	22	0,8
Reuniones	500	19	0,8
Salas de espera	200	22	Suelo
UCI	100 general 300 cama 1000 examen 2000 urgencias	19	Suelo y 0,8
Urgencias	500	16	0,8
Vestuario	200	25	0,8

Tabla 1.- Requisitos de normativa y guía técnica para alumbrado general

Una vez realizada la simulación en Dialux EVO se recopilan todos los datos en la siguiente tabla comparándolos con la normativa.

Zona	Em Dialux (lx)	Em norma (lx)	UGR Dialux	UGR norma	VEEI Dialux	VEII	E _{min} /E _m
Aseos	268	200	21,8	22	1,4	4	0,53
Aseos de consulta	334	300	14	19	2,61	3,5	0,81
Cocina	553	500	18,3	22	0,85	4	0,57
Consulta	512	500	12,9	19	0,99	3,5	0,59
Consulta con Aseos	543	500	12,3	19	1,09	3,5	0,55
Consulta con ventana	554	500	14	19	1,04	3,5	0,6
Descanso	116	100	16,9	22	1,35	4	0,51
Despensa	277	200	19,9	22	1,022	4	0,5
Dormir	123	100	15,2	22	1,26	4	0,6
Entrada a urgencias	224	200	20	22	0,94	4	0,69
Escalera	175	100	18,4	25	1,46	4	0,52
Escalera de emergencia	104	100	25	25	3,39	4	0,55
Estudio quirófano	585	500	14,9	19	1,42	4	0,63
Habitación 2 Aseos	216	200	18,4	19	1,65	4	0,61
Habitación 2 cama	308	300	17,9	19	1,19	4	0,6
Habitación 2 examen	1346	1000	16,2	19	1,16	4	0,51
Habitación 2 general	137	100	17,8	19	1,19	4	0,51
Habitación 3 Aseos	215	200	18,4	19	1,64	4	0,6
Habitación 3 cama	300	300	18,6	19	1,38	4	0,54
Habitación 3 examen	1454	1000	14,6	19	1,26	4	0,59
Habitación 3 suelo	147	100	17,3	19	1,38	4	0,63
Habitación Aseos	206	200	18,8	19	1,69	4	0,54
Habitación cama	308	300	18,9	19	1,4	4	0,56
Habitación examen	1317	1000	17,1	19	1,3	4	0,56
Habitación suelo	144	100	19	19	1,4	4	0,5
Lavandería	370	300	15,9	25	1,04	4	0,64
Pasillo P1	148	100	18,7	22	1,24	4	0,55
Pasillo P2	147	100	18,3	22	1,34	4	0,64
Pasillo P3	137	100	19,7	22	1,15	4	0,63
Pasillo P4	134	100	20,2	22	1,25	4	0,66
Preoperatorio	545	500	17,1	19	0,83	-	0,56
Quirófano	1448	10000; 2000; 1000	-	-	1,27	-	0,5
Recepción de urgencias	568	500	18,6	19	1,49	4	0,51
Recibidor	285	200	18,9	22	0,97	4	0,59
Recibidor recepción	600	500	19	19	0,97	4	0,55
Rehabilitación	343	300	18,9	19	0,75	3,5	0,56
Rehabilitación grande	367	300	18,3	19	0,75	3,5	0,55
Rehabilitación pequeña	329	300	18,1	19	0,78	3,5	0,59
Restaurante	343	200	18,2	22	0,89	4	0,62
Sala de espera	214	200	21	22	0,85	4	0,5
Sala de espera P0	224	200	21,1	22	0,84	4	0,6
Sala de espera P4	251	200	21,4	22	0,85	4	0,67

Zona	E_m Dialux (lx)	E_m norma (lx)	UGR Dialux	UGR norma	VEEI Dialux	VEII	E_{min}/E_m
Sala de pruebas grande	1266	1000	14,8	16	0,73	3,5	0,59
Sala de pruebas grande estudio	581	500	17,2	19	0,92	3,5	0,62
Sala de pruebas normal	1193	1000	15,2	16	0,8	3,5	0,59
Sala de pruebas normal estudio	513	500	17,3	19	0,89	3,5	0,61
Sala de pruebas pequeña	1143	1000	14,9	16	0,77	3,5	0,59
Sala de pruebas pequeña 2	1225	1000	14,7	16	0,8	3,5	0,65
Sala de pruebas pequeña 2 estudio	569	500	15,7	19	0,96	3,5	0,61
Sala de pruebas pequeña estudio	622	500	16,8	19	0,95	3,5	0,64
Sala de reuniones	519	500	18,8	19	0,99	4	0,59
UCI cama	365	300	17	19	1,16	-	0,62
UCI examen	1057	1000; 2000	14,2	19	1,11	-	0,49
UCI suelo	325	100	17	19	1,16	-	0,66
UCI2 cama	370	300	16,7	19	1,1	-	0,93
UCI2 examen	1099	1000; 2000	15,8	19	1,06	-	0,49
UCI2 suelo	270	100	17,2	19	1,1	-	0,55
Urgencias	516	500	14,9	16	1,05	3,5	0,73
Vestuarios	235	200	19,8	25	1,52	4	0,52
Vestuarios 2	228	200	18,7	25	1,42	4	0,5

Tabla 2.- Comparativa de normativa y Dialux EVO para alumbrado general

Como se ha comentado, el quirófano, necesita varias iluminancias medias en la misma superficie, se ha dispuesto un patrón de luminarias en el centro de la sala, y en el perímetro, otro patrón con una densidad menor. Con esta distribución se ha conseguido, en una misma superficie de cálculo, obtener una zona central con 2000 luxes y las afueras con unos 1000 luxes. No se ha procedido a la instalación de más luminarias para conseguir 10000 luxes en la zona de operación, ya que se instalara con el mobiliario que se adaptara mejor a las condiciones de uso. El diagrama correspondiente donde se puede comprobar los resultados comentados, se encuentra en el anexo B.1.18. Quirófano y estudio

Para estudiar tanto el caso de las escaleras de emergencia como las normales, se han creado superficies inclinadas con el mismo grado que la pendiente de la escalera. De esta manera se consigue conocer todos los datos necesarios y saber que luminarias y cuantas se deben instalar. Como el cálculo se componía de diversos planos, uno por cada tramo de escaleras, más el rellano, en la tabla 2 aparecen los datos más desfavorables de una superficie. En el resto de superficies se cumplían con las exigencias

establecidas, algo que se puede comprobar en el anexo B.1.8. Escaleras y B.1.9. Escaleras de emergencia.

Para las habitaciones y UCI, se han establecido 2 escenas. Una para el caso de atención al paciente en el que todas las luces están operativas, y otra en la que las luces de estudio están apagadas. De esta manera se evitan distorsiones en los cálculos, generando un coeficiente de uniformidad bajo e iluminancia media mayor a la exigida. Para las UCI, no se ha calculado el alumbrado para conseguir 2000 luxes en caso de emergencia, sino que es mejor aportar luminarias que estén integradas en el mobiliario para obtener una mejor iluminación en la zona a estudiar en concreto. Remarcar el resultado de coeficiente de uniformidad en el plano de examen en las UCI no ha llegado a 0,5, se ha intentado reducir ese error teniendo en cuenta el cumplimiento del resto, pero al tratarse de una pequeña zona con una alta iluminación, se ha preferido no empeorar el resto de resultados. En el caso de las habitaciones, se han instalado luminarias en el cabecero de la cama para que el paciente pueda hacer uso de ella sin tener que mantener toda la habitación iluminada, algo que la guía técnica mencionaba.

En las salas de espera, se han añadido luces en la zona de escaleras ya que generaba sombras en la superficie de cálculo que no eran realistas y desvirtuaban los resultados. También el mobiliario generaba muchos problemas para el cálculo de todos los parámetros, por lo que se ha decidido calcular, solo, una zona limpia y libre para extrapolar los valores a toda la sala, manteniendo la densidad de luminarias.

En todos los aseos y vestuarios de nuestro hospital, se han instalado luces en los espejos para iluminar el rostro de los usuarios y mostrar un aspecto más cálido. Dicha instalación no era necesaria pero, la guía técnica la recomendaba, igualmente, en los servicios es habitual disponer de este tipo de luminarias, otorgando unas sensaciones y confort elevados.

Debido a las altas exigencias de iluminación de las salas, en algunos casos, el UGR queda muy próximo al límite establecido. En todo momento se ha intentado reducir dicho valor pero en algunos casos no ha sido posible.

Siguiendo con el proceso de cálculo, se proseguirá con el alumbrado nocturno donde sea necesario.

Según la guía técnica, las UCI, pasillos y habitaciones pueden tener un alumbrado diferente por la noche, por el bien y descanso de los pacientes. Siendo un caso especial las habitaciones, en las que se recomienda la instalación de luminarias a nivel de suelo y en el que el UGR no importa. La altura del

plano de cálculo en las UCI, estará ubicado a la altura del plano de trabajo (0,8 metros desde el suelo), para poder vigilar al paciente.

Salas	E_m Dialux	E_m norma	UGR Dialux	UGR norma	E_m/E_{min}	Plano
Habitación 2	11,2	5	-	-	0,2	Suelo
Habitación 3	10,4	5	-	-	0,17	Suelo
Habitación	8,63	5	-	-	0,17	Suelo
UCI	25,5	20	11	19	0,75	Cama
UCI2	25,9	20	12,2	19	0,61	Cama
Pasillo P2	58,9	50	15,1	22	0,64	Suelo
Pasillo P4	53,4	50	17	22	0,66	Suelo
Pasillo P1	59,1	50	15,5	22	0,55	Suelo
Pasillo P3	54,7	50	16,5	22	0,66	Suelo

Tabla 3.- Comparativa de normativa y Dialux EVO alumbrado de noche

Después de realizar la simulación se han llegado a varias conclusiones.

Las luminarias de noche en las UCI se han reducido a un 20% de la iluminación máxima en solo la fila central o izquierda dejando el resto apagadas, y en los pasillos a un 40% dejándolas todas encendidas. En el caso de las habitaciones, se han empleado luces de baja iluminación a nivel de suelo, que será el modelo BN132C PSU L300 1 xLED3S/830 de Philips.

Las superficies de cálculo en las habitaciones, han cubierto, solo, una superficie reducida de suelo y distanciada de las paredes debido a la interferencia de los objetos y a la proximidad de las luces con el plano de cálculo que alteraban los resultados.

Con el método empleado se ha conseguido reducir la cantidad de luminarias a instalar, aprovechando los recursos disponibles lo máximo posible.

Los resultados de todos los cálculos del alumbrado nocturno se hallan en el anexo B.1.

Todas las luminarias empleadas hasta ahora están recogidas en la tabla siguiente.

Zona	Potencia (W)	Cantidad	Nombre
Aseos	22	14	DN130B D217 1xLED20S/830
Aseos	6	6	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Aseos	26,5	8	SM340C PSD L1200 SI 1 x28S/940 MLO
Aseos de consulta	13	3	DN135B D165 1xLED10S/840
Cocina	29,5	56	SM400C POE W30L120 1 xLED36S/840
Consulta	24,5	8	RC400B POE W30L120 1 xLED28S/830
Consulta con Aseos	23,5	7	RC400B POE W30L120 1 xLED28S/840
Consulta con ventana	30	8	RC400B PSD W30L120 1 xLED36S/840
Descanso	6	42	LL523X PSD ELD1 EM 1 xLED100S/840 MB
Despensa	30,5	12	SM134V PSD W20L120 1 xLED27S/830 NOC
Entrada a urgencias	20	57	SM150C L602 1xLED24S/840
Escalera	25	14	SP402P PSU W31L125 DIRECTA 1 xLED28S/840
Escalera de emergencia	30,5	4	SM541C PSD L1480 1 xLED31S/840 NOC
Estudio de quirófano	40	6	CR150B PSU W60L60 IP54 1 xLED35S/840
Habitación	6	3	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Habitación	4	3	BN132C PSU L300 1 xLED3S/830
Habitación	29	4	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
Habitación	23,5	6	RS340B 1 xLED27S/827 WB
Habitación 3	6	3	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Habitación 3	29	4	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
Habitación 3	4	3	BN132C PSU L300 1 xLED3S/830
Habitación 3	23,5	6	RS340B 1 xLED27S/827 WB
Habitación 2	6	3	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Habitación 2	23,5	6	RS340B 1 xLED27S/827 WB
Habitación 2	29	4	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
Habitación 2	4	4	BN132C PSU L300 1 xLED3S/830
Habitación 2 Aseos	11,6	4	DN131B D165 1xLED10S/830
Habitación 2 Aseos	6	1	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Habitación 3 Aseos	11,6	4	DN131B D165 1xLED10S/830
Habitación 3 Aseos	6	1	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Habitación Aseos	11,6	4	DN131B D165 1xLED10S/830
Habitación Aseos	6	1	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Lavandería	29	6	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
Pasillo P1	15,2	191	RC531B PSD W8L113 1 xLED15S/930 NOC
Pasillo P2	15,2	171	RC531B PSD W8L113 1 xLED15S/930 NOC
Pasillo P3	15,2	122	RC531B PSD W8L113 1 xLED15S/930 NOC
Pasillo P4	15,2	116	RC531B PSD W8L113 1 xLED15S/930 NOC
Preoperatorio	33	77	SM480C W24L134 1 xLED40S/940 ACC-MLO
Quirófano	40	32	CR150B PSU W60L60 IP54 1 xLED35S/840
Recepción de urgencias	33	47	SM480C W24L134 1 xLED40S/940 ACC-MLO
Recibidor	33	169	SM480C W24L134 1 xLED40S/940 ACC-MLO
Rehabilitación	21,5	30	SM341C PSD L1500 1 x26S/940 O
Rehabilitación pequeña	21,5	18	SM341C PSD L1500 1 x26S/940 O

Zona	Potencia (W)	Cantidad	Nombre
Rehabilitación grande	29	35	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
Restaurante	4	30	DN570C 1 xLED40S/840 C
Restaurante	11	14,4	PT320T 1 xLED17S/827 VVB
Restaurante	165	34,5	RC400B POE W30L120 1 xLED42S/840
Restaurante	6	25	ST700T PSU 1 xLED17S/CRW CLM30
Sala de espera	34,5	88	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED43S/840 NOC
Sala de espera P0	21,5	96	SM341C PSD L1500 1 x26S/940 O
Sala de espera P4	34,5	93	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED43S/840 NOC
Sala de pruebas grande	27	42	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de pruebas grande estudio	27	8	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de pruebas normal	27	30	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de pruebas normal estudio	27	6	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de pruebas pequeña	27	30	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de pruebas pequeña 2	27	16	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de pruebas pequeña 2 estudio	27	3	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de pruebas pequeña estudio	27	6	RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940
Sala de reuniones	33	20	SP480P W24L134 1 xLED40S/940 ACC-MLO
Sala para dormir	6	24	LL523X PSD ELD1 EM 1 xLED100S/830 MB
UCI	29	8	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
UCI	23,5	3	RS340B 1 xLED27S/827 WB
UCI2	29	9	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
UCI2	23,5	3	RS340B 1 xLED27S/827 WB
Urgencias	24	286	SM341C PSD L1500 WH 1 x26S/940 MLO
Vestuarios	11,6	5	DN131B D165 1xLED10S/830
Vestuarios	6	3	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Vestuarios	29	7	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
Vestuarios	15	4	WT120C G2 L600 1 xLED19S/840
Vestuarios 2	11,6	5	DN131B D165 1xLED10S/830
Vestuarios 2	6	3	LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO
Vestuarios 2	29	7	RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC
Vestuarios 2	15	4	WT120C G2 L600 1 xLED19S/840

Tabla 4.- Luminarias seleccionadas

Por ultimo las luminarias seleccionadas deben de cumplir unas condiciones. Por ejemplo, en el quirófano las luminarias son de sala limpia y en las duchas son estancas, para evitar que el agua entre en contacto con el sistema eléctrico. La instalación de estas luminarias son o bien empotradas o adosadas al techo, para ganar altura y no perder espacio en salas necesarias como quirófanos,

habitaciones o UCI. Como la limpieza es importante, también se han tenido en cuenta la facilidad de mantenimiento y limpieza.

5.2. Alumbrado de emergencia

Por último se ha calculado las luminarias de emergencia siguiendo CTE SUA 4-Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada. Las superficies de cálculo cubren el recorrido de salida tal como indica la norma. Las condiciones a cumplir son de 1 lux en el eje central y de 0,5 en las bandas, en las vías con una anchura no superior a 2 metros y en caso de excederlas, se tratara como bandas de 2 metros, siendo en todos los casos iluminancia horizontal a nivel de suelo. De la misma manera, se indica la posición en la que debe haber una luminaria, como en un cruce, puerta de salida o puerta presente en la vía de salida, escaleras, cambios de dirección o donde pueda existir alguna clase de peligro. Incluso, destaca el hecho de que se han de evitar situaciones de pánico por insuficiencia de iluminación. El último requisito a tener en cuenta es el factor de uniformidad que será mayor a 40%.

Hay zonas en las que el suministro de luz ha de ser permanente, como los quirófanos, las UCI o las salas de pruebas por ello la instalación de luminarias no serán necesaria. A continuación se reúnen todos los datos simulados con Dialux EVO y la cantidad de luminarias necesarias.

Salas	Em	Emin/Em	Cantidad de luminarias
Aseos	6,39	0,51	4
Aseos de consulta	13,3	0,85	1
Cocina	2,89	0,5	8
Consulta	6,5	0,64	2
Consulta con Aseos	7,41	0,41	2
Consulta con ventana	10,1	0,58	4
Descanso	3,32	0,43	4
Despensa	Incluida en cocina		
Entrada a urgencias	2,03	0,45	6
Escalera	2,53	0,45	4
Escalera de emergencia (peor)	7,47	0,5	6
Estudio quirófano	10,6	0,52	3
Habitación 2	7,24	0,44	5
Habitación 2 Aseos	6,08	0,67	1
Habitación 3 Aseos	6,06	0,67	1
Habitación 3 suelo	6,05	0,73	4
Habitación Aseos	6,53	0,63	1

Salas	Em	Emin/Em	Cantidad de luminarias
Habitación suelo	5,64	0,52	4
Lavandería	5,81	0,84	2
Pasillo P1	12,4	0,48	152
Pasillo P2	11,2	0,52	122
Pasillo P3	10,1	0,61	80
Pasillo P4		-	
Preoperatorio		-	
Quirófano		-	
Recepción de urgencias	3,83	0,62	11
Recibidor	3,32	0,48	40
Rehabilitación	3,78	0,43	5
Rehabilitación grande	4,23	0,58	8
Rehabilitación pequeña	5,54	0,66	5
Restaurante	3,17	0,57	35
Sala de espera	3,52	0,42	27
Sala de espera P0	3,95	0,47	21
Sala de espera P4	4	0,52	33
Sala de pruebas grande		-	
Sala de pruebas grande estudio	8,11	0,42	3
Sala de pruebas normal		-	
Sala de pruebas normal estudio	10,6	0,55	3
Sala de pruebas pequeña		-	
Sala de pruebas pequeña 2		-	
Sala de pruebas pequeña 2 estudio	11,1	0,51	2
Sala de pruebas pequeña estudio	11,8	0,42	3
Sala de reuniones	3,55	0,56	4
Sala para dormir	4,34	0,57	3
UCI	-	-	-
UCI2	-	-	-
Urgencias	-	-	-
Vestuarios	6,6	0,68	7
Vestuarios 2	6,25	0,57	7

Tabla 5.- Resultados de alumbrado de emergencia

Los resultados obtenidos han cumplido las exigencias. Para ello se ha empleado la luminaria de Philips EM120B 1 xLED2S/760 OA, que cumple con toda la normativa pertinente y necesaria como luz de emergencia europea y dispone de una batería, cargada por la línea eléctrica, que entra en funcionamiento cuando el suministro eléctrico se interrumpe.

La interacción de los objetos con las superficies de cálculo ha sido un problema presente en la simulación de Dialux EVO. Si un objeto atravesaba la superficie de cálculo, el software lo interpretaba como una zona oscura, además de calcular las sombras que el mismo generaba. Para evitar ese

problema, se han rodeado los objetos como en los vestuarios o que los objetos estuvieran por debajo de la zona de cálculo como en el restaurante.

Como la variedad de objetos a poner en Dialux es limitada, había mobiliario que no ha sido posible encontrar para la simulación, por lo que se ha optado a poner cubos en la zona a tratar, algo que se puede apreciar en las habitaciones o preoperatorio.

Todos los renderizados de las salas se podrán encontrar en el anexo B.2. Renderizados.

6. Distribución de agua

La normativa aplicada para el cálculo del dimensionado de la red de agua es el documento básico HS4 Suministro de agua, el cual explica y recomienda los requisitos que tiene que cumplir una red de suministro de agua.

6.1. Red de agua fría

El primer paso será calcular y dimensionar el sistema de agua fría, para ello partiremos de los caudales que consume cada elemento, marcados por el HS4. Además se le sumara un 20% a cada uno, ya que la normativa nos da el mínimo.

Elementos	Caudal mínimo fría (dm ³ /s)	Caudal fría empleado (l/h)
Lavamanos y lavabo	0,1	432
Ducha	0,2	864
Inodoro cisterna	0,1	432
Fregadero	0,3	1296
Lavavajillas	0,25	1080
Lavadero	0,2	864
Lavadora	0,6	2592

Tabla 6.- Caudales de agua fría

Tras ver cada consumo, ahora se agrupara por salas, algo que facilitarían los cálculos. A pesar de que un uso realista en las UCI, consultas y quirófanos, sería un lavamanos, se calculara como un fregadero debido a que la demanda puede ser superior.

Salas	Elemento	Caudal (l/h)
Aseos	Lavamanos	432
	Fuente	100
	Cisterna	432
Lavandería	Lavadero	864
	Lavadoras	2592
Cocina	Fregadera	1296
	Lavavajillas	1080
Consultas	Fregadero	1296
	Aseos retrete	432
	Aseos pica	432
Habitaciones	Ducha	864
	Pica	432
	Lavabo	432
Quirófano	Fregadero	1296
Vestuarios	Pica	432
	Ducha	864
	Cisterna	432
UCI	Fregadero	1296

Tabla 7.- Caudales de agua fría por zona y aparato

Antes de proceder a los cálculos, se mencionaran los requerimientos que ha de tener las líneas de distribución. Una de ellas es la presión de suministro ha de estar comprendida entre 150 kPa y 500 kPa, por lo tanto en las bombas de suministro y depósitos necesarios se tendrá en cuenta este requisito. Es necesaria la instalación de contadores, llaves de paso, depósitos de presión o depósitos auxiliares de alimentación. Una parte importante es el filtro de agua con un tamaño de partículas a filtrar de 25 a 50 micras. Otra consideración es la instalación tuberías de acero y cobre, las de acero no pueden ubicarse aguas abajo de las de cobre porque se oxidarían por oxidación galvánica. La toma de agua, el grupo de bombas, depósitos y todos los sistemas necesarios, serán ubicados en la parte baja del edificio a nivel de la planta 0, esto implica que los montantes irán desde la planta 0 a la 4.

Durante el proceso de selección de tuberías se tendrá en cuenta la velocidad del fluido. No será inferior a 0,5 m/s para evitar la sedimentación y azolvamiento de las tuberías ni será mayor a 2 m/s para evitar la erosión de las paredes internas.

El material de las tuberías será de cobre y en caso de que los caudales sean muy elevados serán de acero, en cuyo caso se especificara. Se ha elegido el cobre porque es un material muy empleado en las instalaciones de agua por sus grandes ventajas, aunque también conlleva problemas como la oxidación por agua suave (con poca cal) evitando la creación de una capa protectora o agua estanca que genera óxido de cobre, pero son solucionables. El coste de las tuberías de cobre y las de acero, es muy parecido debido a que el grosor de las paredes de acero es mayor al del cobre, a pesar de que el kilogramo de acero es más económico.

Para empezar, como no todos los puntos de consumo estarán funcionando al mismo tiempo, se calculará la simultaneidad de los puntos de consumo para no sobredimensionar el sistema, aumentando los gastos. Más tarde se consultará el manual de Pressman, donde se encuentran gráficas y tablas de las caídas de presión de tuberías y sus elementos, en función de la temperatura. Dichas gráficas y tablas se podrán encontrar en el anexo E.1. Tuberías y accesorios Pressman.

En los tramos calculados en el anexo C.1. Red de tuberías de agua fría, se han añadido válvulas de paso, codos, té, reductores y cruces. Para ello en las tablas se ha empleado simbología específica, para facilitar la lectura. Para los codos se ha empleado 'L', para la cruz '+' y para los té 'T', en el caso de los reductores se han aplicado directamente en el cambio de diámetro de tubería. Las válvulas antirretorno se han ubicado en la entrada del montante a la planta, y las válvulas directas donde el acceso era fácil, junto a las antirretorno, mientras que las inclinadas se han aplicado en los puntos ubicados en zonas de actividad del edificio, donde el espacio es menor y donde era necesario dividir la instalación para poder cortar el flujo sin tener que verse afectado todo el ramal.

Las montantes partirán desde abajo hasta la planta en concreto, de esta manera podemos tener un mayor control de la instalación pudiendo controlar planta por planta, de otra manera, en caso de avería, con un solo montante, se vería afectado todo el hospital.

Las tuberías discurrirán por el interior del edificio, intentando ahorrar el máximo posible la longitud de tubería a instalar y evitando molestias con otro tipo de instalaciones que sean necesarias instalar.

Después de todos los cálculos podemos obtener el recorrido cuya caída de presión es más alta, obteniendo 25707 mmca. Aun así falta tener en cuenta la caída de presión de los filtros de 50 micras que se instalarán. En nuestro caso será el modelo EASY MAX DN 80 de Salvador Escoda S.A. con un

caudal de 47 m³/h y una caída de presión de 2000 mmca, por lo que se instalaran 6 en paralelo. El caudal total del circuito de agua fría será de 172 m³/h, algo que se tendrá en cuenta más adelante.

6.2. Red de agua caliente sanitaria

El documento básico HS4, también menciona unos requisitos que una instalación de ACS ha de cumplir, aunque también nos apoyaremos en la Guía técnica de agua caliente sanitaria central. Uno de ellos es que el filtro ha de ser de 80 a 150 micras, y que la temperatura máxima del sistema esté en 70°C en todo el sistema. En nuestro caso, la longitud de la tubería es mayor de 15 metros hasta el punto de consumo, por lo que será necesario una red de retorno, con el fin de ahorrar agua, recuperando el agua fría de las tuberías. Como el fluido que circula por las tuberías está caliente, los materiales de la red han de poder soportar estas temperaturas sin ningún problema. Algunos de esos materiales son el cobre o acero, que son los elegidos en nuestro caso, pero también hay materiales plásticos que soportan esas condiciones. De igual manera se tendrá en cuenta que la velocidad del fluido este comprendida entre 0,5 y 2 m/s, y el orden de la instalación de tuberías de acero y cobre. Siguiendo el mismo procedimiento que para el agua fría se procede al cálculo de la red de ACS.

Aparato	Caudal ACS (dm ³ /s)	Caudal de ACS (l/h)
Lavamanos y lavabo	0,03	129,6
Ducha	0,1	432
Fregadero	0,2	864
Lavavajillas	0,2	864
Lavadero	0,1	432
Lavadora	0,4	1728

Tabla 8.- Caudales de ACS

Salas	Dispositivos	Caudal ACS
Aseos	Picas	129,6
Lavandería	Lavadero	432
	Lavadoras	1728
Cocina	Fregadera	864
	Lavavajillas	864
Consultas	Fregadera	864
	Aseos pica	129,6
Habitación	Ducha	432
	Pica	129,6
Quirófano	Fregadera	864
Vestuarios	Picas	129,6
	Ducha	432
UCI	Fregadera	864

Tabla 9.- Caudales de ACS por zona y aparato

Después de calcular el tramo con la caída de presión más alta, que se podrá encontrar en el anexo C.2. Red de tuberías de agua caliente sanitaria, se procede a la obtención del caudal total de agua caliente y de los filtros necesarios.

El filtro empleado es el mismo que en el caso de agua fría, el EASY MAX DN 80 de Salvador Escoda S.A, pero con el filtro de 100 micras, en este caso harán falta 2 con una caída de presión de 2000 mmca. El peor recorrido de la distribución de agua caliente es de 23707 mmca, con un caudal total de 91 m³/h. En total el circuito de agua caliente tiene una caída de presión de 25707 mmca o 26,2 metros.

6.3. Accesorios y elementos del sistema

Una vez tenemos la red de tuberías bien dimensionada, se añadirán todos los componentes que faltan asegurando un control y funcionamiento correcto.

Se instalara el contador WDE-K40 de Bmeters con un calibre de 150 mm para un caudal permanente de 250 m³/h, nuestro caudal total es de 263 m³/h, teniendo en cuenta que el contador puede llegar a

trabajar con picos de 310 m³/h. La caída de presión de este contador es de 1600 mmca. La ficha técnica se podrá encontrar en el anexo D.2. Contador de agua.

También se instalara un reductor de presión de 250 mm cuyo calibre está marcado por el caudal de agua simultáneo y por el HS4. Este elemento tiene la misión principal de absorber las fluctuaciones de presiones, reducir el riesgo de golpes de ariete, una presión de entrada elevada, ruidos generados por el sistema entre otras cosas, por ello es importante su instalación.

Para impulsar el agua se instalara un grupo impulsor de Grundfos. La bomba será la HYDRO MPC-E 5 CRE 64-2-2 que dispondrá de tecnología y electrónica para poder optimizar el funcionamiento y evitar errores, fallos y averías. Por cuestiones de seguridad, se ha compuesto el grupo impulsor con 5 bombas de las cuales una estará apagada, de este modo si alguna bomba se averiara y evitase el correcto suministro de agua a todo el hospital, esta bomba entraría en funcionamiento. El dimensionado de la bomba se podrá ver en el anexo F.

Será necesaria la instalación de dos depósitos, uno de presión y otro de alimentación auxiliar.

Para el depósito de alimentación auxiliar se aplicara la formula proporcionada por el documento básico HS4.

$$V = Q \cdot 60 \cdot 20 \text{ [Litros]}$$

Ecuación 1.- Volumen de depósito de alimentación auxiliar

Siendo V, la capacidad en litros del depósito y Q caudal máximo simultaneo en dm³/s. Aplicando la ecuación 1, serán necesarios 57573 litros de agua. La cisterna elegida para acumular toda esa cantidad de fluido, será la DCVS 6000 en disposición vertical capaz de acumular 6000 litros, por lo que harán falta 10, 2 por planta. Se han escogido varias cisternas para garantizar el suministro de agua fría y el catalogo del depósito se podrá ver en anexo D.3. Depósitos y depuradoras de agua.

Para el agua caliente será necesario un depósito con el aislamiento y resistencia adecuada. Como la guía técnica no proporciona datos suficientes para calcular el depósito de ACS necesario, solo se tendrá en cuenta que se ha de reducir la estratificación en los depósitos para un uso seguro de dicha agua. Para ello partiremos de la demanda punta de ACS, de los depósitos y sus medidas y del tiempo que tarda el agua en alcanzar la temperatura óptima. Utilizando la ecuación 2 obtenemos los litros del depósito de ACS a instalar.

$$V = \frac{C}{\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{t \cdot (0,63 + 0,14 \cdot \frac{A}{B})} \right)} \cdot (0,63 + 0,14 \cdot \frac{A}{B}) \quad [\text{Litros}]$$

Ecuación 2.- Volumen del depósito ACS

Siendo:

- C: Caudal máximo puntual en litros por hora.
- T: Número de horas con demanda máxima.
- t: Tiempo que tarda el agua en calentarse en horas.
- A: Altura del depósito.
- B: Diámetro del depósito.

En el caso que se ha tratado, el número de horas con demanda máxima será de 8 horas, el tiempo de espera para que el agua se caliente será de 2 horas y el caudal máximo será de 1000 litros. Con esto obtenemos la necesidad de un tanque de 1670 litros, por lo que se empleara el Intexe 2000 IEX, cuya hoja técnica se podrá encontrar en el anexo D.4. Depósitos de agua caliente. El propósito de este depósito es adaptar la temperatura del agua proveniente de las placas solares y calentar el agua que sea necesaria.

Para el depósito de membrana, el HS4, también proporciona una ecuación para calcular su volumen en litros. La misión principal de este tanque, es evitar el funcionamiento de bomba y evitar arranques y paradas descontrolados. La ecuación que proporciona el HS4, depende de la presión de la bomba absoluta mínima y máxima, pero el fabricante de la bomba escogida, nos recomienda unos 120 litros de capacidad para el depósito de membrana. Por lo que se escogerá el depósito 150 AMR de Industrias Ibaiondo S.A AMR, próximo a los 120 litros recomendados. La ficha técnica se podrá encontrar en el anexo D.5. Depósito de membrana.

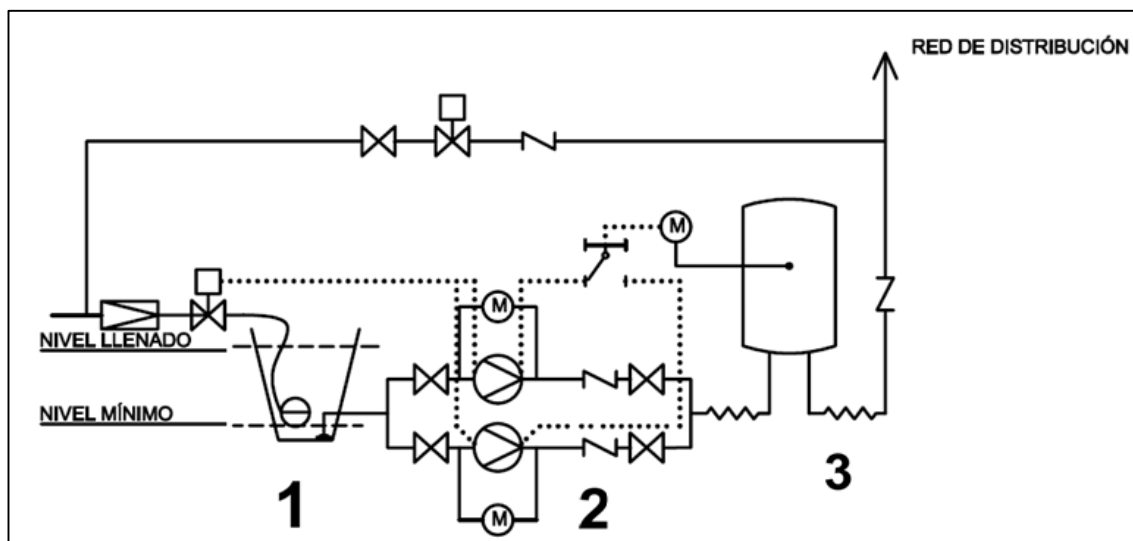


Ilustración 1.- Esquema depósitos y bombas de impulsión (Fuente: Documento Básico HS4)

La conexión de todos los elementos será tal como indica la figura obtenida de HS4, en el que el 1 es el depósito auxiliar de alimentación, el 2 es el grupo de bombeo y el 3 es el depósito de membrana.

6.4. Red de retorno

Como ya se ha dicho, la normativa, específica, que si tenemos un recorrido de más 15 metros de tubería de ACS, se necesitara una red de retorno que recogerá el agua fría de las tuberías para no desecharla. Basándonos en el documento básico HS4, obtenemos tanto los caudales como los diámetros de las tuberías. Para los caudales se empleara un 10% del agua de alimentación y los diámetros serán los recomendados según los caudales obtenidos. Debido a que el recorrido es muy largo, por lo tanto la caída de presión será elevada, se realizara el mismo procedimiento que hasta ahora, partiendo de lo que sabemos y con el catálogo de Pressman en las gráficas de agua fría. Toda el agua ira hacia un colector donde se mezclara con el agua caliente. Se pueden observar todas las tablas de la red de retorno en el anexo C.3. Red de tuberías de agua de retorno.

Todas las tuberías discurrirán paralelas a las de ACS y serán de cobre. El caudal total será de $9,1 \text{ m}^3/\text{h}$ y una caída de 1733 mmca o 1,8 metros. Como marca la normativa, se instalaran 2 bombas CME 10-1 A-R-A-E-AQQE U-A-D-N en paralelo. El dimensionamiento de la bomba se puede ver en el anexo F

7. Producción ACS

Para conseguir ACS, hay varias formas. Una de ellas sería empleando una caldera de combustible fósil, pero la sociedad está evolucionando hacia un futuro en el que una caldera diésel o de gas no es una opción, por ello se emplearan bombas de calor que introducirán calor al fluido. Para ello tenemos 3 sistemas, VRV, bomba de calor y bomba de calor simultánea. Los VRV funcionan mediante gas a presión y su principal función es alimentar unidades interiores de climatización, pero también puede generar ACS, después tenemos las bombas de calor que también funcionan con gas a presión y cuya principal función es enfriar o calentar un fluido, en el caso de las simultaneas podrían hacer ambas a la vez. Se realizara un estudio de 10 años teniendo en cuenta el consumo eléctrico y el precio de las máquinas.

Los VRV, necesitaran 30 unidades exteriores de Toshiba MMY-AP6016HT8P-E de 50,5 kW de potencia eléctrica, 178 kW de poder térmico con un coste unitario de 66480€. Además de esto, como se ha dicho, la función principal era la de tratar el gas para unidades interiores, para ACS necesitara 379 módulos de alta temperatura AP0481CHQ-E de 4,15 kW de potencia eléctrica y 7985€ de coste unitario.

Si dimensionamos, ahora, la bomba de calor, harían falta 26 AW-HT / CA-E 0604 de 205 kW de capacidad calorífica, 58,9 kW de potencia eléctrica y un precio unitario de 40000€. Mientras que con una bomba de calor simultanea necesitaríamos 5 i-FX-Q2-G05 /CA 1102 con un poder calorífico de 1071 kW, con una potencia eléctrica de 332 kW y un precio unitario de 300000€. Todas las maquinas empleadas son de Climaveneta de Mitsubishi. En añadido, se necesitara una bomba que transmita el fluido por el circuito primario desde las bombas de calor hasta el intercambiador, para ello, serán necesarias 2 bombas TPED 125-300/4 S-A-F-A-BQQE-PX3 capaces de superar una caída de presión de 327 kPa, sumando la de la tabla 11 y la altura a superar de 27,5 metros, con un caudal de 125000 l/h. El dimensionamiento de dicha bomba se podrá encontrar en el anexo F.

Receptor	Caudales (l/h)	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Pérdidas (mmca/m)	Velocidad (m/s)
Placas a intercambiador	248292,844	284	260	8	1,6

Tabla 10.-Circuito primario ACS (1/2)

Accesorios	Válvulas	Chi	Pérdidas accesorios	Pérdidas totales (mmca)
2L	5 Esfera	2,1	254	2526

Tabla 11.- Circuito primario ACS (2/2)

Tras todas las alternativas estudiadas, se realizara el estudio a 10 años, teniendo en cuenta que el precio del kwh para nuestro hospital será de 0,1€/kWh y que el precio de la potencia será de 0,045 €/kWdía. El precio es resultado de una pesquisa por las diferentes compañías eléctricas para las industrias de gran potencia.

Maquinas	Potencia (kW)	Precio maquinas (€)	Precio electricidad diario (€)	Precio potencia diario (€)	Retorno a 10 años (Millones €)
VRV	3074	5001915	7379	138	32,44
Bomba de calor	1560	1109858	3743	70	15,03
Bomba de calor simultanea	1682	1560266	4036	76	16,57

Tabla 12.- Estudio económico de producción de ACS

Como se puede ver, la opción del VRV, es la peor de todas ya que es un sistema, como se comentaba antes, puede producir agua caliente sanitaria, pero su función principal es tratar gas a presión para unidades interiores. Como también era de esperar, a pesar de que el número de bombas simultáneas es muy menor a las bombas de calor, el precio de unitario es mucho mayor ya que la tecnología y construcción de estas bombas es más compleja. Por lo que de estas 3 opciones, la que más rendimiento económico aporta es la de la bomba de calor, ubicados en el tejado.

7.1. Placas solares

Para la obtención de ACS, se realizara una instalación de placas solares que obtendrá energía a partir de la radiación solar. Para ello nos basaremos en el documento básico HE 4 contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Para empezar calcularemos el caudal de agua diario que necesitara nuestro hospital. El HE 4 nos proporciona el consumo en base a la cantidad de camas que tiene nuestro hospital. Disponemos de 233 camas en todo el hospital y cada cama necesitaría 55 litros de ACS diarios, lo que implica unos 12815 litros por día. Ahora a partir de la ubicación de nuestro hospital, obtenemos la zona climática donde se encuentra, que en nuestro caso es la zona 2. Gracias a la zona climática tenemos la contribución mínima de ACS a producir, un 70%. Esto no influirá al dimensionamiento de las bombas

de calor a instalar para la producción de ACS, dado que puede existir demanda en momentos en los que no haya tanta radiación solar o esta sea reducida.

Ahora se procede a la selección del tipo de placa solar. Principalmente existen dos tipos, colector de tubo de vacío y colector de media temperatura, aunque también hay colectores de baja temperatura para un uso doméstico y de alta temperatura, empleado para la obtención de vapor de agua para turbinas. El funcionamiento de los colectores de baja, media y alta temperatura es similar, consiste en pasar agua por un conducto que recibe radiación solar, y según el tipo de colector, el grado de aislamiento para reducir pérdidas va en aumento excepto de alta temperatura que refleja la radiación a un punto en concreto. Mientras que el colector de tubos de vacío está formado por tubos de vidrio al vacío por el que pasa un conducto de agua, reduciendo las pérdidas. En nuestro hospital, se instalarán placas con colectores de tubos de vacío debido a que su rendimiento es mucho mayor al resto de construcciones. Como serán necesarios las características de la placa, se empleará la AR 30 de Baxi, cuya ficha técnica se podrá encontrar en el anexo D.7. Placas solares. Además de lo que tenemos también necesitaremos datos como la temperatura inicial de agua que será de 10°C, la final de 70°C, la capacidad calorífica del agua 4,18 kJ/kgK y la inclinación de las placas que será 40° (correspondiente a la latitud geográfica). Como el HE 4 no nos proporciona la radiación, se utilizará la radiación del atlas de radiación solar en Cataluña, en la que especifica que con 40° de inclinación y 0° de orientación la media anual de radiación solar es de 17,71 MJ/m²/día, algo que se puede comprobar en el anexo D.6. Atlas de radiación solar en Cataluña.

Con todos los datos, obtenemos la cantidad de MJ/día que hacen falta para calentar el agua calculada, siguiendo la siguiente fórmula.

$$Q = c \cdot \dot{m} \cdot \frac{(T_f - T_o)}{1000} \text{ [MJ/día]}$$

Ecuación 3.- Energía para el calentamiento de un fluido

Con el resultado obtenido de la Ecuación 3, tenemos que considerar los rendimientos de la placa, obtenida a partir de la curva característica de la ficha técnica, la absorbancia y el rendimiento general de la instalación que será un 90%. Con este procedimiento obtenemos unos 212 m² de placas solares distribuidos en 66 placas AR30, cálculo obtenido a partir de la superficie de captación de mencionada

placa. Para saber cuántos metros cuadrados de techo se necesitaran, sabiendo que la inclinación es de 40º, se ha calculado que serán necesarios un mínimo de 162 m².

Para las condiciones de cálculo, se ha tenido en cuenta una demanda constante a lo largo de todo el año, por lo que habrá periodos donde la producción de agua será insuficiente y otros periodos donde la producción será excesiva. En caso de que la producción sea menor actuaría la bomba de calor de producción de ACS que anteriormente se comentó, pero en caso de un exceso, la normativa baraja varias opciones dependiendo del exceso y de las condiciones de uso, una de ellas es tapar una parte de las placas y otra es derivar el consumo de ACS a otros usos. Para comprobar si hay exceso de producción y cuanto hay, se procederá al cálculo de litros diarios de producción siguiendo el mismo proceso que hasta ahora pero de manera inversa. Del atlas obtenemos que con la orientación 0º e inclinación de 40º, la radiación máxima es de 21,7 MJ/m²/día correspondientes al mes de junio. Aprovechando los metros cuadrados de placas solares, rendimientos y temperaturas, la producción de ACS asciende a 11000 litros por día, próximo a los 12815 litros por día, por lo que no será necesario realizar ningún cambio.

También hará falta un sistema de acumulación solar de agua caliente para almacenarla y poder emplearla cuando no haya radiación. Según HE 4, la relación entre el volumen del depósito en litros y los metros cuadrados de captadores tiene que estar comprendida entre 50 y 180. Para ello se ha escogido una serie de depósitos con intercambiadores en su interior para que el fluido que pase por el circuito de las placas solares caliente agua. Los depósitos escogidos son los INTEXE 3000 IEX de Inerox de 3000 litros de acumulación por lo que harán falta 4 de ellos, cuya ficha técnica se puede encontrar en el anexo D.4. Depósitos de agua caliente, consiguiendo una relación entre volumen y superficie de placas de 56,5. Se ha escogido este depósito ya que está diseñado para el tipo de actividad que se llevara a cabo y tendrá un mantenimiento simple.

El recorrido que hay entre las placas solares y los depósitos intercambiadores estará cubierto por una bomba que transportara el fluido del circuito primario desde el tejado hasta los depósitos ubicados en a nivel de la planta 0. Según el documento básico HE 4, el caudal del fluido que circulara por el circuito primario se puede estimar con un rango de 1,2 a 2 l/s por cada 100 m² captadores. Además en el circuito se emplearan válvulas de esfera y el conexionado de las placas será en paralelo. A continuación se detalla en dos tablas las características de la instalación.

Caudal (l/h)	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Pérdidas (mmca/m)	velocidad (m/s)
11461,86	284	60	16	1,1

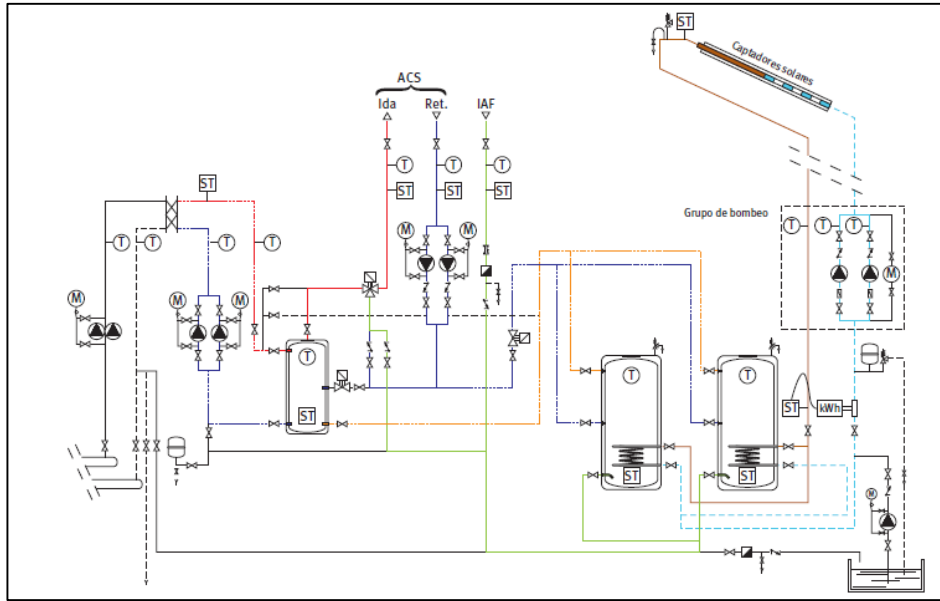
Tabla 13.- Dimensionado de tuberías para placas solares (1/2)

Accesorios	Válvulas	Chi	Pérdidas accesorios	Pérdidas totales (mmca)
2L	5 Esfera	2,1	286	4830

Tabla 14.- Dimensionado de tuberías para placas solares (2/2)

El fabricante recomienda para sus depósitos el empleo de tubos no metálicos, por lo que las tuberías empleadas serán tubos multicapas. En caso de instalar una tubería metálica se hubiese tenido que proteger de la intemperie, en cambio, con una multicapa no es necesario, teniendo en cuenta, que es un material muy resistente y durable indicado para el uso que se le va a dar. Además de superar la pérdida del circuito se ha de tener en cuenta la altura que ha de superar, 27,5 metros, por lo que la caída de presión total será de 313 kPa. La bomba escogida para dotar al sistema de presión es la TPED 32-380/2 S-A-F-A-BQQE-JDB, cuyo dimensionamiento estará en el anexo F. Dimensionamiento de bombas de agua.

El esquema de la instalación de todos los elementos de producción de ACS se puede apreciar en la Ilustración 2 , extraída del documento básico HS4. Como podemos ver el circuito de captadores va a parar a unos intercambiadores en unos depósitos, que están conectados con los depósitos y a la red de retorno. El depósito de alimentación que ya se han calculado en el apartado anterior, envía el ACS a los puntos de consumo.



Il·lustració 2.- Esquema de conexionado del sistema ACS. (Fuente: Documento Básico HS4)

8. Desagües de agua

Para el correcto dimensionamiento y cálculo de desagües se empleara el documento básico HS5 Evacuación de aguas. El procedimiento a seguir será, saber cuántas UD tiene cada aparato sanitario, para después a partir de las tablas que proporciona la norma, obtener los diámetros y pendientes de las tuberías. A continuación se muestra la tabla de UD por aparato sanitario.

Aparato sanitario	UD	Caudal (l/h)
Lavamanos y lavabo	2	3384
Ducha	3	5076
Inodoro cisterna	5	8460
Fregadero	6	10152
Lavavajillas	6	10152
Lavadero	3	5076
Lavadora	6	10152
Fuentes	1	1692

Tabla 15.- UD por aparato sanitario.

Una vez sabemos las UD, se dividirá el dimensionado en dos partes, una para aguas negras, que en nuestro caso serían los inodoros, y aguas grises que serían el resto de aparatos que podemos encontrar en el hospital como lavamanos, fregaderas... Esto se realiza de esta manera a causa del nivel de contaminación y reutilización de esas aguas son diferente. Más adelante se realizara un procesamiento de aguas grises por ello es importante dividir el sistema de las aguas negras.

El recorrido principal es del sifón unitario al ramal, del ramal a la bajante y de la bajante al colector. Debido a que la longitud de los ramales es superior a 5 metros la instalación dispondrá de sistemas de ventilación primaria, secundaria y terciaria. La ventilación primaria consiste en prolongar la bajante hacia la parte superior del tejado y permitir la entrada o salida de aire y gases, la secundaria es paralela a la bajante y se comunica con ella, ventilando cada ramal. Por último la terciaria se conecta a la secundaria y a los aparatos sanitarios. Esto es importante para un correcto funcionamiento de los sifones ya que se generan presiones negativas y positivas por la velocidad de los residuos y para expulsar los gases que generan dichos residuos.

Ahora se realizara el dimensionamiento del sistema de evacuación de aguas negras, que se puede ver en el anexo C.5. Red de desagüe de aguas negras.

En el caso de las bajantes tenemos dos limitaciones, una por altura de bajante y otra por cantidad máxima de UD por ramal, por lo tanto el diámetro final será el mayor diámetro obtenido por las dos condiciones.

El diámetro de la ventilación secundaria será de 63mm, que solo depende del diámetro de la bajante. En nuestro caso se podrían realizar conexiones con la bajante en cada planta ya que cumple las condiciones que exige la norma.

La ventilación terciaria depende del diámetro y pendiente del ramal por lo que serán factores a tener en cuenta.

Ventilación terciaria lado este	Diámetro del ramal	Pendiente	Diámetro de ventilación
P4	90	1	40
P3	110	1	50
P2	90	1	40
P1	90	1	40

Tabla 16.- Ventilación terciaria lado este para aguas negras

La ventilación secundaria del lado oeste será la misma que la del lado este con 63mm de diámetro.

Ventilación terciaria lado oeste	Diámetro ramal	Pendiente	Diámetro ventilación
P4	75	2	32
P3a	75	2	32
P3b	90	2	40
P2	75	2	32

Tabla 17.- Ventilación terciaria lado oeste para aguas negras

Por último se harán los colectores con sus correspondientes arquetas. Las arquetas han de ser de unas dimensiones concretas, también normalizadas.

Colector	UD	Diámetro	Pendiente	Arqueta
UD general	310	110	2	50x50
UD oeste a este	115	90	2	40x40

Tabla 18.- Colectores de aguas negras

Ahora con el mismo procedimiento que hasta ahora se dimensionara la red de aguas grises, el cual se encuentra en el anexo C.4. Red de desagüe de aguas grises.

La ventilación secundaria será de 63mm pudiendo ventilar en cada planta en ambos lados.

Ventilación terciaria lado este	Diámetro ramal	Pendiente	Diámetro ventilación
P4	110	2	80
P3	90	1	50
P2	90	2	65
P1	110	1	65

Tabla 19.- Ventilación terciaria lado este para aguas grises

Ventilación terciaria lado oeste	Diámetro ramal	Pendiente	Diámetro ventilación
P4	110	1	65
P3a	63	2	32
P3b	90	2	65
P2a	90	1	50
P2b	90	2	65
P1	90	2	65

Tabla 20.- Ventilación terciaria lado oeste para aguas grises

Colector	UD	Diámetro	Pendiente	Arqueta
UD general	602	160	1	60x60
UD oeste a este	305	110	2	50x50

Tabla 21.- Colectores de aguas grises

Se decidió poner dos bajantes debido a las grandes distancias que hay entre los aparatos sanitarios y las ubicaciones donde se instalaran las bajantes, intentando repartir la carga lo más equitativamente posible. Como se ha podido ver se ha conseguido y los calibres son semejantes en ambos dos lados. El punto de acceso al alcantarillado será en el lado este, por ello el colector del oeste se une al general en el este.

Ahora se hará el desagüe de aguas blancas o agua de lluvia que también está descrito en documento básico HS5. El procedimiento es más simple en comparación con en el de aguas negras y grises. Partiremos de los 9000 metros cuadrados de nuestro tejado. Ahora sabiendo la ubicación en la que nos encontramos, obtenemos el factor de corrección para saber cuántos metros cuadrados necesitaremos emplear en los cálculos y tablas necesarias. Esto se aplica debido a que las intensidades pluviométricas varían según la zona y por lo tanto se corrige a un promedio establecido por el documento básico. Con los metros cuadrados equivalentes obtenemos 66 sumideros, y 11 canalones con una pendiente de 4%.

8.1. Depósitos de depuración

Ahora como se mencionó con anterioridad, se instalaran depósitos para la acumulación de agua filtrada a partir de aguas grises y blancas. Para ello se seguirá el procedimiento marcado por el fabricante Remosa, siguiendo el procedimiento marcado por la guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios y cumpliendo en todos sus productos todas las exigencias marcadas en la guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios y guía técnica española de reciclaje de aguas grises en la edificación.

Se empezara con el depósito de agua para aguas pluviales. El procedimiento indica que se debe estimar una demanda para así calcular el volumen del depósito, pero dicha estimación depende de la cantidad de personas que harán uso de las instalaciones o no esta descrita, por ello se partirá de toda la que se pueda recolectar y después se escogerá un depósito adecuado. Para ello se calculara la capacidad de captación de nuestro tejado la cual depende de la pluviometría anual de $625 \text{ mm/m}^2/\text{año}$, mencionado dato se ha obtenido de la media de lluvia caída en Barcelona proporcionada por el servicio meteorológico de Cataluña, de la superficie de techo y del factor de escorrentía, en el caso a tratar es el de un tejado sin gravilla por el que el valor será de 0,8. Con la capacidad de captación, calculamos el volumen del depósito, con la Ecuación 4 .

$$V = \frac{625 \cdot 0,8 \cdot 9000}{365} \cdot t \cdot f_2 \text{ [Litros]}$$

Ecuación 4.- Volumen de depósito de depuración de aguas blancas

F₂ es el factor de sobredimensionamiento que será de 1,2 y t es el tiempo de retención que será de 30 días. El depósito podría acumular 444000 litros, pero como se ha calculado la capacidad del depósito en función de la capacidad de captación y no de la demanda como menciona el procedimiento, se instalara un depósito de 75000 litros, concretamente el DRP 75000 F, con filtro integrado y enterrado en el suelo, que permitirá un uso variado como lavado de vehículos, suelos o riego. En caso de un aumento de demanda, en un futuro, la instalación se podría ampliar hasta los 444000 litros.

Por último se escogerá el depósito para las aguas grises. Como la producción de agua gris es muy superior a una posible demanda y como es necesario tener un filtraje más complejo que las aguas blancas, se estimara una demanda diaria. Se ha decidido un riego de 1000 m² de jardines y 500 m² de limpieza de pavimentos, necesitando una demanda de 9000 litros diarios. Con esta capacidad se instalara el depósito GREM 10000 E, con filtro integrado, enterrado en horizontal. El procedimiento seguido para este dimensionado ha seguido la guía técnica española de reciclaje de aguas grises en la edificación y todas las fichas de los depósitos instalados estarán en el anexo D.3. Depósitos y depuradoras de agua.

Las dos bombas sumergibles que se instalaran en los depósitos serán las SP 7-3 de Grundfos, cuyo dimensionamiento se encuentra en el anexo F. Dimensionamiento de bombas de agua. Se ha escogido a partir del caudal de un grifo de garaje del documento básico HS3, unos 0,72 m³/h.

9. Comparativa entre diferentes sistemas de ventilación y climatización

El siguiente apartado a desarrollar es la ventilación de nuestro edificio. Para ello se empleara la normativa de ventilación en hospitales, UNE-100713:2005 Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales, para calcular los caudales de quirófanos, consultas, pruebas entre otras salas definidas en la norma. Hay zonas no definidas en la UNE-100713:2005, por ello se empleara la guía técnica en Instalaciones de climatización con equipos autónomos basada en el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios), necesaria para calcular los caudales de ventilación en el restaurante, lavandería y el resto de zonas no definidas.

En la guía técnica empleada, hay varios métodos para calcular caudales de ventilación. Uno es el A o método indirecto de caudal de aire exterior por persona, el B, método directo de aire percibido, el C, método directo por concentración de CO₂, el D, método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie y el E, método de dilución. De todos los métodos nombrados, el E, se emplea cuando hay emisiones de materiales contaminantes y el método D no es aplicable a un hospital donde la calidad de aire es un IDA1, por lo que esos métodos quedan completamente descartados. Además de esto, el RITE obliga a que cada estancia tenga un mínimo de 2 l/s por m² de ventilación. Tras todo esto, se calcularan todos los caudales correspondientes, y se estimara la cantidad de personas presentes en las salas, a partir de ocupaciones también proporcionadas por el RITE.

Tabla 22.- Caudales de ventilación según norma y guía técnica

Salas	Superficie (m ²)	Personas	MA (l/s)	MB (l/s)	MC (l/s)	UNE-100713:2005 (l/s)	RITE mínimo (l/s)
Aseos	126	10	720	1130	603	-	907
Aseos P0	126	10	720	1130	603	-	907
Restaurante	2048	205	14746	20480	12353	-	14745
Escalera emergencia	75	0	0	375	0	-	540
Cocina	480	6	432	2700	362	-	3456
Lavandería	50	2	144	350	120	-	360
Vestuarios	130	25	1800	1900	1508	-	936
Sala de espera P0	1050	300	21600	20250	18095	-	7560
Urgencia	1431	-	-	-	-	42930	-

Salas	Superficie (m ²)	Personas	MA	MB	MC	UNE-100713:2005	RITE mínimo
Entrada urgencias	523	30	2160	4115	1810	-	3766
Recepción urgencias	240	6	432	1500	362	-	1728
Recibidor	2214	50	3600	13570	3016	-	15941
Consulta	40	-	-	-	-	400	-
Consulta con ventana	40	-	-	-	-	400	-
Consulta con Aseos	28	-	-	-	-	280	-
Sala de espera P1 P2 y P3	1716	300	21600	23580	18095	-	12355
Pasillo 1	1436	-	-	-	-	14360	-
Reuniones	130	20	1440	1650	1206	-	936
Sala de pruebas normal	125	-	-	-	-	1250	-
Sala de pruebas grande	169	-	-	-	-	1687	-
Aseos consulta	5,25	1	72	76	60	-	38
Sala de pruebas pequeña 2	62	-	-	-	-	625	-
Sala de pruebas pequeña	108	-	-	-	-	1080	-
Habitaciones	84	-	-	-	-	2535	-
Aseos de habitaciones	12	1	72	110	60	-	86
Descanso	169	25	1800	2095	1508	-	1217
Dormir	98	8	576	887	482	-	702
Pasillo P3	1085	-	-	-	-	10850	-
Pasillo P2	1317	-	-	-	-	13170	-
Escaleras normales	163	0	0	815	0	-	1173
Rehabilitación grande	375	-	-	-	-	3750	-
Rehabilitación	250	-	-	-	-	2500	-
Rehabilitación pequeña	150	-	-	-	-	1500	-
UCI	65	-	-	-	-	1950	-
Pasillo P4	1059	-	-	-	-	10585	-
Sala de espera P4	1627	300	21600	23135	18095	-	11714
Preoperatorio	550	-	-	-	-	8250	-
Quirófano	70	-	-	-	-	3600	-
UCI 2	91	-	-	-	-	2730	-

Salas	Superficie (m ²)	Personas	MA	MB	MC	UNE-100713:2005	RITE mínimo
Estudio quirófano	30	-	-	-	-	450	-

A lo largo de todo el proceso, lo más complejo ha sido el quirófano, donde la norma, clasifica los quirófanos en función del tipo de operaciones que se realizan. Por ello se ha escogido el caudal de ventilación más elevado, de la misma manera que las salas de pruebas en el alumbrado, para poder realizar cualquier tipo de operación sin cambiar los sistemas de ventilación o elaborar un nuevo estudio. Otro hecho que remarca la norma era que el aire de impulsión fuera limpio y no reciclado, algo que se tendrá en cuenta a la hora de diseñar todos los sistemas.

Los caudales seleccionados serán los de la norma UNE-100713:2005 y el método B, debido a que el método A es un método indirecto que depende de la estimación de personas que debería haber en una sala, algo que se puede alejar de la realidad, y el método C, solo depende de las emisiones de CO₂ mientras que el B, se basa en la calidad del aire percibido, algo que dotara al aire de una mayor calidad. Zonas en los que se ha escogido el mínimo de 2 l/s que marca el RITE, son todos los aseos, la recepción de urgencias y el recibidor debido a que o los métodos no proporcionaban caudales realistas o eran muy menores al mínimo. Como las escaleras es una zona de paso y abierta al resto de estancias su ventilación será nula. Por lo que los caudales resultantes serán los siguientes.

Salas	Caudal (l/s)
Aseos	907
Aseos P0	907
Restaurante	20480
Escalera emergencia	0
Cocina	3456
Lavandería	350
Vestuarios	1900
Sala de espera P0	20250
Urgencia	42930
Entrada urgencias	4115
Recepción urgencias	1728
Recibidor	15941
Consulta	400
Consulta con ventana	400
Consulta con Aseos	280
Sala de espera P1 P2 y P3	23580
Pasillo 1	14360
Reuniones	1650
Sala de pruebas normal	1250
Sala de pruebas grande	1687
Aseos consulta	38
Sala de pruebas pequeña 2	625
Sala de pruebas pequeña	1080
Habitaciones	2535
Aseos de habitaciones	86
Descanso	1508
Dormir	482
Pasillo P3	10850
Pasillo P2	13170
Escaleras normales	0
Rehabilitación grande	3750
Rehabilitación	2500
Rehabilitación pequeña	1500
UCI	1950
Pasillo P4	10585
Sala de espera P4	23135
Preoperatorio	8250
Quirófano	3600
UCI 2	2730
Estudio quirófano	450

Tabla 23.- Caudales de ventilación por salas

Tras esto se llevaran a cabo el cálculo de cargas térmicas para determinar los equipos de climatización necesarios. Como se ha comentado, se realizara un estudio de todos los equipos disponibles en el mercado, para saber cual tiene un mejor rendimiento económico. Como se ha dicho el primer paso es calcular la carga térmica donde se tiene en cuenta la cantidad de aire de ventilación a climatizar, la superficie de suelo, paredes y ventanas, el número de personas y la potencia eléctrica de la sala, todo ello bajo unas condiciones de temperatura y humedad concretas. Todos los cálculos estarán disponible en el anexo C.6. Cargas térmicas

Como añadido de ventilación también se realizara el dimensionamiento de una campana de extracción de humos en la cocina. Para ello nos apoyaremos en la norma UNE 100165:2004 extracción de humos y ventilación de cocinas. Para ello necesitaremos calcular la superficie de los fogones y de la parrilla y establecer que todo funciona con gas. Tras ello la norma indica que serán necesarios $750 \text{ l}/(\text{sm}^2)$, de caudal de extracción. La superficie será de $1,4\text{m}^2$ donde hemos incluido los fogones, parrilla y 2 freidoras. Con estas condiciones necesitaremos $3780 \text{ m}^3/\text{h}$ de extracción de humos y una longitud de conducto de extracción de 98 metros, con dos codos, ya que se conducirá hasta el techo. Siguiendo el manual de ventilación de Soler & Palau que se puede encontrar en el anexo E.2. Conductos Soler & Palau la caída de presión del sistema es de 111,2 Pa. Tras conocer todos los requisitos, el extractor a instalar será el CVT 315-4T capaz de proporcionar 250 Pa al caudal calculado y la campana será la Delta KF 11 862 de Salvador Escoda S.A. Las fichas técnicas se podrán encontrar en el anexo D.10. Campana de Salvador Escoda S.A.

A continuación, se muestra una tabla con todos los resultados de dichas cargas térmicas.

Salas	Refrigeración (kW)	Calefacción (kW)
Aseos	9,23	10,11
Aseos P0	10,25	10,11
Restaurante	160,42	150,93
Cocina	26,37	31,92
Lavandería	8,56	5,09
Vestuarios	17,59	11,16
Sala de espera P0	98,95	79,23
Urgencia	142,75	133,53
Entrada urgencias	20,47	30,35
Recepción urgencias	13,44	18,44

Salas	Refrigeración (kW)	Calefacción (kW)
Recibidor	85,26	131,49
Consulta	4,61	3,92
Consulta con ventana	6,10	4,86
Consulta con Aseos	5,50	3,90
Sala de espera P1 P2 y P3	138,72	134,50
Pasillo 1	87,16	141,67
Reuniones	12,06	11,49
Sala de pruebas normal	20,11	9,76
Sala de pruebas grande	22,07	12,53
Sala de pruebas pequeña 2	17,60	5,82
Sala de pruebas pequeña	18,63	7,47
Habitaciones	14,40	11,90
Descanso	14,76	14,43
Dormir	6,97	7,82
Pasillo P3	57,14	99,78
Pasillo P2	64,67	126,39
Rehabilitación grande	53,04	37,95
Rehabilitación	40,65	26,54
Rehabilitación pequeña	21,86	17,42
UCI	29,54	14,77
Pasillo P4	101,17	97,70
Sala de espera P4	161,33	107,81
Preoperatorio	63,68	40,81
Quirófano	17,27	9,82
UCI 2	22,59	10,59
Estudio quirófano	4,11	3,63

Tabla 24.- Cargas térmicas por salas

Durante el cálculo de las cargas térmicas se han tomado algunas elecciones que influirán en el resto del dimensionamiento del sistema. Se ha escogido que todos los aseos, vestuarios, lavandería y cocina tengan un sistema de extracción independiente al resto de salas para evitar la expansión de contaminantes en caso de reutilización del aire. La impulsión se realizara mediante una rejilla en la puerta de entrada y por diferencial de presiones se producirá un flujo de aire de la sala contigua hacia el interior, excepto en la cocina. Dicho esto, el cálculo de cargas térmicas estará contenida en la sala contigua, algo que se puede observar en las fichas de cargas térmicas.

Las escaleras tampoco de climatizaran por los mismos motivos que la ventilación.

A modo de comprobación, se calcula el coeficiente entre los kW de las cargas térmicas de refrigeración y la superficie de las zonas climatizadas. El resultado tiene que estar próximo a un rango de entre 100 a 120 kW/m². En nuestro caso obtenemos 121,5 kW/m², algo correcto para lo que se suele hacer en la industria.

Ahora se procederá a la climatización de todas las salas. Como se ha comentado con anterioridad, se buscara el sistema que proporcione un mayor rendimiento económico. Para ello hay varias formas en base a varios tipos de sistemas diferentes. En el mercado podemos encontrar climatización mediante VRV, cuyo funcionamiento es simple, se dispone de una unidad interior a la que le llega gas a una temperatura determinada, con el climatizaremos la sala, en la salida de la unidad interior ese gas, que ha variado su temperatura, es enviado a unas unidades exteriores, las cuales introducen o extraen calor del gas y lo impulsan por la tubería de nuevo. Un funcionamiento similar a este sería con fancoils, pero en este caso el gas es agua y las unidades exteriores serán bombas de calor reversibles que consiguen enfriar y calentar el agua. Estos dos sistemas necesitan más elementos intermedios para funcionar correctamente como bloques de distribución en el caso de VRV o válvulas TA y bombas de agua en los fancoils y en ambos sistemas la impulsión y retorno de la ventilación es independiente.

Otro sistema diferente es rooftop y UTA cuyo funcionamiento es filtrar y climatizar aire del exterior para enviarlo al interior mediante conductos. Tiene también un recorrido de retorno y ese aire lo mezcla con aire limpio, y en caso de que el caudal de aire exterior sea alto, como es nuestro caso, se necesitara un cajón entálpico el cual recupera calor del aire extraído para pasarlo al nuevo caudal de aire a introducir, reduciendo el consumo. El rooftop funciona mediante gas y todo el proceso está contenido la propia máquina, mientras que el UTA funciona mediante agua y será necesaria una bomba de calor reversible para calentar o enfriar esa agua, además de una bomba para mover dicho fluido. Este sistema solo funciona para grandes superficies, por lo que queda descartado para salas pequeñas. En nuestro caso las salas en las que podremos emplear un rooftop o UTA serán los de la tabla siguiente.

Salas
Restaurante
Sala de espera P0
Urgencias
Entrada urgencias
Recibidor
Sala de espera P1
Pasillo P1
Pasillo P3
Pasillo P2
Pasillo P4
Sala de espera P4
Preoperatorio

Tabla 25.- Salas climatizadas por rooftop o UTA

El uso de combustibles fósiles se ha descartado, es por ello que en el UTA y fancoils, emplearemos bombas de calor, ya que una alternativa es el uso de una enfriadora y un calentador de gas.

Todos las fichas técnicas de las maquinas instaladas estarán en el anexo D. Fichas técnicas en el que encontraremos la potencia calorífica que proporcionan, la caída de presión, la potencia eléctrica o el precio, datos necesarios en partes posteriores del proyecto. Los precios de las maquinas que no aparezcan en las fichas técnicas, se conseguirán de CYPE, una empresa que se dedica a la instalación de este tipo de sistemas y creación de software.

El estudio económico se realizara durante un periodo de tiempo de 10 años, teniendo en cuenta el precio del kWh y la potencia diaria kWdía en la península con tarifas para grandes potencias. Basándonos en los diferentes precios que ofrecen las compañías eléctricas, el precio medio del kWh es de 0,1€/kWh y el de la potencia es de 0,045€/kWdía.

9.1. Climatización y ventilación con VRV

Ahora se calculara todo lo necesario para climatizar el hospital con VRV sin emplear ningún rooftop o UTA. A partir de las cargas térmicas, se calcularan las unidades interiores y exteriores necesarias. En la siguiente tabla se encuentran las unidades interiores según la sala.

Salas	Unidades interiores		Potencia consumo (kW)	Precio (€)
Restaurante	6	AP0966HP-E	0,79	4769
Cocina	2	AP0486HP1-E	0,23	2572
Sala de espera P0	4	AP0966HP-E	0,79	4769
Urgencia	5	AP0966HP-E	0,79	4769
Entrada urgencias	1	AP0726HP-E	0,54	4173
Recepción urgencias	1	AP0726HP-E	0,54	4173
Recibidor	4	AP0966HP-E	0,79	4769
	1	AP0366HP1-E	0,198	2324
Consulta	1	AP0184HP1-E	0,026	1795
Consulta con ventana	1	AP0244HP1-E	0,036	1893
Consulta con Aseos	1	AP0244HP1-E	0,036	1893
Sala de espera P1 P2 y P3	5	AP0966HP-E	0,79	4769
	1	AP0276HP1-E	0,115	2169
Pasillo 1	5	AP0966HP-E	0,79	4769
Reuniones	1	AP0486HP1-E	0,23	2572
Sala de pruebas normal	1	AP0726HP-E	0,54	4173
Sala de pruebas grande	1	AP0726HP-E	0,54	4173
Sala de pruebas pequeña 2	1	AP0726HP-E	0,54	4173
Sala de pruebas pequeña	1	AP0726HP-E	0,54	4173
Habitaciones	1	AP0564HP1-E	0,112	2926
Descanso	1	AP0564HP1-E	0,112	2926
Dormir	1	AP0246HP1-E	0,115	2169
Pasillo P3	4	AP0966HP-E	0,79	4769
	1	AP0246HP1-E	0,115	1964
Pasillo P2	4	AP0966HP-E	0,79	4769
Rehabilitación grande	2	AP0966HP-E	0,79	4769
Rehabilitación	2	AP0726HP-E	0,54	4173
Rehabilitación pequeña	1	AP0726HP-E	0,54	4173
UCI	2	AP0566HP1-E	0,29	2705
Pasillo P4	5	AP0966HP-E	0,79	4769
Sala de espera P4	6	AP0966HP-E	0,79	4769
Preoperatorio	3	AP0726HP-E	0,54	4173
Quirófano	2	AP0726HP-E	0,54	4173
UCI 2	1	AP0966HP-E	0,79	4769
Estudio quirófano	1	AP0186HP1-E	0,085	1861

Tabla 26.- Unidades interiores VRV por sala

La unidad exterior será la MMY-AP6016HT8P-E, con un coste de 66480€ por unidad necesitando 33 unidades y una potencia eléctrica de 50,5 kW.

Además como se ha comentado antes, hará falta un sistema de ventilación independiente, por lo que se instalarán recuperadores de calor RECUP/EC-10000-H con un precio unitario de 32000€, de las que necesitaremos 65 unidades y una potencia eléctrica de 6,1 kW.

La adquisición de todas las maquinaria mencionadas, asciende a 4.587.665 de €.

9.2. Climatización y ventilación con rooftop y VRV

Siguiendo el mismo procedimiento obtenemos las siguientes máquinas. Se dividirán las estancias del hospital, por ello se emplearán varios rooftop, en vez de agrupar todas las salas. Lógicamente, en las salas que no dispongan de rooftop, las unidades interiores serán las mismas que en el apartado anterior.

Salas	Potencias térmicas	Modelo	Potencia eléctrica (kW)	Precio (€)
Restaurante	160,42	wsmA704	66,9	48000
Urgencias	142,75	wsmA1004	91,8	60000
Sala espera	98,95	wsmA704	66,9	48000
Resto P0	149,47	wsmA704	66,9	48000
Pasillo P1	87,16	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P1	138,72	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P2	138,72	wsmA704	66,9	48000
Pasillo P2	64,67	wsmA704	66,9	48000
Pasillo P3	92,32	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P3	138,72	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P4	161,33	wsmA704	66,9	48000
Resto P4	200,03	wsmA704	66,9	48000

Tabla 27.- Rooftop por sala y zona

De la misma manera que en el caso anterior necesitaremos recuperadores entálpicos y unidades exteriores. Emplearemos los mismos modelos pero las cantidades variaran, por lo que serán 35 recuperadores de calor y 23 unidades exteriores.

La cantidad total será de 3.328.896 € para la adquisición de todas las maquinas mencionadas.

9.3. Climatización y ventilación con UTA y VRV

Siguiendo los mismos procedimientos que en el apartado anterior obtenemos los UTA. Como son máquinas fabricadas a medida todas las características que no proporcione el fabricante serán tomadas de rooftop con caudales similares. La agrupación resultante es diferente a los rooftop, debido principalmente a la elección del caudal que es capaz de tratar un UTA, aunque como se ha dicho se clasificara por zonas.

Zonas	Potencias térmicas (kW)	Modelo	Potencia eléctrica (kW)	Precio (€)
Restaurante	160,42	Wizard 8480	8	30000
Urgencias	142,75	Wizard 19860	13	50000
Resto P0	248,42	Wizard 19860	13	50000
P1	225,89	Wizard 19860	13	50000
P2	203,39	Wizard 19860	13	50000
P3	231,05	Wizard 19860	13	50000
Espera P4	161,33	Wizard 8480	8	30000
Resto P4	200,03	Wizard 8480	8	30000

Tabla 28.- UTA por salas o zonas

Ahora se añadirá la bomba de calor simultánea que podrá generar agua caliente como fría a la vez. Se ha escogido la bomba de calor simultánea debido a la posibilidad que algunas zonas demanden calefacción y otras aire acondicionado. Se instalaran dos bombas de calor simultánea, la i-FX-Q2-G05 /CA 0702 con 712 kW de refrigeración, 239 kW de potencia eléctrica y un valor de 130000€ y la i-FX-Q2-G05 /CA 0802 de 787 kW de refrigeración, 261,5 kW de potencia eléctrica y un valor de 150000€. A todo este sistema se le sumara una bomba de agua capaz de superar los 56 kPa de caída de presión

e impulsar un caudal de 76,17 l/s. Para ello se instalara el modelo NB 125-200/226 EUP AF2ABQQE de Grundfos con 7,5 kW de potencia eléctrica y un valor de 20000€. Los cálculos de caída de presión se han basado en el recorrido que tenía la tubería y la caída de las bombas de calor simultaneas. Por último se necesitaran 35 recuperadores de calor y 23 unidades exteriores de los mismos modelos mencionados anteriormente.

La cantidad económica total de las maquinarias a instalar asciende a 3.380.896 de €.

9.4. Climatización y ventilación con fancoils

Recordemos que para la climatización con fancoils, es necesario una bomba de calor, unidades interiores y una bomba de agua, además de todo el sistema de ventilación. A continuación se detallan las unidades interiores de fancoils, del fabricante Daikin.

Salas	Unidad interior	Modelo	Potencia (kW)	Precio (€)
Restaurante	9; 1	FWD18AF; FWD12AF	1; 0,53	2001; 1550
Cocina	1; 1	FWD18AF; FWD12AF	1; 0,53	2001; 1550
Sala de espera P0	6	FWD16AF	0,991	1815
Urgencia	8	FWD18AF	1	2001
Entrada urgencias	2	FWD12AF	0,53	1550
Recepción urgencias	1	FWD16AF	0,991	1815
Recibidor	7	FWD18AF	1	2001
Consulta	1	FWD06AF	0,274	870
Consulta con ventana	1	FWD08AF	0,315	1016
Consulta con Aseos	1	FWD08AF	0,315	1016
Sala de espera P1 P2 y P3	8	FWD18AF	1	2001
Pasillo 1	7	FWD16AF	0,991	1815
Reuniones	1	FWD16AF	0,991	1815
Sala de pruebas normal	2	FWD12AF	0,53	1550
Sala de pruebas grande	2	FWD12AF	0,53	1550
Sala de pruebas pequeña 2	1	FWD18AF	1	2001
Sala de pruebas pequeña	1	FWD18AF	1	2001
Habitaciones	1	FWD16AF	0,991	1815
Descanso	1	FWD16AF	0,991	1815

Salas	Unidad interior	Modelo	Potencia (kW)	Precio (€)
Dormir	1	FWD08AF	0,315	1016
Pasillo P3	6	FWD16AF	0,991	1815
Pasillo P2	6	FWD18AF	1	2001
Rehabilitación grande	3	FWD18AF	1	2001
Rehabilitación	3	FWD18AF	1	2001
Rehabilitación pequeña	1	FWD18AF	1	2001
UCI	2	FWD12AF	0,53	1550
Pasillo P4	8	FWD16AF	0,991	1815
Sala de espera P4	9	FWD18AF	1	2001
Preoperatorio	5	FWD12AF	0,53	1550
Quirófano	1	FWD18AF	1	2001
UCI 2	2	FWD12AF	0,53	1550
Estudio quirófano	1	FWD06AF	0,274	870

Tabla 29.- Unidades interiores Fancoils por salas y zonas

A todas unidades interiores, hay que añadirle 65 recuperadores entálpicos, 5 bombas de calor simultaneas i-FX-Q2-G05 /CA 1102 de 1125 kW de refrigeración, 411 kW de potencia eléctrica y precio de 300000€ y una bomba de agua NKG 300-250-400/405 A2F2AE-SBAQE de Grundfos capaz de controlar 261 l/s y superar una caída de presión de 273 kPa producida por la longitud de tubería hasta la unidad interior. Las características de esa bomba son de 132 kW, 170000€ y un controlador de la bomba de 2,5 kW con un precio de 3000€.

En total el coste de todas las maquinarias mencionadas, asciende a 4.117.935 de €.

9.5. Climatización y ventilación con rooftop y fancoils

Los rooftops serán los mismos que en el apartado 9.2 climatización y ventilación con rooftop y VRV con los mismos recuperadores entálpicos. Los únicos cambios que habrá serán la bomba de agua y de calor.

Salas	Potencias térmicas	Modelo	Consumo (kW)	Precio (€)
Restaurante	160,42	wsmA704	66,9	48000
Urgencias	142,75	wsmA1004	91,8	60000
Sala espera	98,95	wsmA704	66,9	48000
Resto P0	149,47	wsmA704	66,9	48000
Pasillo P1	87,16	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P1	138,72	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P2	138,72	wsmA704	66,9	48000
Pasillo P2	64,67	wsmA704	66,9	48000
Pasillo P3	92,32	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P3	138,72	wsmA704	66,9	48000
Sala de espera P4	161,33	wsmA704	66,9	48000
Resto P4	200,03	wsmA704	66,9	48000

Tabla 30.- rooftop por salas

Se necesitaran 35 recuperadores de calor RECUP/EC-10000-H, 4 bombas simultaneas de calor i-FX-Q2-G05 /CA 1102 y una bomba de agua NB 150-315/338 AF1ABQQE de Gundfos capaz de impulsar 186 l/s, con una caída de presión de 273 kPa, con una potencia eléctrica de 75 kW y un precio de 90000€ con un controlar de 1 kW y un precio de 2000€.

La adquisición de todas las maquinas mencionadas asciende a 3.036.584 de €.

9.6. Climatización y ventilación con UTA y fancoils

Los UTA a instalar son los mismos que en el apartado 9.3. Climatización y ventilación con UTA y VRV, además de todo el sistema de tratamiento de agua será el mismo que en el apartado 9.4, a causa de las potencias térmicas a disipar son las mismas y la perdida de carga también es la misma. En este caso solo se necesitaran 35 recuperadores entálpicos RECUP/EC-10000-H. Se instalaran 5 bombas de calor simultaneas i-FX-Q2-G05 /CA 1102, una bomba de agua NKG 300-250-400/405 A2F2AE-SBAQE de Grundfos con un controlador de 2,5 kW y 3000€.

Zonas	Potencias térmicas (kW)	Modelo	Potencia eléctrica (kW)	Precio (€)
Restaurante	160,42	Wizard 8480	8	30000
Urgencias	142,75	Wizard 19860	13	50000
Resto P0	248,42	Wizard 19860	13	50000
P1	225,89	Wizard 19860	13	50000
P2	203,39	Wizard 19860	13	50000
P3	231,05	Wizard 19860	13	50000
Espera P4	161,33	Wizard 8480	8	30000
Resto P4	200,03	Wizard 8480	8	30000

Tabla 31.- UTA por sala y zona

La inversión total a efectuar para la adquisición de mencionadas maquinas asciende a 3.127.639 de €.

9.7. Comparativa de sistemas de ventilación y climatización

Reuniendo todas las características de las maquinarias y realizando el estudio económico en un periodo de 10 años, teniendo en cuenta el gasto eléctrico durante el periodo y la inversión inicial como el coste de adquisición de las máquinas, podemos ver todas las alternativas en la tabla 32. Se han mantenido los mismos precios de consumo eléctrico 0,1€/kWh y potencia eléctrica 0,045€/kWdía del apartado 7. Producción de ACS.

Maquinas	Potencia (kW)	Precio maquinas (€)	Precio electricidad diario (€)	Precio potencia diario (€)	Retorno a 10 años (Millones €)
VRV	2092	4.587.665	5022	94	23,26
Fancoils	2631	4.117.935	6314	118	27,6
Rooftop y VRV	1889	3.328.896	4533	85	20,19
UTA y VRV	1989	3.380.896	4774	90	21,13
Rooftop y fancoils	2229	3.036.584	5350	100	22,93
UTA y fancoils	2456	3.127.639	5894	111	25,04

Tabla 32.- Estudio económico de los sistemas de climatización

El estudio elaborado se considera fiable y verídico, debido a que para llegar a estos resultados, se han empleado las cargas térmicas de las salas, se han confeccionado diferentes alternativas teniendo en cuenta todo la maquinaria de apoyo que fuera necesaria, bien dimensionada y se ha incluido el sistema de ventilación, por lo que es una buena base en la que sentar un estudio económico para poder decidir correctamente que elección es la más idónea para nuestro hospital.

Las alternativas de VRV y fancoils no son una buena opción debido al rendimiento para grandes superficies, respecto los rooftop y UTA son menos rentables. Seguidamente, entre todas las opciones restantes, el hecho de emplear agua en vez de gas a presión como fluido de transferencia de calor, implica el uso de bombas de calor y de agua incrementando el precio de la inversión inicial y el consumo eléctrico. Al final la opción más rentable en un periodo de retorno de 10 años, es la climatización y ventilación con rooftop y VRV con un gasto de 20,19 millones de euros, como segunda alternativa queda la climatización y ventilación con UTA y VRV con 1 millón de euros de diferencia. Por ello todo el estudio y dimensionamiento de conductos de ventilación se hará a partir de esta configuración.

9.8. Conductos de ventilación

Para el dimensionamiento de conducto de ventilación nos basaremos en el manual de ventilación de Soler & Palau para saber las pérdidas de presión en los conductos. Para todo el sistema se emplearan codos con una relación de radio y diámetro de 1 con 4 piezas, por lo que el coeficiente n de proporcionalidad tendrá un valor de 0,25. En los aumentos y disminuciones de sección se aplicara un grado de inclinación de 45°. Estas consideraciones son necesarias para el cálculo de la perdida de carga en accesorios.

Para obtener la presión dinámica, se calculara a partir de la velocidad máxima de los tramos y siguiendo la Ecuación 5

$$P_d = \frac{v^2}{16} \cdot 10 [Pa]$$

Ecuación 5.- Presión dinámica en Pa

Con la caída de presión lineal en los conductos el producto del coeficiente de proporcionalidad y la presión dinámica, obtenemos la perdida de carga total.

Durante el dimensionamiento se ha de considerar la velocidad en los conductos. Por ser una estancia con presencia de personas, la velocidad en el interior no debería de ser superior a 6 m/s debido al ruido que genera el transporte del fluido.

A pesar de ese requisito, en algunas zonas no ha sido posible no superar los 6 m/s, siendo superado en algunos conductos, sobre todo los que están conectados a los rooftop. Esto no afecta al funcionamiento del sistema, solo aumenta el nivel sonoro y al confort y es debido a los grandes caudales que circulan.

Tras obtener las caídas de presión del sistema de ventilación, las cuales se pueden encontrar en el anexo C.7. Red de impulsión de ventilación y C.8. Red de extracción de ventilación, buscamos el recorrido con una caída de presión mayor según la clasificación de máquinas que se ha hecho durante el estudio del apartado 9.2. Climatización y ventilación con rooftop y VRV.

Rooftops	Caída de presión (Pa)	Presión admisible máxima (Pa)
Restaurante	278	350
Urgencias	330	350
Sala de espera P0	299	350
resto P0	262	350
Pasillo P1	306	350
Sala de espera P1	305	350
Sala de espera P2	305	350
Pasillo P2	321	350
Pasillo P3	313	350
Sala de espera P3	287	350
Sala de espera P4	318	350
Resto P4	321	350
Recuperadores entálpico	533	Variable

Tabla 33.- Caídas de presiones de rooftops y recuperadores entálpicos

Por lo que se puede ver las caídas de presiones de los conductos son inferiores a los admisibles por los rooftop. En el caso de los recuperadores de calor, en el catálogo, se dispone de una curvas características en función de la maquina escogida y de los filtros que se instalen. Como se puede ver

en el anexo... con unos 500 Pa de caída de presión puede proporcionar 9000 m³/h, algo que ya se ha tenido en cuenta en el estudio de rendimiento económico.

Los filtros instalados en el sistema serán de clase F9, el obligatorio para ambientes de IDA 1, entre los fabricantes encontramos el OPGP-F9-0592/0592/0296-ES-00 de Camfil, con una caída de presión de 90 Pa. La caída de presión está incluida en la presión admisible de la maquina ya que se trata de un elemento obligatorio independientemente del tipo de estancia a climatizar.

10. Electricidad

10.1. Líneas eléctricas

Por ultimo trataremos el sistema eléctrico, basándonos en el REBT (Reglamento Eléctrico de Baja Tensión). Empezaremos dimensionando la potencia demandada en cada sala como luces, ordenadores, cargadores de móvil... Con eso, gracias a las características de los receptores, tenemos más datos como el tipo de sistema, el factor de mayoramiento, el de simultaneidad, y la longitud del cable. También disponemos de un falso techo sin aislamiento por lo que los cables estarán en disposición de bandeja. En general se ha instalado enchufes de uso cotidiano como ordenadores, lámparas de mesa, impresores, entre otras cosas, y enchufes especiales para limpieza los cuales tendrán una potencia elevada y su uso será esporádico, también se han añadido máquinas y dispositivos que se necesitaban en la zona como microondas, campanas...

Ahora se realizaran cálculos para saber la intensidad que circula por cada punto de consumo. Si disponemos de un sistema monofásico emplearemos la ecuación 6 mientras que si es trifásico se necesitara la ecuación 7

$$I = P \cdot \frac{K}{230 \cdot \cos\phi} [A]$$

Ecuación 6.- Intensidad en red monofásica

$$I = P \cdot \frac{K}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi} [A]$$

Ecuación 7.- Intensidad en red trifásica

Donde:

- K: Factor de mayoramiento
- P: Potencia (W)
- $\cos\phi$: factor de potencia

Tanto el factor de mayoramiento como el de potencia dependen del tipo de receptor. Para las luminarias se ha escogido un factor de potencia de 0,9 y un mayoramiento de 1,8, proveniente de los lámparas de descarga fluorescentes que tienen el factor más alto entre todas las luminarias, a pesar de que no se instalara ningún fluorescente, pero en un futuro puede haber algún cambio. Para la

distribución general el factor de mayoramiento es de 1 y para motores eléctricos y enchufes de 1,25, mientras que para el factor de potencia para enchufes y motores se ha escogido 0,85, el habitual en la gran mayoría de motores.

10.2. Cuadros eléctricos

Para el cálculo de las potencias en las agrupaciones de receptores, se ha de tener en cuenta el factor de simultaneidad, similar al cálculo en la red de agua, dado que no todos los dispositivos estarán en uso al mismo tiempo. Para obtener la potencia resultante se emplea la ecuación 8.

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \cdot FS_i$$

Ecuación 8.- Potencia para interruptores generales

Donde:

- N: cantidad de dispositivos.
- FS: Factor de simultaneidad.
- P: Potencia (W).

El factor de simultaneidad, en la gran mayoría de casos ha sido 1, el máximo, al tratarse de un hospital donde la exigencia es máxima y donde puede haber momentos donde la ocupación sea alta y por lo tanto el uso es elevado. Para el factor de potencia, se ha realizado una media ponderada con las potencias y factores individuales, siguiendo la ecuación 9.

$$\cos\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \cos\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Ecuación 9.- Factor de potencia para interruptores generales

Donde:

- $\cos\varphi$: Factor de potencia.
- P: Potencia (W).

10.3. Secciones

Una vez obtenida la intensidad, escogemos la sección del cable que sea capaz de soportar dicha corriente, cumpliendo que la intensidad máxima del cable (IMA) sea superior al magnetotérmico instalado y la caída de tensión (cdt) sea inferior al 3% para luminarias y un 5% para el resto de receptores. Los cables serán de cobre y el tipo de cable y montaje variaran en función de la longitud, ubicación y corrientes que transportara. Para saber la caída de tensión, se utilizaran las ecuaciones 10 y 11, dependiendo de si es un sistema monofásico o trifásico.

$$CDT = 2 \cdot P \cdot \frac{L}{\gamma \cdot 230 \cdot S} \cdot \frac{100}{230} [\%]$$

Ecuación 10.- Caída de tensión en red monofásica

$$CDT = P \cdot \frac{L}{\gamma \cdot 400 \cdot S} \cdot \frac{100}{400} [\%]$$

Ecuación 11.- Caída de tensión en red trifásica

Donde:

- L: Longitud de cable (m).
- P: Potencia (W).
- S: Sección (mm²).
- γ : Conductividad del cobre (m/Ωmm²).

La conductividad siempre será la misma, al solo depender del material y temperatura, teniendo un valor de 56 m/Ωmm² a 20°C.

10.4. Interruptores y guardamotores

Con todas las intensidades calculadas, se escoge magnetotérmico y diferencial. Se escogerán magnetotérmicos de 10 amperios para luminarias y de 16 para el resto de dispositivos siempre que no necesiten un calibre mayor. En el caso de los diferenciales, el calibre será igual o mayor al magnetotérmico y la sensibilidad será de 30 mA para luminarias y enchufes mientras que será de 300

mA para generales y máquinas. Para las bombas de agua y motores eléctricos de ascensores se emplearan guardamotors.

Todo el dimensionamiento de la red eléctrica se puede comprobar en el anexo C.9. Instalación eléctrica y las ubicaciones de los cuadros en el anexo A Para cada receptor es necesario que haya un magnetotérmico, pero no es necesario el caso de un diferencial si este ya está protegido por un diferencial de la misma sensibilidad en el cuadro general, ahorrándose la cantidad de diferenciales a instalar. Como consecuencia, en caso de fallo, se cortarían la luz para todas las ramas que controla el diferencial general, algo no recomendable tratándose de un hospital, por ello en contadas ocasiones, no se instalara el diferencial, pero como norma general todos los receptores tendrán tanto magnetotérmico como diferencial.

Los magnetotérmicos y diferenciales empleados seguirán la gama de productos de Scheinder electric, cuyas fichas técnicas se pueden encontrar en el anexo C.16. Interruptores y guardamotors Schneider. A partir de los magnetotérmicos de 160 amperios, el diferencial está incluido en el mismo producto.

A lo largo de todo el proceso han surgido problemas que se han ido solventando. Uno de ellos es que en algunos casos como en las salas de pruebas, la intensidad de algunos receptores era mayor a la general, provocando que el general saltara en el arranque de la máquina, para solucionarlo, se ha instalado un calibre de magnetotérmico y diferencial mayor. Otro problema fue la cantidad de luminarias o enchufes demandaban tanta intensidad que los magnetotérmicos preestablecidos no eran suficiente, por lo que se ha tenido que dividir la instalación por partes, en algunos casos como los pasillos resulta útil dividirlo por estancias, pero otros como el restaurante no hubiese hecho falta. Por otra parte había salas cuya demanda era pequeña, por lo que se ha decidido agruparlas como es el caso de los aseos, vestuarios, consultas, de 4 en 4, reuniones de 3 en 3 y el alumbrado de los ascensores. Como nuestro edificio es muy grande, la longitud de los cables eran elevadas, provocando que las caídas de tensión superaran los límites establecidos, para solucionarlo se han instalado subcuadros, en zonas estratégicas. Al final de todo el dimensionado, la intensidad resultante era muy alta, por lo que se decidió realizar diferentes tomas generales, agrupándolos de la mejor manera posible.

En el quirófano, el reglamento, exigía un transformador de aislamiento, que evitase un mal funcionamiento de todos los dispositivos del quirófano. Por ello, se ha escogido un transformador de Polylux de la serie TH800, indicado para este uso particular.

10.5. Grupo electrógeno

Al tratarse de un hospital, existe la necesidad de que el suministro de algunas zonas, sea ininterrumpido, para ello existen 2 alternativas. Una de ellas es la instalación de baterías cuya autonomía es limitada y sus cualidades se reducirían drásticamente con el paso del tiempo por lo que sería necesario una sustitución, por otro lado tenemos la posibilidad de instalar un generador de combustible fósil cuya autonomía podría ser infinita siempre que el suministro de combustible sea regular, y cuya fiabilidad con el paso de los años no se vería afectada, a pesar del mantenimiento mecánico. A final se decidirá instalar un grupo electrógeno diésel, ya que proporciona una fiabilidad y una durabilidad elevada, a pesar de su contaminación, se considera que la vida humana es más importante y se han tomado medidas a lo largo de todo el proyecto para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. A pesar de esta elección siempre se pueden instalar SAI, reduciendo el uso del motor diésel y optimizar su funcionamiento, pero actualmente, no hay SAI capaces de proporcionar toda la demanda que exige la actividad mínima de este hospital.

Una vez seleccionado el generador diésel, se calcularan la potencia de alimentación. El reglamento de baja tensión, solo indica que se ha de mantener alimentada, en nuestro caso, la zona de UCI, urgencias y quirófanos estando operativas al cien por cien, por lo que incluirán ascensores, sistemas de climatización y de ventilación. Aun así, se ha decidido añadir los enchufes médicos de las habitaciones, las máquinas de las salas de pruebas, el preoperatorio, el pasillo de la planta 4 y 2 bombas de agua de suministro. Debido a que en las habitaciones puede haber algún paciente que dependa de algún sistema de apoyo eléctrico, las salas de pruebas por la presencia de máquinas especiales, se impedirá un corte repentino de corriente. En el caso de las bombas de agua, ascensores, preoperatorio y el pasillo de la planta 4 se alimentara para atender a posibles demandas y dar apoyo a los quirófanos. En total la potencia de alimentación será de 2051 kW o 2414 kVA con una intensidad de 3484 amperios, por lo que el generador diésel a instalar será el EMU-2800 de Electra Molins capaz de proporcionar 2545 kVA o 2036 kW con una intensidad de 3473 amperios como servicio principal, aunque esas características pueden aumentar hasta 2800 kVA con 4041 amperios. La ficha técnica se puede encontrar en el anexo D.17. Grupo electrógeno.

11. Análisis del impacto ambiental

En todo el proceso los únicos puntos en los cuales se podía reducir el impacto ambiental es en la elección del tipo de luminarias, reducir el desaprovechamiento de agua, anular el uso de combustibles fósiles y aumentar todo lo posible el uso de energía solar. Se ha dimensionado el sistema de placas solares para la obtención de ACS, se han incorporado LED para la iluminación por su larga durabilidad, reducido consumo e impacto ambiental en comparación con otras alternativas, y depósitos de purificación de aguas residuales. El único dispositivo instalado que genera un gran impacto es el generador de emergencia diésel. Se escogió esa opción por sus características ya mencionadas, pero respecto al impacto medio ambiental, no se podía anular debido a la alta intensidad demandada y el tiempo de funcionamiento. A lo largo de la vida útil de todas las máquinas, no se esperan grandes averías, ya que se han acudido a fabricantes de renombre con una fiabilidad alta, y son máquinas robustas y fiables, además, el sistema es gestionado y monitoreado electrónicamente con unos mantenimientos constantes, reduciendo así las posibilidades de fallo grave.

Conclusiones

Una vez elaborado todo el proyecto, el objetivo principal se ha cumplido. Se ha realizado un conjunto de sistemas completamente operativos para la actividad en el hospital, basándonos en toda la normativa necesaria, confeccionando un proyecto que un instalador sera capaz de llevar a cabo. Los sistemas tratados han sido el de alumbrado, de distribución de agua, climatización, ventilación y eléctrico añadiendo placas solares para ACS y depuradoras de agua.

Para el alumbrado del hospital nos hemos basado tanto en la norma Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación de hospitales y centros de atención primaria como en la Norma sobre la iluminación para interiores UNE 12464.1 para dimensionar nuestro sistema. A lo largo del proceso nos hemos basado en el software de Dialux EVO el cual proporciona unos resultados de iluminancia, deslumbramiento... en una estancia a partir de una serie de luminarias instaladas. Todos los resultados se hallan dentro de los márgenes establecidos por dichas normas. Mencionar que han surgido una serie de problemas tales como índices de deslumbramiento excesivamente altos o iluminancias medias bajas que se han solventado con un cambio de disposición de luminarias, cambio del perímetro de las superficies de cálculo, entre otras soluciones. Gracias a ello podemos decir que está todo bien dimensionado y que su uso será completamente funcional.

La red de distribución de agua, se ha diseñado siguiendo la norma HS4 Suministro de agua y la Guía técnica de agua caliente sanitaria central y gracias al catálogo de Pressman hemos podido escoger las bombas de agua correctas, a partir de las caídas de presiones. Se ha diseñado todo el sistema necesario para la obtención de ACS mediante placas solares y bombas de calor y la distribución de agua fría y ACS. En aras del ahorro de agua, tal como indica la norma, se ha diseñado el sistema de retorno. En todo momento se ha tendido en cuenta la seguridad del suministro instalando varios montantes y depósitos, evitando un fallo de servicio con cualquier tipo de avería.

Para el caso de la climatización y ventilación se realizó un estudio de diferentes opciones disponibles en el mercado. Una de ellas es que todo el hospital estuviera climatizado por VRV unos dispositivos que se componen de unidades interiores y exteriores haciendo circular un gas para las transferencias de calor, teniendo que diseñar un sistema de ventilación independiente. Otra opción tratada es la climatización y ventilación mediante VRV y rooftop o UTA los cuales tienen un gran rendimiento en grandes superficies e incorporan climatización y ventilación en el mismo

dispositivo, y por último sustituir el VRV de las anteriores opciones por fancoils, el cual tienen el mismo funcionamiento que el VRV pero el fluido es agua en vez de gas. Se dimensionaron todos los sistemas con los elementos necesarios para su correcto funcionamiento, una vez escogida la mejor opción siguiendo criterios económicos contando la inversión y gasto eléctrico, se han reunido todas las características de dichas máquinas y se ha dimensionado el sistema de ventilación. El principal problema que surgió fue controlar la caída de presión y la gran cantidad de caudales que pasaban a cada zona, provocando grandes velocidades en los conductos. Se ha intentado reducir lo máximo posible todos los excesos de velocidades y caídas de presiones mediante los conductos disponibles pero en nuestro caso no se ha podido llegar a un resultado satisfactorio las velocidades en los conductos.

Todo el sistema eléctrico, basándose en el REBT, ha sido diseñado en función del tipo de actividad que había y no se han atendido a peticiones ni casos especiales en los que podrían ser necesarios dispositivos que excedieran la potencia demandada. A pesar de ello, toda la instalación se ha proyectado con presencia de cargas monofásicas y trifásicas, dificultando así todo el dimensionamiento de magnetoterapia y diferenciales. El resultado final se considera satisfactorio, por la consagración de un sistema seguro y funcional el cual solo cortara luz en una zona determinada y cuando sea necesario.

Presupuesto y/o Análisis Económico

En este apartado se realizara un estudio económico del montaje y suministro de los siguientes elementos:

Luminarias	Unidades	Precio (€)
DN130B D217 1xLED20S/830	140	59
LL512X PSED EM 1 xLED61S/840 PCO	218	190
SM340C PSD L1200 SI 1 x28S/940 MLO	80	241
DN135B D165 1xLED10S/840	12	37
SM400C POE W30L120 1 xLED36S/840	56	560
RC400B POE W30L120 1 xLED28S/830	664	275
RC400B POE W30L120 1 xLED28S/840	28	275
RC400B PSD W30L120 1 xLED36S/840	488	275
LL523X PSD ELD1 EM 1 xLED100S/840 MB	42	280
SM134V PSD W20L120 1 xLED27S/830 NOC.	12	155
SM150C L602 1xLED24S/840	57	120
SP402P PSU W31L125 DIRECTA 1 xLED28S/840	56	488
SM541C PSD L1480 1 xLED31S/840 NOC	16	500
CR150B PSU W60L60 IP54 1 xLED35S/840	532	300
BN132C PSU L300 1 xLED3S/830	106	18
RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED34S/830 NOC	544	80
RS340B 1 xLED27S/827 WB	330	120
DN131B D165 1xLED10S/830	170	51
RC531B PSD W8L113 1 xLED15S/930 NOC	600	250
SM480C W24L134 1 xLED40S/940 ACC-MLO	293	515
SM341C PSD L1500 1 x26S/940 O	294	314
DN570C 1 xLED40S/840 C	30	435
PT320T 1 xLED17S/827 VWB	11	155
RC400B POE W30L120 1 xLED42S/840	165	275
ST700T PSU 1 xLED17S/CRW CLM30	25	145
RC132V G4 W60L60 PSU 1 xLED43S/840 NOC	357	166
RC362B SRD W62L62 1 xLED34S/940	1034	280
SP480P W24L134 1 xLED40S/940 ACC-MLO	180	491
LL523X PSD ELD1 EM 1 xLED100S/830 MB	24	280
SM341C PSD L1500 WH 1 x26S/940 MLO	286	314
WT120C G2 L600 1 xLED19S/840	24	76
EM120B 1 xLED2S/760 OA	1517	77
Total		1.840.010

Tabla 34.- Presupuesto de luminarias

Elementos red de agua fría y ACS	Unidades	Precio (€)
Placas solares	66	2680
Bomba para placa solar	1	12160
Grupo impulsor	1	108653
Filtro agua ACS	2	5179
Filtro agua fría	6	5422
Contador	1	663
Reductor de presión	1	250
Depósito de presión	1	1104
Deposito auxiliar de alimentación	10	3051
Deposito auxiliar de alimentación ACS	3	4862
Deposito placa solar	7	7646
Bomba agua de bomba de calor a intercambiador	2	37901
Bombas de retorno ACS	2	1197
Bomba de calor	26	40000
Total		1.559.414

Tabla 35.- Presupuesto de elementos de distribución de agua

Elementos red de aguas residuales	Unidades	Precio (€)
Depuradora aguas grises	1	25000
Depuradora aguas blancas	1	37000
Bombas depuradoras	2	736
Total		63.472

Tabla 36.- Presupuesto de elementos de red de aguas residuales

Climatización y ventilación	Unidades	Precio (€)
Rooftop 1	11	48000
Rooftop 2	1	60000
Recuperador entálpico	35	32000
Unidades exteriores	23	66480
Unidad interior AP0486HP1-E	3	2572
Unidad interior AP0726HP-E	10	4173
Unidad interior AP0184HP1-E	1	1795
Unidad interior AP0244HP1-E	2	1893
Unidad interior AP0564HP1-E	2	2926
Unidad interior AP0246HP1-E	1	2169
Unidad interior AP0566HP1-E	2	2705
Unidad interior AP0186HP1-E	1	1861
Unidad interior AP0966HP-E	3	4769
Total		3.321.666

Tabla 37.- Presupuesto para sistema de climatización y ventilación

Magnetotérmicos y diferenciales	Unidades	Precio (€)
10 A	281	110
16 A	604	120
20 A	97	124
25 A	76	127
32 A	124	135
40 A	15	455
40 A monofásico	16	150
50 A	15	596
50 A monofásico	17	205
63 A	85	631
80 A	37	768
100 A	2	794
125 A	2	811
25 A / 300 mA	271	350
25 A / 30 mA	787	355
40 A / 300 mA	80	360
63 A / 300 mA	26	716
63 A / 300 mA monofásico	10	636
80 A / 300 mA	38	820
100 A / 300 mA	2	820
125 A / 300 mA	2	820
160 A / 300 mA	6	3900
250 A / 300 mA	9	5280
400 A / 300 mA	3	8990
630 A / 300 mA	8	13300
1000 A / 300 mA	3	13000
Total		954.462

Tabla 38.- Presupuesto de magnetotérmicos y diferenciales

Guardamotores	Cantidad	Precio (€)
10A	4	130
40A	5	160
50A	2	660
115A	3	1024
Total		5.712

Tabla 39.- Presupuesto de guardamotores

Una vez reunidos todos los elementos se procede al cálculo del presupuesto total.

Conceptos	Cantidad (€)
Luminarias	1.840.010
Elementos red de agua fría y ACS	1.559.414
Elementos de red de aguas residuales	63.472
Climatización y ventilación	3.321.666
Magnetotérmicos y diferenciales	954.462
Guardamotores	5.712
Total	7.744.736

Tabla 40.- Presupuesto general

En total, la composición de todos los sistemas diseñados en este proyecto, tendría un coste total de 7.744.736 €.

Bibliografía

- [1] U.S. Department of energy. (2012). *Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products* (N.º 1). Disponible en:
https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/2012_LED_Lifecycle_Report.pdf
- [2] U.S. Department of Energy. (2012). *Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products* (N.º 2). Disponible en:
https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-21443.pdf
- [3] U.S Department of Energy. (2013). *Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products* (N.º 3). Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/264862333_Life-Cycle_Assessment_of_Energy_and_Environmental_Impacts_of_LED_Lighting_Products_Part_3_LED_Environmental_Testing/link/53f42c080cf2dd489513c115/download