

# **MEMORIAS DE CÁLCULO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DETALLADO**

**PEDRO ISMAEL DURANGO PADILLA**  
**Ingeniero Electricista**  
**CN 205 - 5228.**

## **OBRA:**

**CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA DE LOS SERVICIOS DE CONSULTA  
EXTERNA GENERAL, APOYO DIAGNOSTICO, COMPLEMENTACION TERAPEUTICA Y  
ATENCION DEL PARTO DE LA ESE HOSPITAL SANTA RITA DE CASSIA DISTRACCION  
EN EL MUNICIPIO DISTRACCION DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.**

**MUNICIPIO DE DISTRACCIÓN (LA GUAJIRA)**

**DICIEMBRE DE 2022**

## **1. Consideraciones previas.**

Para el diseño de la instalación de climatización y ventilación del hospital objeto de estudio, se ha tenido en cuenta las indicaciones establecidas en el “Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios” (RITE), y sus instrucciones Técnicas Complementarias (IT).

## **2. Datos de partida.**

Para llevar a cabo el diseño de la instalación prevista, es necesario disponer de los planos del hospital (planta y secciones), considerar su geometría, orientación y distribución, así como las características en el que se encuentra ubicado, tales como su emplazamiento o su epidermis.

Por otro lado, también es necesario conocer las características Ocupacionales y Funcionales (COF) relativas al hospital, tales como horarios de funcionamiento de la instalación, nivel de ocupación o actividad de los ocupantes.

### **2.1. Zona climática.**

El hospital se encuentra dentro en el municipio de distracción, departamento de la guajira. Según establece el apéndice B “Zonas Climáticas” del Código Técnico de la Edificación (CTE), está considerada como zona climática C2.

### **2.2. Condiciones exteriores de diseño.**

Para alcanzar las condiciones de confort deseadas en el interior del hospital, es necesario tener en cuenta las condiciones del ambiente exterior, que a su vez dependen de la situación geográfica en la que se encuentre ubicado, ya que éstas influirán en el cálculo de cargas térmicas, y por tanto en el diseño de la instalación de climatización.

Para conocer éstas condiciones ambiente, se ha tomado como referencia la Guía Técnica de Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto, proporcionada por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), cuyo objetivo es promocionar la eficiencia en el uso final de la energía en los edificios.

Los datos obtenidos de dicha Guía Técnica son los siguientes:

- Características geográficas de referencia de Distracción La Guajira:

En esta Guía Técnica aparecen tres localizaciones diferentes: Granollers, Aeropuerto del Prat y Fabra. Por cercanía y similitud geográfica con San Cugat del Vallés, se elige la localización de Fabra, ya que es la localización más cercana y que a la vez se encuentra menos influenciada por la cercanía a la costa.

- Características climatológicas principales del emplazamiento seleccionado:

Tabla 2.2.1. Condiciones exteriores de diseño.

<b>Condiciones Exteriores de diseño</b>	
<b>Percentil de verano</b>	1%
<b>Percentil de invierno</b>	99%
<b>Temperatura seca verano (°C)</b>	30,3
<b>Temperatura húmeda verano (°C)</b>	22,7
<b>Temperatura seca invierno (°C)</b>	2,1
<b>Variación diurna de temperatura (°C)</b>	7,1
<b>Variación anual de temperatura (°C)</b>	31,2
<b>Altitud sobre el nivel del mar (m)</b>	412
<b>Latitud</b>	10°53'48"N
<b>Longitud</b>	72°53'09"O
<b>Orientación del viento dominante</b>	Norte

### 2.3. Condiciones interiores de diseño.

Las condiciones de temperatura y humedad que se pretenden alcanzar en el interior del hospital mediante la instalación de climatización deben ser las adecuadas para garantizar, en la medida de lo posible, el confort térmico del mayor número de ocupantes, teniendo en cuenta su actividad y vestimenta.

El RITE delimita estos valores en su instrucción técnica IT 1.1.4.1. Por tanto, los valores seleccionados son los siguientes:

Tabla 2.3.1. Condiciones interiores de diseño.

<b>Régimen</b>	<b>Zona</b>	<b>Temperatura Seca (°C)</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>
<b>Refrigeración</b>	Pública	23	50
	Privada	25	
<b>Calefacción</b>	Pública	22	50
	Privada	21	

## 2.4. Calidades constructivas.

Las calidades constructivas de los distintos cerramientos que conforman el hospital son proporcionadas por el proyecto de arquitectura, es necesario disponer de todos estos datos ya que son indispensables para realizar el cálculo de cargas.

Toda la información relativa a las calidades constructivas de los cerramientos puede encontrarse en el “Anexo I: Propiedades Elementos Constructivos”.

### 2.4.1. Cerramientos.

Es necesario hacer una diferenciación entre cerramientos verticales y horizontales. Dentro de los cerramientos verticales se tienen cerramientos interiores y cerramientos exteriores si éstos limitan con el ambiente exterior. Dentro de los cerramientos horizontales se distinguen la cubierta (cerramiento horizontal en contacto con el ambiente exterior) y el suelo del mismo. A continuación se muestran las principales características de estos cerramientos:

Tabla 2.4.1.1. Composición y propiedades de cerramientos.

Tipo	Descripción	Grupo	Masa (kg/m <sup>2</sup> )	Conductividad (W/m·K)	Espesor (mm)
<b>Cerramientos verticales</b>					
<b>Interior. Medianera</b>	Placas de cartón yeso	Pastas	27	0,18	30
	Fibra de vidrio tipo II	Aislante	1	0,037	40
	Placas de cartón yeso	Pastas	27	0,18	30
<b>Exterior</b>	Ladrillo macizo	Ladrillo	216	0,87	120
	Mortero de cemento	Pastas	30	1,4	15
	Poliuretano conformado Tipo I	Aislante	1,3	0,023	40
	Cámara de aire	Aislante	0	0	50
<b>Cerramientos horizontales</b>					
<b>Cubierta</b>	Chapa acero galvanizado	Metales	15,7	58	2
	Poliestireno expandido UNE 53.310 Tipo II	Aislante	0	0,04	50
	Chapa acero galvanizado	Metales	15,7	58	2
<b>Suelo Interior</b>	Ladrillo macizo	Ladrillo	630	21000	350
	Hormigón en masa	Morteros	240	1,6	100
	Mortero de cemento	Pastas	20	1400	10
	Placas o paneles. Terrazo	Terrazo	40	1800	20

### 2.4.2. Falso Techo.

El falso techo del hospital consiste en paneles de cartón yeso atornillados a la subestructura metálica montada en el techo del hospital, exceptuando las zonas de aseos, donde el falso techo será del mismo material, pero estará montado sobre perfiles de acero galvanizado y junta oculta.

### 2.4.3. Huecos.

En este apartado habría que diferenciar entre dos tipos de huecos: las puertas y las ventanas. El que se está tratando no tiene ventanas, pero cuenta con cinco puertas de acceso de vidrio. No se tienen otro tipo de puertas al exterior. Las principales características de las puertas de acceso se muestran en la tabla 2.4.3.1. así como las características de las puertas interiores.

Tabla 2.4.3.1. Composición y propiedades de huecos.

<b>Huecos</b>					
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Grupo</b>	<b>Masa (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Conductividad (W/m·K)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
<b>Puerta Acceso</b>	Vidrio plano para acristalar	Vidrio	15	0,95	6
	Vidrio plano para acristalar	Vidrio	15	0,95	6

## 2.5. Características Ocupaciones y Funcionales (COF).

### 2.5.1. Horarios de funcionamiento.

Teniendo en cuenta que es un Hospital, el horario de funcionamiento se considerará igual al horario de apertura del centro hospitalario, es decir, se tendrá un horario de funcionamiento de 23 horas de lunes a sábado, a excepción de la zona de cuarto eléctrico, que cuenta con un horario de funcionamiento continuo. Los horarios de funcionamiento para las distintas zonas a climatizar se muestran en la tabla 2.5.1.1:

Tabla 2.5.1.1. Horarios de funcionamiento.

<b>Zona</b>	<b>Horario</b>	<b>Días</b>	<b>Horas</b>
<b>Hospital en General</b>	Apertura C.C.	Lunes-Sábado	23 horas
<b>Cuarto Eléctrico</b>	Continuo	7 días	24 horas

Estos horarios de funcionamiento se han utilizado para el cálculo de la carga punta del centro hospitalario para las distintas zonas en las que se divide, pudiendo dimensionar con ello las unidades de tratamiento de aire correspondiente en base a la potencia pico demandada.

### 2.5.2. Nivel de ocupación.

Como ya se ha comentado en el apartado correspondiente en la “Memoria Descriptiva”, en función del tipo y uso de cada zona se han establecido diferentes densidades de ocupación. Además, teniendo en cuenta el área correspondiente en cada caso se obtiene el número de ocupantes de cada zona.

### 2.5.3. Niveles de actividad.

En función del tipo de actividad que desarrollen los ocupantes del establecimiento, el peso de las cargas internas podrá ser mayor o menor, ya sea en forma de calor sensible o en forma de calor latente. El calor sensible transmitido por parte de los ocupantes hacia el hospital se debe a la diferencia de temperatura entre el cuerpo humano y el ambiente con humedad específica constante; el calor latente transmitido por parte de los ocupantes hacia el hospital contribuye a aumentar la humedad absoluta del ambiente.

Al ser de uso hospitalario, la actividad de sus ocupantes será considerada como una actividad moderada, pudiendo establecer valores (según ASHRAE) de 75 W/persona de carga sensible, y 55 W/persona de carga latente.

Tabla 2.5.3.1. Cargas térmicas debidas a la ocupación.

<b>Actividad</b>	<b>Calor Sensible (W/persona)</b>	<b>Calor Latente (W/persona)</b>
	75	55

#### 2.5.4. Iluminación.

Del mismo modo que en el caso de la ocupación, al ser el hospital de uso sanitario, se considerarán valores típicos de iluminación, teniendo en cuenta que las luminarias se mantienen encendidas durante todo el horario de funcionamiento del hospital. Estos valores típicos se han establecido en 30 W/m<sup>2</sup> para zonas públicas y 20 W/m<sup>2</sup> para zonas de uso restringido.

Tabla 2.5.4.1. Cargas térmicas debidas a la iluminación.

Iluminación	Zonas Públicas (W/m <sup>2</sup> )	Zonas de uso Restringido (W/ m <sup>2</sup> )
		30

#### 2.5.5. Equipos

Los equipos o aparatos existentes en el hospital contribuyen a aumentar la carga sensible del mismo, por lo que se deben de tener en cuenta a la hora de calcular las cargas térmicas. Sin embargo, en este caso se considerarán despreciables ya que sólo se cuenta con este tipo de aparatos en salas para la zona de cajas, cuya aportación en relación al área de la zona será mínima; y en la sala de personal, cuya aportación puede ser despreciada al ser una zona de menor importancia (el objetivo principal es alcanzar el confort térmico en la zona de salas).

#### 2.5.6. Infiltraciones.

Como ya se ha comentado en el apartado correspondiente de "Memoria Descriptiva", se ha establecido un caudal de aire infiltrado durante el periodo de no funcionamiento de los equipos de climatización de 0,5 ren/h para todas las zonas excepto para la zona de salas contigua al acceso del hospital, ya que debido a las puertas de acceso, se establece un caudal de infiltración de 1 ren/h. Por otra parte, durante el horario de funcionamiento de los equipos de climatización, no existen infiltraciones en el hospital, ya que éste se encuentra en sobrepresión con respecto a terrenos colindantes.

### 3. Cálculo de cargas térmicas.

El cálculo de cargas térmicas que se tienen en el hospital se ha llevado a cabo mediante el software informático CLwin: Cargas Térmicas para Climatización de la empresa Procedimientos Uno S.L.

Para realizar el cálculo de cargas, esta herramienta informática determina las aportaciones de calor sensible y latente que se efectúan sobre las zonas a climatizar. Las fuentes de calor sensible son básicamente ganancias solares a través de vidrios (aunque en el caso concreto que ocupa este proyecto no se tengan al no tener ventanas), ganancias solares a través de muros y cubiertas, ganancias térmicas de origen interno (iluminación, ocupación y equipos), y ganancias

sensibles debidas a las infiltraciones. Las fuentes de calor latente tienen su origen en la ocupación y en las infiltraciones.

Es necesario tener en cuenta que la carga por ventilación no es calculada mediante este programa, por lo que se utilizará dicho software para el cálculo del resto de cargas térmicas sobre el hospital, y posteriormente se calculará el valor de las cargas por ventilación.

Tomando todos los datos anteriormente descritos como datos de partida en CLwin (condiciones interiores y exteriores, calidades constructivas, ocupación, actividad, horarios de funcionamiento, iluminación, equipos e infiltraciones), se obtienen las cargas puntas tanto de refrigeración como de calefacción, para el sistema en general y para cada zona en concreto. Estas cargas puntas son calculadas en la situación más desfavorable (para la hora, día y mes del año más desfavorable).

Los resultados de este cálculo de cargas se pueden encontrar de forma completa en el “Anexo II: Cálculo de cargas”.

### 3.1. Cargas de refrigeración.

En el cálculo de cargas térmicas para el régimen de refrigeración contribuyen las cargas por transmisión con el exterior, la ocupación y las cargas asociadas a las infiltraciones, ya que son las ganancias de energía térmica que el sistema de climatización debe vencer.

En la tabla 3.1.1 se presentan los resultados obtenidos para el régimen de refrigeración para las condiciones exteriores más desfavorables (17 h / mes Julio). Estos valores se muestran tanto en unidades de energía (W), como en forma de porcentaje con respecto a la carga total de refrigeración que debe compensar el sistema. Además se diferencia entre los distintos orígenes que provocan las cargas para cada espacio en concreto:

Tabla 3.1.1. Resumen cálculo de cargas régimen de verano.

ZONA	CARGAS DE REFRIGERACIÓN (W)								TOTAL (W)		42.703	
	Transmisión paredes y techo		Trans. excepto pared y techo		Calor Sensible Interno		Calor Sensible Infiltraciones		Calor Latente Interno		Calor Latente Infiltraciones	
	(W)	(%)	(W)	(%)	(W)	(%)	(W)	(%)	(W)	(%)	(W)	(%)
<b>Salas</b>	3.732	9,18	1.311	3,22	6.042	14,86	473	1,16	1.848	4,54	945	2,32
<b>V. Acceso</b>	4.248	10,45	1.663	4,09	5.779	14,21	1.008	2,48	1.790	4,40	2.110	5,19
<b>Prob. 1</b>	662	1,63	255	0,63	1.196	2,94	68	0,17	462	1,14	135	0,33
<b>Prob. 2</b>	267	0,66	114	0,28	369	0,91	24	0,06	116	0,29	48	0,12
<b>S. Personal</b>	234	0,55	91	0,21	381	0,89	19	0,04	173	0,41	44	0,10
<b>Consultorios1</b>	1.247	2,92	439	1,03	1.885	4,41	158	0,37	809	1,89	369	0,86
<b>Consultorios2</b>	690	1,62	144	0,34	805	1,89	62	0,15	347	0,81	141	0,33
<b>TOTAL</b>	11.080	25,95	4.017	9,41	16.457	38,54	1.812	4,24	5.545	12,99	3.792	8,88

Como se puede observar, la mayor parte de la carga de refrigeración se debe a las cargas internas de ocupación y por iluminación (38,54 % en forma de calor sensible y 12,99 % en forma de calor latente), ya que es un hospital destinado a la recepción de público para llevar a cabo el tratamiento de personas, por lo que se tiene alta ocupación e iluminación; seguidamente se tiene la transmisión de calor al exterior por paredes y techo, ya que se trata de un hospital de más de 300 m<sup>2</sup> y por tanto se cuenta con mucha superficie de transmisión, además hay que tener en cuenta que el techo del hospital es la cubierta de la edificación, por lo que está en contacto directo con el ambiente exterior (25,95 %); a continuación se tiene la transmisión de calor a través del suelo, siendo esta aportación mínima, ya que el suelo del hospital se encuentra en contacto con la planta baja del centro hospitalario, y por tanto, la diferencia de temperaturas entre ambas alturas será mínima en comparación con la diferencia de temperaturas entre el ambiente interior y el exterior (9,41 %); por último se encuentran las cargas por infiltraciones (4,24 % corresponde a calor sensible y 8,88 % a calor latente).

### 3.2. Cargas de Calefacción.

En el cálculo de cargas térmicas para el régimen de calefacción contribuyen las cargas de transmisión de calor con el ambiente exterior y con las edificaciones contiguas, las cargas internas debidas a ocupación e iluminación y las infiltraciones de aire ajeno al hospital. Sin embargo, en el régimen de invierno las cargas internas contribuyen a disminuir la carga total de calefacción que el sistema de climatización debe vencer, tal y como se puede observar en la tabla 3.2.1, su valor aparece con signo negativo por esta razón.

De la misma manera que en el caso anterior, los resultados se presentan en unidades de energía (W) y en porcentaje con respecto a la carga total de calefacción, en función del origen de la carga y de cada zona:

Tabla 3.2.1. Resumen cálculo de cargas régimen de invierno.

ZONA	CARGAS DE CALEFACCIÓN (W)		TOTAL (W)		22.143	
	Cargas por transmisión		Cargas internas		Cargas por Infiltraciones	
	(W)	(%)	(W)	(%)	(W)	(%)
<b>Salas</b>	6.851	30,94	-4.617	-20,85	3.283	14,83
<b>V. Acceso</b>	9.014	40,71	-4.548	-20,54	5.319	24,02
<b>Prob. 1</b>	1.280	5,78	-793	-3,58	470	2,12
<b>Prob. 2</b>	677	3,06	-278	-1,26	165	0,75
<b>S. Personal</b>	575	2,60	-226	-1,02	174	0,79
<b>Consultorios1</b>	2.918	13,18	-1.180	-5,33	1.448	6,54
<b>Consultorios2</b>	1.500	6,77	-491	-2,22	602	2,72
<b>TOTAL</b>	<b>22.815</b>	<b>103,03</b>	<b>-12.133</b>	<b>-54,79</b>	<b>11.461</b>	<b>51,76</b>

Como se puede observar, la transmisión de calor a través de los cerramientos del hospital tiene un peso importante en la demanda de calefacción. Esto se debe a que la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior e interior es mayor que en el régimen de verano, además se ha considerado que las edificaciones contiguas se encuentran no climatizados por lo que este efecto se ve acentuado. Del mismo modo, la carga por infiltraciones también tiene un peso importante. Por último se tiene con símbolo negativo las cargas internas, ya que contribuyen a disminuir las cargas de calefacción total, tal y como ya se había explicado.

### 3.3. Análisis de los resultados.

Para valorar la veracidad de los resultados obtenidos en el cálculo de cargas, se pasa a comparar los valores de cargas puntas en cada zona con número índices típicos para este tipo de hospital, aunque se debe de tener en cuenta que estos ratios son orientativos y que no representan una condición necesaria a cumplir.

Según estos valores índices, se estima que en las zonas interiores del hospital se debe tener una carga de refrigeración inferior a los 100 W/m<sup>2</sup>, mientras que en las zonas exteriores del hospital este valor debe encontrarse entre los 100 y 200 W/m<sup>2</sup>. Por otro lado, para la carga de calefacción, se estima que se debe tener una carga inferior a los 50 W/m<sup>2</sup> para zonas interiores, y un valor entre 50 y 100 W/m<sup>2</sup> para las zonas exteriores.

Para poder considerar la validez de los resultados obtenidos en el cálculo de cargas, se tiene la tabla 3.3.1, donde se recogen las cargas puntas totales de cada zona del hospital, tanto en régimen de refrigeración como de calefacción, en función de su localización (interior o exterior):

Tabla 3.3.1. Análisis resultados cálculo de cargas.

Zona	Ubicación	Carga Ref. (W/m <sup>2</sup> )	Carga Cal. (W/m <sup>2</sup> )
Salas	Exterior	102	39
Salas Acceso	Exterior	116	69
Probadores 1	Exterior	113	39
Probadores 2	Exterior	109	66
Sala Personal	Interior	89	50
Consultorios1	Exterior	90	58
Consultorios2	Exterior	97	71

Atendiendo a los criterios ya descritos, pueden considerarse como correctos los valores de cargas térmicas obtenidos en la simulación.

## 4. Calidad del ambiente interior.

La calidad del ambiente interior se puede definir como las cualidades y propiedades del aire interior del hospital que afectan a la salud, al bienestar y a la productividad de las personas. La calidad del ambiente interior se ve afectada por factores de ambiente (confort térmico, confort acústico, calidad de aire...), y por factores individuales (factores subjetivos que afectan a los ocupantes del hospital tales como su vestimenta, actividad...).

La instalación de climatización diseñada debe garantizar confort térmico y calidad de aire interior (CAI), sin poner en peligro los demás aspectos de confort (confort acústico por ejemplo). El confort térmico pretende ser alcanzado a través del sistema de climatización mediante las condiciones interiores fijadas para el hospital tales como temperatura, humedad o velocidad del aire. La calidad de aire interior pretende ser alcanzado a través del sistema de ventilación.

La calidad de aire interior puede ser definida como el aire exento de contaminantes conocidos en concentraciones dañinas según las autoridades competentes y juzgado satisfactoriamente por al menos el 80 % de las personas expuestas. Una mala calidad de aire interior puede provocar en los ocupantes del hospital molestias (irritación, sequedad de piel, dolor de cabeza, etc), o incluso llegar a provocar enfermedades (legionella, rinitis...).

Existen diferentes métodos para conseguir una buena calidad de aire interior, tales como la ventilación, la extracción y la filtración.

### 4.1. Ventilación.

La ventilación es el proceso de alimentación y extracción del aire de un hospital, para controlar la calidad del aire desde el punto de vista de sus constituyentes, diluyendo los contaminantes. Una buena ventilación viene definida por la calidad del aire exterior introducido en el hospital, la cantidad que se introduce y la eficiencia a la hora de barrer los contaminantes.

Los caudales mínimos de ventilación son establecidos en la instrucción técnica IT 1.1.4.2. del RITE en función del uso del hospital. Al tratarse de un hospital la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será nivel IDA 3 o aire de calidad media.

Además, en dicha instrucción técnica se indican cinco métodos a través de los cuales se puede calcular el caudal mínimo de aire exterior necesario para alcanzar la categoría exigida. Para el caso que ocupa este proyecto se ha decidido utilizar el método indirecto de caudal de aire exterior por persona. Así, se introducirá un caudal de ventilación de 8 l/s·persona en las zonas climatizadas.

Tabla 4.1.1. Caudales de ventilación (aporte de aire exterior).

<b>Zona</b>	<b>Aire Ventilación (m<sup>3</sup>/h)</b>
<b>Salas</b>	922
<b>Salas Accesos</b>	893
<b>Probadores 1</b>	230
<b>Probadores 2</b>	58
<b>Consultorios1</b>	403
<b>Consultorios2</b>	173
<b>Sala Personal</b>	86
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>/h)</b>	2.765

#### **4.2. Aire de Extracción.**

Otro de los métodos utilizados para alcanzar una buena calidad de aire interior es el control de la fuente contaminante. En este caso, esto se lleva a cabo mediante la extracción de aire viciado del interior del hospital y su consiguiente expulsión hacia el exterior del mismo.

En la instrucción técnica IT 1.1.4.2.5. del RITE se clasifican las distintas categorías de aire de extracción en función del uso del hospital. se considera la categoría AE3 (alto nivel de contaminación), ya que en estos lugares las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Sin embargo para las zonas de consultorios, aseos y taquillas se considera la categoría AE2 (moderado nivel de contaminación), ya que el aire de estas zonas se encuentra ocupado con más contaminantes que la categoría anterior, y cuyo caudal debe tener como mínimo un valor de 2 l/s·m<sup>2</sup>; a excepción de aseos, donde el criterio de aire a extraer es de 12,5 l/s·aseo.

### **4.3. Filtración.**

Mediante la filtración se consigue la eliminación del contaminante de la corriente de aire a supaso por un filtro.

En la instrucción técnica IT 1.1.4.2.4. del RITE se indica que el aire exterior de ventilación se introducirá debidamente filtrado en los edificios, y establece las clases de filtración mínimas a emplear en función de la calidad del aire exterior (ODA), y de la calidad del aire interior requerida (IDA).

En este caso, la calidad del aire exterior pertenece a la categoría ODA 1, o aire puro que se ensucia sólo temporalmente, por tanto, según la tabla 1.4.2.5 de dicha instrucción, el nivel de filtración mínimo exigido es F7.

### **4.4. Nivel de ruido.**

El ruido generado por los distintos componentes de la instalación de climatización puede afectar al confort y bienestar de los ocupantes del hospital, así como interferir en sus actividades normales.

Del mismo modo pueden afectar las vibraciones de los equipos de climatización o la estanqueidad de los conductos, por tanto, los equipos se instalarán sobre bancadas que cumplan lo establecido en la norma UNE 100153 IN, y los conductos dispondrán de un sistema antivibratorio cumpliendo con el apartado de Protección contra ruido del CTE, además de imponer en el cálculo de sus redes que la velocidad en los mismos no produzca un rozamiento tal que conlleve la aparición de niveles de ruidos no permitidos; por otro lado, en la elección de los elementos de difusión el ruido generado ha sido un criterio básico de selección.

Las tomas de aire de ventilación y descarga de aire viciado no superarán los 67 dB tal y como se exigen en la Ordenanza Municipal de protección ambiental del ayuntamiento de San Cugat del Vallés.

## **5. Ciclo de aire teórico.**

Una vez seleccionadas las condiciones exteriores e interiores de diseño, obtenidos los caudales de ventilación y las cargas térmicas del hospital, se pueden conocer las condiciones y caudales de impulsión, retorno, recirculación y expulsión, así como las cargas sobre las baterías.

### **5.1. Caudales del sistema.**

El caudal de aire de impulsión ( $V_{AI}$ ) es el caudal de aire tratado en los equipos de climatización necesario para compensar las cargas térmicas del hospital, y donde el proyectista es el encargado de fijar su temperatura ( $T_{AI}$ ). Los valores recomendados para esta temperatura en

verano se encuentran entre 12 y 15 °C, de manera tal que el salto térmico entre esta temperatura y la temperatura interior del hospital se sitúe sobre los 10 °C; mientras que para invierno se encuentra entre 25 y 28 °C, obteniendo un salto térmico entre 5 y 8 °C. En este caso se tomará el caudal de impulsión de los equipos de climatización para el régimen de verano, por ser el valor más restrictivo; además se tomará como temperatura de impulsión en verano 12 °C, y como temperatura de impulsión en invierno 25 °C.

Una vez fijados estos parámetros, es necesario calcular los caudales de impulsión para cada zona, tanto en régimen de verano como de invierno, de la siguiente manera:

$$V_{AI}^{VER} \left( \frac{m^3}{h} \right) = \frac{Q_{LOC}^{SEN,7ER} \left( \frac{frig}{h} \right)}{0.288 \cdot (T_{AL}^{VER} - T_{AI}^{VER})} \quad (5.1.1)$$

$$V_{AI}^{INV} \left( \frac{m^3}{h} \right) = \frac{Q_{LOC}^{SEN,INV} \left( \frac{frig}{h} \right)}{0.288 \cdot (T_{AL}^{INV} - T_{AI}^{INV})} \quad (5.1.2)$$

El caudal de aire exterior ( $V_{AE}$ ) es el caudal de aire de ventilación que depende de la normativa vigente y que ya se ha obtenido en apartados anteriores.

El caudal de retorno ( $V_{AR}$ ) es la fracción de aire de impulsión que se retorna desde el hospital, y que puede considerarse a efectos de cálculo igual que el caudal de impulsión.

El caudal de aire de recirculación ( $V_{ARC}$ ) es la fracción del caudal de retorno que se recircula de nuevo al equipo de climatización y posteriormente al hospital. Si el caudal de aire exterior es mayor que el caudal de aire de impulsión, el caudal recirculado será nulo y la instalación trabajará con 100 % de aire exterior. Si el caudal de impulsión es mayor que el caudal de aire exterior, entonces el caudal recirculado se obtiene como la diferencia entre ambos:

$$V_{ARC} = \begin{cases} V_{AI} - V_{AE} & \text{si } V_{AI} > V_{AE} \\ 0 & \text{si } V_{AE} > V_{AI} \end{cases} \quad (5.1.3)$$

El caudal de aire de expulsión ( $V_{EXP}$ ) es la fracción de aire retornado que se descarga hacia el exterior del hospital, pudiendo asumir la siguiente aproximación:

$$V_{EXP} = V_{AE} \quad (5.1.4)$$

Los caudales de aire obtenidos para cada zona se presentan en la tabla 5.1.1:

Tabla 5.1.1. Caudales de aire para cada zona del hospital para el régimen de refrigeración.

Zona	V <sub>AI</sub> (m <sup>3</sup> /h)	V <sub>AE</sub> (m <sup>3</sup> /h)	V <sub>ARC</sub> (m <sup>3</sup> /h)	V <sub>AR</sub> (m <sup>3</sup> /h)	V <sub>AEEXP</sub> (m <sup>3</sup> /h)
Salas	3.138	922	2.216	3.138	922
Salas Acceso	3.447	893	2.554	3.447	893
Probadores 1	592	230	362	592	230
Probadores 2	210	58	153	210	58
Sala Personal	167	86	80	167	86
Consultorios1	857	403	453	857	403
Consultorios2	391	173	218	391	173

## 5.2. Recuperación de calor.

Tal y como se establece en el RITE en su IT 1.2.4.5.2., se debe instalar un equipo de recuperación de calor si el caudal de aire expulsado es mayor que 0,5 m<sup>3</sup>/s. En esta instrucción técnica se establece además un valor de eficiencia energética mínima para este equipo, así como una pérdida de carga máxima.

En este caso el caudal de expulsión es mayor que el valor de establecido por RITE, por lo que se instalará un equipo de recuperación de calor en el techo del almacén, situado también sobre bancada antivibratoria, evitando con ello la propagación de ruidos según se establece en el CTE.

El recuperador de calor seleccionado pertenece a la marca S&P (Soler y Palau), a la serie de recuperadores de calor de flujo cruzado CADB/T-N, sin aporte adicional de calefacción.

Atendiendo a las exigencias del RITE, y utilizando la tabla 2.4.5.1 de la instrucción técnica ya nombrada, el recuperador de calor, que tratará un caudal de aire de 0,77 m<sup>3</sup>/h, y pudiendo estimar sus horas anuales de funcionamiento en torno a las 3.500 h, se puede establecer que la eficiencia mínima que debe tener el recuperador de calor es de 44%, y la pérdida de carga máxima que debe presentar es de 140 Pa.

Teniendo estos parámetros en cuenta y utilizando la información proporcionada por el fabricante en las fichas técnicas del recuperador de calor, el modelo del equipo seleccionado es CADB-N D H 45 F7. La eficiencia que presentará este equipo es del 61% (La ficha técnica de este equipo se incluye dentro del anexo IV). Como ya se ha comentado en apartados anteriores, para cumplir las exigencias de RITE se necesitan filtros F7 para la aportación y la extracción de aire.

Tabla 5.2.1. Condiciones del aire tratado en el recuperador de calor.

Modo	Eficiencia (%)	T <sub>AE</sub> ( ° C)	T <sub>AE'</sub> ( ° C)	T <sub>AEEXP</sub> ( ° C)	HR <sub>LOCAL</sub> (%)
Refrigeración	61	30,3	27,6	23,5	50
Calefacción	61	2,1	10,0	21,8	

### 5.3. Cargas de Ventilación.

Como se ha comentado anteriormente, a través de la herramienta informática CLwin se han calculado las cargas térmicas que se han de vencer en el hospital, sin tener en cuenta las cargas asociadas al aire de ventilación (aporte de aire exterior). Una vez seleccionado el recuperador de calor, y conociendo su eficiencia, se pueden calcular las cargas de ventilación. Para ello es necesario conocer la nueva temperatura de suministro de aire de ventilación a los equipos.

Temperatura de aire exterior una vez ha pasado por el recuperador de calor ( $T_{AE'}$ ) en el régimen de refrigeración:

$$= \frac{T_{AE} - T_{AEKP}}{T_{AE} - T_{AEKP}} \quad (5.3.1)$$

Temperatura de aire exterior una vez ha pasado por el recuperador de calor ( $T_{AE'}$ ) en el régimen de calefacción:

$$= \frac{T_{AEKP} - T_{AE}}{T_{AEKP} - T_{AE}} \quad (5.3.2)$$

Las condiciones del aire de expulsión a la calle pueden suponerse iguales a las condiciones del aire del interior del hospital. La humedad absoluta es la misma a la entrada y la salida del recuperador para el aire exterior, ya que ésta no varía, al intercambiarse únicamente calor sensible, no calor latente.

En la tabla 5.3.1 se muestran las temperaturas a la entrada y salida del recuperador de calor para cada régimen:

Tabla 5.3.1. Temperaturas de entrada y salida del recuperador.

Modo	Eficiencia (%)	$T_{AE}$ (°C)	$T_{AE'}$ (°C)	$T_{AEXP}$ (°C)
Refrigeración	61	30,3	27,6	23,5
Calefacción	61	2,1	10,0	21,8

Al haber calculado las condiciones del aire exterior una vez ha sido tratado en el recuperador de calor, se pueden calcular las cargas de ventilación para cada una de las zonas en las que se divide el hospital.

$$Q_{AE}^{SEN,VER \text{ frig}} \left( \frac{m^3}{h} \right) = 0,288 \cdot V_{AE} \left( \frac{m^3}{h} \right) \cdot (T_{AE^F}^{VER} - T_{AL}^{VER}) (\text{°C}) \quad (5.3.3)$$

$$Q_{AE}^{TOT,VER} (kW) = 1,2 \cdot V_{AE} \left( \frac{m^3}{s} \right) \cdot (h_{AE^F}^{VER} - h_{AL}^{VER}) \left( \frac{kJ}{kg} \right) \quad (5.3.4)$$

$$Q_{AE}^{SEN,INV \text{ frig}} \left( \frac{m^3}{h} \right) = 0,288 \cdot V_{AE} \left( \frac{m^3}{h} \right) \cdot (T_{AL}^{INV} - T_{AE^F}^{INV}) (\text{°C}) \quad (5.3.5)$$

$$Q_{AE}^{TOT,INV} (kW) = 1,2 \cdot V_{AE} \left( \frac{m^3}{s} \right) \cdot (h_{AL}^{INV} - h_{AE^F}^{INV}) \left( \frac{kJ}{kg} \right) \quad (5.3.6)$$

Tabla 5.3.2. Cargas de ventilación para cada zona del hospital.

Zonas	Refrigeración				Calefacción			
	Qsen_AE (kW)	Qsen_AE (W/m <sup>2</sup> )	Qtot_AE (kW)	Qtot_AE (W/m <sup>2</sup> )	Qsen_AE (kW)	Qsen_AE (W/m <sup>2</sup> )	Qtot_AE (kW)	Qtot_AE (W/m <sup>2</sup> )
Salas	1,41	9,90	7,21	50,60	3,71	26,07	3,70	25,95
Salas Accesos	1,37	9,74	6,98	49,75	3,60	25,63	3,58	25,51
Probadores 1	0,35	14,41	1,80	73,63	0,93	37,94	0,92	37,76
Probadores 2	0,09	10,29	0,45	52,58	0,23	27,09	0,23	26,96
Sala Personal	0,07	7,05	0,53	50,61	1,49	141,24	1,48	140,59
Consultorios1	0,35	6,36	2,49	45,66	0,64	11,70	0,64	11,65
Consultorios2	0,15	6,57	1,07	47,13	0,32	14,09	0,32	14,03

#### 5.4. Cargas sobre Baterías.

Para realizar el cálculo de cargas sobre las baterías del sistema, es necesario decidir el número de equipos que van a climatizar el hospital y qué zonas abarcará cada uno de ellos. En la tabla 5.4.1. se muestran el número de equipos (número de unidades interiores), y las zonas que climatizan:

Tabla 5.4.1. Número de unidades interiores y zonas que abarcan.

Unidad Interior	Zona
UI 01	Consultorios2
UI 02	Sala Personal
UI 03	Probadores 1
	Probadores 2
	Salas Acceso
UI 04	Salas
UI 05	Consultorios1
UI 06	Consultorios1
UI 07	Salas Acceso

Las baterías de las unidades interiores tendrán que combatir las cargas del hospital y las cargas de ventilación, para ello es necesario utilizar las siguientes ecuaciones:

$$Q_{BAT}^{SEN,VER} = Q_{LOC}^{SEN,VER} + Q_{AE}^{SEN,VER} \quad (5.4.1)$$

$$Q_{BAT}^{TOT,VER} = Q_{LOC}^{TOT,VER} + Q_{AE}^{TOT,VER} \quad (5.4.2)$$

$$Q_{BAT}^{SEN,INV} = Q_{LOC}^{SEN,INV} + Q_{AE}^{SEN,INV} \quad (5.4.3)$$

Tabla 5.4.2. Cargas totales sobre baterías.

Equipo	Batería de Frío		Batería de Calor
	Qtot (kW)	Qsen (kW)	Qsen (kW)
UI 01	3,26	1,85	2,51
UI 02	1,48	0,80	2,01
UI 03	16,82	9,87	8,84
UI 04	21,56	12,97	9,23
UI 05	3,70	2,04	1,91
UI 06	3,70	2,04	1,91
UI 07	12,73	7,60	7,23

## 6. Selección de Equipos.

Los equipos de climatización seleccionados pertenecen a la marca Daikin. Las unidades exteriores pertenecen a la serie VRV IV W, por lo que son unidades condensadas por agua, ya que el centro hospitalario cuenta con un lazo de condensación para ese fin. Las unidades interiores serán de dos tipos diferentes: unidades de conductos para las zonas públicas, ya que se dispone de espacio suficiente para instalarlas en el falso techo de la tienda; y unidades de pared o tipo Split para las zonas privadas, con el fin de facilitar la instalación. La selección del modelo de las unidades interiores se ha llevado a cabo a partir de los valores de cargas sobre baterías calculados en apartados anteriores; la selección del modelo de las unidades exteriores se ha llevado a cabo con el software VRV WXPRESS proporcionado por el fabricante para la selección de este tipo de equipos.

Tabla 6.1. Modelos de unidades interiores.

Equipo	Carga Ref. (kW)	Carga Cal. (kW)	Modelo
UI 01	3,3	2,5	FXAQ32P
UI 02	1,5	2,0	FXAQ15P
UI 03	16,8	8,8	FXSQ140P
UI 04	21,6	9,2	FXMQ200MA
UI 05	3,7	1,9	FXAQ40P
UI 06	3,7	1,9	FXAQ40P
UI 07	12,7	7,2	FXSQ125P

Tabla 6.2. Modelos de unidades exteriores.

Equipo	Modelo	Unidades Interiores
UE 01	RWEYQ16P	UI 04 y 07
UE 02	RWEYQ10P	UI 01, 02, 03, 05 y 06

La información detallada de cada equipo se puede encontrar en las fichas técnicas proporcionadas por el fabricante, incluidas en el Anexo IV del presente proyecto. Sin embargo, en las tablas 6.3. y 6.4., se muestran las principales características de todos los equipos de climatización seleccionados.

Tabla 6.3. Características principales de las unidades interiores.

Equipo	UI 01	UI 02	UI 04	UI 03	UI 07	UI 05/06
<b>Modelo</b>	FXAQ32P	FXAQ15P	FXMQ200MA	FXSQ140P	FXSQ125P	FXAQ40P
<b>Tipo</b>	Pared	Pared	Conductos	Conductos	Conductos	Pared
<b>Capacidad nominal (kW)</b>						
Refrigeración	3,6	1,7	22,4	16	14	4,5
Calefacción	4	1,9	25	18	16	5
<b>Consumo nominal (W)</b>						
Refrigeración	30	17	1294	261	185	20
Calefacción	35	25	1294	249	173	20
<b>Dim. (Al.XAn.XF mm)</b>	290x795x238	290x795x238	470x1380x1100	300x1400x700	300x1400x700	290x1050x238
<b>Peso (kg)</b>	11	11	137	47	46	14
<b>Presión sonora (dB(A))</b>	37,5	34	48	42	40	39
<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>	510	420	3480	2760	2340	720
<b>Presión disponible (Pa)</b>	No procede	No procede	221	140	120	No procede
<b>Velocidad Ventilador</b>	2	2	2	3	3	2
<b>Refrigerante</b>	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A
<b>Conexiones tubería (mm)</b>						
Líquido	6,4 (1/4")	6,4 (1/4")	9,5 (3/8")	9,5 (3/8")	9,5 (3/8")	6,4 (1/4")
Gas	12,7 (1/2")	12,7 (1/2")	19,1 (3/4")	15,9 (5/8")	15,9 (5/8")	12,7 (1/2")

Tabla 6.4. Características principales de las unidades exteriores.

Equipo	UE 01	UE 02
<b>Modelo</b>	RWEYQ16P	RWEYQ10P
<b>Nº Módulos</b>	2xRWEYQ8T	RWEYQ10T
<b>Capacidad nominal (kW)</b>		
Refrigeración	44,8	28
Calefacción	50	31,5
<b>Consumo nominal (kW)</b>		
Refrigeración	8,8	6,14
Calefacción	8,4	6
<b>COP</b>	5,94	5,25
<b>EER</b>	5,07	4,56
<b>Alimentación Eléctrica</b>	III/380V	III/380V
<b>Dim. (Al. X An. X F mm)</b>	2x(1000x780x550)	1000x780x550
<b>Peso (kg)</b>	2x137	137
<b>Presión sonora (dB(A))</b>	53	51
<b>Refrigerante</b>	R-410A	R-410 <sup>a</sup>
<b>Conexiones tubería (mm)</b>		
Líquido	2x9,5	9,5
Gas	2x19,1	22,7

## 7. Difusión de Aire.

En este apartado se van a caracterizar los distintos elementos de difusión utilizados para la impulsión, retorno, aporte y extracción de aire de cada una de las zonas del hospital.

Como ya se ha indicado en el apartado correspondiente de la Memoria Descriptiva, el fabricante es Koolair; y para la selección del tamaño de los elementos de difusión seleccionados se ha hecho uso del software facilitado por el fabricante de selección. Todas las fichas técnicas de estos elementos seleccionados se pueden encontrar en el Anexo IV del presente proyecto. La situación de todos estos elementos de difusión en la planta del hospital se encuentra dentro del apartado de Planos (planos 06 y 07).

La tabla 7.1. muestra todas las propiedades de los elementos de difusión encargados de la impulsión de aire tratado al hospital:

Tabla 7.1. Propiedades de los elementos de difusión para impulsión.

Equipo	Zona	Código	Modelo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	ΔP (Pa)	Dim. (mm)	Ruido (dB)	Alcance (m)	Velocidad (m/s)
UI 03	Salas Acceso	D-1_UI 03	50-FR-4-O+SM	575	9	300x300	37	1,8	3,7
		RI-3_UI 03	31-1-0+MM	496	2	1200X125	20	2,8	1,7
		RI-4_UI 03		515				2,9	1,8
	Prob. 2	RI-1_UI 03	31-1-0+MM	105	11	200X75	28	2	4,3
		RI-2_UI 03		105					
	Prob. 1	RI-5_UI 03	31-1-0+MM	74	5	200X75	20	1,4	3
		RI-6_UI 03		74					
		RI-7_UI 03		74					
		RI-8_UI 03		74					
		RI-9_UI 03		74					
		RI-10_UI 03		74					
		RI-11_UI 03		74					
RI-12_UI 03	74								
UI 04	Salas Acceso	D-2_UI 04	50-FR-4-O+SM	746	7	375x375	34	1,9	3,1
		D-3_UI 04		773	7		35	1,9	3,2
		D-4_UI 04		278	7	225x225	30	1,2	3,2
		D-5_UI 04		669	5	375x375	31	1,7	2,7
		D-6_UI 04		672	5		31	1,7	2,7
UI 07	Salas	D-7_UI 07	50-FR-4-O+SM	433	5	300x300	30	1,4	2,8
		D-8_UI 07		433					
		D-9_UI 07		497,5	7		33	1,6	3,2
		D-10_UI 07		497,5					

La tabla 7.2. muestra todas las propiedades de los elementos de difusión encargados del retorno de aire desde el hospital:

Tabla 7.2. Propiedades de los elementos de difusión para retorno.

Equipo	Zona	Código	Modelo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	ΔP (Pa)	Dim. (mm)	Ruido (dB)	Velocidad (m/s)
UI 04	Salas	RR-1_UI 04	31-1-0+MM	554	3	1200x125	20	2,4
		RR-2_UI 04		554				
		RR-3_UI 04		554				
		RR-4_UI 04		554				
UI 07	Salas Acceso	RR-5_UI 07	31-1-0+MM	345	1	1200x125	20	1,5
		RR-6_UI 07		345				
		RR-7_UI 07		345				
		RR-8_UI 07		345				
UI 03	Salas Acceso	RR-9_UI 03	31-1-0+MM	845	8	1200x125	30	3,6
		RR-10_UI 03		845				

La tabla 7.3. muestra todas las propiedades de los elementos de difusión encargados del aporte de aire exterior al hospital en las zonas en las que no se realiza a través de la red de conductos de retorno:

Tabla 7.3. Propiedades de los elementos de difusión para aporte de aire.

Equipo	Zona	Código	Modelo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	ΔP (Pa)	Dim. (mm)	Ruido (dB)	Alcance (m)	Velocidad (m/s)
Recuperador de calor	Consultorios2	RVENT-1_REC	20-DH-0+MM	86	2	200x100	20	1,6	2,4
	Sala Personal	RVENT-2_REC	20-DH-0+MM	173	10	200x100	26	3,3	4,9
	Consultorios1	RVENT-3_REC	20-DH-0+MM	403	12	200x200	32	5,2	5,4

La tabla 7.4. muestra todas las propiedades de los elementos de difusión encargados de la extracción de aire desde el hospital, aquí se incluye tanto la extracción de los hospital climatizados que se llevará al recuperador de calor, como la extracción de las zonas de servicio:

Tabla 7.4. Propiedades de los elementos de difusión para extracción de aire.

Equipo	Zona	Código	Modelo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	ΔP (Pa)	Dim. (mm)	Ruido (dB)	Velocidad (m/s)
Recuperador de calor	Urgencia	RE-1_REC	31-1-0+MM	526	2	1200x125	20	1,8
	Puntos sanitarios	RE-2_REC	31-1-0+MM	526	2	1200x125	20	1,8
	Salas	RE-3_REC	31-1-0+MM	525	2	1200x125	20	1,8
	Salas	RE-4_REC	31-1-0+MM	526	2	1200x125	20	1,8
	Consultorio s1	RE-5_REC	22-5-0+MM	393	12	250x200	24	2,7
Extractor	Taquillas	RE-6_EXT	22-5-0+MM	29	1	200x100	20	0,6
	Aseo	RE-7_EXT	GPD-100	45	25	∅ 100	25	--
	Sala Personal	RE-8_EXT	22-5-0+MM	76	4	200x100	20	1,6
	Consultorio s2	RE-9_EXT	22-5-0+MM	163	18	200x100	23	3,4

## **8. Red de transporte de aire.**

Una vez definidos los caudales de aire, la situación y características de las unidades terminales de difusión y de los equipos de tratamiento de aire, se procede al cálculo de la red de conductos. Además también se comprobará que los ventiladores de los equipos son capaces de vencer la pérdida de carga generada en la red. Por último se llevará a cabo la selección de los ventiladores encargados de la extracción de aire de los lugares de servicio.

### **8.1. Cálculo de conductos.**

El cálculo de los conductos se ha realizado mediante el software Dawin de Procuno (Procedimientos Uno). En él se ha trazado una red unifilar teniendo en cuenta la disponibilidad de espacio, la ubicación de los elementos de difusión y unidades interiores, la temperatura del aire y el tipo de material a utilizar en los conductos, e intentando que los desequilibrios en la red sean mínimos. Para llevar a cabo estos cálculos se ha utilizado el método de pérdida de presión por rozamiento constante, siguiendo el criterio de que la pérdida de carga por metro de conducto sea de 1 Pa/m.

Las redes de conductos se han diseñado para conductos de fibra de vidrio ya que discurren por el falso techo del hospital, de dimensiones rectangulares. En cuanto al tipo de accesorios, se han empleado codos rectos achaflanados de relación R/H 1,5 y ángulo de ampliaciones y reducciones de 15 °.

En las siguientes tablas se muestra un resumen de los principales datos obtenidos para los distintos tramos de la red de conductos. En el Anexo III, y en los planos número 6 y 7, se puede obtener información más detallada sobre el diseño de la red.

La nomenclatura empleada en estas tablas es la siguiente:

$\Delta P_s$  : Pérdida de presión en los accesorios y singularidades.

$\Delta P_f$  : Pérdida de presión por fricción.

$\Delta P$  : Pérdida de presión total en el conducto.

$\Delta P_t$  : Final: Presión total al final del conducto.

## - Equipo UI 03

Tabla 8.1.1. Conductos de impulsión UI 03.

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
IMP 03 [1-2]	650x200	0,13	378	5,29	0,38	2.388,6	5,1	0,38	5,32	5,70	43,24
IMP 03 [2-3]	100x200	0,02	152	6,43	12,34	208,9	2,9	12,21	6,36	18,58	24,67
IMP 03 [3-4]	100x200	0,02	152	1,18	1,97	104,4	1,5	0,55	0,33	0,88	23,78
IMP 03 [4-5]	450x200	0,09	321	3,55	0,12	1.588,3	4,9	0,12	3,74	3,86	39,38
IMP 03 [5-6]	200x200	0,04	218	1,19	0,49	575,8	4,0	0,53	1,29	1,82	37,56
IMP 03 [6-7]	200x200	0,04	218	3,98	16,30	496,8	3,4	13,49	3,29	16,78	22,60
IMP 03 [7-8]	200x200	0,04	218	3,94	15,26	515,8	3,6	13,51	3,49	17,00	22,38
IMP 03 [8-9]	200x200	0,04	218	3,06	12,01	591,3	4,1	13,64	3,47	17,11	26,13
IMP 03 [9-10]	150x200	0,03	189	0,49	0,50	443,5	4,1	0,69	0,67	1,36	24,77
IMP 03 [10-11]	150x200	0,02	152	1,05	0,50	147,8	2,1	0,27	0,55	0,82	18,61
IMP 03 [11-12]	100x200	0,02	152	0,28	0,00	73,9	1,0	0,00	0,04	0,04	21,58
IMP 03 [12-13]	150x200	0,03	189	3,03	0,17	369,6	3,4	0,17	2,98	3,15	21,63
IMP 03 [13-14]	100x200	0,02	152	1,03	1,53	73,9	1,0	0,23	0,15	0,38	18,23
IMP 03 [14-15]	100x200	0,03	189	1,02	0,00	295,7	2,7	0,00	0,67	0,67	20,96
IMP 03 [15-16]	100x200	0,02	152	1,03	0,35	221,8	3,1	0,39	1,14	1,53	19,43
IMP 03 [16-17]	100x200	0,02	152	2,31	16,62	147,8	2,1	8,77	1,22	9,99	16,14
IMP 03 [17-18]	100x200	0,02	152	1,22	1,53	73,9	1,0	0,23	0,18	0,41	15,73

Tabla 8.1.2. Conductos de retorno UI 03.

RETORNO Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
RET 03 [1-2]	500x250	0,125	381	15,70	16,47	2.388,6	5,3	16,01	15,26	31,27	84,97
RET 03 [2-3]	500x200	0,10	381	1,95	7,51	1.690,3	4,7	7,04	1,83	8,87	76,10
RET 03 [3-4]	300x200	0,060	266	14,12	20,18	845,2	3,9	16,80	11,76	28,56	47,54

## - Equipo UI 07

Tabla 8.1.3. Conductos de impulsión UI 07.

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
IMP 07 [1-2]	550x200	0,11	351	6,20	0,42	1.861,1	4,7	0,39	5,64	6,03	30,04
IMP 07 [2-3]	400x200	0,08	304	1,05	0,95	1.363,6	4,7	0,98	1,09	2,07	27,97
IMP 07 [3-4]	300x200	0,06	266	5,76	1,24	866,1	4,0	1,08	5,02	6,10	21,87
IMP 07 [4-5]	150x200	0,03	189	1,05	1,03	433,1	4,0	1,35	1,37	2,73	19,14

Tabla 8.1.4. Conductos de retorno UI 07.

RETORNO Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
RET 07 [1-2]	550x200	0,11	351	4,16	14,54	1.861,1	4,7	13,23	3,79	17,02	65,28
RET 07 [2-3]	400x200	0,08	304	3,23	5,19	1.380,0	4,8	5,50	3,42	8,92	56,36
RET 07 [3-4]	150x200	0,03	189	2,25	14,41	345,0	3,2	12,51	1,95	14,46	27,73
RET 07 [4-5]	400x200	0,08	304	6,32	7,16	1.035,0	3,6	4,49	3,96	8,45	47,91
RET 07 [5-6]	150x200	0,03	189	7,21	9,11	345,0	3,2	7,91	6,26	14,16	28,03
RET 07 [6-7]	250x200	0,05	244	1,84	4,64	690,0	3,8	4,09	1,62	5,71	42,20
RET 07 [7-8]	150x200	0,03	189	2,25	4,26	345,0	3,2	3,70	1,95	5,65	42,26
RET 07 [8-9]	150x200	0,03	189	2,13	4,46	345,0	3,2	3,87	1,85	2,02	58,38

- Equipo UI 04

Tabla 8.1.5. Conductos de impulsión UI 04.

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
IMP 04 [1-2]	850x200	0,17	424	5,59	0,60	3.138,3	5,1	0,57	5,28	5,85	46,37
IMP 04 [2-3]	250x200	0,05	244	1,65	13,44	672,0	3,7	11,29	1,39	12,67	33,70
IMP 04 [3-4]	650x200	0,13	378	0,79	0,14	2.466,3	5,3	0,15	0,85	1,00	45,37
IMP 04 [4-5]	250x200	0,05	244	7,68	6,58	669,0	3,7	5,48	6,40	11,88	33,49
IMP 04 [5-6]	500x200	0,10	337	3,80	10,27	1.797,3	5,0	10,77	3,98	14,76	30,62
IMP 04 [6-7]	250x200	0,05	244	6,02	0,00	745,9	4,1	0,00	6,11	6,11	24,50
IMP 04 [7-8]	350x200	0,07	286	0,79	0,00	1.051,4	4,2	0,00	0,69	0,69	29,92
IMP 04 [8-9]	100x200	0,02	152	4,70	1,41	278,3	3,9	2,36	7,84	10,19	19,73

Tabla 8.1.6. Conductos de retorno UI 04.

RETORNO Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
RET 04 [1-2]	850x200	0,17	424	0,65	0,60	3.138,3	5,1	0,57	0,61	1,18	129,74
RET 04 [2-3]	600x200	0,12	365	2,14	39,36	2.216,2	5,1	40,88	2,22	43,10	86,63
RET 04 [3-4]	350x200	0,07	286	6,80	10,17	1.108,1	4,4	9,75	6,52	16,27	56,24
RET 04 [4-5]	200x200	0,04	218	1,16	7,17	554,0	3,8	7,24	1,17	8,40	41,71
RET 04 [5-6]	350x200	0,07	286	0,68	23,24	1.108,1	4,4	22,28	0,66	22,94	49,57
RET 04 [6-7]	200x200	0,04	218	1,13	7,17	554,0	3,8	7,24	1,14	8,37	41,20

- Aire de ventilación.

Tabla 8.1.7. Conductos de ventilación desde el recuperador al hospital de calor.

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
REC_VENT [1-2]	350x400	0,14	409	4,99	0,54	2.765,3	5,5	0,49	4,48	4,97	78,03
REC_VENT [2-3]	300x200	0,06	266	0,80	12,79	923,4	4,3	12,52	0,78	13,30	64,73
REC_VENT [3-4]	500x200	0,10	337	2,42	0,22	1.841,9	5,1	0,24	2,65	2,90	75,13
REC_VENT [4-5]	200x200	0,04	218	3,63	4,22	482,7	3,4	3,31	2,85	6,16	68,97
REC_VENT [5-6]	500x200	0,10	337	3,58	18,27	1.359,2	3,8	11,53	2,26	13,78	61,35
REC_VENT [6-7]	300x200	0,06	266	14,74	0,87	955,6	4,4	0,90	15,35	16,25	45,10
REC_VENT [7-8]	300x200	0,06	266	5,65	5,29	955,6	4,4	5,51	5,88	11,39	33,71
REC_VENT [8-9]	300x200	0,06	266	2,87	0,12	869,0	4,0	0,11	2,52	2,62	31,08
REC_VENT [9-10]	250x200	0,05	244	1,93	1,29	698,3	3,9	1,16	1,74	0,58	84,39

Tabla 8.1.8. Conductos de ventilación desde el exterior al recuperador de calor.

RETORNO Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
REC_VENT [1-2]	350x400	0,14	409	2,53	15,74	2.765,3	5,5	14,15	2,27	16,42	71,77

- Aire de extracción.

Tabla 8.1.9. Conductos de extracción desde el exterior al recuperador de calor.

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
REC_EXT [1-2]	300x400	0,12	377	1,84	0,72	2.496,5	5,8	0,79	2,02	2,81	187,02

Tabla 8.1.10. Conductos de extracción desde el recuperador de calor hasta el hospital.

RETORNO Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
REC_EXT [2-3]	300x400	0,12	377	2,85	7,36	2.496,5	5,8	8,06	3,12	11,18	105,03
REC_EXT [3-4]	350x200	0,07	286	11,39	31,69	1.052,2	4,2	27,65	9,94	37,59	67,44
REC_EXT [4-5]	150x300	0,045	228	6,75	8,36	526,1	3,2	6,20	5,01	11,20	56,24
REC_EXT [5-6]	450x200	0,09	321	6,28	11,71	1.444,3	4,5	10,39	5,57	15,95	89,08
REC_EXT [6-7]	150x200	0,03	189	1,48	7,84	393,0	3,6	8,63	1,63	10,26	78,81
REC_EXT [7-8]	350x200	0,07	286	7,99	37,95	1.051,2	4,2	33,05	6,96	40,01	49,06
REC_EXT [8-9]	200x200	0,04	218	6,83	7,12	525,1	3,6	6,51	6,25	12,76	36,30

Tabla 8.1.11. Conductos de extracción de zonas de servicio desde la red de descarga al extractor.

IMPULSIÓN Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
EXT_EXT [5-6]	150x200	0,03	189	2,68	19,44	313,3	2,9	14,16	1,95	16,10	4,77

Tabla 8.1.12. Conductos de extracción de zonas de servicio desde el hospital al extractor.

RETORNO Tramo	Dimensiones (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	D <sub>eqv</sub> (mm)	L (m)	L <sub>eqv</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	ΔPs. (Pa)	ΔPf. (Pa)	ΔPt (Pa)	ΔPt <sub>final</sub> (Pa)
EXT_EXT [4-5]	150x200	0,03	189	1,26	13,47	313,3	2,9	9,81	0,92	10,73	30,82
EXT_EXT [3-4]	100x200	0,02	152	1,42	2,17	149,9	2,1	1,18	0,77	1,94	28,88
EXT_EXT [2-3]	100x200	0,02	152	2,92	9,26	74,1	1,0	1,39	0,44	1,83	27,05
EXT_EXT [1-2]	100x200	0,02	152	3,29	14,96	29,0	0,4	0,41	0,09	0,50	26,55

## 8.2. Ventiladores.

Los equipos seleccionados cuentan con ventiladores propios para el transporte de aire, por lo que es necesario comprobar que dichos ventiladores pueden trabajar en las condiciones impuestas para la instalación, una vez ya calculadas las pérdidas de carga de cada subsistema, ya que deben ser capaces de vencer las pérdidas de carga tanto del retorno como de impulsión. Se compararán las curvas de ventilación incluidas en la documentación técnica de los equipos con los puntos de funcionamiento para comprobar su validez.

Las curvas de los ventiladores de los equipos seleccionados se encuentran en el apartado de Anexos de este proyecto. (Anexo IV).

En la tabla 8.2.1 se muestran las características que presentan los ventiladores en el punto de trabajo: caudal y presión estática disponible (PEE).

Tabla 8.2.1. Puntos de trabajo de los ventiladores.

Referencia	Equipo	Caudal (m <sup>3</sup> /min)	PEE (Pa)
UI 03	FXSQ140P	39,8	152,75
UI 07	FXSQ125P	31,0	115,79
UI 04	FXMQ200MA	52,3	178,94
Rec. Aporte	CADB-N D H 45	46,1	157,33
Rec. Extracción	CADB-N D H 45	41,6	294,74

Para llevar a cabo la selección de los extractores de las zonas privadas del hospital, es necesario tener en cuenta el caudal de extracción, así como la pérdida de carga que es necesario vencer en su red, se han elegido ventiladores helicoidales para intercalar en conductos de la serie MixVent-TD de la marca S&P.

Tabla 8.2.3. Ventiladores elegidos para la extracción de zonas de servicio.

Zonas	Modelo
Cuarto Eléctrico	TD-350/125
Taquillas	
Aseos	TD-350/125
Consultorios2	
Sala Personal	

## 9. Red de Refrigerante.

Mediante el cálculo de la red de refrigerante se determinan las dimensiones de cada tubería en cada uno de los tramos, así como se selecciona el modelo de unidad exterior requerido por la instalación. Este cálculo se realiza haciendo uso del software VRV WXpress de Daikin, el cual devuelve como resultado el esquema de principio de la instalación de refrigerante. Dicho esquema se encuentra en el apartado Planos, en el Plano número 10.

El refrigerante de los equipos utilizados es R 410-A; las tuberías empleadas para la red de refrigerante serán tipo Refnet de cobre, con válvulas de expansión electrónica para el control del refrigerante. Tanto las tuberías de líquido como de gas estarán convenientemente aisladas mediante coquilla según exigencias de RITE.

El trazado de la red de refrigerante se muestra en el apartado de planos (plano número 11).

Toda la información relacionada con el cálculo de la red de refrigerante se puede encontrar en el apartado de anexos del presente proyecto.

## 10. Red de agua.

Mediante el cálculo de la red de transporte de agua, se determinan las dimensiones de cada tubería en cada uno de los tramos, así como el caudal, velocidad y pérdida de carga. Además debe determinarse la red de mayor pérdida de carga para obtener los desequilibrios hidráulicos.

Las tuberías empleadas para la red de transporte de agua serán de acero negro DIN 2440, y estarán convenientemente aisladas según exigencias de RITE.

En primer lugar se realiza un trazado unifilar de la red de tuberías, teniendo en cuenta la ubicación de las unidades exteriores (requieren de una instalación a dos tubos), y la ubicación de las acometidas de agua pertenecientes al centro hospitalario, e intentando que los desequilibrios sean mínimos.

El criterio de diseño establecido es el siguiente: la velocidad del agua que discurre por las tuberías no supere los 1,2 m/s y que la pérdida de carga por fricción no supere los 400 Pa/m.

Toda la información detallada sobre la red de transporte de agua puede consultarse en el apartado de Planos, en el plano 08 y 09.

En la tabla 10.1 se resumen los parámetros principales de los distintos tramos que componen la red de tuberías. La nomenclatura utilizada es la siguiente:

- Q Caudal de agua que circula por el interior de la tubería.  
 L Longitud de tubería en metros lineales.  
 D Diámetro exterior de tubería en pulgadas.  
 Leq Longitud equivalente debida a la pérdida de carga en accesorios.  
 $\Delta P_{\text{equipo}}$  Pérdida de carga en los equipos incluyendo la pérdida de carga de la válvula incorporada en el mismo.  
 $\Delta P$  Pérdida de carga por fricción por metro de tubería.  
 $\Delta P_{\text{total}}$  Pérdida de carga total del tramo.

Tabla 10.1. Resumen de los tramos de la red de transporte de agua.

Tramo	Q (l/h)	L (m)	D (")	$\Delta P$ (Pa/m)	Leq (m)	$\Delta P_{\text{equipo}}$ (kPa)	$\Delta P_{\text{total}}$ (kPa)
T1	6480	24,3	2	199,9	9,8	0	6,8
T2	8640	7,1	2	339,2	20,4	0	9,3
T3	15120	9,44	2 ½	316,5	10,7	0	6,4
T4	15120	9,1	2 ½	316,5	24,1	0	10,5
T5	5040	4,16	1 ½	521,2	24,9	52	67,1
T6	10080	0,8	2 ½	149,8	0	0	0,1
T7	10080	0,8	2 ½	149,8	0	0	0,1
T8	5040	4,16	1 ½	521,2	24,9	52	67,1
T9	5040	5,76	1 ½	521,2	23,7	52	67,4

A continuación se ha calculado la pérdida de carga y el desequilibrio hidráulico en cada circuito, indicando en la tabla 10.2. su valor, así como los tramos que forman cada circuito y el desequilibrio hidráulico respecto al circuito de mayor pérdida de carga:

Tabla 10.2. Pérdida de carga de cada circuito y desequilibrio hidráulico.

Circuito	Tramos	$\Delta P_{\text{total}}$ (kPa)	Desequilibrio (kPa)
UE-01 A	1-4, 6-7, 9	100,62	0,00
UE-01 B	1-4, 6-7, 8	100,41	0,21
UE-02	1-5	100,17	0,45

Para considerar que un circuito está desequilibrado, el desequilibrio con el circuito de mayor pérdida de carga debe ser mayor del 5%, por tanto, en esta red de tuberías no sería necesario equilibrar los distintos circuitos; sin embargo, se instalará una válvula de equilibrado a la salida de cada equipo, incluida la rama de mayor pérdida de carga, garantizando así el correcto funcionamiento del sistema en todo momento, incluyendo posibles cambios en condiciones de operación o modificaciones en la fase de obra o en reformas futuras.