



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

## DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE UN QUIRÓFANO HÍBRIDO

Autor: Yago García Cucala

Director: Alberto David Jáñez Cordero

Madrid

Julio de 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título “Diseño de las instalaciones de un quirófano híbrido” en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2021/2022 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada

de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Yago García Cucala

Fecha: 15/07/2022



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Alberto David Jáñez Cordero

Fecha: 17/07/2022



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

## DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE UN QUIRÓFANO HÍBRIDO

Autor: Yago García Cucala

Director: Alberto David Jáñez Cordero

Madrid

Julio de 2022

---

## **DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE UN QUIRÓFANO HÍBRIDO**

**Autor: García Cucala, Yago.**

Director: Jáñez Cordero, Alberto David.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

### **RESUMEN DEL PROYECTO**

**Palabras clave:** Quirófano híbrido, instalaciones, climatización, UTA, SAI, iluminación, cableado, interruptores magnetotérmicos, eficiencia.

#### **1. Introducción**

El objetivo de este proyecto de fin de máster es el diseño y optimización de las principales instalaciones de un quirófano híbrido cumpliendo la normativa vigente.

Dentro de estas instalaciones se incluyen el equipo de climatización, toda la instalación de alumbrado, El sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) y grupo electrógeno, diseño del cableado e interruptores automáticos.

- **Climatización:** dentro de las instalaciones de climatización se incluyen todos los elementos necesarios para conseguir las condiciones asépticas exigidas por la normativa aplicable a salas de estas características (UTA, conductos de aire y enfriadora).
- **Alumbrado:** Se diseñará el sistema de alumbrado de la sala que proporcione una correcta iluminación de acuerdo con la normativa vigente.
- **Tomas de fuerza:** Se diseñarán y se dimensionará el cableado necesario para la alimentación de los equipos de la sala con sus respectivas protecciones.
- **SAI y grupo electrógeno:** Sistema de alimentación ininterrumpida que permita a la instalación seguir funcionando en caso de fallo del sistema eléctrico ordinario de alimentación.

## 2. Metodología

El proyecto se ha dividido en dos partes diferenciadas, el diseño y optimización de la UTA que mantendrá las condiciones de humedad y temperatura adecuadas en la sala de cirugía y las instalaciones eléctricas donde se incluye diseño del cableado, cuadros eléctricos con sus interruptores correspondientes, diseño de la iluminación, SAI, grupo electrógeno de emergencia y esquema unifilar de la instalación.

### 2.1. Climatización

Para el diseño de la climatización es necesario tener en cuenta todas las condiciones específicas que se les atribuyen a los quirófanos como son calidad del aire, renovación de aire y temperaturas y humedades exigidas. Todas estas condiciones se pueden encontrar en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y la norma UNE.

Por otro lado, es necesario establecer las condiciones del aire exterior tanto en verano como en invierno. El quirófano diseñado se encuentra en Torrelodones, la estación meteorológica más cercana con condiciones similar a esta localidad está en Robledo de Chavela (FAMET).

Provincia	Estación					Indicativo	
Madrid	Robledo de Chavela					3338	
UBICACIÓN: AISLADO			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
790	40°25'46"	04°14'48"W	75,583	12,570			
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-11,0	-2,9	-1,4	12,8	74,9	38,0		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	THC <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>1</sub> (°C)	THC <sub>1</sub> (°C)	TS <sub>2</sub> (°C)	THC <sub>2</sub> (°C)	OMDR (°C)
42,5	35,1	22,7	33,8	22,0	32,5	21,5	16,2
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH <sub>0,4</sub> (°C)	TSC <sub>0,4</sub> (°C)	TH <sub>1</sub> (°C)	TSC <sub>1</sub> (°C)	TH <sub>2</sub> (°C)	TSC <sub>2</sub> (°C)		
23,0	23,0	22,1	22,1	21,4	21,4		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD <sub>15</sub> (°C)	GD <sub>20</sub>	GDR <sub>20</sub>	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	5,5	7,7	275	419	0		
Febrero	6,7	9,2	227	361	0		
Marzo	9,9	12,1	164	300	1		
Abril	11,6	13,8	123	246	5		
Mayo	15,3	17,5	59	151	21		
Junio	23,0	24,8	7	37	96		
Julio	25,0	27,4	1	16	159		
Agosto	24,5	26,9	2	18	150		
Septiembre	20,3	23,1	11	61	70		
Octubre	14,3	16,8	65	183	10		
Noviembre	8,7	10,8	184	325	0		
Diciembre	6,2	8,1	244	376	0		

*Imagen 1. Condiciones exteriores de cálculo Robledo de Chavela. [1]*

Para el cálculo de las cargas tanto de invierno como de verano se considerarán los casos extremos.

En verano se tendrán en cuenta todos los posibles aportes de calor a la sala para que la UTA pueda alcanzar las condiciones exigidas con la sala al máximo de ocupación con todos los equipos funcionando.

$$Q_s = 21,273 \text{ KW} \quad Q_L = 1,323 \text{ KW}$$

En invierno la UTA ha de ser capaz de calentar la sala en el caso extremo en el que se encuentre vacía con todos los equipos apagados, es decir, las cargas térmicas son nulas.

La UTA ha de ser capaz de mantener una humedad relativa del 50% y poder calentar la sala hasta 26°C en invierno y enfriarla hasta 22°C en verano.

Con esta información se realizó un primer cálculo de la instalación diferenciando los casos sin recuperación de calor y con recuperación de calor.

A continuación, se procedió a optimizar estos resultados ya que todos los cálculos se encontraban programados en una hoja de Excel. Tras una primera optimización se contactó con el fabricante Trox para establecer presupuestos y comparativas de los resultados obtenidos. En este momento, el fabricante comunicó que los números obtenidos no eran válidos ya que se necesitaba un mismo caudal para la batería de frío y para la caliente por lo que fue necesario recalcular las dos baterías con esta nueva condición. Para ello se optimizó la batería de frío que siempre requería un mayor caudal que la caliente y con estos resultados se calculó la batería caliente.

Una vez obtenidos los nuevos resultados fueron enviados al fabricante de nuevo y se establecieron tres casos a comparar:

1. Variante 1 Equipo para impulsar  $Q= 8746 \text{ m}^3/\text{h}$  con recirculación y con recuperador estático de placas calculado para una caudal de aire exterior de  $1200\text{m}^3/\text{h}$ .
2. Variante 2 equipo 100% Aire Exterior con recuperador de estático placas.
3. Variante 3 equipo 100% Aire Exterior con recuperación mediante baterías.

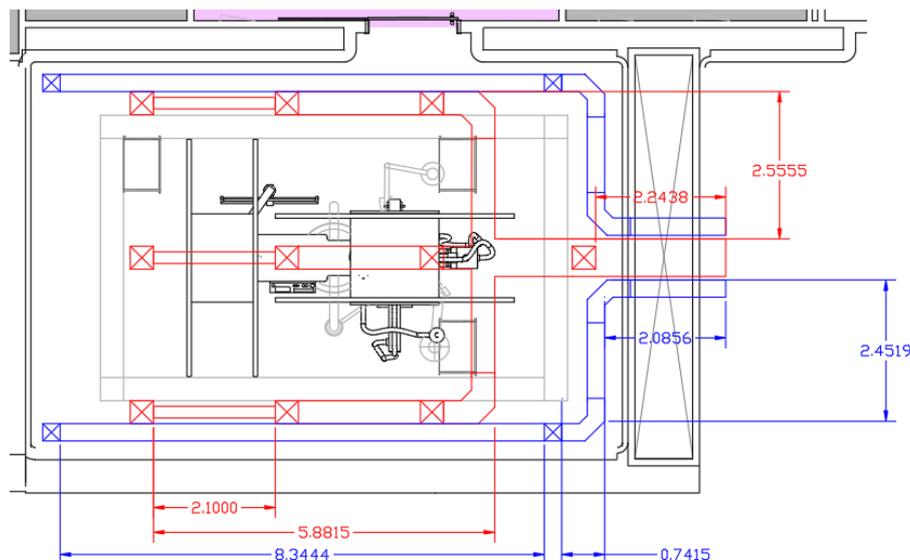
Tras analizar resultados y costes se puede comprobar como recircular aire reduce considerablemente la potencia requerida, el consumo y el coste de la instalación.

Los presupuestos para cada caso resultaron ser:

Presupuestos UTA	
<b>Variante 1</b>	31.992,73 €
<b>Variante 2</b>	41.266,33 €
<b>Variante 3</b>	48.800,12 €

*Tabla 1. Comparación presupuestos UTA.*

Una vez diseñada la UTA se procede a calcular los conductos de ventilación y la enfriadora.

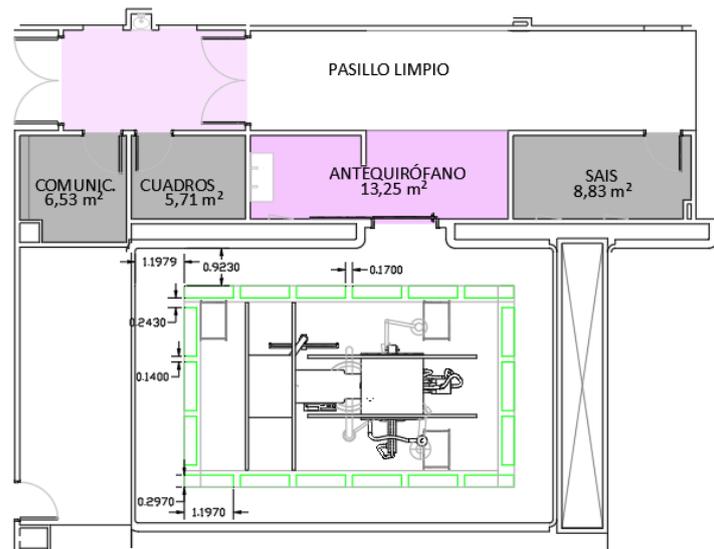


*Imagen 2. Esquema colocación tuberías.*

La enfriadora escogida es del fabricante Carrier con una potencia de 32 KW concretamente la “AquaSnap® - Enfriadora scroll condensada por aire con conductos 30RBY” [2]

## 2.2. Iluminación

Para la parte de iluminación se toma como referencia la norma UNE 1246.1 donde se establece una luminosidad de 1000 lux para quirófanos. Tras calcular el número de lámparas y la potencia lumínica de cada una se selecciona como solución las LLEDO MEDICAL 800 CRI90 1.200x300. y se distribuyen de la siguiente forma:



*Imagen 3. Esquema colocación luminarias.*

## 2.3. Cableado

Para el diseño y dimensionamiento del cableado es necesario conocer las cargas del local y su distribución en la red eléctrica del quirófano. La mayoría de los cables tienen la

misma carga exceptuando la conexión de los rayos X, el TAC, la UTA, el alumbrado y la enfriadora.

Siguiendo las indicaciones del reglamento de baja tensión, concretamente el ITC.BT.19 se calculan y dimensionan los cables.

#### **2.4. Interruptores automáticos**

A continuación, se calculan los interruptores automáticos que garanticen el correcto funcionamiento y seguridad de la instalación. Los interruptores automáticos sirven para proteger tanto al sistema como a los usuarios de sobreintensidades provocadas por cortocircuitos y sobrecargas. Siguiendo el ITC.BT.22.

#### **2.5. SAI y grupo electrógeno**

Como bien indica el reglamento de baja tensión en el apartado ITC.BT.38, toda sala quirúrgica deberá estar equipada con un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). Por ello se necesita instalar un SAI de al menos 8,6 KVA exclusivamente para el quirófano. Este SAI debe de poder suministrar la potencia requerida a los dispositivos del quirófano durante al menos 2 horas.

Tras contactar con el fabricante Riello, recomendó el uso del modelo S3M 10 ACT (10KVA/10KW). Las baterías para 2 horas y 8,5 KW sería un armario adicional de 860x800x1900 mm con un peso de unos 1.000 kg.

Por otro lado, es necesario un grupo electrógeno que suministre potencia a todo el quirófano. El grupo electrógeno tarda más tiempo en arrancar, por ello, mientras este empieza a funcionar tras un fallo del suministro eléctrico, el SAI se encarga de alimentar las funciones principales del quirófano. El equipo seleccionado recomendado por Himoina es el HRFW-100- S5 de 100 KVA con motor con normativa Stage V según la Ordenanza 4/2021 de Calidad del Aire y Sostenibilidad del Ayuntamiento Madrid.

## 2.6. Resultados

### UTA:

Resultados UTA			
		Batería caliente	Batería fría
Ti [°C]	°C	30	14
Recuperación sensible	%	74,8-80,5%	71,8-75,1%
Potencia Total	KW	23,84	29,56
Caudal agua por batería	l/h	2,096	5,071
Caudal impulsión	m <sup>3</sup> /h	8476	
Caudal recirculación	m <sup>3</sup> /h	7276	
Caudal exterior	m <sup>3</sup> /h	1200	
Caudal másico humectación	Kg/h	1,5	-
Aire entrada batería	°C	23,4	21,8
Humedad Relativa entrada batería	%	48,5 %	-

Tabla 2. Resultados finales UTA.

### Conductos de aire:

	número de veces que se repite el tramo	tramo	Q [ $\frac{m^3}{h}$ ]	L [m]	W [mm]	H [mm]	WxH [m <sup>2</sup> ]	V <sub>fin</sub> [ $\frac{m}{s}$ ]	D <sub>eq</sub> [mm]	h <sub>f</sub> [ $\frac{mm.c.a}{m}$ ]
<b>Impulsión</b>	3	1-2	847,6	2,1	200	250	0,05	4,71	244,1	0,14
	3	2-3	1695,2	2,1	400	250	0,10	4,71	343,3	0,10
	3	3-4	2542,8	7,75	400	350	0,14	5,05	408,8	0,09
	1	4-5	7628,4	1,34	650	600	0,39	5,43	682,5	0,05
	1	5-6	8476	2,25	650	650	0,42	5,57	710,6	0,05
<b>Retorno</b>	2	1-2	2119	8,35	300	400	0,12	4,91	377,7	0,09
	2	2-3	4238	5,28	450	500	0,23	5,23	518,4	0,07

Tabla 3. Resultados dimensionamiento Conductos de aire.

### Enfriadora:

La enfriadora escogida es del fabricante Carrier con una potencia de 32 KW concretamente la “AquaSnap® - Enfriadora scroll condensada por aire con conductos 30RBY”

**Iluminación:**

	P [W]	$\phi_T$ [lm]	Número total de luminarias	Número de luminarias a lo largo	Número de luminarias a lo ancho	$E_m$ [lux]	VEEI
Quirófano	74	100.813	18	12 (6 cada lado)	6 (3 cada lado)	1053	1,823

*Tabla 4. Resumen instalación iluminación.*

**Cableado e interruptores magnetotérmicos:**

En primer lugar, se muestran los cables que se encuentran aguas arriba de la instalación y posteriormente los de aguas abajo. Las tablas están divididas en tres partes para facilitar su visualización. La mayoría de elementos poseen las mismas propiedades por lo que se mostrará solo un ejemplo de cada elemento con propiedades repetidas.

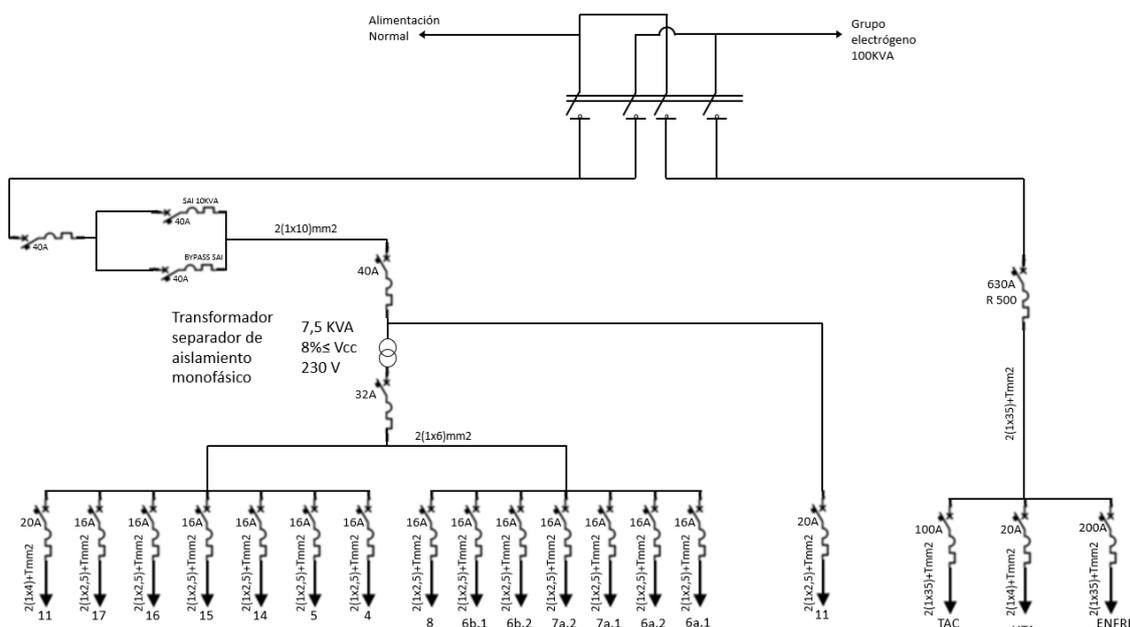


Imagen 4. Esquema unifilar de los elementos de la instalación

### SAI:

Riello S3M 10 ACT (10KVA/10KW). Baterías para 2 horas y 8,5 KW, armario adicional de 860x800x1900 mm con un peso de unos 1.000 kg. [3]

### Grupo electrógeno:

Himoina HRFW-100- S5 de 100 KVA con motor con normativa Stage V según la Ordenanza 4/2021 de Calidad del Aire y Sostenibilidad del Ayuntamiento Madrid.

### Transformador de aislamiento:

Transformador de aislamiento monofásico para uso médico CM8000 de la mano de Torytrans. [4]

## 2.7. Ahorro energético

Por último, se ha realizado una comparación del ahorro energético de la UTA diseñada en comparación del caso sin recirculación del aire. Para ello estimando unas 2.200 horas de uso del quirófano al año, es decir, un 25% del año. [5] sabiendo que el consumo de la UTA finalmente diseñada es de 7,24 KW mientras que el del caso sin recirculación de aire con el mismo tipo de recuperador es de 8,45 KW.

Suponiendo que los equipo están funcionando las 2.200 horas a máxima potencia se obtiene un consumo de 15.928 KWh para la UTA diseñada y 18.590 para la UTA sin recirculación de aire.

Con el precio actual de la electricidad que se encuentra en una media de 0.35 €/kWh se obtendría un gasto de 5.574 € para la UTA diseñada y 6.507 € para el caso de la UTA sin recirculación. Es decir, un gasto de 933 € anuales solamente en el consumo de la climatización suponiendo que los precios de la electricidad no varían.

## **2.8. Conclusiones**

Tras el diseño de todas las instalaciones se recalca principalmente el ahorro tanto en equipos como en consumo de la UTA. Tras la optimización de esta, se ha conseguido reducir su coste inicial de instalación de 48.800€ a 31.993€. Además, se ha conseguido aumentar la eficiencia de esta recirculando aire de la sala y añadiendo intercambiadores de calor. Todo esto se logra sin reducir la calidad del aire de la sala con la correcta instalación de los filtros necesarios e impulsando un mínimo de aire desde el exterior.

Por otro lado, se han diseñado el resto de las instalaciones buscando siempre el cumplimiento de la normativa para el correcto funcionamiento de toda la instalación. Se ha hecho hincapié en buscar los equipos de emergencia adecuados, como son el SAI y el grupo electrógeno que permiten funcionar la instalación en caso de fallo eléctrico.

Además, se han diseñado las pertinentes protecciones para mantener tanto a los pacientes como al equipo especializado siempre a salvo de fallos eléctricos.

---

## DESIGN OF THE FACILITIES OF A HYBRID OPERATING ROOM

**Author: Garcia Cucala, Yago.**

Director: Jáñez Cordero, Alberto David.

Collaborating Entity: ICAI – Comillas Pontifical University.

### PROJECT SUMMARY

**Keywords:** Hybrid operating room, installations, air conditioning, AHU, UPS, lighting, wiring, magneto-thermal switches, efficiency.

#### 1. Introduction

The objective of this master's thesis is the design and optimization of the main facilities of a hybrid operating room in compliance with current regulations.

These facilities include the air conditioning equipment, the entire lighting installation, the uninterruptible power supply (UPS) and generator set, wiring design and automatic switches.

- **Air conditioning:** Within the air conditioning installations, all the necessary elements are included to achieve the aseptic conditions required by the regulations applicable to rooms of these characteristics (AHU, air ducts and cooler).
- **Lighting:** The room lighting system will be designed to provide correct lighting in accordance with current regulations.
- **Electric power take-off:** The necessary wiring for powering the equipment in the room with their respective protections will be designed and dimensioned.
- **UPS and generator set:** Uninterruptible power supply system that allows the installation to continue operating in the event of a failure of the ordinary electrical power supply system.

## 2. Methodology

The project has been divided into two different parts, the design and optimization of the AHU that will maintain the appropriate humidity and temperature conditions in the operating room and the electrical installations, which includes wiring design, electrical panels with their corresponding switches, design lighting, UPS, emergency generator set and single-line diagram of the installation.

### 2.1. Air conditioning

For the design of air conditioning, it is necessary to consider all the specific conditions attributed to operating rooms, such as air quality, air renewal and required temperatures and humidity. All these conditions can be found in the Regulation of Thermal Installations in Buildings (RITE) and the UNE standard.

On the other hand, it is necessary to establish the outdoor air conditions in both summer and winter. The designed operating room is in Torreldones, the closest meteorological station with conditions similar to this locality is in Robledo de Chavela (FAMET).

Provincia	Estación		Indicativo				
Madrid	Robledo de Chavela		3338				
<b>UBICACIÓN: AISLADO</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
790	40°25'46"	04°14'48"W	75,583	12,570			
<b>CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)</b>							
TSMIN (°C)	TS <sub>99,6</sub> (°C)	TS <sub>99</sub> (°C)	OMDC (°C)	HUMcoIn (%)	OMA (°C)		
-11,0	-2,9	-1,4	12,8	74,9	38,0		
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TSMAX (°C)	TS <sub>0,4</sub> (°C)	THC <sub>0,4</sub> (°C)	TS <sub>1</sub> (°C)	THC <sub>1</sub> (°C)	TS <sub>2</sub> (°C)	THC <sub>2</sub> (°C)	OMDR (°C)
42,5	35,1	22,7	33,8	22,0	32,5	21,5	16,2
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TH <sub>0,4</sub> (°C)	TSC <sub>0,4</sub> (°C)	TH <sub>1</sub> (°C)	TSC <sub>1</sub> (°C)	TH <sub>2</sub> (°C)	TSC <sub>2</sub> (°C)		
23,0	23,0	22,1	22,1	21,4	21,4		
<b>VALORES MEDIOS MENSUALES</b>							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD <sub>15</sub> (°C)	GD <sub>20</sub>	GDR <sub>20</sub>	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	5,5	7,7	275	419	0		
Febrero	6,7	9,2	227	361	0		
Marzo	9,9	12,1	164	300	1		
Abril	11,6	13,8	123	246	5		
Mayo	15,3	17,5	59	151	21		
Junio	23,0	24,8	7	37	96		
Julio	25,0	27,4	1	16	159		
Agosto	24,5	26,9	2	18	150		
Septiembre	20,3	23,1	11	61	70		
Octubre	14,3	16,8	65	183	10		
Noviembre	8,7	10,8	184	325	0		
Diciembre	6,2	8,1	244	376	0		

---

*Image 1. External calculation conditions Robledo de Chavela. [1]*

For the calculation of both winter and summer loads, extreme cases will be considered.

In summer, all possible heat inputs to the room will be considered so that the AHU can achieve the required conditions with the room at maximum occupancy with all the equipment working.

$$Q_s = 21,273 \text{ KW} \quad Q_L = 1,323 \text{ KW}$$

In winter, the AHU must be able to heat the room in the extreme case in which it is empty with all the equipment turned off, that is, the thermal loads are null.

The AHU must be able to maintain a relative humidity of 50% and be able to heat the room up to 26°C in winter and cool it down to 22°C in summer.

With this information, a first calculation of the installation was made, differentiating the cases without heat recovery and with heat recovery in the AHU.

Next, these results were optimized since all the calculations were programmed in an Excel sheet. After a first optimization, the manufacturer Trox was contacted to establish budgets and comparisons of the results obtained. At this time, the manufacturer reported that the numbers obtained were not valid since the same flow rate was needed for the cold coil and for the hot coil, so it was necessary to recalculate the two coils with this new condition. For this, the cold coil was optimized, which always required a higher flow rate than the hot coil, and with these results the hot coil was also designed.

Once the new results were obtained, they were sent to the manufacturer again and three cases were established for comparison:

1. Variant 1 Unit to drive  $Q = 8746 \text{ m}^3/\text{h}$  with recirculation and with static plate recuperator calculated for an outside air flow of  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- two. Variant 2 100% Exterior Air unit with static recuperator plates.
3. Variant 3 equipment 100% Outside Air with recovery through batteries.

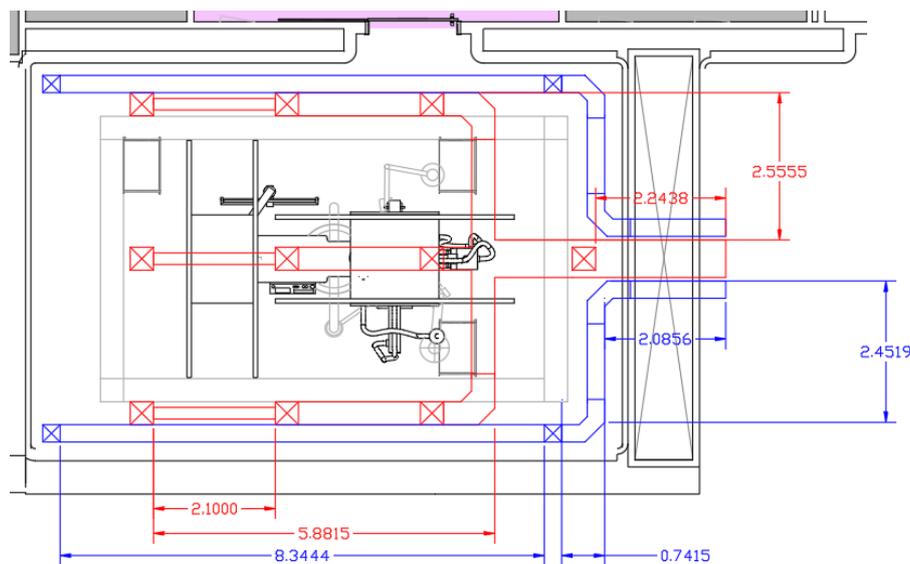
After analyzing results and costs, it can be seen how recirculating air considerably reduces the power required, consumption and the cost of the installation.

The budgets for each case turned out to be:

AHU budgets	
<b>variant 1</b>	€31,992.73
<b>Variant 2</b>	€41,266.33
<b>Variant 3</b>	€48,800.12

*Table 1. Comparison of AHU budgets.*

Once the AHU has been designed, the ventilation ducts and the cooler were calculated.

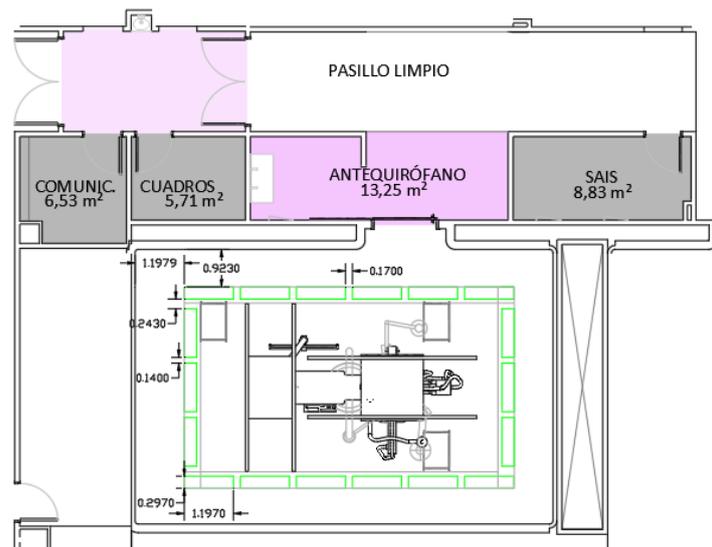


*Image 2. Pipe placement scheme.*

The chosen cooler is from the manufacturer Carrier with a power of 32 KW, specifically the “AquaSnap® - Air-cooled scroll cooler with 30RBY ducts” [2]

## 2.2. Lighting

For the lighting part, the UNE 1246.1 standard is taken as a reference, where a luminosity of 1000 lux is established for operating rooms. After calculating the number of lamps and the light power of each one, the LLEDO MEDICAL 800 CRI90 1,200x300 was selected as the solution. and are distributed as follows:



*Image 3. Luminaire placement diagram.*

## 2.3. Cabling

For the design and dimensioning of the wiring it is necessary to know the loads of the room and its distribution in the electrical network of the operating room. Most of the

cables have the same electric load except for the connection of the X-ray, the CT, the AHU, the lighting, and the cooler.

Following the indications of the low voltage regulation, specifically the ITC.BT.19, the cables are calculated and dimensioned.

#### **2.4. circuit protections**

Next, the automatic switches that guarantee the correct operation and safety of the installation are calculated. Circuit breakers serve to protect both the system and the users from over currents caused by overloads. Following the ITC.BT.22.

#### **2.5. UPS and generator set**

As the low voltage regulation indicates in section ITC.BT.38, every surgical room must be equipped with an uninterruptible power supply (UPS). Therefore, it is necessary to install a UPS of at least 8.6 KVA exclusively for the operating room. This UPS must be able to supply the required power to the devices in the operating room for at least 2 hours.

After contacting the manufacturer Riello, he recommended the use of the S3M 10 ACT (10KVA/10KW) model. The batteries for 2 hours and 8.5 KW would be an additional cabinet of 860x800x1900 mm with a weight of about 1,000 kg.

On the other hand, a generator set is necessary to supply power to the entire operating room. The generator set takes longer to start, therefore, while it starts to work after a power failure, the UPS is responsible for powering the main functions of the operating room. The selected equipment recommended by Himoina is the 100 KVA HRFW-100-S5 with a motor with Stage V regulations according to Ordinance 4/2021 on Air Quality and Sustainability of the Madrid City Council.

#### **2.6.Results**

AHU:

AHU Results			
		hot battery	cold battery
Ti [°C]	°C	30	14
sensitive recovery	%	74.8-80.5%	71.8-75.1%
Total power	KW	23.84	29.56
Water flow per battery	l/h	2,096	5,071
Discharge flow	m <sup>3</sup> /h	8476	
Recirculation flow	m <sup>3</sup> /h	7276	
external flow	m <sup>3</sup> /h	1200	
Mass flow humidification	Kg/h	1.5	-
Battery inlet air	°C	23.4	21.8
Battery input relative humidity	%	48.5%	-

Table 2. AHU results.

### Air ducts:

	number of times the segment is repeated	section	Q [ $\frac{m^3}{h}$ ]	L [m]	W[m] m]	H[m] m]	WxH [m <sup>2</sup> ]	V <sub>fin</sub> [ $\frac{m}{s}$ ]	D <sub>eq</sub> [ mm]	h <sub>f</sub> [ $\frac{mm. c. a}{m}$ ]
<b>Discharge</b>	3	1-2	847.6	2.1	200	250	0.05	4.71	244.1	0.14
	3	23	1695.2	2.1	400	250	0.10	4.71	343.3	0.10
	3	3-4	2542.8	7.75	400	350	0.14	5.05	408.8	0.09
	1	4-5	7628.4	1.34	650	600	0.39	5.43	682.5	0.05
	1	5-6	8476	2.25	650	650	0.42	5.57	710.6	0.05
<b>Return</b>	2	1-2	2119	8.35	300	400	0.12	4.91	377.7	0.09
	2	2-3	4238	5.28	450	500	0.23	5.23	518.4	0.07

Table 3. Air duct sizing results.

### Cooler:

The chosen cooler is from the manufacturer Carrier with a power of 32 KW, specifically the “AquaSnap® - Air-cooled scroll cooler with 30RBY ducts” [2]

### Lightning:

	P [W]	$\phi_T$ [lm]	Total number of luminaires	Number of luminaires along	Number of luminaires across	$E_m$ [lux]	VEEI
operating room	74	100,813	18	12 (6 each side)	6 (3 each side)	1053	1,823

Table 4. Summary lighting installation.

**Wiring and circuit breaker switches:**

Firstly, the cables that are upstream of the installation are shown and then those downstream. The tables are divided into three parts for easy viewing. Most elements have the same properties, so only one example of each element with repeated properties will be shown.

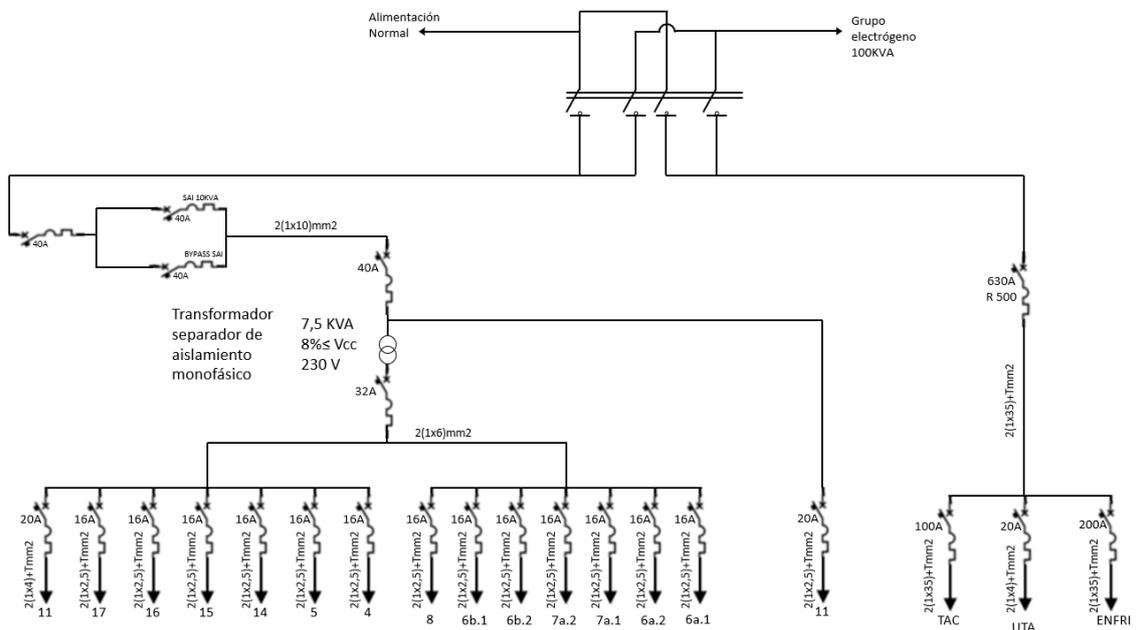


Image 4. Single line diagram of the elements of the installation

**UPS:**

Riello S3M 10 ACT (10KVA/10KW). Batteries for 2 hours and 8.5 KW, additional cabinet of 860x800x1900 mm with a weight of about 1,000 kg. [3]

**Generator set:**

Himoinsa HRFW-100- S5 of 100 KVA with engine with Stage V regulations according to Ordinance 4/2021 on Air Quality and Sustainability of the Madrid City Council.

**Isolation transformer:**

Single-phase isolation transformer for medical use CM8000 from Torytrans. [4]

**2.7. Energy saving**

Finally, a comparison of the energy savings of the designed AHU compared to the case without air recirculation has been made. For this, estimating about 2,200 hours of use of the operating room per year, that is, 25% of the year [5]. Knowing that the consumption of the AHU finally designed is 7.24 KW while that of the case without air recirculation with the same type of recuperator is 8.45 KW.

Assuming that the equipment is operating at maximum power for 2,200 hours, a consumption of 15,928 kWh is obtained for the designed AHU and 18,590 for the AHU without air recirculation.

With the current price of electricity, which is at an average of €0.35/kWh, an expense of €5,574 would be obtained for the designed AHU and €6,507 for the case of the AHU without recirculation. In other words, spending €933 per year on air conditioning consumption alone if electricity prices do not vary.

**2.8. Conclusions**

---

After the design of all the facilities, the savings in both equipment and consumption of the AHU are emphasized. After optimizing this, it has been possible to reduce its initial installation cost from €48,800 to €31,993. In addition, it has been possible to increase its efficiency by recirculating air from the room and adding heat exchangers. All this is achieved without reducing the quality of the air in the room with the correct installation of the necessary filters and driving a minimum of air from the outside.

On the other hand, the rest of the facilities have been designed always seeking compliance with the regulations for the proper functioning of the entire facility. Emphasis has been placed on finding the appropriate emergency equipment, such as the UPS and the generator set that allow the installation to function in the event of an electrical failure.

In addition, the relevant protections have been designed to keep both patients and specialized equipment always safe from electrical failures.

---

# Índice

1.	Introducción.....	28
2.	Estado del arte.....	29
3.	Climatización.....	31
3.1.	Introducción.....	31
3.2.	Clasificación según el tipo de intervenciones .....	34
3.3.	Clasificación según la arquitectura.....	35
3.4.	Calidad del aire .....	36
3.5.	Caudal de impulsión .....	38
3.6.	Caudal procedente del exterior .....	41
3.7.	Cargas Térmicas .....	41
3.7.1.	Condiciones interiores .....	41
3.7.2.	Condiciones exteriores .....	42
3.7.3.	Cálculo de las Cargas Térmicas .....	44
3.7.3.1.	Cargas Térmicas debido a Iluminación .....	45

---

3.7.3.2. Cargas Térmicas debido a Equipos .....	46
3.7.3.3. Cargas Térmicas debido a Personas .....	47
3.7.3.4. Cargas Térmicas debido al Aire de impulsión procedente del exterior	49
3.7.3.5. Resumen cargas térmicas.....	49
3.8. Cálculos UTA .....	50
3.8.1. Batería fría .....	53
3.8.1.1. Aire del local.....	56
3.8.1.2. Aire del exterior .....	58
3.8.1.3. Aire de Impulsión .....	60
3.8.1.4. Aire mezclado.....	63
3.8.1.5. Potencia de la batería fría .....	66
3.8.1.6. Agua condensada.....	67
3.8.1.7. Punto de rocío de la batería (ADP) y su factor de bypass (FB) .....	68
3.8.1.8. Flujo másico de agua en la batería .....	71
3.8.1.9. Potencias de la batería con intercambiador de calor .....	72
3.8.1.10. Resumen resultados batería fría .....	74

---

3.8.2. Batería Caliente .....	76
3.8.2.1. Aire del local.....	79
3.8.2.2. Aire del exterior.....	81
3.8.2.3. Cargas de ventilación.....	83
3.8.2.4. Aire de impulsión humidificado.....	85
3.8.2.5. Caudales de aire y propiedades aire mezclado .....	87
3.8.2.6. Aire de impulsión .....	91
3.8.2.7. Flujo másico de agua en el humidificador.....	93
3.8.2.8. Flujo másico de agua en la batería .....	94
3.8.2.9. Potencias de la batería con intercambiador de calor .....	94
3.8.2.10. Resumen resultados batería caliente .....	96
3.8.3. Optimización baterías frío y caliente.....	98
3.8.4. Análisis económico UTA .....	102
3.8.5. Conductos ventilación y tuberías.....	105
3.8.6. Enfriadora .....	114
4. Iluminación .....	114
5. Instalación eléctrica. ....	121

---

5.1.	Cableado .....	121
5.2.	Interruptores automáticos .....	135
5.3.	Esquema de la instalación.....	142
6.	S.A.I.....	142
7.	Resumen resultados y equipos.....	143
8.	Presupuestos .....	149
9.	Conclusiones.....	151
10.	Objetivos de desarrollo sostenible.....	151
11.	Bibliografía.....	154
	ANEXOS.....	158

## 1. Introducción

El objetivo de este proyecto de fin de máster es el diseño y optimización de las principales instalaciones de un quirófano híbrido cumpliendo la normativa vigente.

Dentro de estas instalaciones se incluyen el equipo de climatización, toda la instalación de alumbrado, El sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) y grupo electrógeno, diseño del cableado e interruptores automáticos.

- **Climatización:** dentro de las instalaciones de climatización se incluyen todos los elementos necesarios para conseguir las condiciones asépticas exigidas por la normativa aplicable a salas de estas características.
- **Alumbrado:** Se diseñará el sistema de alumbrado de la sala que proporcione una correcta iluminación de acuerdo con la normativa vigente.
- **Tomas de fuerza:** Se diseñarán y se dimensionará el cableado necesario para la alimentación de los equipos de la sala con sus respectivas protecciones.
- **SAI y grupo electrógeno:** Sistema de alimentación ininterrumpida que permita a la instalación seguir funcionando en caso de fallo del sistema eléctrico ordinario de alimentación.

## 2. Estado del arte

Un quirófano híbrido es un espacio quirúrgico el cual está equipado con distintos dispositivos de imagen avanzados. Entre estos dispositivos se podrían mencionar por ejemplo arcos en C fijos que hacen de escáner de rayos X [6], escáneres de TC (Tomografía computarizada) antes TAC (Tomografía axial computarizada), la cual recoge imágenes de cortes o secciones por medio de rayos X realizando movimientos rotativos alrededor del paciente en cuestión, o escáneres de imagen por resonancia magnética (IRM) que son escáneres de recopilación de imágenes por metodologías no invasivas que permiten visualizar elementos del interior del objeto a analizar.



*Imagen 1. Escáner TC en el quirófano híbrido. Hospital General de Cataluña. [7]*



*Imagen 2. Escáner en C fijo en un quirófano híbrido en el hospital Gemelli de Roma. [8]*

Todos estos elementos permiten la realización de las distintas intervenciones que se pueden realizar en cada quirófano de una forma mucho más segura y menos invasiva. Gracias a este tipo de quirófanos, en la actualidad ya casi no se realizan operaciones en las que es necesario abrir al paciente por completo. En su lugar se utilizan técnicas mucho menos invasivas insertando catéteres o endoscopios a través de pequeños orificios en los pacientes. Este tipo de intervenciones son posibles entre otros, gracias a estos elementos de captación de imagen que se incluyen en los denominados quirófanos híbridos. Con esto se consigue atender a los pacientes de forma más rápida precisa y segura, y además se agiliza la recuperación de estos.

Por otro lado, muchos de estos quirófanos están también equipados con robots de cirugía como podría ser el “sistema quirúrgico Da Vinci” [9]. Con este tipo de sistemas se consigue aumentar aún en mayor medida la

precisión, calidad y velocidad de las intervenciones mejorando las probabilidades éxito y la recuperación de los pacientes.



*Imagen 3. Sistema Quirúrgico Da Vinci. [9]*

### **3. Climatización**

#### **3.1. Introducción**

En este apartado se procederá a calcular las instalaciones de climatización del quirófano propuesto.

El sistema de climatización es una parte crucial del diseño de cualquier sala quirúrgica y tiene que cumplir una serie de requisitos para que estas salas cumplan con sus respectivas funciones. [10]

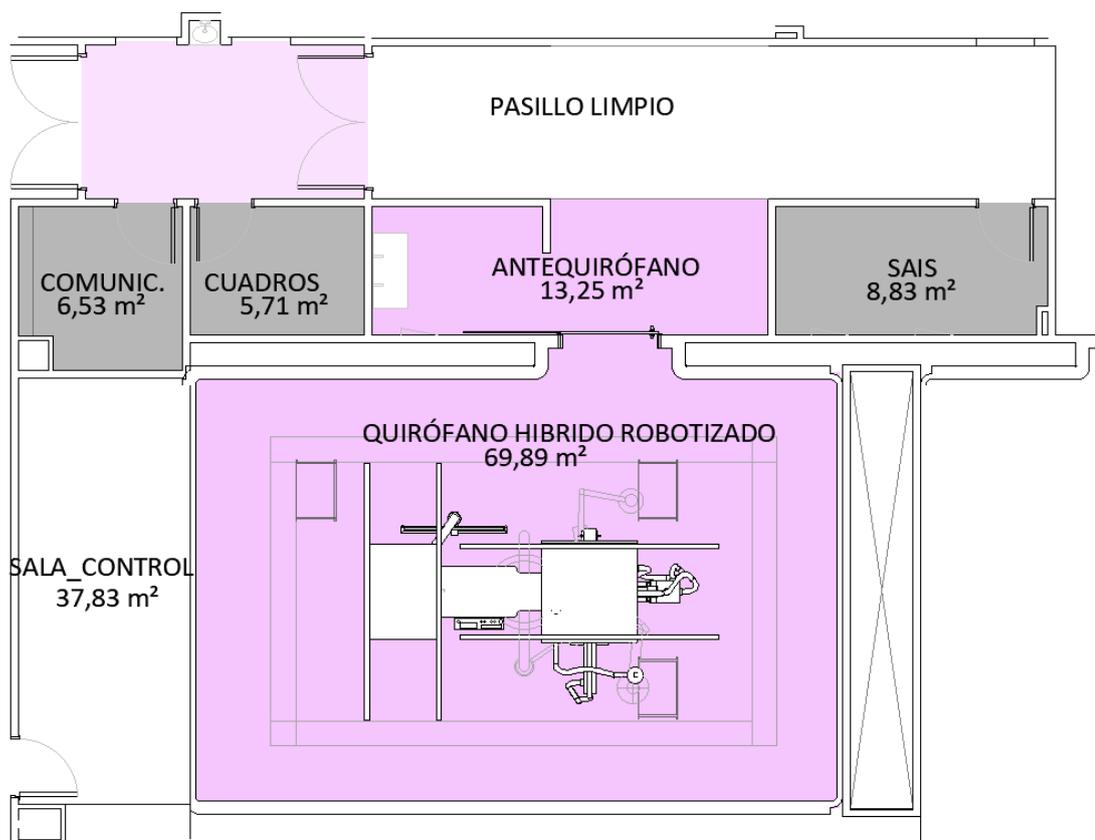
- En primer lugar, el equipo debe de crear unas condiciones de temperatura, humedad y ventilación confortables tanto para pacientes como para trabajadores.
- El sistema de climatización debe crear un flujo de aire de tal manera que el caudal contaminado este alejado de la mesa de operaciones y del equipo quirúrgico.
- Tiene que haber un número determinado de renovaciones hora del aire para asegurar la eliminación de gérmenes procedentes del equipo quirúrgico y además es necesario reducir al mínimo las posibles fugas de gases de anestesia.
- Es necesario mantener una diferencia de presiones entre la sala quirúrgica y las salas contiguas para evitar que entre aire contaminado en el quirófano.
- Por último, el aire introducido en la sala debe ser filtrado para cumplir unas condiciones asépticas determinadas.

Dentro de los distintos elementos que conforman el diseño de cualquier quirófano, la climatización es uno de los más importantes. El quirófano sobre el que se diseñarán las instalaciones en este proyecto está compuesto por dos salas:

- La sala quirúrgica o sala “Quirófano híbrido robotizado” en la *imagen 4*. Esta es la sala principal donde se atenderán a los

pacientes y donde se requieren las condiciones asépticas más exigentes del diseño.

- El antequirófano o sala de preparación donde los cirujanos y demás especialistas se preparan para entrar a la sala principal.



*Imagen 4. Plano esquemático del quirófano para el que se diseñaran las distintas instalaciones.*

Ambas salas estarán delimitadas mediante exclusas que impidan el acceso directo a las mismas para evitar transmisión de gérmenes y contaminación de los espacios. Es recomendable que las puertas de acceso sean correderas

para evitar perturbaciones del flujo de aire, estas no se han diseñado en este proyecto, pero se prevé su uso.

Además, la sala que se está diseñando estará ubicada en una entreplanta del hospital propuesto, es decir, ni la planta baja ni la última planta. Como se exige en la normativa, las salas quirúrgicas no han de tener ventanas hacia el exterior, para generalizar el diseño la sala se supondrá ubicada dentro del hospital, rodeada de otras salas climatizadas. Esto influirá especialmente a la hora del cálculo de las cargas térmicas ya que no se tendrán en cuenta transferencias de calor con las salas adyacentes.

### **3.2. Clasificación según el tipo de intervenciones**

Para la realización del diseño de muchos de los elementos de la instalación es necesario concretar y especificar algunas de las características del quirófano a diseñar.

Los quirófanos se dividen en dos tipos según la norma UNE 100713:2005. Estos tipos son quirófanos tipo A y B siendo los de tipo A en los que se pueden llevar a cabo las cirugías más complejas. Se añade una tercera categoría, los quirófanos tipo C según distintas empresas de ingeniería y consultoría [11] [12] para clasificar los quirófanos de ambulatorio. En la *tabla 1* se puede observar un resumen de los distintos tipos de quirófano y la normativa aplicable a cada uno.

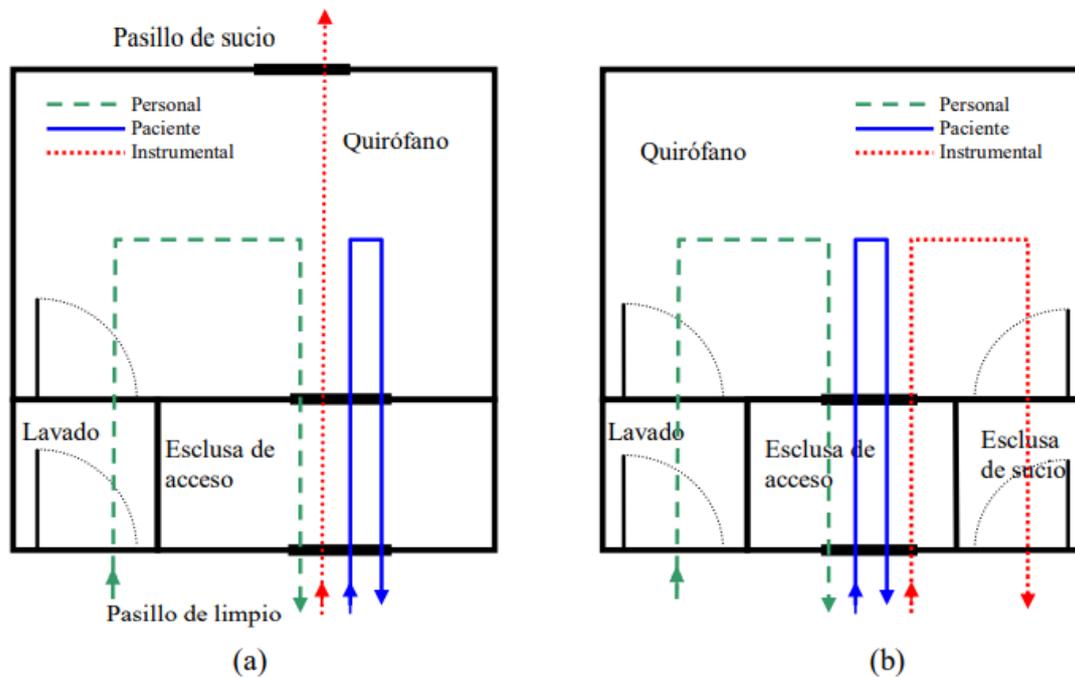
Tipo	Denominación	Aptos para	Norma europea <sup>7</sup> (en elaboración)
A	Quirófanos de cirugía especial o de alta tecnología	Trasplante de órganos, cirugía cardiaca, cirugía vascular con implante, cirugía ortopédica con prótesis, neurocirugía,...	H1a
B	Quirófanos convencionales	Cirugías convencionales y de urgencias, resto de operaciones quirúrgicas	H1c
C	Quirófanos de cirugía ambulatoria	Cirugía ambulatoria y salas de partos	H1c

*Tabla 1. Clasificación de los distintos tipos de quirófanos según el tipo de intervenciones que permiten llevar a cabo. [10]*

El quirófano que se va a diseñar en este proyecto se trata de un quirófano tipo B que permite principalmente cirugías convencionales y de urgencias. Se va a diseñar este tipo de quirófano ya que los quirófanos híbridos suponen de gran ayuda en operaciones de urgencia al poder diagnosticar rápidamente el problema que tiene cada paciente sin necesidad de traslados además de una constante monitorización de su estado en tiempo real.

### 3.3. Clasificación según la arquitectura

Actualmente la mayoría de los quirófanos se pueden agrupar en dos grupos según su distribución. Pasillo doble (a) y pasillo simple (b). El quirófano propuesto se trata de un quirófano con pasillo simple ya que se accede al mismo a través de un único pasillo.



*Imagen 5. Circuitos para la configuración de: (a) pasillo doble y (b) pasillo único.*

### 3.4. Calidad del aire

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) estipula el uso de la norma UNE 100713:2005 para el diseño de los sistemas de climatización en hospitales. Esta norma divide los locales de los hospitales en dos clases [13]:

- Clase de local I: con altas exigencias. Los dispositivos de tratamiento del aire han de estar equipados con 3 niveles distintos de filtración y

además el último nivel debe ser instalado en el mismo elemento difusor.

- Clase II: con exigencias habituales. Solo se requieren dos niveles de filtración del aire.

Según la columna 3 de la tabla 5 de esta norma todos los quirófanos son Locales de Clase I.

En esta misma norma se establecen los filtros mínimos necesarios para cada nivel de filtración y la norma que lo estipula.

Nivel de filtración	Clase de filtro	Norma
1º	F 5	UNE-EN 779
2º	F 9	UNE-EN 779
3º	H 13	UNE-EN 1822-1

*Tabla 2. Clases de filtros para cada nivel de filtración.*

La colocación de estos filtros también queda normalizada en el apartado 5.5.2 de la UNE 100713:2005.

- 1º nivel de filtración:

En la toma de aire exterior, si el conducto tiene una longitud mayor de 10 m; en caso contrario, se debe colocar en la entrada de aire de la central de tratamiento de aire o después de la eventual sección de mezcla.

- 2º nivel de filtración:

Después de la unidad de tratamiento de aire y al comienzo del conducto de impulsión.

- 3º nivel de filtración:

Lo más cerca posible del local a tratar o bien en la proximidad del grupo de locales de un mismo tipo: en el caso de locales de la clase I, en la propia unidad terminal de impulsión de aire.

*Imagen 6. Colocación de los distintos niveles de filtración [13]*

### 3.5. Caudal de impulsión

Según se indica en el IDAE en la norma UNE 100014:2004: “Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo” Se establece según la experiencia un caudal mínimo a impulsar en salas con altas exigencias en cuanto a presencia de gérmenes como lo es una sala quirúrgica. Este caudal es de  $2400m^3/h$  con un mínimo de 20 *movimientos/h*. [13]

Además, se calculará el caudal necesario según la concentración de gérmenes requerida en la sala.

Para realizar este cálculo se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- $C_I^*$ : Caudal mínimo o de referencia de aire impulsado ( $2400m^3/h$ ).
- $C_I$ : Caudal real de aire impulsado.
- $k_R^*$ : Concentración media de gérmenes de referencia en el aire.
- $k_R$ : Concentración media de gérmenes en el aire.
- $k_S$ : Concentración media de gérmenes en las zonas a proteger, es decir, en la mesa de operaciones y la mesa de material quirúrgico.
- $\mu_S$ : Grado de contaminación  $\mu S = \frac{K_S}{K_R}$
- $\varepsilon_S$ : Concentración relativa de gérmenes en el aire.

Todos estos parámetros se relacionan según la *ecuación 1*:

$$\varepsilon_S = \frac{k_S}{k_R^*} = \mu_S \frac{k_R}{k_R^*} = \mu_S \frac{C_I^*}{C_I}$$

*Ecuación 1. Relación de parámetros para el cálculo del caudal de aire de impulsión mínimo necesario.*

El grado de contaminación  $\mu_S$  en las zonas de protección solo puede calcularse de forma experimental ya que no depende únicamente de los sistemas de difusión sino además del caudal de aire impulsado y otros parámetros.

Según la Norma [13] para sistemas de difusión por mezcla se considera que  $\mu_S = 1$  sin necesidad de demostración mientras que valores de  $\mu_S < 1$  necesitan comprobación mediante ensayo.

La norma recomienda para cumplir las exigencias mínimas según el tipo de quirófano el sistema de difusión a usar. En quirófanos tipo A es obligatorio utilizar sistemas de difusión por flujo laminar, en cambio en quirófanos tipo B se puede elegir el uso de flujo laminar o un sistema de difusión por mezcla (flujo turbulento).

En este caso se utilizará un sistema de difusión por mezcla de aire ya que los flujos laminares no son estrictamente necesarios en este tipo de quirófanos, exigen un mayor caudal a impulsar y por tanto un mayor consumo de la instalación y son más incómodos para los trabajadores de la sala.

La norma también establece que, para quirófanos tipo B, el valor máximo admisible de concentración relativa de gérmenes es de  $\varepsilon_S = 1$

Teniendo todas estas consideraciones en cuenta se procede al cálculo del caudal necesario como:

$$C_{I,min} = C_I \frac{\mu_S}{\varepsilon_{SI}} = 2400 \frac{1}{1} = 2400 \text{ m}^3/h$$

*Ecuación 2. Cálculo del caudal mínimo necesario.*

Despejando la *ecuación 2* con los datos requeridos para un quirófano tipo B se obtiene que el caudal mínimo necesario es de  $2400 \text{ m}^3/h$ .

Teniendo en cuenta el número mínimo de renovaciones/h se procederá a calcular de nuevo el caudal mínimo de impulsión teniendo en cuenta esta restricción.

La sala mide  $70 \text{ m}^2$ . Como se trata de un quirófano híbrido equipado con un arco en C y un TAC ha de tener una altura mínima hasta el techo de  $3,8 \text{ m}$  [14]. Teniendo esto en cuenta se puede calcular fácilmente el volumen de la sala:  $V_{sala} = 70 * 3,8 = 266 \text{ m}^3$

Teniendo en cuenta que han de haber al menos  $20 \text{ renovaciones/h}$  de aire, obtenemos el caudal mínimo de impulsión:

$$Q_{\text{mínimo renovaciones}} = 266 * 20 = 5320 \text{ m}^3/h$$

Por lo que el caudal mínimo que se ha impulsar es de  $5320 \text{ m}^3/h$  teniendo en cuenta todas las recomendaciones y restricciones.

### **3.6. Caudal procedente del exterior**

En cuanto al caudal de aire exterior impulsado, la norma establece que al menos  $1200m^3/h$  de aire han de proceder del exterior para mantener los niveles de concentración de gases medicinales en un punto óptimo, pero recomienda que la totalidad del aire impulsado en el quirófano proceda del exterior [13].

### **3.7. Cargas Térmicas**

Teniendo en cuenta todas las consideraciones exigidas se procede al cálculo de las cargas térmicas para calcular la potencia necesaria de la UTA. Se irán variando los valores de caudal de aire impulsado y recirculado para buscar así la máxima eficiencia energética de la instalación.

#### **3.7.1. Condiciones interiores**

Según la norma UNE 10713:2005 [13] las condiciones estándar de humedad y temperatura requeridas en un quirófano tipo B son:

- $T_{mínima} = 22\text{ }^{\circ}C$
- $T_{máxima} = 26\text{ }^{\circ}C$

- $HR = 45 - 55 \%$

Estos valores pueden ser modificados por el higienista. El sistema se calculará para poder alcanzar los 22°C en verano, 26°C en invierno y para poder mantener una humedad relativa del 50% en ambos casos.

### **3.7.2. Condiciones exteriores**

En primer lugar, para el cálculo de cargas se tendrá en cuenta la ubicación del hospital en el que se encuentra el quirófano a diseñar. Esta sala quirúrgica se está diseñando para un hospital localizado en la sierra de la Comunidad de Madrid, concretamente en la localidad de Torreldones.

Para establecer las condiciones exteriores en Torreldones se han tomado los datos de dos estaciones meteorológicas:

La estación meteorológica más cercana está en Colmenar Viejo (FAMET), identificador: 3191E. A una distancia de 16,57 Km con una altitud de 1004 m sobre el nivel del mar.

La segunda estación meteorológica más cercana está en Robledo de Chavela (FAMET), identificador: 3338. A una distancia de 27,39 Km con una altitud de 790 m sobre el nivel del mar.

Torreldones se encuentra a una altitud de 845m sobre el nivel del mar.

Se tomarán los datos de la estación de Robledo de Chavela ya que, aunque se encuentre a mayor distancia que la estación de Colmenar Viejo tiene una

altitud similar a Torrelodones y sus condiciones de proyecto son más exigentes.

A continuación, en la *Imagen 7* se muestran las condiciones exteriores que se tendrán en cuenta para el diseño de las instalaciones de climatización:

Provincia	Estación					Indicativo	
Madrid	Robledo de Chavela					3338	
<b>UBICACIÓN: AISLADO</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
790	40°25'46"	04°14'48"W	75.583	12.570			
<b>CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)</b>							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-11,0	-2,9	-1,4	12,8	74,9	38,0		
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
42,5	35,1	22,7	33,8	22,0	32,5	21,5	16,2
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
23,0	23,0	22,1	22,1	21,4	21,4		
<b>VALORES MEDIOS MENSUALES</b>							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	5,5	7,7	275	419	0		
Febrero	6,7	9,2	227	361	0		
Marzo	9,9	12,1	164	300	1		
Abril	11,6	13,8	123	246	5		
Mayo	15,3	17,5	59	151	21		
Junio	23,0	24,8	7	37	96		
Julio	25,0	27,4	1	16	159		
Agosto	24,5	26,9	2	18	150		
Septiembre	20,3	23,1	11	61	70		
Octubre	14,3	16,8	65	183	10		
Noviembre	8,7	10,8	184	325	0		
Diciembre	6,2	8,1	244	376	0		

*Imagen 7. Condiciones exteriores de cálculo Robledo de Chavela. [1]*

Para el cálculo de las cargas térmicas se necesitarán la temperatura seca y temperatura húmeda de verano y por otro lado la temperatura seca de invierno.

Cargas térmicas de verano:

- $T_{seca} = TS_1(^{\circ}C) = 33,8^{\circ}C$
- $T_{humeda} = THC_1(^{\circ}C) = 22^{\circ}C$

Cargas térmicas de invierno:

- $T_{seca} = TS_{99}(^{\circ}C) = -1,4^{\circ}C$
- $HR = HUM_{coin} = 74,9\%$

### **3.7.3. Cálculo de las Cargas Térmicas**

Como se ha mencionado anteriormente, no se considerará transmisión de calor entre esta sala quirúrgica y las salas adyacentes ya que se suponen también climatizadas por lo que para el cálculo de las cargas térmicas solamente será necesario calcular las cargas internas de la propia sala y las procedentes del aire impulsado. Entre estas cargas se incluirán las cargas procedentes de la iluminación, las cargas producidas por los aparatos eléctricos de la sala y las cargas provocadas por las personas que se encuentren en la sala quirúrgica.

Para el cálculo de las cargas tanto de invierno como de verano se considerarán los casos extremos.

En verano se tendrán en cuenta todos los posibles aportes de calor a la sala para que la UTA pueda alcanzar las condiciones exigidas con la sala al máximo de ocupación con todos los equipos funcionando.

En invierno la UTA ha de ser capaz de calentar la sala en el caso extremo en el que se encuentre vacía con todos los equipos apagados.

### **3.7.3.1. Cargas Térmicas debido a Iluminación**

En primer lugar, para el cálculo de cargas procedentes de la iluminación se hará una estimación que será verificada tras el diseño de las luminarias de la sala. Se estimará una potencia de  $30W/m^2$  para las luminarias que se utilizarán en la sala. La sala mide  $69,89 m^2$  que se redondeará a  $70 m^2$ , por lo que la potencia procedente de las luminarias será:

$$P_{luminarias} = 30 * 70 = 2100 W$$

Para el cálculo del calor producido por las bombillas se realiza la hipótesis más restrictiva. Por ello se aplica la *ecuación 3* suponiendo el uso de lámparas fluorescentes lo que implica que  $FR = 1,25$ . En el proyecto real se utilizará iluminación tipo LED que proporciona mucho menos calor y son más eficientes.

$$Q_{luminarias} = P_{luminarias} * FR$$

---

*Ecuación 3. Calor emitido por las luminarias de la sala.*

$$Q_{luminarias} = 2100 * 1,25 = 2625 W$$

$$Q_{luminarias} = 2625 W$$

### **3.7.3.2. Cargas Térmicas debido a Equipos**

Para el cálculo del calor emitido por los equipos presentes en la sala climatizada se considerará que la potencia íntegra de los dispositivos se transformará en calor. Se han escogido una serie de equipos concretos para realizar una estimación adecuada de la potencia de estos dispositivos:

EQUIPO DE RAYOS X TIPO C DE ALTO RENDIMIENTO [15]  $Q_{RX} = 2KW$

Tomógrafo General Electric Brightspeed. [16]  $Q_{TC} = 53,2 KW$

Otros aparatos eléctricos como pueden ser pantallas, sensores de temperatura, presión y humedad se estiman alrededor de 1 KW de potencia.

Debido a la alta Potencia demandada por el tomógrafo y sabiendo que la potencia íntegra de la maquina no se transmitirá en forma de calor se estimará una producción de calor de este de 15 KW. Esto significaría que, funcionando al máximo de sus capacidades, casi el 30% de esta potencia se transmitiría en forma de calor Por lo que  $Q_{TC} = 15 KW$

De este modo el total de calor emitido por elementos eléctricos será de:

$$Q_{equipos} = 2,65 + 2 + 15 + 1 = 20,65 \text{ KW}$$

### 3.7.3.3. Cargas Térmicas debido a Personas

Por último, para el calor producido por las personas que se encuentran en el interior de la sala se estimará un total máximo de 9 personas: 1 anestesiólogo, 2 cirujanos, 1 enfermera, 1 auxiliar de enfermería, 2 estudiantes ya que se trata de un hospital universitario y dos personas extra en caso de error.

Según la *tabla 3* se puede calcular el calor emitido por una persona en cada época del año según la actividad física que esté realizando.

Grado de actividad	Temperatura seca del local					
	26°C		24°C		21°C	
	W		W		W	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentados, en reposo	61	41	67	35	75	27
Sentados, trabajo muy ligero	63	53	70	46	79	37
Empleado de oficina	63	68	71	60	82	49
De pie, marcha lenta	63	68	71	60	82	49
Sentado, de pie	64	82	74	72	85	61
Sentado, restaurante	71	90	82	79	94	67
Trabajo ligero en banco de taller	72	147	86	133	107	113
Baile o danza	80	168	95	153	117	131
Marcha, 5 km/h	96	196	111	181	135	158
Trabajo penoso	142	282	153	270	176	247

*Tabla 3. Calor sensible y latente emitido por una persona dependiendo de su actividad física*

Para el cálculo de las cargas de verano se utilizará el calor emitido por una persona realizando un trabajo ligero en banco de taller a 26°C que es la temperatura máxima que se permite en la sala.

---

$$Q_{sensible} = 72 \text{ W/persona}$$

$$Q_{latente} = 147 \text{ W/persona}$$

Para el cálculo de las cargas de invierno se utilizará el calor emitido por una persona realizando un trabajo ligero en banco de taller a 21°C.

$$Q_{sensible} = 107 \text{ W/persona}$$

$$Q_{latente} = 113 \text{ W/persona}$$

Con un total de 9 personas los calores aportados en cada época del año por la ocupación de la sala serían:

Verano:

$$Q_{v,sensible} = 648 \text{ W}$$

$$Q_{v,latente} = 1323 \text{ W}$$

Invierno:

$$Q_{i,sensible} = 963 \text{ W}$$

$$Q_{i,latente} = 1017 \text{ W}$$

### 3.7.3.4. Cargas Térmicas debido al Aire de impulsión procedente del exterior

En este apartado se calcularán las cargas térmicas debido al aire de impulsión procedente del exterior. Para ello se utilizarán la *ecuación 4* para el calor sensible y la *ecuación 5* para el calor latente.

$$Q_S = C_I * (T_{ex} - T_{int}) * 0,3 * (1 - FB)$$

*Ecuación 4. Calor sensible debido al aire de impulsión procedente del exterior.*

$$Q_L = C_I * (X_{ex} - X_{int}) * 0,72 * (1 - FB)$$

*Ecuación 5. Calor latente debido al aire de impulsión procedente del exterior.*

Dónde:

$C_I$ : Caudal impulsado.

$T_{ex}$ : Temperatura seca exterior.

$T_{int}$ : Temperatura seca interior.

$FB$  : Factor de bypass.

$X_{ex}$ : Humedad específica exterior corregida.

$X_{int}$ : Humedad específica interior.

### 3.7.3.5. Resumen cargas térmicas

Con las condiciones ambientales de Torreldones se han calculado las cargas térmicas obteniendo los siguientes resultados para verano e invierno:

- Verano:

$$Q_S = Q_{luminarias} + Q_{RX} + Q_{TC} + Q_{equipos} + Q_{S, personas}$$

$$Q_L = Q_{V.Latente}$$

$$Q_S = 2,625 + 2 + 15 + 1 + 0,648 = 21,273 \text{ KW}$$

$$Q_L = 1,323 \text{ KW}$$

- Invierno:

Para el caso de invierno solo se considerarán en principio las cargas latentes producidas por las personas para satisfacer el bienestar térmico. De esta manera la UTA tendrá potencia suficiente para calentar la sala en sus condiciones extremas, es decir, con la sala vacía y con todos los equipos apagados.

$$Q_S = 0 \text{ KW}$$

$$Q_L = Q_{I.Latente} = 1,017 \text{ KW}$$

### 3.8. Cálculos UTA

A continuación, se realizará un primer cálculo de las UTA (unidades de tratamiento del aire) con las cargas térmicas estimadas anteriormente. Se analizará por separado el funcionamiento de la UTA en invierno (batería caliente y humidificador) y en verano (batería fría).

Para la realización de los cálculos de las baterías de la UTA se usarán las siguientes abreviaciones y ecuaciones:

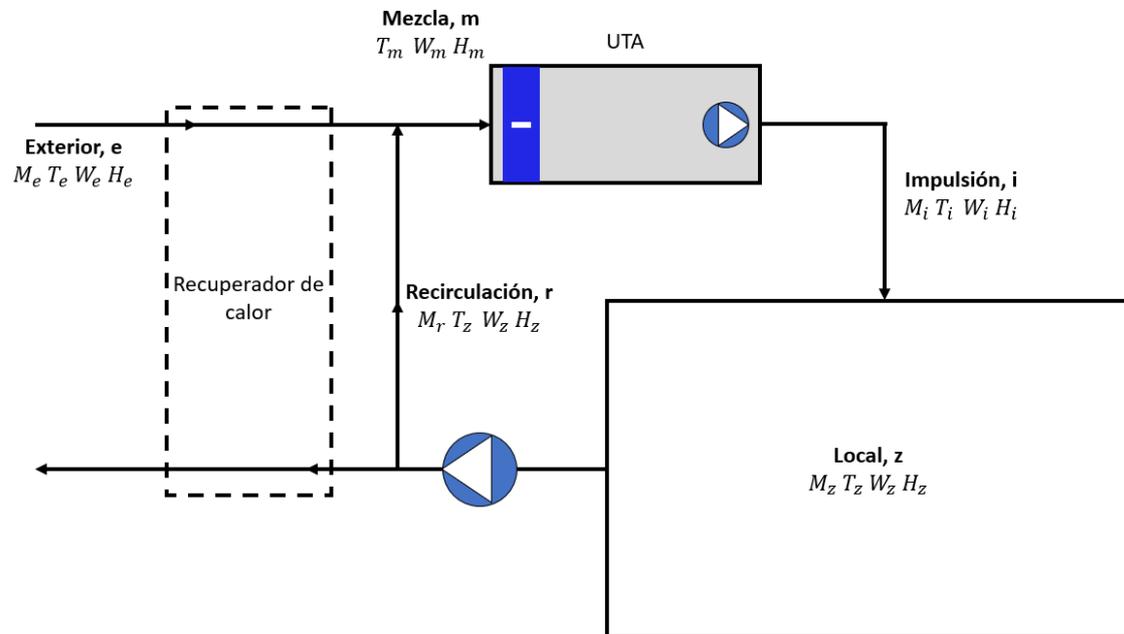
- $Q_s$  Calor sensible
- $Q_L$  Calor latente
- $Q_T$  Calor total
- Subíndice “i”: impulsión.
- Subíndice “ih”: impulsión humidificada (únicamente para batería caliente).
- Subíndice “z”: local.
- Subíndice “e”: exterior.
- Subíndice “m”: mezcla.
- Subíndice “rec”: con recuperación de calor.
- $C_p = 1,024 \text{ KJ/Kg} * K$ : Calor específico del aire húmedo.
- $C_{p-vapor} = 1,805 \text{ KJ/Kg} * K$ : Calor específico del vapor.

- $C_{pw} = 4,186 \text{ KJ/Kg} * K$  Calor específico del agua
- $R_{as} = 287 \text{ J/Kg} * K$  Calor específico del agua
- $r = 2501 \text{ KJ/Kg}$  Calor latente de vaporización del agua.
- $M$  Caudal de aire seco [kg aire seco/ tiempo]
- $p_T = 92187 \text{ Pa}$  : Presión atmosférica.
- $p_v$  : Presión de vapor de agua en el aire.
- $HR = \frac{p_v}{p_{vs}}$  humedad relativa del aire considerado. *Ecuación A.*
- $p_{vs} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{T}}$  : Presión de vapor saturante [Pa].  
*Ecuación B.*
- $W = 0,622 * \frac{p_v}{p_t - p_v}$  : humedad absoluta del aire considerado *Ecuación C.*
- $h = 1,006 * T + W * (C_{p-vapor} * T + r)$ : Entalpía del aire considerado *Ecuación D.*
- $v = R_{as} * T * \frac{1,6094 * W + 1}{P_T}$  volumen específico del aire  $\left[ \frac{m^3}{Kg_{as}} \right]$ .  
*Ecuación E.*
- $V = M * v$  Caudal de aire [ $m^3$ /tiempo] *Ecuación F.*

- $Q_{cond} = M_i * (W_m - W_i)$  Gasto masico de agua condensada en la UTA [kg/s]. *Ecuación G.*
- $FCS = \frac{c_p * (T_m - T_i)}{H_m - H_i}$  Factor de calor sensible. *Ecuación H.*
- $FB = \frac{T_i - T_{roc}}{T_m - T_{roc}} = \frac{h_i - h_{roc}}{h_m - h_{roc}} = \frac{w_i - w_{roc}}{w_m - w_{roc}}$  Factor de bypass. *Ecuación I.*
- $m_w$  Flujo másico de agua en la batería del climatizador [ $kg_{H2O}/s$ ]. *Ecuación J.*
- $T_r$  Temperatura de rocío del aire.

### 3.8.1. Batería fría

Para el primer diseño de la batería fría de la UTA se considerarán los siguientes parámetros de inicio que se pueden ver representados en la *imagen 8*:



*Imagen 8. Esquema instalación UTA verano (batería fría).*

Como ya se ha mencionado anteriormente las cargas térmicas del local son:

$$Q_S = 21,273 \text{ KW}$$

$$Q_L = 1,323 \text{ KW}$$

Por lo que la potencia total de las cargas de la propia sala sin tener en cuenta las cargas de ventilación, que dependerá del caudal de aire procedente del exterior, es:

$$Q_T = Q_S + Q_L = 21,273 + 1,323 = 22,596 \text{ KW}$$

Anteriormente se ha obtenido que el caudal de aire impulsado total ha de ser mínimo de  $5320m^3/h$ . Con al menos  $1200m^3/h$  procedentes del exterior [13]. Por lo que será necesario comprobar que se cumplen las restricciones de caudal mínimo impulsado.

La temperatura del aire impulsado se recomienda que, en quirófanos tipo B y C supere los  $7^{\circ}C$  de diferencia con la temperatura objetivo del local. Por ello, como se va a diseñar la UTA para una temperatura del local de  $22^{\circ}C$  y un 50% de humedad relativa, la temperatura de impulsión debería ser al menos de  $15^{\circ}C$ . Por lo que será necesario comprobar que se cumplen las restricciones de Temperatura mínima de impulsión.

Para el aire exterior, como ya se ha calculado anteriormente, se tomará como referencia el caso extremo a  $33,8^{\circ}C$  y una humedad relativa del 36,9%.

Para el agua que recorre la batería fría se considerará un salto térmico de  $5^{\circ}C$ . El agua entrará a la batería con una temperatura de  $7^{\circ}C$  y saldrá con una temperatura de  $12^{\circ}C$ .

En primer lugar, se realizará un cálculo de la potencia necesaria sin recuperador de calor para posteriormente comparar el ahorro energético incluyendo esta alternativa.

Teniendo todas las restricciones en cuenta, los valores de partida son:

- $Q_T = 22,596 \text{ KW}$
- $Q_S = 21,273 \text{ KW}$

- $Q_L = 1,323 \text{ KW}$
- $M_e = 2000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
- $T_i = 18 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_e = 33,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- $HR_e = 36,9\%$
- $T_Z = 22 \text{ }^\circ\text{C}$
- $HR_Z = 50 \%$

### 3.8.1.1. Aire del local

Conocidos los parámetros de diseño que se ha establecido se comenzará calculando todos los datos del aire que se requiere en el local haciendo uso de las *ecuaciones B*:

$$p_{vs,z} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{22+273}} = 2640 \text{ Pa}$$

De la ecuación A se despeja el valor de la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,z} = HR_Z * p_{vs,z} = 0,5 * 2640 = 1320 \text{ Pa}$$

Con la ecuación C se obtiene la humedad absoluta del aire condensado:

$$W_z = 0,622 * \frac{1320}{92187 - 1320} = 0,00904 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{Kg}_{as}$$

Por último, se calcula la entalpia del aire de la sala aplicando la ecuación D:

$$h_z = 1,006 * 22 + 0,00904 * (1,805 * 22 + 2501) = 45,09 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}_{as}}$$

Por último, se calcula el volumen especifico del aire del aire con la ecuación E:

$$v_e = 287 * 22 * \frac{1,6094 * 0,00904 + 1}{92187} = 0,9322 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$$

Propiedad		Aire Local
Temperatura Seca	$T_z$	22°C
Humedad relativa	$HR_z$	50%
Presión de vapor saturante	$P_{vs,z}$	2640 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,z}$	1320 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_z$	0,00904 $\text{Kg}_{H_2O}/\text{Kg}_{as}$
Entalpia del aire	$h_z$	45,09 $\text{KJ}/\text{Kg}_{as}$

Volumen específico del aire	$v_z$	$0,9322 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$
-----------------------------	-------	-------------------------------------

*Tabla 4. Resumen aire Local verano.*

### 3.8.1.2. Aire del exterior

Conocidos los parámetros de diseño que se han establecido se comenzará calculando todos los datos del aire proveniente del exterior mediante el mismo procedimiento que en el apartado exterior:

De la ecuación B se obtiene la presión de vapor saturante:

$$p_{vs,e} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{33,8+273}} = 5281 \text{ Pa}$$

De la ecuación A se despeja el valor de la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,e} = HR_e * p_{vs,e} = 0,369 * 5281 = 1949 \text{ Pa}$$

Con la ecuación C se obtiene la humedad absoluta del aire condensado:

$$W_e = 0,622 * \frac{1949}{92187 - 1949} = 0,01343 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{Kg}_{as}$$

Se calcula la entalpia del aire exterior aplicando la ecuación D:

$$h_e = 1,006 * 33,8 + 0,01343 * (1,805 * 33,8 + 2501) = 68,4 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}_{as}}$$

Por último, se calcula el volumen específico del aire del aire exterior con la ecuación E:

$$v_e = 287 * 33,8 * \frac{1,6094 * 0,01343 + 1}{92187} = 0,9763 \text{ m}^3 / \text{Kg}_{as}$$

Propiedad		Exterior
Caudal	$V_e$	2000 $\text{m}^3 / \text{h}$
Temperatura Seca	$T_e$	33,8°C
Humedad relativa	$HR_e$	36,9%
Presión de vapor saturante	$P_{vs,e}$	5281 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,e}$	1949 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_e$	0,01343 $\text{Kg}_{H_2O} / \text{Kg}_{as}$
Entalpia del aire	$h_e$	68,42 $\text{KJ} / \text{Kg}_{as}$
Volumen específico del aire	$v_e$	0,9763 $\text{m}^3 / \text{Kg}_{as}$

*Tabla 5. Resumen aire Exterior verano.*

### 3.8.1.3. Aire de Impulsión

Una vez conocidas las características del aire deseado se procede a calcular el caudal másico de aire a impulsar para compensar las cargas sensibles del local.

El calor sensible del local es equivalente a:

$$Q_S = M_i * C_p * (T_z - T_i)$$

*Ecuación 6. Compensación calor sensible de la sala en función del aire y la temperatura de impulsión.*

Despejando la *ecuación 6* se obtiene que el caudal de impulsión  $M_i$  es:

$$M_i = \frac{Q_S}{C_p * (T_z - T_i)} = \frac{21,273}{1,024 * (22 - 18)}$$

$$M_i = 5,19 \text{ Kg}_{as}/\text{segundo}$$

Conocido el caudal de aire seco se puede calcular el caudal de aire en  $m^3/h$ . Lo único necesario es obtener el volumen específico del aire en las condiciones de impulsión. Para ello se calculará primero la humedad absoluta (W) del mismo.

Para hallar la humedad específica requerida del aire de impulsión se buscará la compensación de las cargas latentes. Para ello se usará la *ecuación 7*:

$$Q_L = M_i * r * (W_z - W_i)$$

*Ecuación 7. Compensación calor latente de la sala en función del aire y la humedad de impulsión.*

Despejando la *ecuación 7* se obtiene que la humedad de impulsión  $W_i$  es:

$$W_i = W_z - \frac{Q_L}{r * M_i} = 0,00904 - \frac{1,323}{2501 * 5,19}$$

$$W_i = 0,008934 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{kg}_{as}$$

Se calcula el volumen específico del aire de impulsión con la *ecuación E*:

$$v_i = 287 * 18 * \frac{1,6094 * 0,008934 + 1}{92187} = 0,9322 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$$

Ahora ya se puede obtener el caudal de aire total de impulsión resolviendo la *ecuación F* y cambiando segundos por horas:

$$V_i = 5,19 * 0,9322 * 3600 = 17191 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por último, se calculan el resto de las propiedades del aire de impulsión:

De la *ecuación D* se obtiene la entalpía:

$$h_i = 1,006 * 18 + 0,008934 * (1,805 * 18 + 2501) = 40,74 \text{ KJ}/\text{Kg}_{as}$$

De la *ecuación B* se obtiene la Presión de vapor saturante:

$$p_{vs,i} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{18+273}} = 2061 \text{ Pa}$$

Despejando la *ecuación C* se puede hallar la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,i} = W_i * \frac{P_T}{0,622 + W_i} = 0,008934 * \frac{92187}{0,622 + 0,008934}$$

$$P_{v,i} = 1305 \text{ Pa}$$

Se obtiene la Humedad relativa del aire de impulsión con la *ecuación A*.

$$HR_i = \frac{1305}{2061} = 63,3\%$$

Propiedad		Impulsión
Caudal	$V_i$	$17191 \text{ m}^3/h$
Temperatura Seca	$T_i$	$18^\circ\text{C}$
Humedad relativa	$HR_i$	$63,3\%$
Presión de vapor saturante	$P_{vs,i}$	$2061 \text{ Pa}$
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,i}$	$1305 \text{ Pa}$
Humedad absoluta del aire	$W_i$	$0,00893 \text{ Kg}_{H2O}/\text{Kg}_{as}$
Entalpia del aire	$h_i$	$40,74 \text{ KJ}/\text{Kg}_{as}$
Volumen específico del aire	$v_i$	$0,9195 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$

*Tabla 6. Resumen aire impulsión.*

### 3.8.1.4. Aire mezclado

Para calcular la cantidad de aire mezclado que entra a la UTA y sus propiedades es necesario saber que cantidad de aire viene del exterior y cuanto aire es recirculado. Para ello, en primer lugar, se realizará un balance de masas aplicando la siguiente ecuación:

$$M_r = M_i - M_e$$

*Ecuación 8. Balance de masas de aire.*

Como se conoce el caudal de aire del exterior, primero se despeja el caudal de aire seco procedente del exterior de la *ecuación F*.

$$M_e = \frac{V_e}{v_e} = \frac{2000}{0,9763} = 2049 \frac{kg_{as}}{h} = 0,569 \frac{Kg_{as}}{s}$$

De la *ecuación 8* se obtiene el aire recirculado:

$$M_r = 5,194 - 0,569 = 4,625 kg_{as}/s$$

Una vez conocido el caudal de aire recirculado se puede realizar un balance de entalpias obteniendo la *ecuación 9* de la que se puede despejar la entalpia de la mezcla:

$$M_e * h_e + M_r * h_z = M_i * h_m$$

*Ecuación 9. Balance de entalpías.*

$$h_m = \frac{M_e * h_e + M_r * h_z}{M_i} = \frac{0,569 * 68,42 + 4,625 * 45,09}{5,194}$$

$$h_m = 46,64 \text{ KJ/Kg}_{as}$$

Por último, se lleva a cabo un balance de humedades obteniendo así la *ecuación 10* e la que se puede despejar la humedad de la mezcla:

$$M_e * W_e + M_r * W_z = M_i * W_m$$

*Ecuación 10. Balance de humedades.*

$$W_m = \frac{M_e * W_e + M_r * W_z}{M_i} = \frac{0,569 * 0,01343 + 4,625 * 0,00904}{5,194}$$

$$W_m = 0,00952 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{kg}_{as}$$

De la *ecuación C* se despeja la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,m} = p_T * \frac{W_m}{0,622 + W_m} = 92187 * \frac{0,00952}{0,622 + 0,00952} = 1389 \text{ Pa}$$

De la *ecuación D* se obtiene la Temperatura seca:

$$T_m = \frac{h_m - r * W_m}{1,006 + C_{p-vapor} * W_m} = \frac{46,64 - 2501 * 0,00952}{1,006 + 1,805 * 0,00952}$$

$$T_m = 23,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

De la *ecuación B* se obtiene la presión de vapor saturante:

$$p_{vs,m} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{23,3+273}} = 2858$$

De la ecuación A se obtiene la humedad relativa:

$$HR_m = \frac{1389}{2858} = 48,6\%$$

De la ecuación E se obtiene el volumen específico del aire mezclado:

$$v_m = 287 * 23,3 * \frac{1,6094 * 0,00952 + 1}{92187} = 0,9371 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$$

Propiedad		Mezcla
Caudal	$V_m$	17191 m <sup>3</sup> /h
Temperatura Seca	$T_m$	23,3°C
Humedad relativa	$HR_m$	48,6%
Presión de vapor saturante	$P_{vs,m}$	2858 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,m}$	1389 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_m$	0,00952 Kg <sub>H2O</sub> /Kg <sub>as</sub>
Entalpia del aire	$h_m$	47,64 KJ/Kg <sub>as</sub>

Volumen específico del aire	$v_m$	$0,9371 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$
-----------------------------	-------	-------------------------------------

*Tabla 7. Resumen aire mezclado.*

### 3.8.1.5. Potencia de la batería fría

La potencia frigorífica se puede calcular de diversas formas, en este caso se ha optado por la que se muestra a continuación:

La potencia total de la UTA depende del caudal másico a impulsar, es decir, el aire que atraviesa la UTA y la diferencia de entalpías entre el aire que entra y el aire que sale, es decir, el aire de la mezcla y el aire de impulsión:

$$Pot = M_i * (H_m - H_i)$$

*Ecuación 11. Potencia total de la UTA.*

De la *ecuación 11* se obtiene:

$$P_{ot} = 5,194 * (47,64 - 40,74) = 35,87 \text{ KW}$$

Para saber que parte de esta potencia se requiere para compensar las cargas sensibles y las cargas latentes, se obtendrá la potencia sensible por separado según la *ecuación 12*:

$$P_s = M_i * C_p * (T_m - T_i)$$

*Ecuación 12. Potencia sensible de la UTA.*

De la *ecuación 12* se obtiene:

$$P_S = 5,194 * 1,024 * (23,3 - 18) = 28,2 \text{ KW}$$

Como 28,2 KW son de potencia sensible, el resto serán de potencia latente por lo que se obtiene:

$$P_L = P_{ot} - P_S = 35,85 - 28,2 = 7,7 \text{ KW}$$

De esta forma se obtienen las potencias necesarias de la batería fría con las condiciones propuestas.

Potencia total	$P_{ot}$	35,9 KW
Potencia sensible	$P_S$	28,2 KW
Potencia latente	$P_L$	7,66 KW

*Tabla 7. Potencia frigorífica de la UTA.*

### **3.8.1.6. Agua condensada**

Conocida la potencia latente de la UTA, o a partir de las humedades absolutas del aire que entra y sale de la UTA, se puede calcular el gasto másico de agua condensada requerido. Para ello se aplica la *ecuación G*.

$$Q_{cond} = 5,194 * (0,00952 - 0,00893) = 0,00303065 \text{ kg}_{H_2O}/s$$

### **3.8.1.7. Punto de rocío de la batería (ADP) y su factor de bypass (FB)**

Para calcular la temperatura de rocío de la batería, primero es necesario saber su factor de calor sensible, es decir, la relación entre el calor sensible y el total que aporta. Para ello se aplica la *ecuación H*.

$$FCS = 1,024 * \frac{23,3 - 18}{47,64 - 40,74} = 0,787$$

Como se ha podido ver anteriormente la mayoría de la potencia de la UTA es para compensar las cargas sensibles.

Ahora se puede obtener la temperatura de la batería fría también llamada Punto de rocío o ADP.

La temperatura de rocío de la batería es la temperatura que Tendría el aire de impulsión si estuviese saturado de agua para proporcionar el mismo FCS. Se puede observar en la siguiente imagen un ejemplo.

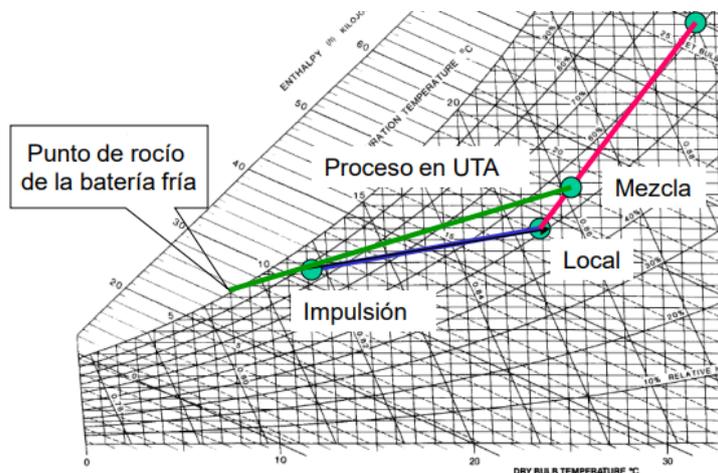


Imagen 9. Ejemplo Punto de rocío de la batería fría [17].

Para realizar este cálculo se lleva a cabo un proceso iterativo de interpolación en las tablas de las propiedades del aire. Para ello se ha realizado un programa en Excel que lleva a cabo esta tarea.

De este proceso iterativo se obtiene que la temperatura de la batería fría es de 10,9°C y la entalpía de rocío es 31,5 KJ/Kg<sub>as</sub>

$T_{\text{rocío batería}}$	10,9°C
$h_{\text{rocío batería}}$	31,5KJ/Kg <sub>as</sub>

Tabla 8. Punto de rocío de la batería fría.

---

Una vez conocida esta temperatura se calcula el factor de bypass de la batería.

Para entender lo que representa el factor de bypass es necesario comprender el funcionamiento de la UTA.

Como se puede observar en la *imagen 10*, a la UTA llega una corriente de aire  $M_i$ . Toda esta corriente atraviesa la batería que se encuentra a la temperatura de rocío anteriormente calculada pero no toda esta corriente es tratada por la batería. Por lo que se puede entender como si una parte de esta corriente “pasase de largo”. Esta parte sale en las mismas condiciones en las que entró. El resto del aire es tratado por la batería. El resultado es aire a una temperatura intermedia entre la temperatura de rocío y la temperatura de entrada a la batería.

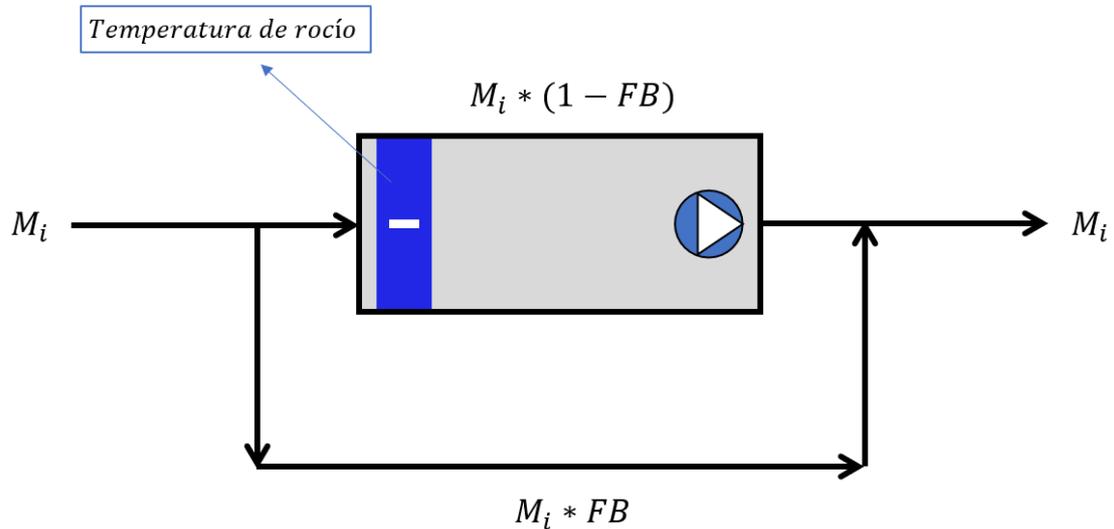


Imagen 10. Esquema explicación factor de bypass.

Una vez entendido este concepto se calcula el FB aplicando la *ecuación 1* con las temperaturas del aire:

$$FB = \frac{T_i - T_{roc}}{T_m - T_{roc}} = \frac{18 - 10,9}{23,3 - 10,9} = 0,572$$

Como el factor de bypass es bastante alto significa que se necesitará una batería de poca profundidad (2 o 3 filas de tubos).

### 3.8.1.8. Flujo másico de agua en la batería

En este apartado se procede a calcular el flujo másico de agua necesaria a través de la batería fría para conseguir la potencia requerida por las

especificaciones impuestas. Para ello se igualará la potencia de la UTA al flujo másico del agua por la diferencia de temperaturas del agua en la batería que es de 5°C ya que el agua entra a 7°C y sale a 12°C.

$$Q_S = m_w * C_{pw} * (\Delta T)$$

De aquí se despeja  $m_w$  obteniendo:

$$m_w = \frac{Q_S}{C_{pw} * \Delta T} = \frac{35,85}{4,186 * 5} = 1,713 \frac{kg_{H2O}}{s} = 6,167 kg/h$$

### **3.8.1.9. Potencias de la batería con intercambiador de calor**

En este apartado se llevará a cabo el mismo cálculo de las potencias necesarias para la batería de frío en caso de que se utilizase un recuperador de calor para aprovechar la energía que tiene el aire que se devuelve a la calle.

Para esta primera aproximación se supondrá un intercambiador de calor entre las dos corrientes (aire exterior y de expulsión) con una eficiencia del 50%. Ambas corrientes no se cruzan por lo que solamente se producirá un aumento de la temperatura y la entalpia del aire exterior.

De este modo, con las nuevas condiciones se recalcula la temperatura del nuevo aire exterior:

$$T_{e,rec} = T_e * 0,5 * (T_e - T_z) = 33,8 * 0,5 * (33,8 - 22) = 27,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Y la temperatura del nuevo aire de la mezcla:

$$T_{m,rec} = \frac{M_e * T_{e,rec} + M_r * T_z}{M_i} = \frac{0,569 * 27,9 + 4,625 * 22}{5,194}$$

$$T_{m,rec} = 22,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A partir de aquí, sabiendo que las humedades absolutas y las presiones de vapor de agua en el aire exterior y mezclado son las mismas se pueden obtener fácilmente el resto de propiedades siguiendo los mismos procedimientos que para el aire sin recuperación de calor. Aplicando la *ecuación D* se obtiene la entalpia del aire mezclado:

$$h_{m,rec} = 1,006 * T_{m,rec} + W_{m,rec} * (C_{p-vapor} * T_{m,rec} + r)$$

$$h_{m,rec} = 1,006 * 22,65 + 0,00952 * (1,805 * 22,65 + 2501)$$

$$h_{m,rec} = 46,97 \text{ KJ/Kg}_{as}$$

La nueva potencia de la UTA resultaría:

$$P_{ot} = M_i * (h_{m,rec} - h_i) = 5,194 * (46,97 - 40,74) = 32,37 \text{ KW}$$

$$P_s = M_i * C_p * (T_{m,rec} - T_i) = 5,194 * (22,65 - 18) = 24,71 \text{ KW}$$

$$P_L = P_{ot} - P_s = 32,37 - 24,71 = 7,66 \text{ KW}$$

Potencia total	$P_{ot}$	32,37 KW
----------------	----------	----------

Potencia sensible	$P_S$	24,71 KW
Potencia latente	$P_L$	7,66 KW

Tabla 9. Potencia frigorífica de la UTA con recuperación de calor.

### 3.8.1.10. Resumen resultados batería fría

		Sin Recuperación					Con Recuperación		
		Local	Impulsión	Mezcla	Rocío Batería	Exterior	Exterior	Mezcla	Rocío Batería
Temperatura seca, T	°C	22	18	23,3	10,9	33,8	27,9	22,65	10,6
Humedad relativa, HR	%	50,0%	63,3%	48,6%	100,0%	36,9%	51,8%	50,6%	100%
Presión atmosférica, pt	Pa	92187	92187	92187	92187	92187	92187	92187	92187
Presión de vapor saturante, pvs	Pa	2640	2061	2858	1305	5281	3759	2746	1281
Presión de vapor de agua en el aire, pv	Pa	1320	1305	1389	1305	1949	1949	1389	1281
Humedad absoluta del aire considerado, W	$\frac{Kg_{H2O}}{Kg_{as}}$	0,0090	0,00893	0,00952	0,00893	0,01343	0,01343	0,00952	0,00876
Temperatura de rocío, Tr	°C	11,1	10,9	11,9	10,9	17,1	17,1	11,9	10,6
Entalpía del aire considerado, h	$\frac{KJ}{Kg_{as}}$	45,09	40,74	47,64	31,5	68,42	62,34	46,97	30,82
Volumen específico del aire, v	$\frac{m^3}{Kg_{as}}$	0,9322	0,9195	0,9371	0,8901	0,9763	0,9575	0,9350	0,8959

*Tabla 10. Resumen propiedades del aire batería fría.*

Recuperación sensible		Sin recuperación	Recuperando 50%
Potencia total, $P_{ot}$	KW	35,87	32,37
Potencia latente, $P_L$	KW	7,72	7,66
Potencia sensible, $P_S$	KW	28,15	24,71
Caudal agua por batería fría, $m_W$	$Kg/h$	6,17	5,57
Caudal de impulsión $V_i$	$m^3/h$	17191	
Caudal del exterior $V_e$	$m^3/h$	2000	
Caudal recirculación, $V_r$	$m^3/h$	15191	
Factor de bypass, FB		0,572	0,61
Factor de calor sensible, FCS		0,7865	0,7634

*Tabla 11. Resumen dimensionamiento batería fría.*

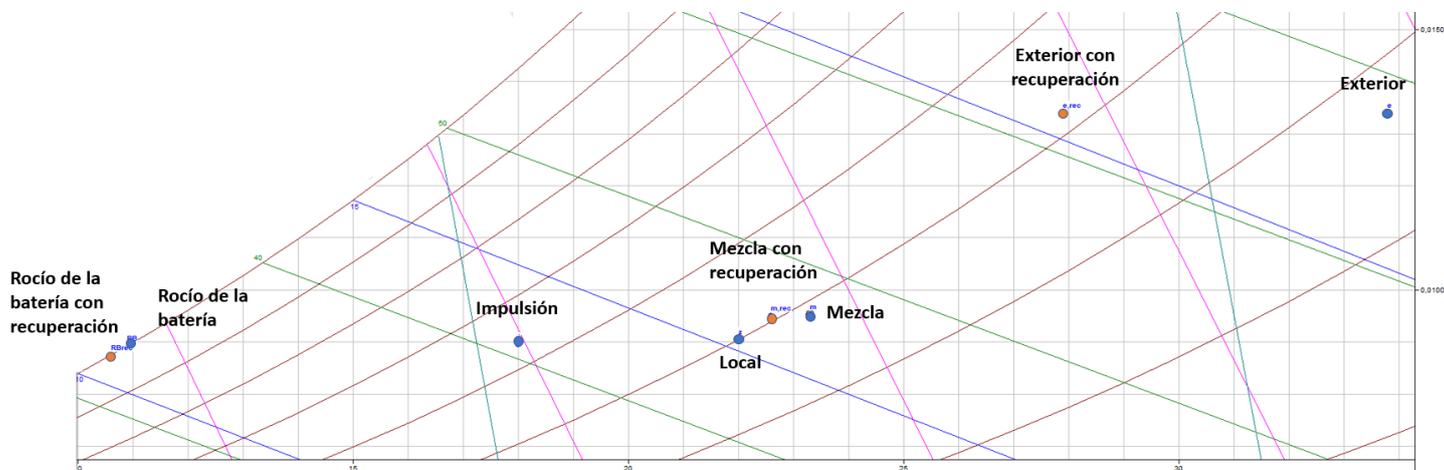


Imagen 10. Diagrama psicrométrico batería fría ampliado.

### 3.8.2. Batería Caliente

El proceso de cálculo de la batería caliente, aunque es muy similar al de la batería fría, difiere en algunos aspectos, sobre todo al inicio, por ello, aunque pueda resultar un tanto repetitivo se detallarán todos los cálculos.

Para el primer diseño de la batería Caliente de la UTA se considerarán los siguientes parámetros de inicio que se pueden ver representados en la *imagen 11*:

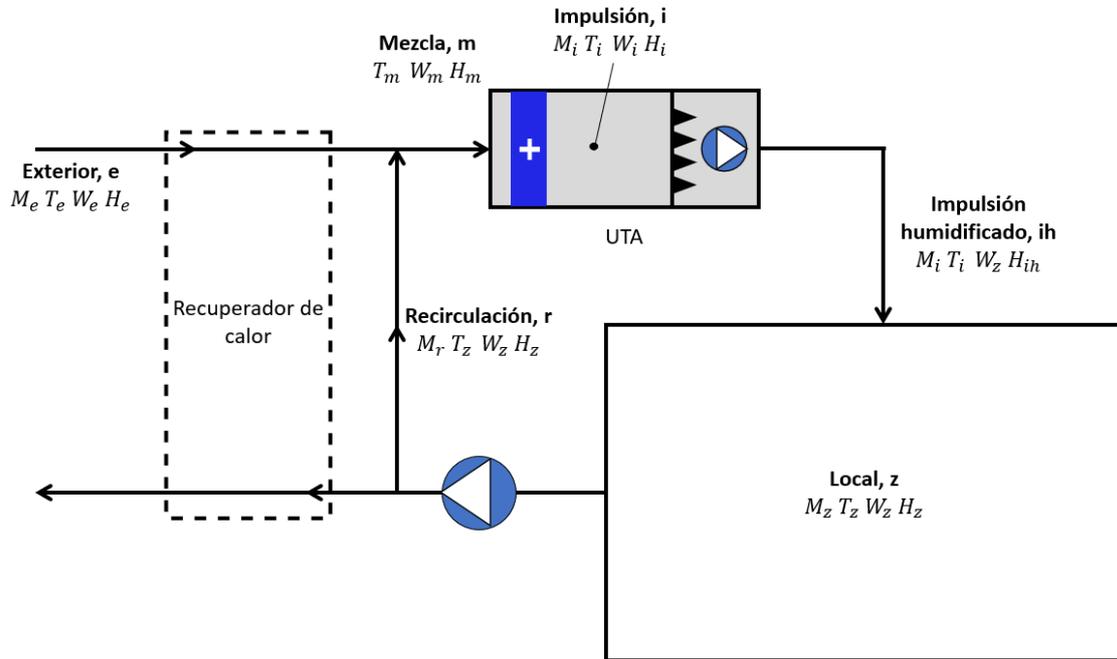


Imagen 11. Esquema instalación UTA invierno (batería caliente y humidificador).

Como ya se ha mencionado anteriormente las cargas térmicas del local son:

$$Q_s = 0 \text{ KW}$$

$$Q_L = 1,017 \text{ KW}$$

Al tratarse de calefacción, cualquier carga aportada a la sala está favoreciendo el trabajo de la UTA por lo que se considerará el caso extremo en el que todos los elementos de la sala se encuentran apagados y la sala está vacía de personal. Aun así, en principio se considerarán las cargas latentes en caso de que fuese necesario compensarlas, más adelante se podrá observar que en este caso, las cargas latentes también favorecen el funcionamiento de

la UTA por lo que el total de las cargas de la propia sala será 0 teniendo que compensar únicamente las cargas de la propia ventilación. Estas cargas dependerán únicamente de las condiciones exteriores y del caudal de aire proveniente del exterior.

Por lo que la potencia total de las cargas de la propia sala sin tener en cuenta las cargas de ventilación, que dependerá del caudal de aire procedente del exterior será en un principio:

$$Q_T = Q_S + Q_L = 0 + 1,017 = 1,017 \text{ KW}$$

Anteriormente se ha obtenido que el caudal de aire impulsado total ha de ser mínimo de  $5320 \text{ m}^3/\text{h}$ . Con al menos  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$  procedentes del exterior [13]. Por lo que será necesario comprobar que se cumplen las restricciones de caudal mínimo impulsado.

La temperatura del aire impulsado se recomienda que, en quirófanos tipo B y C supere los  $10^\circ\text{C}$  de diferencia en condiciones de calentamiento con la temperatura objetivo del local. Por ello, como se va a diseñar la UTA para una temperatura del local de  $26^\circ\text{C}$  y un 50% de humedad relativa, la temperatura de impulsión debería ser como máximo  $36^\circ\text{C}$ . Por lo que será necesario comprobar que se cumplen las restricciones de Temperatura máxima de impulsión.

Para el aire exterior, como ya se ha calculado anteriormente, se tomará como referencia el caso extremo a  $-1,4^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del 74,9%.

Para el agua que recorre la batería caliente se considerará un salto térmico de 10°C. El agua entrará a la batería con una temperatura de 70°C y saldrá con una temperatura de 60°C.

En primer lugar, se realizará un cálculo de la potencia necesaria sin recuperador de calor para posteriormente comparar el ahorro energético incluyendo esta alternativa.

Teniendo todas las restricciones en cuenta, los valores de partida son:

- $Q_T = 1,017 \text{ KW}$
- $Q_s = 0 \text{ KW}$
- $Q_L = 1,017 \text{ KW}$
- $M_e = 2000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$
- $T_i = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_e = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- $HR_e = 74,9\%$
- $T_z = 26 \text{ }^\circ\text{C}$
- $HR_z = 50 \%$

### **3.8.2.1. Aire del local**

Conocidos los parámetros de diseño que se ha establecido se comenzará calculando todos los datos del aire que se requiere en el local haciendo uso de las *ecuaciones B*:

$$p_{vs,z} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{26+273}} = 3360 \text{ Pa}$$

De la *ecuación A* se despeja el valor de la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,z} = HR_z * p_{vs,z} = 0,5 * 3360 = 1680 \text{ Pa}$$

Con la *ecuación C* se obtiene la humedad absoluta del aire condensado:

$$W_z = 0,622 * \frac{1680}{92187 - 1680} = 0,01155 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{Kg}_{as}$$

Por último, se calcula la entalpia del aire de la sala aplicando la *ecuación D*:

$$h_z = 1,006 * 26 + 0,01155 * (1,805 * 26 + 2501) = 55,57 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}_{as}}$$

Por último, se calcula el volumen específico del aire del aire con la *ecuación E*:

$$v_z = 287 * 26 * \frac{1,6094 * 0,01155 + 1}{92187} = 0,9486 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$$

Propiedad	Aire Local
-----------	------------

Temperatura Seca	$T_z$	26°C
Humedad relativa	$HR_z$	50%
Presión de vapor saturante	$P_{vs,z}$	3360 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,z}$	1680 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_z$	0,01155 $Kg_{H_2O}/Kg_{as}$
Entalpia del aire	$h_z$	55,57 $KJ/Kg_{as}$
Volumen específico del aire	$v_z$	0,9486 $m^3/Kg_{as}$

*Tabla 12. Resumen aire Local invierno.*

### 3.8.2.2. Aire del exterior

Conocidos los parámetros de diseño que se han establecido se comenzará calculando todos los datos del aire proveniente del exterior mediante el mismo procedimiento que en el apartado exterior:

De la *ecuación B* se obtiene la presión de vapor saturante:

$$p_{vs,e} = 1,795 * 10^{11} * e^{\frac{5323}{-1,4+273}} = 559 Pa$$

De la *ecuación A* se despeja el valor de la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,e} = HR_e * p_{vs,e} = 0,749 * 559 = 418 \text{ Pa}$$

Con la *ecuación C* se obtiene la humedad absoluta del aire condensado:

$$W_e = 0,622 * \frac{418}{92187 - 418} = 0,00284 \text{ Kg}_{H_2O} / \text{Kg}_{as}$$

Se calcula la entalpia del aire exterior aplicando la *ecuación D*:

$$h_e = 1,006 * (-1,4) + 0,00284 * (1,805 * (-1,4) + 2501) = 5,68 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}_{as}}$$

Por último, se calcula el volumen específico del aire del aire exterior con la *ecuación E*:

$$v_e = 287 * (-1,4) * \frac{1,6094 * 0,00284 + 1}{92187} = 0,8499 \text{ m}^3 / \text{Kg}_{as}$$

Propiedad		Exterior
Caudal	$V_e$	2000 $\text{m}^3 / \text{h}$
Temperatura Seca	$T_e$	-1,4°C
Humedad relativa	$HR_e$	74,9%

Presión de vapor saturante	$P_{vs,e}$	559 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,e}$	418 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_e$	0,00284 $Kg_{H2O}/Kg_{as}$
Entalpia del aire	$h_e$	5,68 $KJ/Kg_{as}$
Volumen específico del aire	$v_e$	0,8499 $m^3/Kg_{as}$

*Tabla 13. Resumen aire Exterior invierno.*

### 3.8.2.3. Cargas de ventilación

Una vez conocidas las características del aire deseado se procede a calcular el caudal másico de aire a impulsar para compensar las cargas sensibles del local.

El calor sensible del local es dependiente únicamente de la propia ventilación:

$$Q_S = M_e * C_p * (T_e - T_z)$$

*Ecuación 11. Compensación calor sensible de la sala en función del aire proveniente del exterior.*

Por ello es necesario calcular primero el caudal de aire proveniente del exterior despejando de la ecuación  $F$ :

$$M_e = \frac{V_e}{v_e} = \frac{2000}{0,8499} = 2353,26 \frac{kg}{h} = 0,654 \frac{kg}{s}$$

Despejando la *ecuación 11* se obtiene que el Calor sensible necesario es:

$$Q_S = 0,654 * 1,024 * (-1,4 - 26) = -18,3 \text{ KW}$$

Las potencias negativas según el criterio que se ha tomado indican calor que es necesario aportar a la sala.

También se puede calcular el calor latente necesario si se conoce el calor total:

$$Q_T = M_e * (h_e - h_z) = 0,654 * (5,68 - 55,57) = -32,6 \text{ KW}$$

Por lo que el calor latente necesario resulta:

$$Q_L = Q_T - Q_S = -32,6 + 18,3 = -14,3 \text{ KW}$$

Como se puede observar el resultado obtenido de potencia latente necesaria es negativo, es decir, hay que aportar 14,3 KW de potencia latente. Esto implica que si se tiene en cuenta el calor latente de las personas cuando están en el quirófano, la UTA no tendrá potencia suficiente para compensar estas cargas cuando la sala esté vacía. Por ello el total de cargas de la propia sala se considerará nulo para que la UTA pueda trabajar bajo cualquier condición.

- $Q_{T,sala} = 0 \text{ KW}$       $Q_{T,ventilación} = -32,62 \text{ KW}$
- $Q_{S,sala} = 0 \text{ KW}$       $Q_{S,ventilación} = -18,34 \text{ KW}$

- $Q_{L,sala} = 0 \text{ KW}$        $Q_{L,ventilación} = -14,28 \text{ KW}$

### 3.8.2.4. Aire de impulsión humidificado

Para compensar las cargas latentes se impulsará aire con la misma humedad absoluta que se requiere en la sala. De esta manera:

$$W_{ih} = W_z = 0,01155 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{Kg}_{as}$$

Se diferenciará entre aire de impulsión humidificado y sin humidificar para facilitar el proceso de cálculo.

Una vez conocidos la Temperatura de impulsión y la humedad absoluta del aire de impulsión humidificado se procede a calcular el resto de las propiedades del aire de impulsión humidificado:

De la *ecuación B* se obtiene la Presión de vapor saturante:

$$p_{vs,ih} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{30+273}} = 4249 \text{ Pa}$$

Despejando la *ecuación C* se puede hallar la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,ih} = W_{ih} * \frac{P_T}{0,622 + W_{ih}} = 0,01155 * \frac{92187}{0,622 + 0,01155}$$

$$P_{v,ih} = 1680 \text{ Pa}$$

Se obtiene la Humedad relativa del aire de impulsión humidificado con la *ecuación A*.

$$HR_{ih} = \frac{1680}{4249} = 39,53\%$$

De la *ecuación D* se obtiene la entalpía:

$$h_{ih} = 1,006 * 30 + 0,01155 * (1,805 * 30 + 2501) = 59,68 \text{ KJ/Kg}_{as}$$

Y por último se calcula el volumen específico del aire de impulsión humidificado con la *ecuación E*:

$$v_i = 287 * 30 * \frac{1,6094 * 0,01155 + 1}{92187} = 0,9613 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$$

Propiedad		Impulsión humidificada
Caudal	$V_i$	Aún no calculado
Temperatura Seca	$T_{ih}$	30°C
Humedad relativa	$HR_{ih}$	39,53%
Presión de vapor saturante	$P_{vs,ih}$	4249 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,ih}$	1680 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_{ih}$	0,01155 $\text{Kg}_{H_2O}/\text{Kg}_{as}$

Entalpia del aire	$h_{ih}$	59,68 KJ/Kg <sub>as</sub>
Volumen específico del aire	$v_{ih}$	0,9613 m <sup>3</sup> /Kg <sub>as</sub>

*Tabla 14. Resumen aire impulsión humidificado.*

### 3.8.2.5. Caudales de aire y propiedades aire mezclado

Para el cálculo de caudales de aire se ha realizado un proceso iterativo programado en Excel el cual se explicará a continuación.

En primer lugar, se impone un caudal de recirculación del aire cualquiera. Con este caudal realizando un balance de masas se obtiene el caudal de aire seco de recirculación y el volumen específico del aire de impulsión (sin humidificar) por lo que también se obtiene el caudal de aire seco de impulsión.

Una vez obtenidos estos parámetros mediante un balance de entalpías y de humedades se obtienen las propiedades del aire de la mezcla.

Por último, se verifica si se compensan las cargas sensibles resolviendo la siguiente ecuación:

$$Q_S = M_i * C_p * (T_m - T_i)$$

*Ecuación 11. Potencia sensible de la UTA*

Si el resultado sale negativo es necesario aumentar el caudal de recirculación, y viceversa.

A continuación, se mostrará el último cálculo de la iteración.

En primer lugar, se calcula el caudal de aire seco proveniente del exterior despejando de la *ecuación F*.

$$M_e = \frac{V_e}{v_e} = \frac{2000}{0,8499} = 2353 \text{ kg}_{as}/h = 0,654 \text{ kg}_{as}/s$$

A continuación, se impone un caudal  $V_r$ , en el caso de la última iteración este resulta  $V_r = 4898,5 \text{ m}^3/h$

Se calcula el caudal de aire seco recirculado:

$$M_r = \frac{V_r}{v_z} = \frac{4898,5}{0,9486} = 5164 \text{ kg}_{as}/h = 1,434 \text{ kg}_{as}/s$$

Se aplica un balance de masas para calcular el caudal de impulsión:

$$M_i = M_e + M_r = 0,654 + 1,434 = 2,088 \text{ kg}_{as}/s$$

Se aplica un balance de entalpías para obtener la entalpía de la mezcla:

$$M_i * h_m = M_e * h_e + M_r * h_z \rightarrow h_m = \frac{M_e * h_e + M_r * h_z}{M_i}$$

$$h_m = \frac{0,654 * 5,68 + 1,434 * 55,57}{2,088} = 39,95 \text{ KJ/Kg}_{as}$$

Se aplica un balance de humedades para obtener la humedad absoluta de la mezcla:

$$M_i * W_m = M_e * W_e + M_r * W_z \rightarrow W_m = \frac{M_e * W_e + M_r * W_z}{M_i}$$

$$W_m = \frac{0,654 * 0,00284 + 1,434 * 0,01155}{2,088} = 0,00882 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{Kg}_{as}$$

Con la humedad absoluta y la entalpia de la mezcla se puede obtener la temperatura de la mezcla fácilmente mediante la *ecuación D*.

$$T_m = \frac{h_m - r * W_m}{1,006 + 1 * C_{p-vapor} * W_m} = \frac{39,95 - 2501 * 0,00882}{1,006 + 1 * 1,805 * 0,00882}$$

$$T_m = 17,51 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con esta temperatura se comprueba si se compensan las cargas sensibles de la propia ventilación resolviendo la *ecuación Z*:

$$Q_S = M_i * C_p * (T_m - T_i) = 2,088 * 1,024 * (17,51 - 30) = -18,34$$

Anteriormente se obtuvo que

$$Q_{S,ventilación} = -18,34 \text{ KW}$$

Por lo que se compensan las cargas. En caso contrario habría que ir variando el caudal de aire recirculado hasta conseguir compensar las cargas de aire proveniente del exterior.

Ahora se procede a calcular el resto de las propiedades del aire mezclado:

De la *ecuación B* se obtiene la Presión de vapor saturante:

$$p_{vs,m} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{17,51+273}} = 1998 Pa$$

Despejando la *ecuación C* se puede hallar la presión de vapor de agua en el aire:

$$p_{v,m} = W_m * \frac{P_T}{0,622 + W_m} = 0,00882 * \frac{92187}{0,622 + 0,00882}$$

$$P_{v,i} = 1289 Pa$$

Se obtiene la Humedad relativa del aire mezclado con la *ecuación A*.

$$HR_m = \frac{1289}{1998} = 64,48\%$$

Se calcula el volumen específico del aire con la *ecuación E*:

$$v_m = 287 * 17,51 * \frac{1,6094 * 0,00882 + 1}{92187} = 0,9177 m^3 / Kg_{as}$$

Propiedad		Impulsión humidificada
Caudal	$V_m$	4898,5 m <sup>3</sup> / h
Temperatura Seca	$T_m$	17,5°C

Humedad relativa	$HR_m$	64,48%
Presión de vapor saturante	$P_{vs,m}$	1998 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,m}$	1289 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_m$	0,00882 $Kg_{H_2O}/Kg_{as}$
Entalpia del aire	$h_m$	39,95 $KJ/Kg_{as}$
Volumen específico del aire	$v_m$	0,9177 $m^3/Kg_{as}$

*Tabla 15. Resumen aire mezclado.*

### 3.8.2.6. Aire de impulsión

Como se ha diferenciado entre aire de impulsión y aire de impulsión humidificado, el proceso de calentamiento desde la mezcla hasta la impulsión es puramente sensible por lo que se conservarán las humedades absolutas del aire y por tanto la presión de vapor en el aire.

$$W_i = W_z = 0,00882 \text{ Kg}_{H_2O}/\text{kg}_{as}$$

$$P_{v,i} = P_{v,m} = 1289 \text{ Pa}$$

De la *ecuación B* se obtiene la Presión de vapor saturante que es igual que la presión de vapor saturante del aire de impulsión humidificado ya que tienen la misma temperatura:

$$p_{vs,i} = 1,795 * 10^{11} * e^{-\frac{5323}{30+273}} = 4249 \text{ Pa}$$

Se obtiene la Humedad relativa del aire de impulsión con la *ecuación A*.

$$HR_i = \frac{1289}{4249} = 30,33\%$$

De la *ecuación D* se obtiene la entalpía:

$$h_i = 1,006 * 30 + 0,00882 * (1,805 * 30 + 2501) = 52,71 \text{ KJ/Kg}_{as}$$

Se obtiene el volumen específico del aire de impulsión con la *ecuación E*:

$$v_i = 287 * 30 * \frac{1,6094 * 0,00882 + 1}{92187} = 0,9572 \text{ m}^3/\text{Kg}_{as}$$

Y por último el caudal de aire impulsado con la *ecuación F*.

$$V_i = M_i * v_i = 2,088 * 0,9572 * 3600 = 6898 \text{ m}^3/\text{h}$$

Propiedad		Impulsión
Caudal	$V_i$	6898 m <sup>3</sup> /h

Temperatura Seca	$T_i$	30°C
Humedad relativa	$HR_i$	30,33%
Presión de vapor saturante	$P_{vs,i}$	4249 Pa
Presión de vapor de agua en el aire	$p_{v,i}$	1289 Pa
Humedad absoluta del aire	$W_i$	0,00882 $Kg_{H2O}/Kg_{as}$
Entalpia del aire	$h_i$	52,71 $KJ/Kg_{as}$
Volumen específico del aire	$v_i$	0,9572 $m^3/Kg_{as}$

*Tabla 16. Resumen aire impulsión.*

### 3.8.2.7. Flujo másico de agua en el humidificador

En este apartado se procede a calcular el flujo másico de agua necesaria a través del humidificador para compensar las cargas latentes del propio aire de ventilación.

Sabiendo que la humedad absoluta a la salida del humidificador es:

$$W_2 = W_1 + \frac{m_{H2O}}{m_{as}}$$

Siendo “2” la salida del humidificador y “1” la entrada y  $m_{H_2O}$  flujo de agua y  $m_{as}$  flujo de aire seco se despeja el flujo de agua necesaria:

$$m_{H_2O} = (W_{ih} - W_i) * M_i = (0,01155 - 0,00882) * 2,088$$

$$m_{H_2O} = 0,001306 \frac{Kg}{s} = 4,7 \text{ kg/h}$$

### 3.8.2.8. Flujo másico de agua en la batería

En este apartado se procede a calcular el flujo másico de agua necesaria a través de la batería caliente para conseguir la potencia requerida por las especificaciones impuestas. Para ello se igualará la potencia de la UTA al flujo másico del agua por la diferencia de temperaturas del agua en la batería que es de  $-10^\circ\text{C}$  ya que el agua entra a  $70^\circ\text{C}$  y sale a  $60^\circ\text{C}$ .

$$Q_s = m_w * C_{pw} * (\Delta T)$$

De aquí se despeja  $m_w$  obteniendo:

$$m_w = \frac{Q_s}{C_{pw} * \Delta T} = \frac{-18,34}{4,186 * -10} = 0,4381 \frac{kg_{H_2O}}{s} = 1,577 \text{ kg/h}$$

### 3.8.2.9. Potencias de la batería con intercambiador de calor

En este apartado se llevará a cabo el mismo cálculo de las potencias necesarias para la batería caliente en caso de que se utilizase un recuperador de calor para aprovechar la energía que tiene el aire que se devuelve a la calle.

Para esta primera aproximación se supondrá un intercambiador de calor entre las dos corrientes (aire exterior y de expulsión) con una eficiencia del 50%. Ambas corrientes no se cruzan por lo que solamente se producirá un aumento de la temperatura y la entalpia del aire exterior.

De este modo, con las nuevas condiciones se recalcula la temperatura del nuevo aire exterior:

$$T_{e,rec} = T_e * 0,5 * (T_e - T_z) = -1,4 * 0,5 * (-1,4 - 26) = 12,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Y la temperatura del nuevo aire de la mezcla:

$$T_{m,rec} = \frac{M_e * T_{e,rec} + M_r * T_z}{M_i} = \frac{0,654 * 12,3 + 1,434 * 26}{2,088}$$

$$T_{m,rec} = 21,71 \text{ } ^\circ\text{C}$$

A partir de aquí, sabiendo que las humedades absolutas y las presiones de vapor de agua en el aire exterior y mezclado son las mismas se pueden obtener fácilmente el resto de propiedades siguiendo los mismos procedimientos que para el aire sin recuperación de calor. Aplicando la *ecuación D* se obtiene la entalpia del aire mezclado:

$$h_{m,rec} = 1,006 * T_{m,rec} + W_{m,rec} * (C_{p-vapor} * T_{m,rec} + r)$$

$$h_{m,rec} = 1,006 * 21,71 + 0,00882 * (1,805 * 21,71 + 2501)$$

$$h_{m,rec} = 44,24 \text{ KJ/Kg}_{as}$$

La nueva potencia de la UTA resultaría:

$$P_{ot} = M_i * (h_{m,rec} - h_i) = 2,088 * (44,24 - 59,68) = -32,23 \text{ KW}$$

$$P_s = M_i * C_p * (T_{m,rec} - T_i) = 2,088 * (21,71 - 30) = -17,72 \text{ KW}$$

$$P_L = P_{ot} - P_s = -32,23 + 17,72 = 14,51 \text{ KW}$$

Potencia total	$P_{ot}$	-32,23 KW
Potencia sensible	$P_s$	-17,72 KW
Potencia latente	$P_L$	-14,51 KW

Tabla 17. Potencia calefactora de la UTA con recuperación de calor.

### 3.8.2.10. Resumen resultados batería caliente

Sin recuperación	Con recuperación
------------------	------------------

		Local	Impulsión	Impulsión humidificada	Mezcla	Exterior	Exterior	Mezcla
Temperatura seca, T	°C	26	30	30	17,51	-1,4	12,3	21,71
Humedad relativa, HR	%	50,0%	30,33%	39,53%	64,48%	74,9%	29,3%	49,7%
Presión atmosférica, pt	Pa	92187	92187	92187	92187	92187	92187	92187
Presión de vapor saturante, pvs	Pa	3360	4249	4249	1998	559	1430	2594
Presión de vapor de agua en el aire, pv	Pa	1680	1289	1680	1289	418	418	1289
Humedad absoluta del aire considerado, W	$\frac{Kg_{H2O}}{Kg_{as}}$	0,01155	0,00882	0,01155	0,00882	0,00284	0,00284	0,00882
Temperatura de rocío, Tr	°C	14,8	10,7	14,8	10,7	-4,5	-4,5	10,7
Entalpía del aire considerado, h	$\frac{KJ}{Kg_{as}}$	55,57	52,71	59,68	39,95	5,68	19,53	44,24
Volumen específico del aire, v	$\frac{m^3}{Kg_{as}}$	0,9486	0,9572	0,9613	0,9177	0,8499	0,8927	0,9310

Tabla 18. Resumen propiedades del aire batería caliente y humidificador.

Recuperación sensible		0%	50%
Potencia total, $P_{ot}$	KW	-32,62	-32,23
Potencia latente, $P_L$	KW	-14,28	-17,72
Potencia sensible, $P_S$	KW	-18,34	-14,51
Caudal agua por batería caliente, $m_w$	$Kg/h$	1,58	1,52

Caudal de impulsión $V_i$	$m^3/h$	4898
Caudal del exterior $V_e$	$m^3/h$	2000
Caudal recirculación, $V_r$	$m^3/h$	6898
Factor de bypass, FB		0,303    0,62

Tabla 19. Resumen dimensionamiento batería caliente.

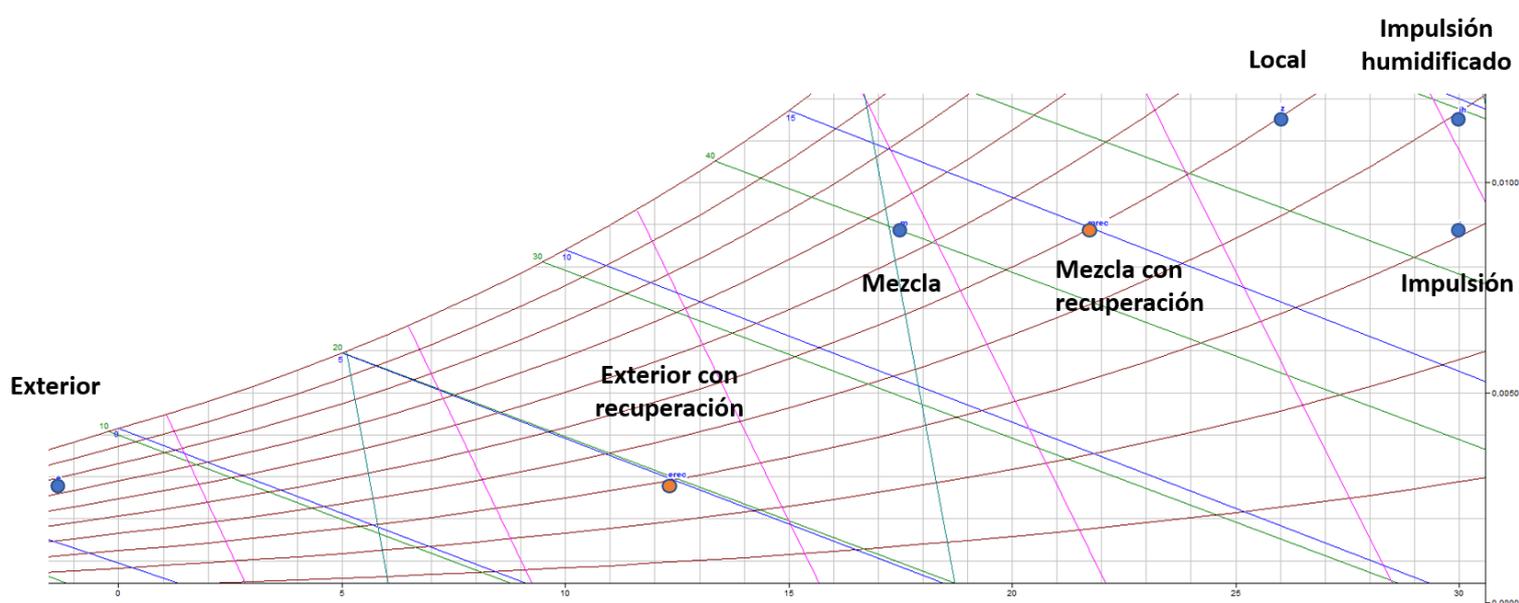


Imagen 12. Diagrama psicrométrico batería caliente y humidificador ampliado.

### 3.8.3. Optimización baterías frío y caliente

Una vez conocido un ejemplo de diseño de la UTA para invierno y para verano con sus respectivos resultados se procede a reducir lo máximo posible el consumo de esta. Para ello la idea principal era ir variando caudales de impulsión y temperaturas de impulsión, pero tras contactar con el fabricante,

este comentó que se requiere un único caudal de impulsión tanto para la batería fría como para la batería caliente.

El caudal de impulsión de verano resulta ser siempre mayor que el de invierno por lo que se procedió a optimizar este caso en primer lugar. Con  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$  procedentes del exterior que es el mínimo que recomienda la norma [13] y teniendo en cuenta las cargas que hay que comenzar en el local se obtiene un caudal de impulsión de  $8476 \text{ m}^3/\text{h}$ . Debido a las limitaciones por renovaciones hora, el caudal mínimo a impulsar era de  $5320 \text{ m}^3/\text{h}$ . De este modo se escogen los  $8476 \text{ m}^3/\text{h}$  como caudal de impulsión tanto para invierno como para verano.

Con este caudal se mostrarán las diferencias de presupuestos con y sin recuperación de calor y con y sin recirculación de aire. Para calcular estos casos se usará el mismo procedimiento explicado anteriormente de forma simplificada en los casos de no haber recuperación de calor y recirculación de aire.

Se muestra a continuación los resultados en las siguientes tablas. Se van a comparar tres casos.

En primer lugar, los resultados originales del primer calculo. Servirán para una primera comparación sin optimizar, aunque no son realmente útiles ya que se requiere un único caudal tanto para invierno como para verano. Aun así, sirven para comparar potencias y gastos masicos con los casos optimizados.

Caso Inicial					
		Batería caliente		Batería fría	
Ti [°C]	°C	30		18	
Recuperación sensible		0%	50%	0%	50%
Potencia Total	KW	-32,62	-32,23	35,87	32,37
Potencia Latente	KW	-14,28	-17,72	7,72	7,66
Potencia Sensible	KW	-18,34	-14,51	28,15	24,71
Caudal agua por batería	Kg/h	1,577	1,524	6,167	5,568
Caudal impulsión	m <sup>3</sup> /h	6898		17191	
Caudal recirculación	m <sup>3</sup> /h	4899		15191	
Caudal exterior	m <sup>3</sup> /h	2000		2000	
Caudal másico humectación	Kg/h	4,7		-	
Aire entrada batería	°C	17,5	22	23,3	23
Humedad Relativa entrada batería		64,48%	49,70%	48,60%	50,60%

Tabla 20. Resultados iniciales.

A continuación, se optimizaron los resultados reduciendo el caudal procedente del exterior y la temperatura de impulsión. Se ha decidido impulsar aire a 14°C en verano y 30°C en invierno, que es lo que se suele hacer en casi todos los quirófanos. Como no se suele recircular aire en climatización para quirófanos se ha querido comparar ambos resultados los cuales se pueden ver a continuación.

Sin Recirculación de aire					
		Batería caliente		Batería fría	
Ti [°C]	°C	30		14	
Recuperación sensible		0%	50%	0%	50%

Potencia Total	<i>KW</i>	-138,23	-111,23	78,85	55,71
Potencia Latente	<i>KW</i>	-60,50	-61,02	28,44	24,03
Potencia Sensible	<i>KW</i>	-89,08	-50,21	50,41	31,67
Caudal agua por batería	<i>Kg/h</i>	6,685	4,318	12,123	9,582
Caudal impulsión	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	8476			
Caudal recirculación	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	0			
Caudal exterior	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	8476			
Caudal másico humectación	<i>Kg/h</i>	6,685		-	
Aire entrada batería	<i>°C</i>	-1,40	12,30	33,80	25,91
Humedad Relativa entrada batería		74,90%	29,30%	36,90%	54,20%

Tabla 21. Resultados optimizados sin recirculación de aire.

Con Recirculación de aire					
		Batería caliente		Batería fría	
Ti [°C]	<i>°C</i>	30		14	
Recuperación sensible		0	50%	0	50%
Potencia Total	<i>KW</i>	-19,57	-24,57	30,56	28,45
Potencia Latente	<i>KW</i>	-8,57	-8,73	5,16	5,11
Potencia Sensible	<i>KW</i>	-17,90	-15,84	25,40	23,34
Caudal agua por batería	<i>Kg/h</i>	0,946	1,362	5,253	4,893
Caudal impulsión	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	8476			
Caudal recirculación	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	7276			
Caudal exterior	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	1200			
Caudal másico humectación	<i>Kg/h</i>	2,3		-	
Aire entrada batería	<i>°C</i>	21,80	23,87	23,4	22,68
Humedad Relativa entrada batería		57 %	50,3 %	48,5 %	50,6 %

Tabla 22. Resultados finales optimizados con recirculación de aire.

Sólo analizando los resultados se puede observar cómo del primer caso al último las potencias necesarias en la UTA son considerablemente menores además de los caudales de agua necesarios en las baterías.

Por otro lado, comparando el caso con recirculación de aire y sin recirculación de aire se observa la mayor diferencia. En caso de impulsar aire 100% del exterior la potencia necesaria en las baterías es de hasta 7 veces mayor en invierno. Esto supondrá un gran ahorro energético y, además, en el análisis económico se podrá observar la diferencia de precio en la instalación inicial.

### **3.8.4. Análisis económico UTA**

En el análisis económico se ha querido comparar el caso anterior optimizado con recirculación de aire y recuperación del exterior con un equipo sin recirculación de aire, es decir, 100% de aire procedente del exterior. Dentro de los casos sin recirculación se ha utilizado un recuperador estático de placas y recuperación mediante baterías para ver también la diferencia de precios. Algunos resultados variarán en comparación con los cálculos realizados debido principalmente a la diferencia de eficiencia de los recuperadores de calor según las condiciones

1. Variante 1 Equipo para impulsar  $Q= 8746 \text{ m}^3/\text{h}$  con recirculación y con recuperador estático de placas calculado para una caudal de aire exterior

de 1200m<sup>3</sup>/h (en este caso la necesidad de humectación es muy pequeña (menos consumo eléctrico)).

2. Variante 2 equipo 100% Aire Exterior con recuperador de estático placas.
3. Variante 3 equipo 100% Aire Exterior con recuperación mediante baterías.

Se ha consultado el Mercado y se ha obtenido los siguientes costes económicos de media para los equipos diseñados. Las características de cada elemento y los informes pueden encontrarse en el Anexo. En el análisis económico se incluyen los filtros necesarios e imprescindibles para la correcta recirculación del aire, baterías, silenciadores, ventiladores, humectadores, recuperadores, las baterías y la estructura de la UTA.

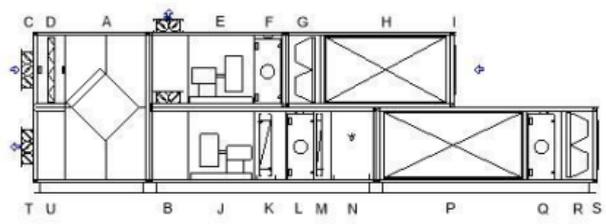
Presupuestos UTA	
<b>Variante 1</b>	31.992,73€
<b>Variante 2</b>	41.266,33€
<b>Variante 3</b>	48.800,12€

*Imagen 13. Comparación presupuestos UTA.*

Como se puede observar en los resultados del presupuesto sale mucho más económico la instalación de la UTA con recirculación de aire ya que se necesitan baterías de menor tamaño lo que reduce considerablemente los costes. Además, al estar aprovechando esta energía el consumo de la instalación es mucho menor.

Por otro lado, se puede ver como el recuperador estático en este caso es más eficiente por lo que reduce el coste de la instalación en comparación con los recuperadores de baterías. A continuación, se muestran los resultados finales para el diseño elegido. El resto de los casos se encontrarán adjuntos en el anexo.

### Climatizador 155x099: C01 OPCION1





**EN 1886: 2007**

Resistencia mecánica (-1000 / +1000 Pa)	D2(M)
Etanqueidad (-400 / +400 / +700 Pa)	L1(M)/L2(R)
Fuga de aire por derivación a través del filtro	F9
Transmisión térmica	T2
Puente térmico	TB2

**Aislamiento acústico de la carcasa**

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
6	17	23	31	32	27	35	46

NOTAS/SUPLEMENTOS ESPAÑA - MADRID  
BARAJAS  
Cumple la norma ERP 2018  
Cumple la norma ERP 2016  
Iluminación puertas de acceso  
Paneles con sellado especial.

**Dimensiones aproximadas (Ancho x Alto x Largo): 1650x2320x8080 mm. Peso aproximado: 3490 kg. Intemperie: Tejadillo chapa. N° Módulos: 5.**

TKM 50 HE EU, construido con bastidor en perfil de aluminio extruido pintado, con rotura de puente térmico. Paneles de 50 mm de espesor tipo sándwich: con chapa exterior prelacada de 1 mm y chapa interior galvanizada de 1 mm. Con rotura de puente térmico y aislamiento de lana mineral. Enrasados con el bastidor formando superficies interiores lisas, adecuados para facilitar las tareas de limpieza interior del equipo. Puertas de acceso de construcción idéntica a los paneles, con bisagras y manecillas de apertura rápida. Bancada construida en perfiles en U de acero galvanizado y laminado en frío de 3mm de espesor. Los equipos para intemperie incorporarán cubierta adicional tejadillo de chapa.

**\*Al tratarse de un equipo de intemperie se tiene que proteger el humidificador. Protección por parte del instalador.**

FILTROS			Pérdida de carga (Pa)	
ID	Tipo	Accesorios	Q (m3/h)	Inicial/Considerada
D	Filtro de panel clase F7	AF4	8476	67/117
G	Filtro compacto clase F9	AF4	8476	55/105
R	Filtro compacto clase F9	AF4	8476	55/105

Legenda: AF4 = Tomas de presión

VENTILADORES ( Densidad: 1,2 Kg/m3 / Altitud: 0 m)			Presión (Pa)		LWA	
ID	Modelo/ Tipo/ Categoría	Accesorios	Q(m3/h)/ rpm	Total/Estática/Est. Disp.	dB(A)	Motor
E	RLM E6-4550-43-4000W/ Plug-Fan/ SFP 3	AV2, AV8	8476 / 1946	945/894/750	85,0	IE3 - 4,00 kW - [fop=67 / fmax=75 Hz]
J	RLM E6-4045-43-5500W/ Plug-Fan/ SFP 4	AV2, AV8	8476 / 2561	1190/1110/750	90,0	IE3 - 5,50 kW - [fop=89 / fmax=100 Hz]

Legenda: AV2 = Convertidor de frecuencia integrado en envoltorio y completamente conectado al motor, AV8 = Tomas medición caudal

SILENCIADORES		LWA									
ID	Modelo	Q(m3/h)/ Dp(Pa)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
H	XSA200-5/ L=1750	8476/ 9	66,0	63,0	53,5	24,0	22,0	23,0	34,5	43,5	50,4
P	XSA200-5/ L=2000	8476/ 9	74,5	63,5	58,5	34,0	35,0	33,0	40,5	48,5	54,7

RECUPERADORES ( Densidad: 1,2 Kg/m <sup>3</sup> / Altitud: 0 m)		Eficiencia		Aire		
ID	Modelo	Seca / Húmeda / ERP	Lado	Q(m <sup>3</sup> /h) / Dp(Pa)	Entrada	Salida
A	RFE-AL-07-N-1530-S-1-AE-SM-DABD600 (Compuerta Preparada para motorizar) Invierno	74,8% / 80,5% / 74,8%	Impulsión	1200 / 26	-1,4°C/74,9%	18,2°C/19,2%
	Verano	71,8% / 71,8% / 75,1%	Retorno	1200 / 26	23,0°C/50,0%	8,4°C/99,9%
			Impulsión	1200 / 157	33,8°C/36,9%	26,8°C/55,8%
			Retorno	1200 / 155	24,0°C/50,0%	31,0°C/33,1%
Recuperador estático de placas AluminioCompuerta by-pass 600						

BATERÍAS( Densidad: 1,2 Kg/m <sup>3</sup> / Altitud: 0 m)		Aire			Agua			
ID	Modelo	Tipo	(kW)	Q(m <sup>3</sup> /h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Entrada	Salida	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)
K	TWCT30D1-Cu-Al-4R-28T-1300A-2pa 14C 1 1/4"	Frio	29,56	8476 / 2,16 / 88	23,4°C/48,5%	14,0°C/84,4%	5071 / 23,9	7,0 / 12,0
M	TWCT30D1-Cu-Al-1R-28T-1300A-3pa 5C 3/4"	Calefacción	23,84	8476 / 2,16 / 11	21,8°C / -	30,0°C / -	2096 / 30,7	70,0 / 60,0

HUMECTADORES		Aire		
ID	Modelo/Tipo	Q(m <sup>3</sup> /h)/ Dp(Pa)	Entrada	Salida
N	UE001-Electrodos	Vapor 1,5kg/h	8476/ -	21,0°C/49,5% 21,0°C/50,4%

ENTRADAS/SALIDAS			
ID	Tipo	Modelo	Regulación
B	Compuerta	JZ-LL/1200x345/0/SPZS99 (Z40)	Preparada para motorizar
B	Compuerta	JZ-S-R/1200x345/0/SPZS99 (Z40)	Preparada para motorizar
C	Compuerta	JZ-S-R/800x510/0/SPZS99 (Z40)	Preparada para motorizar
I	Marco metu	MM-1262x635	-
S	Marco metu	MM-1262x635	-
T	Compuerta	JZ-S-R/800x510/0/SPZS99 (Z40)	Preparada para motorizar

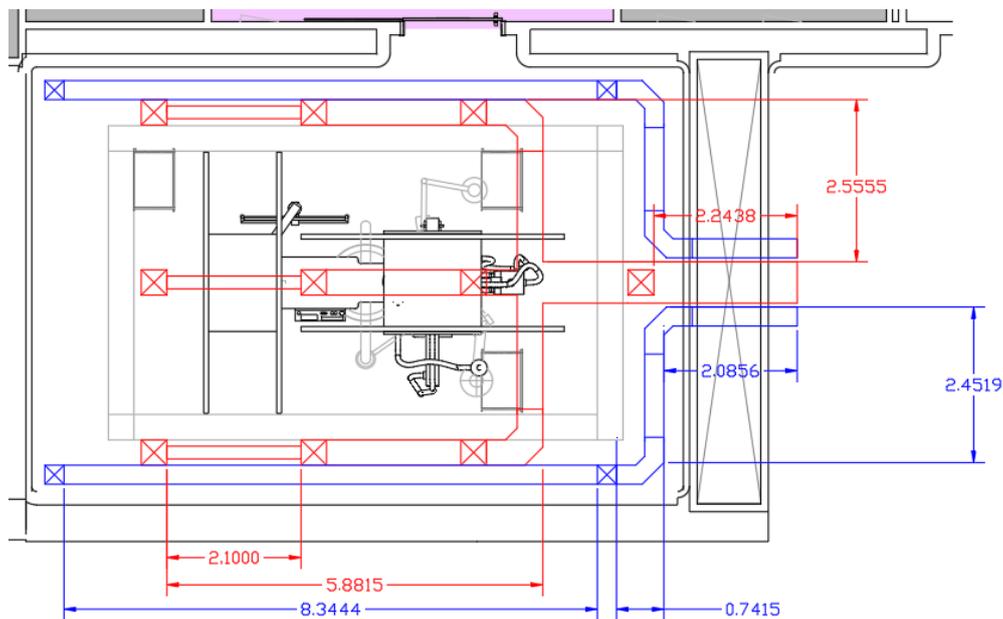
SECCIONES VACÍAS		
ID	Longitud	Notas
F	400 mm	
L	400 mm	
Q	500 mm	
U	400 mm	

### 3.8.5. Conductos ventilación y tuberías

En este apartado se procede a calcular los conductos de ventilación y sus secciones. Para ello se explicará el procedimiento de cálculo para una de las secciones. Este proceso será el mismo para el resto de los conductos.

Finalmente se han dispuesto 10 difusores ya que el máximo caudal admisible por los filtros terminales es de  $850 \text{ m}^3/\text{h}$ . Con un caudal de impulsión de

8476 m<sup>3</sup>/h cada filtro ha de limpiar 847,6 m<sup>3</sup>/h. En el siguiente esquema aparecerán los conductos de impulsión en rojo con sus respectivos difusores todos de 400X400mm. En azul se encuentran los conductos para el retorno del aire. Por cada rejilla pasarán 2119m<sup>3</sup>/h de aire, un total de 8476 m<sup>3</sup>/h.



*Imagen 14. Esquema colocación tuberías.*

Para el cálculo de los conductos primero se ha dividido la red de conductos en tramos. Cada tramo está dividido por una salida o entrada de aire, o por una unión de varios conductos. En definitiva, cada tramo representa una anchura distinta del conducto. La red de impulsión está dividida en 8 tramos y la de recirculación en 2.

Se comenzará por el extremo de la red de impulsión. Este tramo mide 2,1m y lleva un caudal de 847,6 m<sup>3</sup>/h que es igual a 0,2354 m<sup>3</sup>/s.

Se calcula la longitud equivalente del conducto que incluye singularidades como pueden ser codos, uniones, curvas y accesorios en la red. Esta suele tomarse como la longitud de cualquier tramo recto mayorado un 50%, en el caso de este tramo sería:

$$L_{eq} = 1,5 * L = 1,5 * 2,1 = 2,6m$$

A continuación, es necesario establecer las velocidades del aire por cada tramo del circuito. Es necesario limitar la velocidad del aire dentro de la propia UTA para evitar el arrastre de gotas, pero en los conductos no se tiene esta limitación. Por ello se establecerá una velocidad de 5,5 m/s en todos los conductos para limitar posibles ruidos y vibraciones.

Conocidos el Caudal y la velocidad del aire por cada tubo se calcula la sección de estos como:

$$S_x = \frac{Q_x}{v_x}$$

*Ecuación 12. cálculo sección de los conductos.*

Así para el primer tramo de tuberías resulta:

$$S_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{v_{1-2}} = \frac{847,6}{5,5} = 0,043 m^2$$

Con la sección del conducto se puede elegir un conducto rectangular que tenga un área similar, preferiblemente un poco mayor, así las

velocidades del aire nunca sobrepasarán las establecidas. En este caso se ha elegido un conducto de 200X250mm que tendría un área final de  $0,05 \text{ m}^2$ .

Se puede recalcular la velocidad del aire con esta nueva sección despejando de la *ecuación 12*.

$$V_{fin} = \frac{Q_x}{S_{fin}} = \frac{847,6}{0,05} = 4,71 \text{ m/s}$$

Por último, se halla el diámetro equivalente del conducto despejando la *ecuación 13* y las pérdidas de carga en cada uno con la *ecuación 14* o de la siguiente gráfica.

$$D_{eq} = 1,3 * \frac{(H * W)^{0,625}}{(H + W)^{0,25}}$$

*Ecuación 13. cálculo diámetro equivalente.*

Siendo H la altura del conducto y W la anchura de este.

$$h_f = 2,09 * 10^{-3} * \frac{Q^{1,82}}{D_{eq}^{4,86}}$$

*Ecuación 14. cálculo pérdidas de carga.*

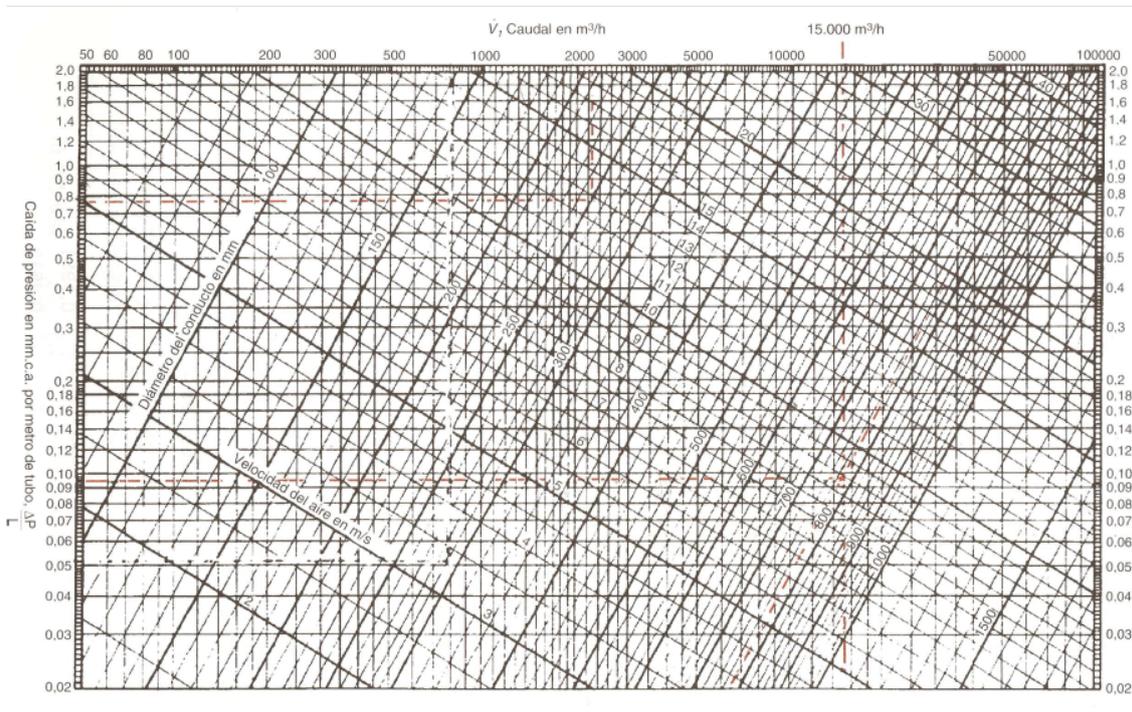


Imagen 15. Diagrama caudal/velocidad/pérdidas de carga.

En este caso se obtiene un diámetro equivalente:

$$D_{eq} = 1,3 * \frac{(0,25 * 0,2)^{0,625}}{(0,25 + 0,2)^{0,25}} = 244,1 \text{ mm}$$

Ecuación 15. cálculo diámetro equivalente.

$$h_f = 2,09 * 10^{-3} * \frac{0,2354^{1,82}}{\left(\frac{244,1}{1000}\right)^{4,86}} = 0,14 \text{ mm. c. a/m}$$

Repitiendo este proceso para cada sección de tubería se obtienen los siguientes resultados:

	Número de veces que se repite el tramo	Tramo	Q [ $\frac{m^3}{h}$ ]	Q [ $\frac{m^3}{s}$ ]	L [m]	$L_{eq}$ [m]	V [ $\frac{m}{s}$ ]	S [ $m^2$ ]	W [mm]	H [mm]	WxH [ $m^2$ ]	$V_{fin}$ [ $\frac{m}{s}$ ]	$D_{eq}$ [mm]	$h_f$ [ $\frac{mm.c.a.}{m}$ ]
Impulsión	3	1-2	847,6	0,235	2,1	2,6	5,5	0,043	200	250	0,05	4,71	244,1	0,14
	3	2-3	1695,2	0,471	2,1	2,6	5,5	0,086	400	250	0,10	4,71	343,3	0,10
	3	3-4	2542,8	0,706	7,8	9,7	5,5	0,128	400	350	0,14	5,05	408,8	0,09
	1	4-5	7628,4	2,119	1,3	1,7	5,5	0,385	650	600	0,39	5,43	682,5	0,05
	1	5-6	8476	2,354	2,3	2,8	5,5	0,428	650	650	0,42	5,57	710,6	0,05
Retorno	2	1-2	2119	0,589	8,4	10,44	5,5	0,107	300	400	0,12	4,91	377,7	0,09
	2	2-3	4238	1,177	5,3	6,59	5,5	0,214	450	500	0,23	5,23	518,4	0,07

Tabla 23. Resultados dimensionamiento Conductos de aire.

Para el diseño de las tuberías de agua caliente y fría se tendrá en cuenta el caudal necesario de agua que en este caso es de 5071 y 2096 l/h respectivamente. Se diseñarán de tal manera que la pérdida de carga máxima sea inferior a 30 mm.c.a/m.

De este modo siguiendo la *tabla 24* se utilizarán tuberías de 2” (50mm de diámetro interior y 53mm de diámetro exterior) para los conductos de agua caliente y de 1,25” (32mm de diámetro interior y 35,9mm de diámetro exterior) para los de agua fría.

		DIN 2440													
Ø nominal	pulgadas	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	
	mm	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	
Ø interior	mm	12,5	16	21,6	27,2	35,9	41,8	53	68,8	80,8	105,3	130	155,4	207,3	2
Perdida de carga en mm.c.a. / ml		CAUDAL EN L/H													
		VELOCIDAD EN M/S													
3	49	130	210	394	848	1.273	2.441	4.915	7.472	15.299	26.967	43.037	92.570	16	
	0,11	0,18	0,16	0,19	0,23	0,26	0,31	0,37	0,40	0,49	0,56	0,63	0,76		
4	65	136	248	466	992	1.491	2.818	5.675	8.780	17.666	31.139	49.695	106.890	19	
	0,16	0,19	0,19	0,22	0,27	0,30	0,35	0,42	0,48	0,56	0,65	0,73	0,88		
5	81	136	280	527	1.124	1.690	3.200	6.453	9.997	20.142	34.814	56.810	122.458	22	
	0,18	0,19	0,21	0,25	0,31	0,34	0,40	0,48	0,54	0,64	0,73	0,83	1,01		
6	97	136	310	584	1.231	1.851	3.505	7.069	10.951	22.065	38.957	62.232	134.146	24	
	0,22	0,19	0,23	0,28	0,34	0,37	0,44	0,53	0,59	0,70	0,82	0,91	1,10		
7	101	149	339	631	1.348	2.029	3.847	7.771	11.828	23.833	42.079	67.218	144.895	26	
	0,24	0,21	0,26	0,30	0,37	0,41	0,48	0,58	0,64	0,76	0,88	0,98	1,19		
8	101	159	362	683	1.441	2.169	4.112	8.307	12.645	26.003	44.984	71.859	154.899	28	
	0,24	0,22	0,27	0,33	0,40	0,44	0,52	0,62	0,69	0,83	0,94	1,05	1,27		
9	101	170	388	724	1.550	2.335	4.362	8.811	13.667	27.581	47.713	76.218	164.295	29	
	0,24	0,24	0,29	0,35	0,43	0,47	0,55	0,66	0,74	0,88	1,00	1,12	1,35		
10	101	181	409	773	1.634	2.462	4.674	9.288	14.407	29.073	50.294	80.341	173.182	31	
	0,21	0,25	0,31	0,37	0,45	0,50	0,59	0,69	0,78	0,93	1,05	1,18	1,43		
11	101	190	434	811	1.714	2.582	4.902	9.741	15.110	30.492	52.749	86.245	181.635	32	
	0,22	0,26	0,33	0,39	0,47	0,52	0,62	0,73	0,82	0,97	1,10	1,26	1,49		
12	101	201	453	847	1.790	2.696	5.120	10.361	15.782	31.848	56.332	90.080	189.712	34	
	0,23	0,28	0,34	0,41	0,49	0,55	0,64	0,77	0,85	1,02	1,18	1,32	1,56		
13	106	209	472	882	1.890	2.850	5.329	10.784	16.426	33.148	58.633	93.758	197.458	36	
	0,24	0,29	0,36	0,42	0,52	0,58	0,67	0,81	0,89	1,06	1,23	1,37	1,63		
14	110	219	496	927	1.961	2.958	5.530	11.191	17.046	34.399	60.846	97.298	204.912	38	
	0,25	0,30	0,38	0,44	0,54	0,60	0,70	0,84	0,92	1,10	1,27	1,42	1,69		
15	115	227	513	960	2.030	3.061	5.724	11.584	17.644	35.607	62.982	100.713	212.104	39	
	0,26	0,31	0,39	0,46	0,56	0,62	0,72	0,87	0,96	1,14	1,32	1,47	1,75		
16	119	234	530	991	2.097	3.162	6.013	11.964	18.223	36.774	65.047	104.016	219.060	40	
	0,27	0,32	0,40	0,47	0,58	0,64	0,76	0,89	0,99	1,17	1,36	1,52	1,80		
17	123	241	546	1.022	2.161	3.259	6.198	12.332	18.784	37.906	67.049	107.217	231.668	42	
	0,28	0,33	0,41	0,49	0,59	0,66	0,78	0,92	1,02	1,21	1,40	1,57	1,91		
18	127	251	569	1.051	2.224	3.354	6.377	12.690	19.329	39.005	68.993	110.325	238.385	43	
	0,29	0,35	0,43	0,50	0,61	0,68	0,80	0,95	1,05	1,24	1,44	1,62	1,96		
19	131	258	584	1.095	2.319	3.446	6.552	13.037	20.251	40.936	70.883	113.348	244.917	44	
	0,30	0,36	0,44	0,52	0,64	0,70	0,82	0,97	1,10	1,31	1,48	1,66	2,02		
20	134	264	599	1.123	2.380	3.535	6.722	13.376	20.778	41.999	72.725	116.293	251.279	45	
	0,30	0,37	0,45	0,54	0,65	0,72	0,85	1,00	1,13	1,34	1,52	1,70	2,07		
21	139	271	614	1.151	2.438	3.680	6.888	13.706	21.291	43.037	74.521	119.165	257.485	46	
	0,31	0,37	0,47	0,55	0,67	0,74	0,87	1,02	1,15	1,37	1,56	1,75	2,12		
22	142	280	629	1.178	2.496	3.767	7.051	14.029	21.792	44.049	76.274	121.969	263.544	47	
	0,32	0,39	0,48	0,56	0,68	0,76	0,89	1,05	1,18	1,41	1,60	1,79	2,17		
23	145	287	643	1.204	2.552	3.852	7.209	14.344	22.281	45.039	77.989	124.710	269.467	48	
	0,33	0,40	0,49	0,58	0,70	0,78	0,91	1,07	1,21	1,44	1,63	1,83	2,22		
24	149	293	665	1.230	2.607	3.934	7.364	14.932	22.761	46.008	79.666	127.393	275.263	50	
	0,34	0,40	0,50	0,59	0,72	0,80	0,93	1,12	1,23	1,47	1,67	1,87	2,27		
25	153	299	679	1.255	2.661	4.016	7.516	15.240	23.230	46.957	81.309	130.019	280.939	51	
	0,35	0,41	0,51	0,60	0,73	0,81	0,95	1,14	1,26	1,50	1,70	1,90	2,31		
26	156	305	692	1.280	2.713	4.095	7.665	15.541	23.690	47.887	82.919	132.594	286.503	52	
	0,35	0,42	0,52	0,61	0,74	0,83	0,97	1,16	1,28	1,53	1,74	1,94	2,36		
27	159	311	705	1.323	2.765	4.173	7.811	15.838	24.141	48.799	84.499	135.120	291.960	53	
	0,36	0,43	0,53	0,63	0,76	0,84	0,98	1,18	1,31	1,56	1,77	1,98	2,40		
28	162	320	718	1.347	2.816	4.250	7.954	16.128	24.584	49.694	86.049	137.600	297.318	54	
	0,37	0,44	0,54	0,64	0,77	0,86	1,00	1,21	1,33	1,59	1,80	2,02	2,45		
29	165	325	731	1.371	2.865	4.325	8.095	16.414	25.019	50.574	87.572	140.035	302.580	54	
	0,37	0,45	0,55	0,66	0,79	0,88	1,02	1,23	1,36	1,61	1,83	2,05	2,49		
30	168	331	743	1.394	2.914	4.399	8.379	16.694	25.447	51.438	89.069	142.429	307.753	55	
	0,38	0,46	0,56	0,67	0,80	0,89	1,05	1,25	1,38	1,64	1,86	2,09	2,53		

*Tabla 24. Relación diámetro-Caudal-perdida de carga en tuberías.*

A estas tuberías se las recubrirá con un aislante térmico para evitar pérdidas de calor y mejorar su eficiencia.

Para las tuberías de agua caliente, según la *tabla 25* se usará un aislante de 0,04 W/(m·K) de conductividad térmica a 10°C. Sabiendo que el diámetro exterior de la tubería es de 53mm y que el fluido circulará a una temperatura máxima de 70°C, el aislante tendrá un espesor de 24mm.

Para las tuberías de agua fría con el mismo tipo de aislante y siguiendo la *tabla 26*. Sabiendo que el diámetro exterior de la tubería es de 32mm y que el fluido circulará a una temperatura mínima de 7°C, el aislante tendrá un espesor de 24mm.

**Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)					
	40...60		> 60...100		> 100...150	
	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®**</b>
D ≤ 35	25	17,0 - 19,7	25	17,0 - 19,7	30	20,0 - 23,4
35 < D ≤ 60	30	23,5 - 24,1	30	23,5 - 24,1	40	35,2 - 35,7
60 < D ≤ 90	30	24,1 - 24,4	30	24,1 - 24,4	40	35,7 - 36,0
90 < D ≤ 140	30	24,5 - 24,8	40	36,1 - 36,3	50	44,9 - 45,2
140 < D	35	31,9 -	40	36,4 -	50	45,3 -

*Tabla 25. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías de agua caliente.*

**Tabla 1.2.4.2.3: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (°C)					
	> -10 ... 0		> 0 ... 10		> 10	
	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>
D ≤ 35	30	22,0 - 23,4	25	17,0 - 19,7	20	13,9 - 15,9
35 < D ≤ 60	40	35,2 - 35,7	30	23,5 - 24,1	20	16,0 - 16,3
60 < D ≤ 90	40	35,7 - 36,0	30	24,1 - 24,4	30	24,1 - 24,4
90 < D ≤ 140	50	44,9 - 45,2	40	36,1 - 36,3	30	24,5 - 24,8
140 < D	50	45,3 -	40	36,4 -	30	24,8

Tabla 26. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías de agua fría.

Se calcula a continuación la diferencia de pérdidas de calor sin y con aislante térmico.

$$R_{conv} = \frac{1}{2\pi r h_{conv}} = \frac{1}{2\pi * 53 * \frac{10^{-3}}{2} * 10} = 0,6006$$

$$R_{aislante} = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2\pi k} = \frac{\ln\left(\frac{53 + 24}{53}\right)}{2\pi * 0,04} = 1,486$$

Flujo e calor con aislante:

$$q = \frac{T_{ext} - T_{int}}{R_{total}}$$

$$q_{invierno\ con\ aislante} = \frac{26 - 80}{2,0866} = -25,88\ W$$

$$q_{invierno\ sin\ aislante} = \frac{26 - 80}{0,6006} = -89,91\ W$$

$$q_{verano\ con\ aislante} = \frac{22 - 7}{2,0866} = 7,18\ W$$

$$q_{\text{verano sin aislante}} = \frac{22 - 7}{0,6006} = 24,97 \text{ W}$$

De esta forma se consiguen ahorrar 64 W en invierno y 17,8 W en verano solamente colocando un aislante térmico. Lo que se traduce en un ahorro del 71% de la potencia calorífica en verano y en invierno. Esto supone una gran ventaja ya que tiene una gran vida útil y su coste no es muy elevado.

### **3.8.6. Enfriadora**

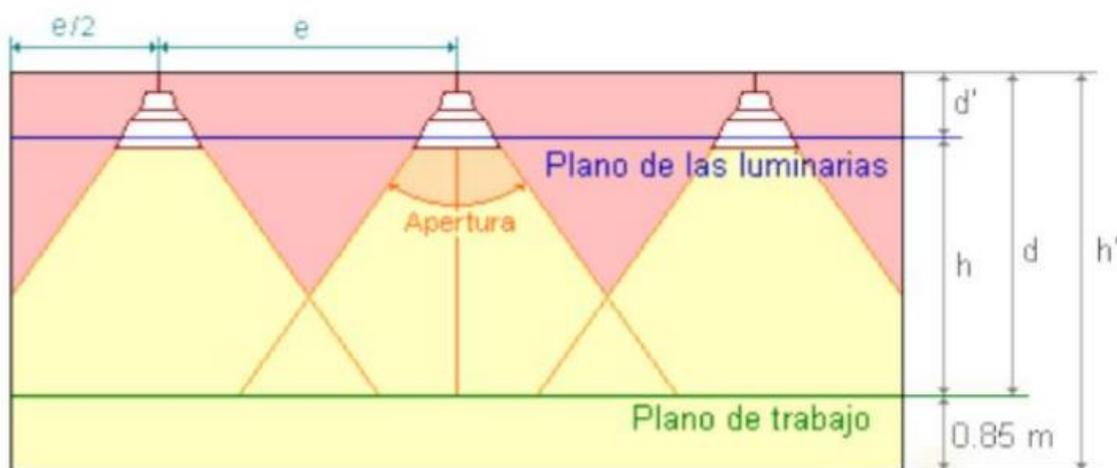
Una vez conocidas las especificaciones de la UTA se procede a elegir una enfriadora adecuada para la instalación. La enfriadora ha de tener una potencia de al menos 29,323 KW para enfriar la batería fría.

Se ha escogido una enfriadora del fabricante Carrier con una potencia de 32 KW concretamente la “*AquaSnap® - Enfriadora scroll condensada por aire con conductos 30RBY*” [2].

En caso de haber escogido algún otro diseño de la UTA sin recirculación de aire la enfriadora necesitaría tener una potencia de 50KW. Lo que conllevaría además de un aumento de la inversión inicial de la propia UTA, un mayor coste de la enfriadora.

## **4. Iluminación**

En este apartado se llevará a cabo el diseño de la iluminación de la sala quirúrgica. Por el hecho de tratarse de una sala quirúrgica el cielorraso se encuentra a 3,8m del suelo y el área de trabajo a 0,85 m del suelo. Las luminarias irán empotradas en el propio cielorraso o colgadas del techo que se encuentra a 4,3 m de altura.



*Imagen 16. Esquema de colocación de las luminarias.*

La sala de operaciones tiene las siguientes características que se muestran en la tabla 24. Siendo a el ancho del local y b la profundidad de este.

Unidades [m]	a	b	$h'$	$h+0,85$	h
Quirófano híbrido	6,8	10,2	4,3	3,8	2,95

*Tabla 27. Dimensiones del quirófano.*

Según la normativa UNE 12464.1 [18] se requieren distintos niveles de iluminación dependiendo del uso de la sala a iluminar. En el caso de un quirófano se requiere un flujo luminoso  $E = 1000 \text{ lux}$ . Con un alto índice de reproducción cromática.

Una vez conocidas las dimensiones del local se procede a calcular el índice del local “k”. Como se trata de un quirófano se requerirá iluminación directa.

$$k = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

*Ecuación 16. Índice del local.*

Donde:

- k: índice de la sala.
- h: altura desde el plano considerado para trabajar y las luminarias.
- a: ancho de la sala.
- b: profundidad de la sala.

Resolviendo la *ecuación 16* se obtiene:

$$k = \frac{6,8 * 10,2}{2,95 * (6,8 * 10,2)} = 1,383$$

Una vez conocido el valor del índice de la sala “k” tomando como valores de reflexión de paredes, techo y suelo como 0,5; 0,7 y 0,2 respectivamente se calcula el factor de utilización que depende de las luminarias que se vayan a utilizar. El Fabricante LLEDO recomendó el uso de la:

- LLEDO MEDICAL 800 CRI90 1.200x300

Con una potencia de 74W por lámpara y un flujo luminoso de 5900 lm.

Dentro de la ficha técnica de la luminaria se puede encontrar la siguiente tabla que muestra los factores de utilización según las reflexiones anteriormente mencionadas

Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	0.00
0.60	0.59	0.56	0.58	0.57	0.56	0.49	0.49	0.45	0.49	0.45	0.43	0.43
0.80	0.69	0.65	0.68	0.66	0.65	0.58	0.58	0.54	0.57	0.53	0.52	0.52
1.00	0.78	0.72	0.77	0.74	0.72	0.66	0.65	0.61	0.64	0.61	0.59	0.59
1.25	0.86	0.79	0.84	0.81	0.78	0.72	0.71	0.68	0.71	0.67	0.65	0.65
1.50	0.92	0.83	0.90	0.86	0.82	0.77	0.76	0.73	0.75	0.72	0.70	0.70
2.00	1.00	0.89	0.98	0.93	0.89	0.84	0.83	0.80	0.82	0.79	0.77	0.77
2.50	1.06	0.93	1.03	0.97	0.92	0.89	0.87	0.85	0.86	0.84	0.82	0.82
3.00	1.10	0.96	1.07	1.01	0.95	0.92	0.91	0.88	0.89	0.87	0.85	0.85
4.00	1.14	0.99	1.11	1.04	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.91	0.88	0.88
5.00	1.17	1.01	1.14	1.06	1.00	0.98	0.96	0.94	0.94	0.93	0.90	0.90

Ceiling mounted

Tabla 28. Factor de utilización LLEDO MEDICAL 800 CRI90 1.200x300.

Con el índice del local obtenido y las reflexiones de paredes techo y suelo se obtiene un factor de utilización  $C_u = 0,86$ .

Al tratarse de una sala quirúrgica dentro de un hospital, se considera un espacio que se comporta como área limpia con altas frecuencias de limpieza y mantenimiento por lo que el factor de mantenimiento del quirófano será de  $f_m = 0,8$ .

Se procede a continuación a calcular el flujo luminoso total " $\Phi$ " que se requiere en esta sala según sus características.

$$\Phi_T = \frac{E * S}{C_u * f_m}$$

*Ecuación 17. Flujo luminoso total requerido.*

Donde:

- $\Phi_T$ : Flujo luminoso total [lm].
- $E$ : Luminancia requerida [lux].
- $S$ : Superficie del quirófano [m<sup>2</sup>].
- $C_u$ : Coeficiente de utilización de las luminarias.
- $f_m$ : Factor de mantenimiento.

Resolviendo la ecuación X se obtiene que el flujo luminoso requerido es:

$$\Phi_T = \frac{1000 * 70}{0,86 * 0,8} = 100.813 \text{ lm}$$

Teniendo en cuenta que el flujo luminoso de una sola lampara según la ficha técnica de la misma es de  $\Phi_L = 5900 \text{ lm}$ .

Con estos datos se calcula el número de luminarias necesarias que en este caso es:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_{luminaria}}$$

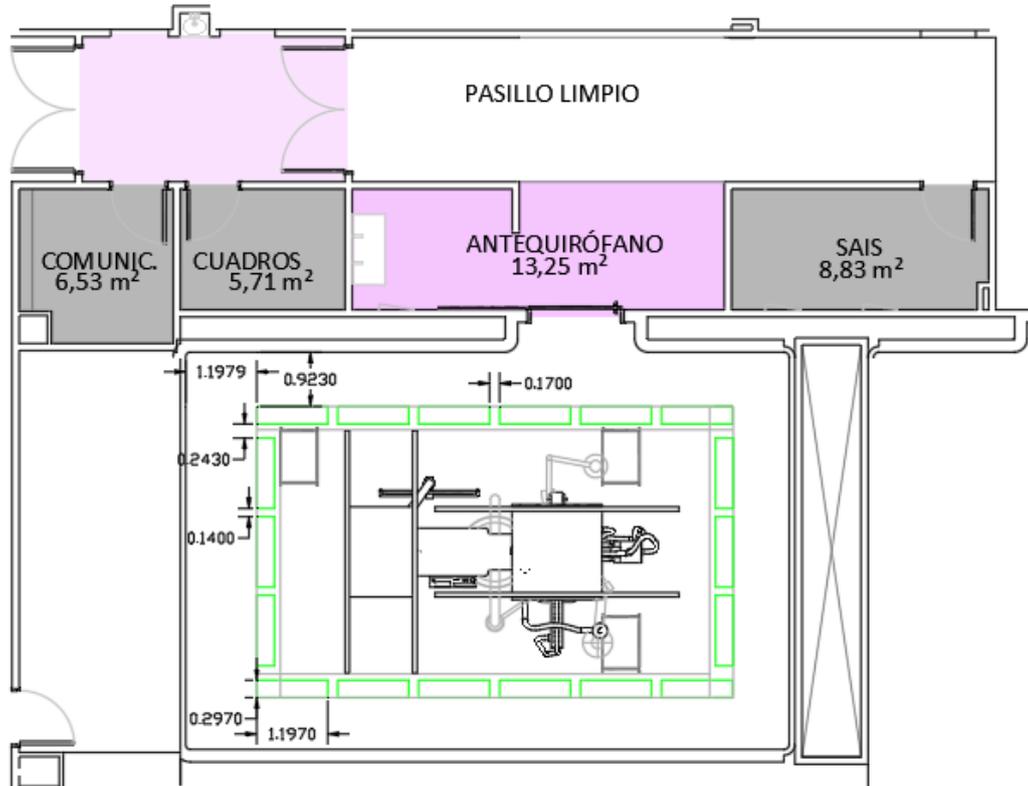
*Ecuación 18. Numero de luminarias requeridas.*

Resolviendo la ecuación X se obtiene el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{100.162}{5900} = 17,09 \rightarrow 18 \text{ luminarias}$$

Una vez conocido el número de luminarias necesario se procede a distribuir las alrededor de la zona quirúrgica favoreciendo así la iluminación del área de trabajo.

Esta área está formada por un rectángulo de 4,95x7,25m en el centro de la sala. Teniendo en cuenta que cada luminaria mide 0,297x1,197m se dispondrán de la siguiente forma:



*Imagen 17. Esquema colocación luminarias.*

Por último, se procede a realizar un cálculo del valor de la eficiencia energética de la instalación lumínica (VEEI). Este índice mide la eficiencia energética de la iluminación del área escogida por cada 100 lux. Para ello se empleará la *ecuación 19*:

$$VEEI = \frac{P * 100}{S * E_m}$$

*Ecuación 19. Valor de la eficiencia energética de la instalación.*

Donde:

- $E_m$ : Luminancia final de la sala [lux].
- $S$ : Superficie del quirófano [ $m^2$ ].
- $P$ : Potencia total de la lámparas [W].

De esta forma se obtiene que:

$$VEEI = \frac{74 * 18 * 100}{70 * 1053,43} = 1,823 \text{ W/m}^2$$

En la *tabla 26* se recogen los resultados finales de la instalación:

	P [W]	$\phi_T$ [lm]	Número total de luminarias	Número de luminarias a lo largo	Número de luminarias a lo ancho	$E_m$ [lux]	VEEI
Quirófano	74	100.813	18	12 (6 cada lado)	6 (3 cada lado)	1053	1,823

*Tabla 29. Resumen instalación iluminación.*

## 5. Instalación eléctrica.

### 5.1. Cableado

Se recogen a continuación las cargas que se tendrán en cuenta para el diseño del cableado y el cuadro de mando. El TAC y el equipo de rayos-X y la UTA

---

se conectan a parte ya que poseen un sistema de puesta a tierra TT mientras que el quirófano posee un sistema de puesta a tierra IT.

Se tendrán en cuenta cargas debido a la iluminación y equipos del propio quirófano como son pantallas, lámparas y elementos que se conectan a las tomas de fuerza.

Para el cálculo de las secciones de los cables de los elementos del quirófano se han agrupado para facilitar el cálculo. Por un lado, los elementos de asistencia vital, por otro lado, el resto de las conexiones denominadas “especial complementario”, la iluminación etc. Cada uno de estos grupos lleva asociada una determinada potencia en función de los elementos conectados, se repartirá esta potencia entre todos los elementos para establecer un único diseño tanto para el tamaño de cable como para los interruptores de seguridad.

Se explica a continuación el cálculo de uno de los elementos del grupo que será extrapolable al resto de la instalación.

Se tomará como longitud de cálculo para los cables el del elemento más alejado del cuadro, las tomas de fuerza que se encuentran en la esquina opuesta de la sala del quirófano cuyo cable debería medir cerca de 17m de

longitud para llegar a la sala de cuadros por lo que se tomará 20m como longitud para cálculo del cableado.

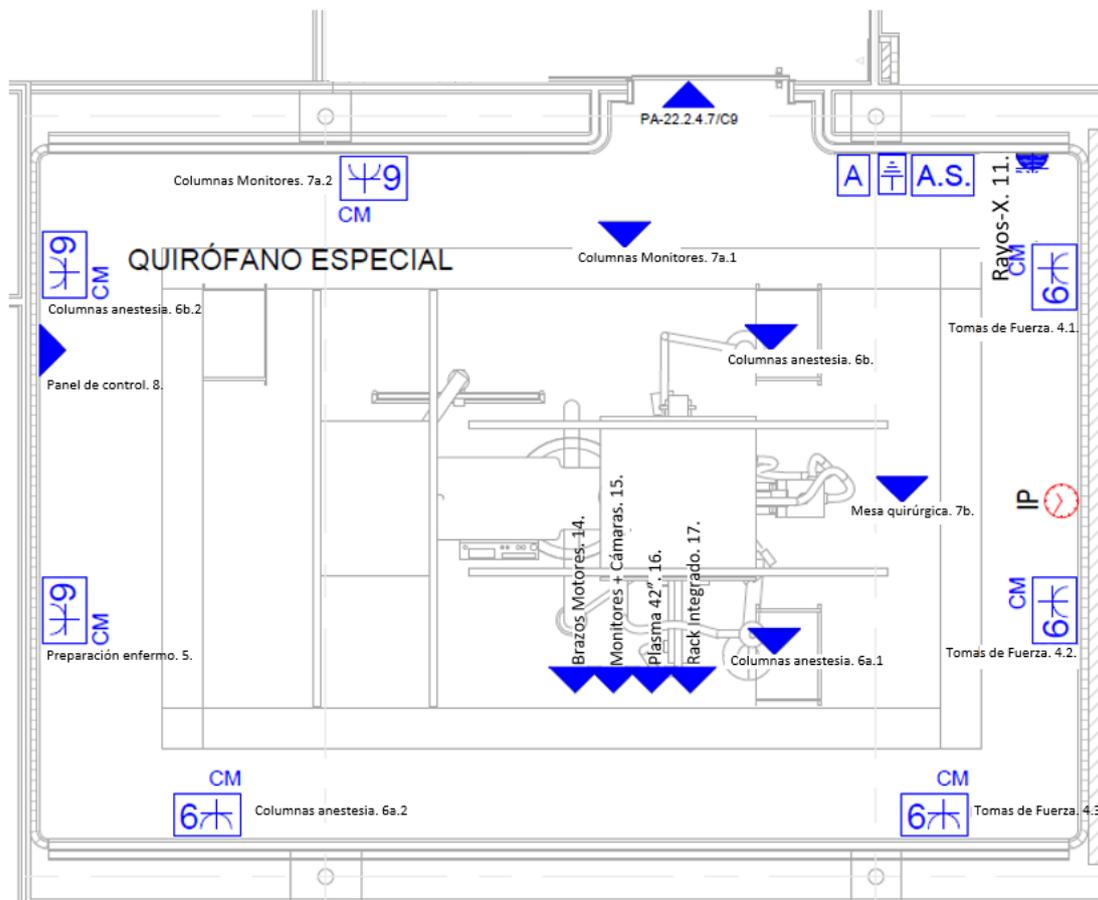


Imagen 18. Esquema tomas de fuerza quirófano.

Con la longitud de cable tomada y conocida la potencia del grupo conectado se calcula la intensidad total que irá por los cables aplicando la ecuación 20.

$$I_{conductor} = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos(\varphi)}$$

---

*Ecuación 20. Intensidad por los conductores.*

Una vez conocida la intensidad de los conductores se puede calcular como debería ser la sección de estos aplicando la *ecuación 21*.

$$S_{teórica} = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I_n * \cos(\varphi)}{\Delta U * U}$$

*Ecuación 21. Calculo sección teórica de los conductores.*

De donde:

- $\rho$  resistividad del cobre [0,0171  $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$  a 20°C]
- L longitud de los cables calculados con anterioridad
- $I_n$  intensidad que circula por el conductor correspondiente
- $\cos(\varphi)$  factor de potencia [0,9]
- $\Delta U$  caída de tensión del transformador [3 %]
- U tensión de los grupos conectados al CS [V]

Una vez conocida la sección teórica se busca dentro de las secciones normalizadas en la ITC.BT.19 [19] la primera que se encuentre por encima, la primera para no hacer un cable excesivamente gordo y costoso y por encima para que aguante la intensidad que lo atravesará. La sección mínima

que han de tener los cables es de  $2,5 \text{ mm}^2$  y se podrá observar como casi todos los elementos utilizarán esta sección.

A continuación, se calcula el número de conductores por cada fase según la intensidad que circulará por cada conductor y la intensidad máxima admisible por el conductor seleccionado.

$$N_{\frac{cond}{fase}} = \frac{I_n}{I_{\frac{max}{adm}}}$$

*Ecuación 22. Número de conductores por fase.*

Posteriormente se aplican coeficientes de reducción y corrección según la disposición de los cables y el número de estos. Ambos coeficientes se encuentran en tablas disponibles en el ITC.BT.19. [19] Los conductores irán a la intemperie en bandejas.

Ref.	Disposición de cables contiguos	Número de circuitos o cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70 <sup>(3)</sup>	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre pared, suelo o superficie sin perforar	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	Sin reducción adicional para más de 9 circuitos o cables multiconductores		
3	Capa única fijada bajo techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60			
4	Capa única en una bandeja perforada vertical u horizontal	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70			
5	Capa única con apoyo de bandeja escalera o abrazaderas (collarines) etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80			

*Imagen 19. Tabla E ITC.BT.19 conductores a la intemperie.*

Nº de capas	2	3	4 o 5	6 a 8	9 o más
Factor	0,8	0,73	0,7	0,68	0,66

*Imagen 20. Tabla F Esquema bandejas con conductores a la intemperie  
ITC.BT.19.*

A continuación, es necesario verificar que la temperatura de funcionamiento de los cables está dentro de los límites establecidos para su correcto funcionamiento ya que al aumentar la temperatura de los cables aumenta su resistividad. Para calcular la temperatura de funcionamiento de los cables se aplica la siguiente ecuación suponiendo una temperatura exterior de 20°C:

$$T = T_{ambiente} + (T_{cobre} - T_{ambiente}) * \left( \frac{I}{I_{max\ adm}} \right)^2$$

*Ecuación 23. Temperatura funcionamiento de los cables.*

$$\rho = \rho_{T_{ambiente}} * (1 + \alpha_{cobre} * (T - T_{ambiente}))$$

*Ecuación 24. Temperatura funcionamiento de los cables.*

Por último, se calcula la caída de tensión de en el circuito:

$$\Delta U = \frac{P * L}{N_{conductores} * c * S * U^2}$$

*Ecuación 24. Caída de tensión en el circuito.*

- P potencia del grupo [W]

- L longitud de los conductores
- $N_{cond}$  número de conductores por fase
- c conductividad calculada
- S sección final [ $mm^2$ ]
- U tensión de los grupos conectados al CS [V]

Siguiendo este proceso para cada grupo de cables se obtienen los siguientes resultados: (las tabas están divididas em tres partes debido al gran número de entradas)

	Long. Cálculo	Potencia (VA)	Factor de potencia	Tensión	Intensidad (A)	Sección real (mm <sup>2</sup> )	Tipo de montaje	$I_{maxadm}$ (por conductor)
Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	20	6222,2	0,9	230	30,06	6	A1	36
UTA, TAC y enfriadora	20	86600	0,9	230	418,36	35		153
Total sin UTA, TAC y enfriadora	20	7338,2	0,9	230	35,45	10		49

	Nº cond/fase	Factor reducción	Factor corrección	Factor total	$I_{admisible}$ (línea)	$T_{max}$	$T_{ambiente}$	Temperatura
Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	1	1	1	1	36	90	20	68,80
UTA, TAC y enfriadora	4	1	1	1	612	90	20	52,71
Total sin UTA, TAC y enfriadora	1	1	1	1	49	90	20	56,64

	Resistividad a T	Conductividad a T	Caída de tensión	C.D.T. máxima	C.D.T. acumulada	Ru	Xu
Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	0,0205	48,6860	0,8053%	3,5%	2,4153%	0,00342	0,00008
UTA, TAC y enfriadora	0,0195	51,4081	0,4549%	3,5%	2,1133%	0,00056	0,00008

Total sin UTA, TAC y enfriadora	0,0197	50,7159	0,5470%	3,5%	1,9737%	0,00197	0,00008
---------------------------------	--------	---------	---------	------	---------	---------	---------

Tabla 30. Resumen cálculos dimensionamiento cableado aguas abajo.

	Nombre Tomas	Long. Cálculo	Potencia (VA)	Factor de potencia	Tensión	Intensidad (A)	Sección real (mm <sup>2</sup> )	Tipo de montaje	$I_{max adm}$ (por conductor)
RX	11	20	2222,22	0,9	230	10,735	4	A1	27
Rack integrado	17	20	250	0,9	230	1,208	2,5		20
Plasma 42"	16	20	250	0,9	230	1,208	2,5		20
Monitores + cámaras	15	20	250	0,9	230	1,208	2,5		20
Brazos Motores	14	20	250	0,9	230	1,208	2,5		20
Preparación enfermo	5	20	250	0,9	230	1,208	2,5		20

tomas de fuerza	4.1	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
tomas de fuerza	4.2	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
tomas de fuerza	4.3	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Mesa quirúrgica	7b	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Columnas monitores	7a.1	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Columnas monitores	7a.2	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Columnas anestesia	6b.1	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Columnas anestesia	6b.2	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Columnas anestesia	6a.1	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Columnas anestesia	6a.2	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20
Panel de control	8	20	250	0,9	230	1,208	2,5	20

TAC	18	20	59111	0,9	230	285,561	35		153
ALUMBRADO	19	20	1116	0,9	230	5,391	2,5		20
UTA	19	20	8044,4	0,9	400	12,901	4		27
Enfriadora	20	20	19444,4	0,9	400	176,000	35		153

	Nº cond/fase	Factor reducción	Factor corrección	Factor total	$I_{admisible}$ (línea)	$T_{max}$	$T_{ambiente}$	Temperatura
RX	1	1	1	1	27	90	20	31,0664
Rack integrado	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Plasma 42"	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Monitores + cámaras	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Brazos Motores	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Preparación enfermo	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
tomas de fuerza	1	1	1	1	20	90	20	20,2553

tomas de fuerza	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
tomas de fuerza	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Mesa quirúrgica	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Columnas monitores	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Columnas monitores	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Columnas anestesia	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Columnas anestesia	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Columnas anestesia	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Columnas anestesia	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
Panel de control	1	1	1	1	20	90	20	20,2553
TAC	2	1	1	1	153	90	20	46,8737

ALUMBRADO	1	1	1	1	27	90	20	35,9822
UTA	1	1	1	1	306	90	20	43,1569
Enfriadora	2	1	1	1	20	90	20	25,08657845

	Resistividad a T	Conductividad a T	Caída de tensión	C.D.T. máxima	C.D.T. acumulada	Ru	Xu
RX	0,0180	55,5886	0,3778%	6,5%	2,98%	0,00450	0,00008
Rack integrado	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Plasma 42"	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Monitores + cámaras	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Brazos Motores	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Preparación enfermo	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
tomas de fuerza	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008

tomas de fuerza	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
tomas de fuerza	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Mesa quirúrgica	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Columnas monitores	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Columnas monitores	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Columnas anestesia	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Columnas anestesia	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Columnas anestesia	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Columnas anestesia	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
Panel de control	0,0173	57,9420	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
TAC	0,0191	52,4723	0,4023%	6,5%	3,00%	0,00054	0,00008

ALUMBRADO	0,0183	54,5805	0,4606%	6,5%	3,06%	0,00458	0,00008
UTA	0,0188	53,1732	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00054	0,00008
Enfriadora	0,0176	56,8661	0,2968%	4,5%	1,3260%	0,00703	0,00008

*Tabla 31. Resumen cálculos dimensionamiento cableado aguas abajo.*

Al tratarse de un quirófano tal y como indica la normativa es necesario incluir un transformador de aislamiento. En este caso se ha seleccionado un transformador de 7,5 KVA, el máximo permitido, que se para los elementos de la instalación del resto del circuito eléctrico. El presupuesto obtenido para este transformador es de 2.482,80 €.

Por otro lado, en las instalaciones médicas se suele utilizar un sistema de puesta a tierra IT. Este sistema permite que la instalación siga funcionando en caso de fallo eléctrico de alguno de los componentes, facilita la detección de estos fallos y reduce las corrientes de fallo ya que la impedancia que conecta los componentes activos a tierra es elevada

## **5.2. Interruptores automáticos**

A continuación, se calcularán los interruptores automáticos que garanticen el correcto funcionamiento y seguridad de la instalación. Los interruptores automáticos sirven para proteger tanto al sistema como a los usuarios de sobrecargas y sobretensiones provocadas por cortocircuitos y sobrecargas.

Para el diseño de estos interruptores se utilizará la siguiente nomenclatura:

- La intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ ).
- La intensidad máxima admisible de los cables utilizados ( $I_Z$ ).
- La intensidad teórica que se ha supuesto que va a circular por los cables diseñados, intensidad de diseño ( $I_b$ ).
- La intensidad que asegure la correcta actuación del interruptor para un periodo largo de tiempo ( $I_2$ ).
- La intensidad nominal del interruptor normalizada por los calibres.

Calibres normalizados (A)	1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40
	63	80	100	125	160	200	250	400	500	630	800
	1000	1250	1600	2000	2500	3000	3200	4000	5000	6300	

Tabla 32. In para los calibres de los interruptores normalizados.

Siguiendo la norma establecida en el reglamento de baja tensión, concretamente en el ITC.BT.22. [19] los interruptores han de cumplir una serie de características según la línea a la que estén conectados.

En primer lugar, como se muestra en la siguiente ecuación, cada interruptor ha de tener una intensidad nominal normalizada de la tabla anterior que ha de ser menor que la intensidad máxima admisible por el cable en cuestión y mayor que la intensidad para la que se han diseñado los cables.

$$I_b \leq I_N \leq I_Z$$

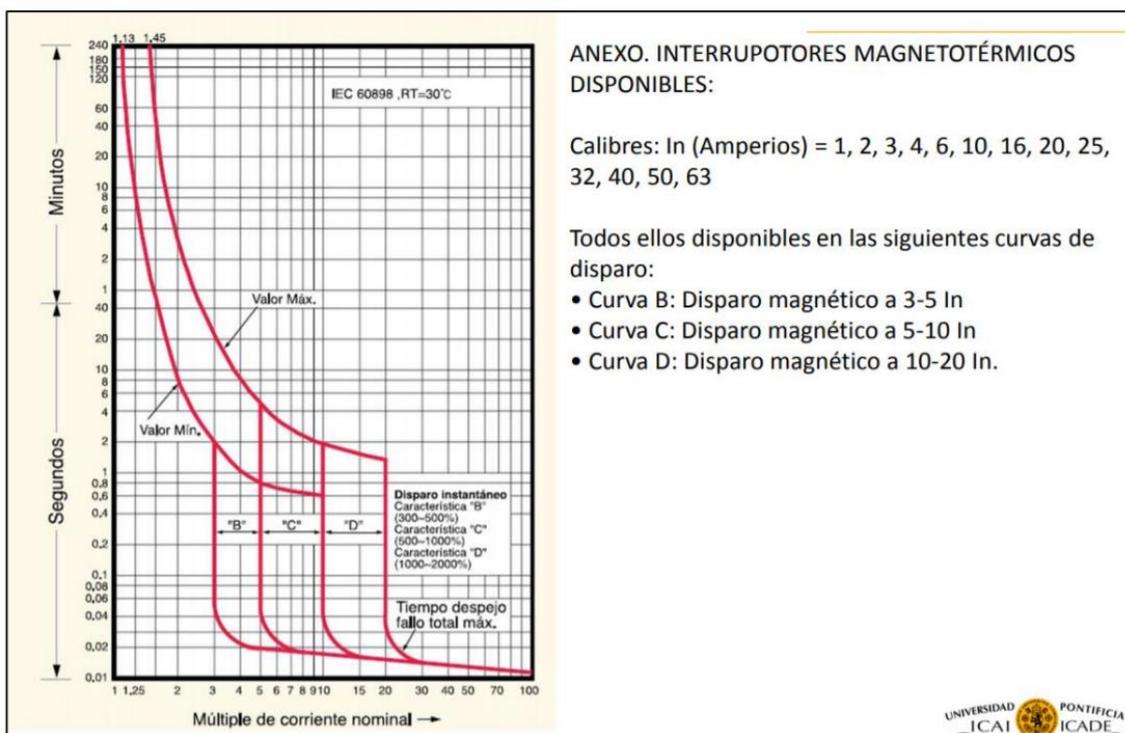
Ecuación 24. Restricción I dimensionamiento interruptor automático.

Por otro lado, la intensidad que asegura un correcto funcionamiento del interruptor en periodos largos de tiempo ha de ser al menos 1,45 veces más grande que la intensidad máxima admisible por los cables utilizados.

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

*Ecuación 25. Restricción II dimensionamiento interruptor automático.*

Por último, es necesario aplicar lo que se denomina “Selectividad”. Esto se traduce en asegurarse que la intensidad y el tiempo de activación de los interruptores que están aguas arriba de la instalación es mayor que la de los que se encuentran aguas abajo. De esta forma se garantiza que los interruptores que se encuentran aguas abajo saltan antes que los de aguas arriba. Por ello si falla un elemento de la red, se desconecta ese único elemento en vez de toda la instalación.



*Imagen 21. Esquema curvas tiempo/corriente para diseño interruptores magnetotérmicos.*

Siguiendo las condiciones establecidas y con la curva tiempo corriente de la *imagen 21* se muestran a continuación los interruptores obtenidos.

En primer lugar, se muestran los de aguas arriba y a continuación se va descendiendo en la red hasta llegar a los equipos.

Unidades A	$I_{CC}$	$I_b$	$I_z$	$I_2$	$1.45$ $* I_z$	$I_n$	$\frac{I_{calc}}{I_n}$	Curva	Corte	$I_{min}$	$I_{máx}$	Tiempo máximo (s)
------------	----------	-------	-------	-------	-------------------	-------	------------------------	-------	-------	-----------	-----------	-------------------

Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	3525	30,1	36	46,4	52,2	32	0,94	c	5000	160	320	5
UTA, TAC y enfriadora	21173	418,4	612	725	887,4	500	0,84	b	20000	1500	2500	5
Total sin UTA, TAC y enfriadora	6050	35,5	49	58	71,05	40	0,89	c	5000	200	400	5

Tabla 33. Selección interruptores magnetotérmicos Aguas arriba.

	Tomas	$I_{CC}$	$I_b$	$I_z$	$I_2$	$1.45 * I_z$	$I_n$	$\frac{I_{calc}}{I_n}$	Curva	Corte	$I_{min}$	$I_{máx}$	Tiempo máximo
RX	11	2588	10,7	27	29	39,2	20	0,54	c	5000	100	200	5
Rack integrado	17	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Plasma 42"	16	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5

Monitores + cámaras	15	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Brazos Motores	14	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Preparación enfermo	5	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
tomas de fuerza	4.1	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
tomas de fuerza	4.2	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
tomas de fuerza	4.3	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Mesa quirúrgica	7b	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Columnas monitores	7a.1	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Columnas monitores	7a.2	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5

Columnas anestesia	6b.1	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Columnas anestesia	6b.2	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Columnas anestesia	6a.1	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Columnas anestesia	6a.2	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
Panel de control	8	1666	1,2	20	24,6 5	29	17	0,07	c	5000	85	170	5
TAC	18	3736 4	94, 8	153	145	221,9	10 0	0,95	b	5000	300	500	5
UTA	19	4443	12, 9	27	29	39,2	20	0,65	b	5000	60	100	5
Enfriadora	20	3771 8	176 ,0	306	290	443,7	20 0	0,88	b	5000	600	1000	5
Alumbrado	19	1644	5,4	20	14,5	29,0	10	0,54	b	5000	30	50	5

Tabla 34. Selección interruptores magnetotérmicos Aguas abajo.

### 5.3. Esquema de la instalación

En este apartado se muestra el esquema unifilar de los elementos de la instalación.

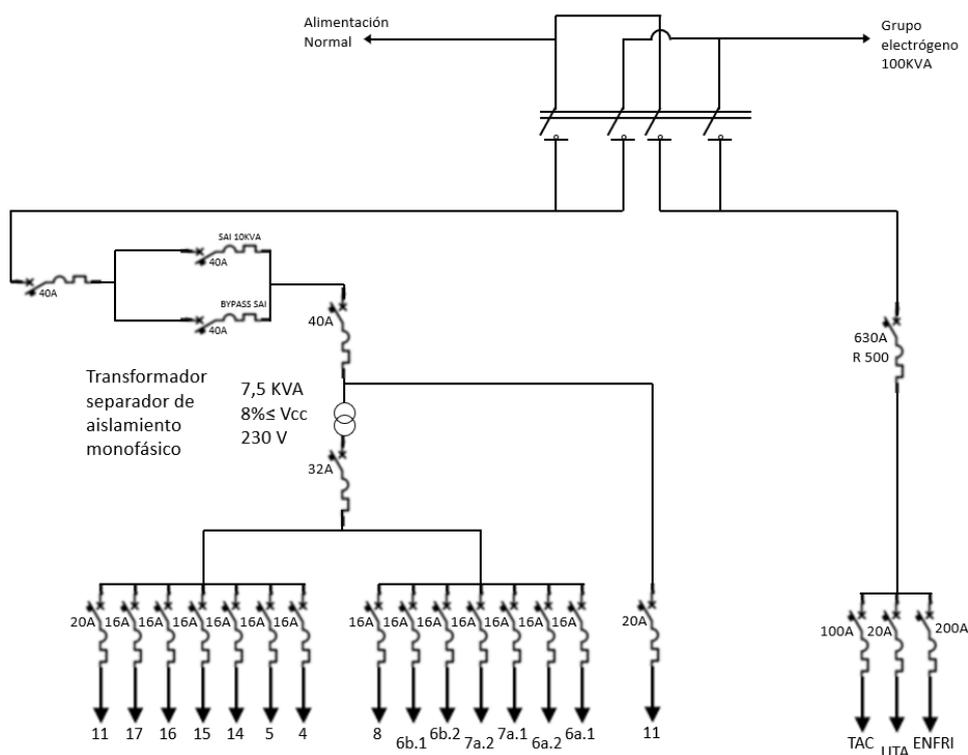


Imagen 22. Esquema unifilar de los elementos de la instalación.

## 6. S.A.I.

Como bien indica el reglamento de baja tensión en el apartado ITC.BT.38, toda sala quirúrgica deberá estar equipada con un sistema de alimentación

ininterrumpida (SAI). Por ello se necesita instalar un SAI de al menos 8,6 KVA exclusivamente para el quirófano, es decir, sin incluir la UTA, la enfriadora y el TAC. Este SAI debe de poder suministrar la potencia requerida a los dispositivos del quirófano durante al menos 2 horas.

Tras contactar con el fabricante Riello, recomendó el uso del modelo S3M 10 ACT (10KVA/10KW). Las baterías para 2 horas y 8,5 KW sería un armario adicional de 860x800x1900 mm con un peso de unos 1.000 kg.

El importe para el proyecto del conjunto es de 9.860 €.

## 7. Resumen resultados y equipos

### UTA:

Resultados teóricos UTA			
		Batería calor	Batería frío
Ti [°C]	°C	30	14
Recuperación sensible	%	50%	50%
Potencia Total	KW	-24,57	28,45
Potencia Latente	KW	-8,73	5,11
Potencia Sensible	KW	-15,84	23,34
Caudal agua por batería	Kg/h	1,362	4,893
Caudal impulsión	m <sup>3</sup> /h	8476	
Caudal recirculación	m <sup>3</sup> /h	7276	
Caudal exterior	m <sup>3</sup> /h	1200	
Caudal másico humectación	Kg/h	2,3	-
Aire entrada batería	°C	23,87	22,68
Humedad Relativa entrada batería	%	50,3 %	50,6 %

*Tabla 35. Resultados teóricos finales UTA.*

Equipo final con mismos caudales, Potencia batería fría: 29,56KW, Batería caliente 23,84 KW

Resultados UTA			
		Batería calor	Batería frío
Ti [°C]	°C	30	14
Recuperación sensible	%	74,8-80,5%	71,8-75,1%
Potencia Total	KW	23,84	29,56
Caudal agua por batería	l/h	2,096	5,071
Caudal impulsión	m <sup>3</sup> /h	8476	
Caudal recirculación	m <sup>3</sup> /h	7276	
Caudal exterior	m <sup>3</sup> /h	1200	
Caudal másico humectación	Kg/h	1,5	-
Aire entrada batería	°C	23,4	21,8
Humedad Relativa entrada batería	%	48,5 %	-

Tabla 36. Resultados finales UTA.

### Conductos de aire:

	número de veces que se repite el tramo	tramo	$\frac{Q}{h}$ [m <sup>3</sup> ]	$\frac{Q}{s}$ [m <sup>3</sup> ]	L [m]	$L_{eq}$ [m]	$\frac{V}{s}$ [m]	S [m <sup>2</sup> ]	W [mm]	H [mm]	WxH [m <sup>2</sup> ]	$\frac{V_{fin}}{s}$ [m]	$D_{eq}$ [mm]	$\frac{h_f}{m}$ [mm. c. a]
Impulsión	3	1-2	847,6	0,235	2,1	2,6	5,5	0,043	200	250	0,05	4,71	244,1	0,14
	3	2-3	1695,2	0,471	2,1	2,6	5,5	0,086	400	250	0,10	4,71	343,3	0,10
	3	3-4	2542,8	0,706	7,75	9,7	5,5	0,128	400	350	0,14	5,05	408,8	0,09
	1	4-5	7628,4	2,119	1,34	1,7	5,5	0,385	650	600	0,39	5,43	682,5	0,05
	1	5-6	8476	2,354	2,25	2,8	5,5	0,428	650	650	0,42	5,57	710,6	0,05
retorno	2	1-2	2119	0,589	8,35	10,44	5,5	0,107	300	400	0,12	4,91	377,7	0,09
	2	2-3	4238	1,177	5,28	6,59	5,5	0,214	450	500	0,23	5,23	518,4	0,07

Tabla 37. Resultados dimensionamiento Conductos de aire.

### Enfriadora:

La enfriadora escogida es del fabricante Carrier con una potencia de 32 KW concretamente la “AquaSnap® - Enfriadora scroll condensada por aire con conductos 30RBY” [2]

### Iluminación:

	P [W]	$\phi_T$ [lm]	Número total de luminarias	Número de luminarias a lo largo	Número de luminarias a lo ancho	$E_m$ [lux]	VEEI
Quirófano	74	100.813	18	12 (6 cada lado)	6 (3 cada lado)	1053	1,823

Tabla 38. Resumen instalación iluminación.

### Cableado:

En primer lugar, se muestran los cables que se encuentran aguas arriba de la instalación y posteriormente los de aguas abajo. Las tablas están divididas en tres partes para facilitar su visualización. La mayoría de elementos poseen las mismas propiedades por lo que se mostrará solo un ejemplo de cada elemento con propiedades repetidas.

	Long. Cálculo	Potencia (VA)	Factor de potencia	Tensión	Intensidad (A)	Sección real (mm <sup>2</sup> )	Tipo de montaje	$I_{max adm}$ (por conductor)
Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	20	6222,2	0,9	230	30,06	6	A1	36
UTA, TAC y enfriadora	20	86600	0,9	230	418,36	35		153
Total sin UTA, TAC y enfriadora	20	7338,2	0,9	230	35,45	10		49

	Nº cond/fase	Factor reducción	Factor corrección	Factor total	$I_{admisible}$ (línea)	$T_{max}$	$T_{ambiente}$	Temperatura
Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	1	1	1	1	36	90	20	68,80
UTA, TAC y enfriadora	4	1	1	1	612	90	20	52,71
Total sin UTA, TAC y enfriadora	1	1	1	1	49	90	20	56,64

	Resistividad a T	Conductividad a T	Caída de tensión	C.D.T. máxima	C.D.T. acumulada	Ru	Xu
Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	0,0205	48,6860	0,8053%	3,5%	2,4153%	0,00342	0,00008
UTA, TAC y enfriadora	0,0195	51,4081	0,4549%	3,5%	2,1133%	0,00056	0,00008
Total sin UTA, TAC y enfriadora	0,0197	50,7159	0,5470%	3,5%	1,9737%	0,00197	0,00008

Tabla 39. Resumen cálculos dimensionamiento cableado aguas abajo.

	Nombre Tomas	Long. Cálculo	Potencia (VA)	Factor de potencia	Tensión	Intensidad (A)	Sección real (mm <sup>2</sup> )	Tipo de montaje	$I_{max adm}$ (por conductor)
RX	11	20	2222,22	0,9	230	10,7	4	A1	27
Resto de elementos	4.1,4.2,4.3, 5, 6a.1, 6a.2,6b.1,6b.2, 7a.1, 7a.2, 8,14,15,16,17	20	250	0,9	230	1,21	2,5		20
TAC	18	20	59111	0,9	230	285,6	35		153
ALUMBRADO	19	20	1116	0,9	230	5,4	2,5		20
UTA	19	20	8044,4	0,9	400	12,9	4		27

Enfriadora	20	20	19444,4	0,9	400	176	35		153
------------	----	----	---------	-----	-----	-----	----	--	-----

	Nº cond/fase	Factor reducción	Factor corrección	Factor total	$I_{admisible}$ (línea)	$T_{max}$	$T_{ambiente}$	Temperatura
RX	1	1	1	1	27	90	20	31,1
Resto de elementos	1	1	1	1	20	90	20	20,3
TAC	2	1	1	1	153	90	20	46,9
ALUMBRADO	1	1	1	1	27	90	20	35,98
UTA	1	1	1	1	306	90	20	43,2
Enfriadora	2	1	1	1	20	90	20	25,1

Tabla 40. Resumen cálculos dimensionamiento cableado aguas abajo.

### Interruptores magnetotérmicos:

	Resistividad a T	Conductividad a T	Caída de tensión	C.D.T. máxima	C.D.T. acumulada	$R_u$	$X_u$
RX	0,0180	55,59	0,3778%	6,5%	2,98%	0,00450	0,00008
Resto de elementos	0,0173	57,9	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00690	0,00008
TAC	0,0191	52,5	0,4023%	6,5%	3%	0,00054	0,00008
ALUMBRADO	0,0183	54,6	0,4606%	6,5%	3,06%	0,00458	0,00008
UTA	0,0188	53,2	0,0653%	6,5%	2,67%	0,00054	0,00008
Enfriadora	0,0176	56,9	0,2968%	4,5%	1,33%	0,00703	0,00008

Unidades A	$I_{CC}$	$I_b$	$I_z$	$I_2$	$1.45 * I_z$	$I_n$	$\frac{I_{calc}}{I_n}$	Curva	Corte	$I_{min}$	$I_{máx}$	Tiempo máximo (s)
Total sin UTA, TAC, enfriadora y alumbrado	3525	30,1	36	46,4	52,2	32	0,94	c	5000	160	320	5
UTA, TAC y enfriadora	21173	418,4	612	725	887,4	500	0,84	b	20000	1500	2500	5

Total sin UTA, TAC y enfriadora	6050	35,5	49	58	71,05	40	0,89	c	5000	200	400	5
---------------------------------	------	------	----	----	-------	----	------	---	------	-----	-----	---

Tabla 41. Selección interruptores magnetotérmicos Aguas arriba.

	Tomas	$I_{CC}$	$I_b$	$I_z$	$I_2$	$1.45 * I_z$	$I_n$	$\frac{I_{calc}}{I_n}$	Curva	Corte	$I_{min}$	$I_{máx}$	Tiempo máximo
RX	11	2588	10,7	27	29	39,2	20	0,54	c	5000	100	200	5
Resto de elementos	4.1,4.2,4.3,5,6a.1,6a.2,6b.1,6b.2,7a.1,7a.2,8,14,15,16,17	1666	1,2	20	23,2	29	16	0,08	c	5000	80	160	5
TAC	18	37364	94,8	153	145	222	100	0,95	b	5000	300	500	5
UTA	19	4443	12,9	27	29	39,2	20	0,65	b	5000	60	100	5
Enfriadora	20	37718	176	306	290	443,7	200	0,88	b	5000	600	1000	5
Alumbrado	19	1644	5,4	20	14,5	29,0	10	0,54	b	5000	30	50	5

Tabla 42. Selección interruptores magnetotérmicos Aguas abajo.

**SAI:**

Riello S3M 10 ACT (10KVA/10KW). Baterías para 2 horas y 8,5 KW, armario adicional de 860x800x1900 mm con un peso de unos 1.000 kg. [3]

**Grupo electrógeno:**

---

Himoinsa HRFW-100- S5 de 100 KVA con motor con normativa Stage V según la Ordenanza 4/2021 de Calidad del Aire y Sostenibilidad del Ayuntamiento Madrid.

## 8. Presupuestos

Finalmente, los presupuestos de cada parte de la instalación:

**UTA y conductos ventilación:** Con una potencia de la batería fría de 30 KW y 24 KW para la batería caliente impulsando un caudal de  $8476 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Coste: 33.000€

**Enfriadora:** AquaSnap® - Enfriadora scroll condensada por aire con conductos 30RBY Potencia de 32 KW.

Coste: 16.140€

**Iluminación:** 18x LLEDO MEDICAL 800 CRI90 1.200x300.

Coste: 5.000€

**Protecciones y cableado:** 21 interruptores magnetotérmicos y sistema de cableado.

Coste estimado: 4.183€

**Transformador de aislamiento:**

Transformador de aislamiento monofásico para uso médico CM8000 de la mano de Torytrans.

---

Coste: 587,4€

**SAI y baterías:** Riello S3M 10 ACT (10KVA/10KW).

Coste: 9.860 €.

**Grupo electrógeno:** HRFW-100- S5.

Coste: 34.340,67 €.

**Coste total de la instalación:** 103.101 €

Por último, se puede realizar una comparación del ahorro energético de la UTA diseñada en comparación del caso sin recirculación del aire. Para ello estimando unas 2.200 horas de uso del quirófano al año, es decir, un 25% del año [5]. Sabiendo que el consumo de la UTA finalmente diseñada es de 7,24 KW mientras que el del caso sin recirculación de aire con el mismo tipo de recuperador es de 8,45 KW.

Suponiendo que los equipo están funcionando las 2.200 horas a máxima potencia se obtiene un consumo de 15.928 KWh para la UTA diseñada y 18.590 para la UTA sin recirculación de aire.

Con el precio actual de la electricidad que se encuentra en una media de 0.35 €/kWh se obtendría un gasto de 5.574 € para la UTA diseñada y 6.507 € para el caso de la UTA sin recirculación. Es decir, un gasto de 933 € anuales solamente en el consumo de la climatización suponiendo que los precios de la electricidad no varían.

---

## 9. Conclusiones

Tras el diseño de todas las instalaciones se recalca principalmente el ahorro tanto en equipos como en consumo de la UTA. Tras la optimización de esta, se ha conseguido reducir su coste inicial de instalación de 48.800€ a 31.993€. Además, se ha conseguido aumentar la eficiencia de esta recirculando aire de la sala y añadiendo intercambiadores de calor. Todo esto se logra sin reducir la calidad del aire de la sala con la correcta instalación de los filtros necesarios e impulsando un mínimo de aire desde el exterior.

Por otro lado, se han diseñado el resto de las instalaciones buscando siempre el cumplimiento de la normativa para el correcto funcionamiento de toda la instalación. Se ha hecho hincapié en buscar los equipos de emergencia adecuados, como son el SAI y el grupo electrógeno que permiten funcionar la instalación en caso de fallo eléctrico.

Además, se han diseñado las pertinentes protecciones para mantener tanto a los pacientes como al equipo especializado siempre a salvo de fallos eléctricos.

## 10. Objetivos de desarrollo sostenible

En este apartado el proyecto se relaciona con uno o más de los objetivos de desarrollo sostenible establecidos el 25 de septiembre del 2015 para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar prosperidad para todos los países. Para alcanzar estos objetivos debe haber cooperación entre todos los sectores

de la sociedad. [20] Este proyecto se puede relacionar con alguno de los objetivos mencionados a continuación:

### 3) Salud y Bienestar [21]



Este objetivo se centra en garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades. Como se ha mencionado anteriormente, este proyecto se centra en el diseño de las instalaciones de un quirófano híbrido que busca maximizar la eficiencia de las operaciones en pacientes de todas las edades, reduce el riesgo de los pacientes y agiliza su recuperación con intervenciones menos invasivas y más precisas.

## 9) Industria, innovación e infraestructuras [22]



Este objetivo se centra en la construcción de infraestructuras resilientes, en promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. En este proyecto se ha buscado diseñar las instalaciones de un concepto innovador de sala de operaciones con numerosas ventajas tanto como para trabajadores como para pacientes. Como se ha podido observar principalmente en el diseño de la UTA se ha optimizado su coste y eficiencia reduciendo el consumo y aumentando su efectividad

---

## 11. Bibliografía

- [1] «Guía técnica Condiciones climáticas exteriores de proyecto,» Junio 2010.  
[En línea]. Available:  
[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_12\\_Guia\\_tecnica\\_condiciones\\_climaticas\\_exteriores\\_de\\_proyecto\\_e4e5b769.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12_Guia_tecnica_condiciones_climaticas_exteriores_de_proyecto_e4e5b769.pdf).
- [2] «Carrier Sistemas de aire acondicionado y calefacción - España,» [En línea].  
Available:  
<https://www.carrier.com/commercial/es/es/soluciones/enfriadoras/enfriadoras-aire-agua/30rby/>.
- [3] «Riello ups,» [En línea]. Available: <https://www.riello-ups.es/uploads/file/461/2461/DATS3TB2T21BRES.pdf>.
- [4] «Torytrans,» [En línea]. Available: <https://www.torytrans.com>.
- [5] J. Barrubés, «Antares Health Lines,» 27 abril 2017. [En línea]. Available:  
<https://www.antares-healthlines.com/nc/articulo/como-saber-si-el-bloque-quirurgico-es-eficiente/#:~:text=La%20capacidad%20óptima%20de%20utilización,día%3B%2080%25%20de%20ocupación>.

- 
- [6] «quirosalud,» 10 diciembre 2018. [En línea]. Available:  
<https://www.tucanaldesalud.es/es/tecnologia/articulos/quiروفano-hibrido-avance-cirugia-intervencionista>.
- [7] «Neurocirugía Barcelona,» [En línea]. Available:  
<https://www.neurocirugiabarcelona.com/tecnicas/tac-intraoperatorio/>.
- [8] «Wikipedia,» 10 septiembre 2014. [En línea]. Available:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Quirófano\\_híbrido#/media/Archivo:Hybrid\\_operating\\_theatre\\_gemelli\\_rome.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Quirófano_híbrido#/media/Archivo:Hybrid_operating_theatre_gemelli_rome.jpg).
- [9] «Wikipedia,» 30 diciembre 2021. [En línea]. Available:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_quirúrgico\\_Da\\_Vinci](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_quirúrgico_Da_Vinci).
- [10] «Manual de diseño de la climatización y ventilación de quirófanos y habitaciones en centros hospitalarios de Castilla y León,» Marzo 2021. [En línea]. Available:  
<https://www.fundacionsigno.com/bazar/4/Climatizacion%20y%20ventilacion.pdf>.
- [11] «Segla asociados SL,» [En línea]. Available: <https://www.segla.net>.
- [12] «Ingenieros JG,» [En línea]. Available: <http://www.jgingenieros.es/en/>.

[13] «UNE 100713,» 2005.

[14] «Legisalud,» [En línea]. Available:

[http://www.legisalud.gov.ar/pdf/msres810\\_2020anexo1.pdf](http://www.legisalud.gov.ar/pdf/msres810_2020anexo1.pdf).

[15] «Magnus medical innovation,» [En línea]. Available:

<https://magnus.com.ar/wp-content/uploads/2021/06/ficha-técnica-arco-en-c.pdf>.

[16] «Grupo Cervi,» [En línea]. Available:

<https://grupocervi.com/2020/09/10/tomografo-general-electric-brightspeed/>].

[17] «Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI Climatización,» [En línea].

Available:

[https://sifo.comillas.edu/pluginfile.php/3231093/mod\\_resource/content/0/C3-Procesos%20elementales.pdf](https://sifo.comillas.edu/pluginfile.php/3231093/mod_resource/content/0/C3-Procesos%20elementales.pdf).

[18] «UNE 12464.1 Norma europea sobre la iluminación,» [En línea]. Available:

<https://www.saltoki.com/iluminacion/docs/03-UNE-12464.1.pdf>.

[19] B. Bueno, Reglamento Electrónico para baja tensión, Marcombo.

[20] «Naciones Unidas,» [En línea]. Available:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.

[21] «Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades,» [En línea]. Available:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.

[22] «Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación,» [En línea]. Available:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>.

## ANEXOS

### Fichas técnicas UTAs



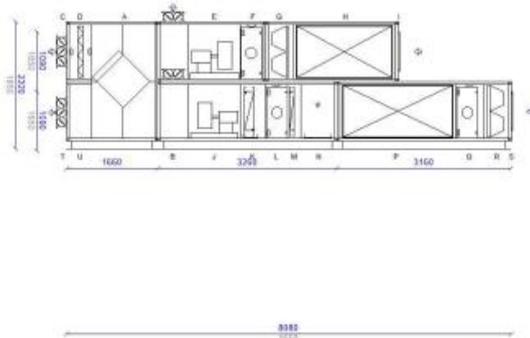
Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX** TECHNIK  
The art of handling air

Hoja de características técnicas

Climatizador: C01 OPCION1

**C01 OPCION1**



MODELO	<b>TKM 50 HE 155x099</b>	TKM 50 HE EU, construido con bastidor en perfil de aluminio extruido pintado, con rotura de puente térmico. Paneles de 50 mm de espesor tipo sándwich: con chapa exterior prelacada de 1 mm y chapa interior galvanizada de 1 mm. Con rotura de puente térmico y aislamiento de lana mineral. Enrasados con el bastidor formando superficies interiores lisas, adecuados para facilitar las tareas de limpieza interior del equipo. Puertas de acceso de construcción idéntica a los paneles, con bisagras y manecillas de apertura rápida. Bancada construida en perfiles en U de acero galvanizado y laminado en frío de 3mm de espesor. Los equipos para Intemperie incorporarán cubierta adicional tejadillo de chapa.																																																																															
DIMENSIONES APROXIMADAS	<b>1650x2320x8080 mm</b> <b>3490 kg</b>																																																																																
EJECUCIÓN	<b>Intemperie: Tejadillo chapa.</b>																																																																																
PANEL	<b>50 mm / Lana mineral</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="9">Potencia sonora (dB)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>63Hz</th> <th>125Hz</th> <th>250Hz</th> <th>500Hz</th> <th>1kHz</th> <th>2kHz</th> <th>4kHz</th> <th>8kHz</th> <th>dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descarga</td> <td>75</td> <td>64</td> <td>58</td> <td>32</td> <td>32</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>37</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>Impulsión</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Toma Impulsión</td> <td>80</td> <td>81</td> <td>89</td> <td>82</td> <td>77</td> <td>73</td> <td>73</td> <td>68</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>Toma Retorno</td> <td>66</td> <td>63</td> <td>53</td> <td>22</td> <td>19</td> <td>15</td> <td>24</td> <td>32</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>Descarga Retorno</td> <td>72</td> <td>75</td> <td>79</td> <td>78</td> <td>78</td> <td>79</td> <td>79</td> <td>70</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>Ruido Radiado</td> <td>75</td> <td>71</td> <td>68</td> <td>56</td> <td>56</td> <td>54</td> <td>48</td> <td>30</td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table>	Potencia sonora (dB)										63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)	Descarga	75	64	58	32	32	25	30	37	53	Impulsión										Toma Impulsión	80	81	89	82	77	73	73	68	85	Toma Retorno	66	63	53	22	19	15	24	32	49	Descarga Retorno	72	75	79	78	78	79	79	70	85	Ruido Radiado	75	71	68	56	56	54	48	30	64
Potencia sonora (dB)																																																																																	
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)																																																																								
Descarga	75	64	58	32	32	25	30	37	53																																																																								
Impulsión																																																																																	
Toma Impulsión	80	81	89	82	77	73	73	68	85																																																																								
Toma Retorno	66	63	53	22	19	15	24	32	49																																																																								
Descarga Retorno	72	75	79	78	78	79	79	70	85																																																																								
Ruido Radiado	75	71	68	56	56	54	48	30	64																																																																								
BANCADA	<b>H=140 mm</b>																																																																																
Nº MÓDULOS	<b>5</b>																																																																																
CAUDAL AIRE	Impulsión	<b>8476 m<sup>3</sup>/h</b>																																																																															
	Retorno	<b>8476 m<sup>3</sup>/h</b>																																																																															
NOTAS	Cumple la norma ERP 2018 Cumple la norma ERP 2016  Cálculos realizados: 0 m Altitud																																																																																
SUPLEMENTOS	Paneles con sellado especial.																																																																																

**\*Al tratarse de un equipo de intemperie se tiene que proteger el humectador. Protección por parte del**

Hoja: 2/41

YAHUS EU Versión: 23/06 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com) or [www.certiflash.com](http://www.certiflash.com)

YAHUS EU by TROX  
Hot Air Handling Unit Screens





Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022



**Hoja de características técnicas**

Climatizador: C01 OPCION1

SECCIÓN DE FILTROS		ID D										
Tipo	Filtro plano											
Clase	ePM1-65%											
EN779	F7											
Caudal aire	8476 m3/h	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MFP-F7-PLA/592x592x96x80/WS - 610x610</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MFP-F7-PLA/287x592x96x80/WS - 610x305</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MFP-F7-PLA/287x592x96x80/WS - 305x610</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>MFP-F7-PLA/287x287x96x80/WS - 305x305</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad		MFP-F7-PLA/592x592x96x80/WS - 610x610	2	MFP-F7-PLA/287x592x96x80/WS - 610x305	2	MFP-F7-PLA/287x592x96x80/WS - 305x610	1	MFP-F7-PLA/287x287x96x80/WS - 305x305	1
Cantidad												
MFP-F7-PLA/592x592x96x80/WS - 610x610	2											
MFP-F7-PLA/287x592x96x80/WS - 610x305	2											
MFP-F7-PLA/287x592x96x80/WS - 305x610	1											
MFP-F7-PLA/287x287x96x80/WS - 305x305	1											
Pérdida de carga con filtro limpio	67 Pa											
Pérdida de carga final	200 Pa											
Pérdida de carga máxima	450 Pa											
Pérdida de carga considerada <b>ACCESORIOS</b>												
Tomas de presión												
<b>CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA: E</b>												

SECCIÓN DE FILTROS		ID G										
Tipo	Filtro compacto (Plisée)											
Clase	ePM1-85%											
EN779	F9											
Caudal aire	8476 m3/h	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MFI-F9-PLA/592x592x92x6 - 610x610</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 610x305</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 305x610</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>- 305x305</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad		MFI-F9-PLA/592x592x92x6 - 610x610	2	MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 610x305	2	MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 305x610	1	- 305x305	1
Cantidad												
MFI-F9-PLA/592x592x92x6 - 610x610	2											
MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 610x305	2											
MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 305x610	1											
- 305x305	1											
Pérdida de carga con filtro limpio	55 Pa											
Pérdida de carga final	300 Pa											
Pérdida de carga máxima	450 Pa											
Pérdida de carga considerada <b>ACCESORIOS</b>												
Tomas de presión												
<b>CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA: B</b>												

SECCIÓN DE FILTROS		ID R										
Tipo	Filtro compacto (Plisée)											
Clase	ePM1-85%											
EN779	F9											
Caudal aire	8476 m3/h	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MFI-F9-PLA/592x592x92x6 - 610x610</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 610x305</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 305x610</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>- 305x305</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad		MFI-F9-PLA/592x592x92x6 - 610x610	2	MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 610x305	2	MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 305x610	1	- 305x305	1
Cantidad												
MFI-F9-PLA/592x592x92x6 - 610x610	2											
MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 610x305	2											
MFI-F9-PLA/592x287x92x6 - 305x610	1											
- 305x305	1											
Pérdida de carga con filtro limpio	55 Pa											
Pérdida de carga final	300 Pa											
Pérdida de carga máxima	450 Pa											
Pérdida de carga considerada <b>ACCESORIOS</b>												
Tomas de presión												
<b>CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA: B</b>												

Hoja: 5/41

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com) or [www.certiflash.com](http://www.certiflash.com)

YAHUS EU by TROX  
Your Air Handling Unit Software



Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX**® TECHNIK  
The art of handling air

**Hoja de características técnicas**

Climatizador: C01 OPCION1

<b>VENTILADOR DE RETORNO</b>		ID E ( Densidad: 1,2 Kg/m3 / Altitud: 0 m)							
Ventilador	<b>RLM E6-4550-43-4000W</b>								
Tipo	<b>Plug-Fan</b>								
Motor	<b>IE3 - 4 kW - 1460 rpm</b>								
Grado de protección	<b>IP55</b>								
K	<b>245</b>								
Tensión de conexión	<b>D400/Y690V 50Hz</b>								
<b>PRESTACIONES (Se ha considerado el efecto sistema)</b>									
Eficiencia Motor	<b>IE3 -</b>								
Caudal aire	<b>8476 m3/h</b>								
Eficiencia	<b>81,0 %</b>								
Potencia eje	<b>2,75 kW</b>								
Consumo eléctrico real	<b>3,20 kW</b>								
Potencia específica	<b>1359 W/m3/s</b>								
Categoría	<b>SFP 4 -</b>								
Presión estática disponible	<b>750 Pa</b>								
Presión estática total	<b>894 Pa</b>								
Presión dinámica	<b>51 Pa</b>								
Presión total	<b>945 Pa</b>								
Reserva Velocidad	<b>12 %</b>								
Frecuencia operativa	<b>67 Hz</b>								
Frecuencia Máxima	<b>75 Hz</b>								
Velocidad giro	<b>1946 rpm</b>								
Velocidad Máxima Ventilador	<b>2180 rpm</b>								
<b>POTENCIA SONORA (dB)</b>									
Frecuencia [Hz]	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1k</b>	<b>2k</b>	<b>4k</b>	<b>8k</b>	<b>dB(A)</b>
Entrada	72	78	80	74	72	73	72	67	80
Salida	72	75	79	78	78	79	79	70	85
<b>ACCESORIOS</b>									
Convertidor de frecuencia integrado en envoltorio y completamente conectado al motor, Tomas medición caudal.									

Hoja: 7/41

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate: [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com) or [www.certiflash.com](http://www.certiflash.com)

YAHUS EU by TROX®  
New Air Handling Unit Series

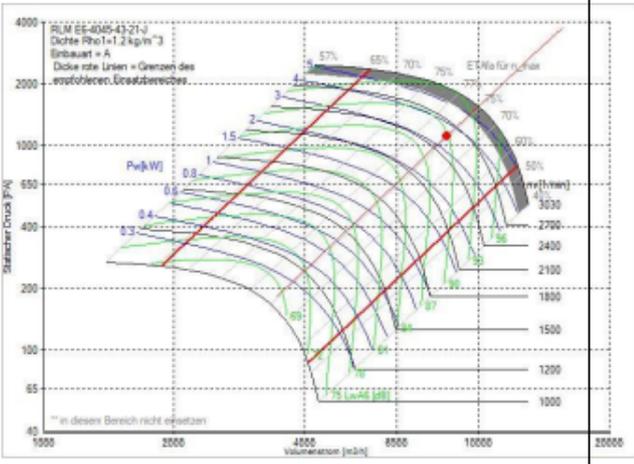


Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX®** TECHNIK  
The art of handling air

**Hoja de características técnicas**

Climatizador: C01 OPCION1

<b>VENTILADOR DE IMPULSIÓN</b>		ID J ( Densidad: 1,2 Kg/m3 / Altitud: 0 m)							
Ventilador	<b>RLM E6-4045-43-5500W</b>								
Tipo	<b>Plug-Fan</b>								
Motor	<b>IE3 - 5,5 kW - 1465 rpm</b>								
Grado de protección	<b>IP55</b>								
K	<b>200</b>								
Tensión de conexión	<b>D400/Y690V 50Hz</b>								
<b>PRESTACIONES (Se ha considerado el efecto sistema)</b>									
Eficiencia Motor	<b>IE3 -</b>								
Caudal aire	<b>8476 m3/h</b>								
Eficiencia	<b>81,0 %</b>								
Potencia eje	<b>3,48 kW</b>								
Consumo eléctrico real	<b>4,04 kW</b>								
Potencia específica	<b>1715 W/m3/s</b>								
Categoría	<b>SFP 4 -</b>								
Presión estática disponible	<b>750 Pa</b>								
Presión estática total	<b>1110 Pa</b>								
Presión dinámica	<b>80 Pa</b>								
Presión total	<b>1190 Pa</b>								
Reserva Velocidad	<b>12 %</b>								
Frecuencia operativa	<b>89 Hz</b>								
Frecuencia Máxima	<b>100 Hz</b>								
Velocidad giro	<b>2561 rpm</b>								
Velocidad Máxima Ventilador	<b>2870 rpm</b>								
									
<b>POTENCIA SONORA (dB)</b>									
Frecuencia [Hz]	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1k</b>	<b>2k</b>	<b>4k</b>	<b>8k</b>	<b>dB(A)</b>
Entrada	80	81	89	82	77	73	73	68	85
Salida	81	81	88	84	85	83	82	74	90
<b>ACCESORIOS</b>									
Convertidor de frecuencia integrado en envoltorio y completamente conectado al motor, Tomas medición caudal.									

Hoja: 8/41

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate:

www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

**YAHUS EU** by TROX®  
Your Air Handling Unit Software





Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX**® TECHNIK  
The art of handling air

Hoja de características técnicas

Climatizador: C01 OPCION1

SECCIÓN DE SILENCIADOR										ID H
Modelo	<b>XSA200</b>									
Longitud	<b>1750</b> mm									
Caudal aire	<b>8476</b> m3/h									
Pérdida de carga	<b>9</b> Pa									
Frecuencia [Hz]	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1k</b>	<b>2k</b>	<b>4k</b>	<b>8k</b>	<b>dB(A)</b>	
Potencia sonora de la fuente	72	78	80	74	72	73	72	67	80	
Atenuación silenciador	6	15	27	50	50	50	38	24		
Potencia sonora resultante	66	63	54	24	22	23	35	44	50	

SECCION DE SILENCIADOR										ID P
Modelo	<b>XSA200</b>									
Longitud	<b>2000</b> mm									
Caudal aire	<b>8476</b> m3/h									
Pérdida de carga	<b>9</b> Pa									
Frecuencia [Hz]	<b>63</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1k</b>	<b>2k</b>	<b>4k</b>	<b>8k</b>	<b>dB(A)</b>	
Potencia sonora de la fuente	81	81	88	84	85	83	82	74	90	
Atenuación silenciador	7	18	30	50	50	50	42	26		
Potencia sonora resultante	75	64	59	34	35	33	41	49	55	

Hoja: 9/11

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate:

www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

**YAHUS** EU by **TROX**®  
The Art of Handling Unit Software



Nº de oferta: 287480EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX**® TECHNIK  
The art of handling air

**Hoja de características técnicas**

Climatizador: C01 OPCION1

SECCIÓN RECUPERADOR ESTÁTICO		ID A ( Densidad: 1.2 Kg/m3 / Altitud: 0 m)
Modelo	<b>RFE-AL-07-N-1530-S-1-AE-SM-DABD600</b> (Compuerta Preparada para motorizar)	
	<b>Invierno   Verano</b>	
Eficiencia Seca	<b>74,8 %   71,8 %</b>	
Eficiencia Húmeda	<b>80,5 %   71,8 %</b>	
Eficiencia ERP	<b>74,8 %</b>	
Potencia Recuperada	<b>7,9 kW   2,8 kW</b>	
<b>IMPULSIÓN</b>		
Caudal aire	<b>1200 m3/h</b>	
Pérdida de carga	<b>26 Pa</b>	
Pérdida de Carga (1.2 kg/m3)	<b>151 Pa</b>	
Tª seca entrada aire	<b>-1,4   33,8 °C</b>	
HR entrada aire	<b>74,9   36,9 %</b>	
Tª seca salida aire	<b>18,2   26,8 °C</b>	
HR salida aire	<b>19,2   55,8 %</b>	
<b>RETORNO</b>		
Caudal aire	<b>1200 m3/h</b>	
Pérdida de carga	<b>26 Pa</b>	
Pérdida de carga (1.2 kg/m3/h)	<b>151 Pa</b>	
Tª seca entrada aire	<b>23,0   24,0 °C</b>	
HR entrada aire	<b>50,0   50,0 %</b>	
Tª seca salida aire	<b>8,4   31,0 °C</b>	
HR salida aire	<b>99,9   33,1 %</b>	

TROX  
Psicrométrico

Presión barométrica: 101.325 kPa  
(0.0 m sobre el nivel del mar)

Recuperador estático de placas AluminioCompuerta by-pass 600

Hoja: 10/41

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate:  
www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

**YAHUS EU** by **TROX**®  
The art of handling air



Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX**® TECHNIK  
The art of handling air

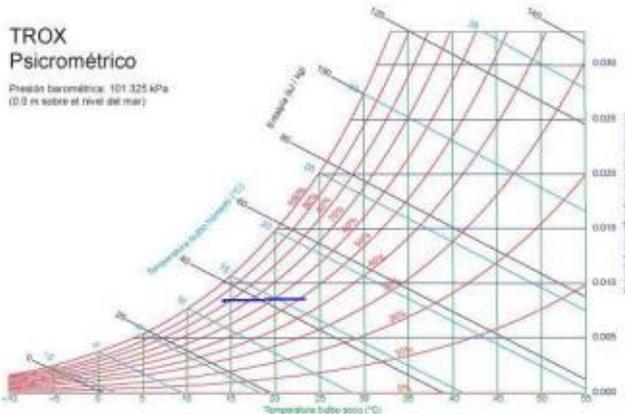
**Hoja de características técnicas**

Climatizador: C01 OPCION1

**BATERÍA REFRIGERACIÓN** ID K ( Densidad: 1,2 Kg/m3 / Altitud: 0 m)

Modelo	<b>TWCT30D1-Cu-AI-4R-28T-1300A-2pa 14C 1 1/4"</b>
Potencia	<b>29,56 kW</b>
Calor sensible/Calor total	<b>0,91</b>
Diseñado para condiciones húmedas	
Caudal aire	<b>8476 m3/h</b>
Velocidad aire	<b>2,2 m/s</b>
Pérdida carga aire	<b>88 Pa</b>
Tª seca entrada aire	<b>23,4 °C</b>
HR entrada aire	<b>48,5 %</b>
Tª húmeda entrada aire	<b>16,4 °C</b>
<b>Tª seca salida aire</b>	<b>14,0 °C</b>
HR salida aire	<b>84,4 %</b>
Tª húmeda salida aire	<b>12,6 °C</b>
Caudal agua	<b>5071 l/h</b>
Tª entrada agua	<b>7,0 °C</b>
Tª salida agua	<b>12,0 °C</b>
Pérdida carga agua	<b>23,86 kPa</b>

TROX Psicrométrico  
Presión barométrica: 101,325 kPa (0,0 m sobre el nivel del mar)

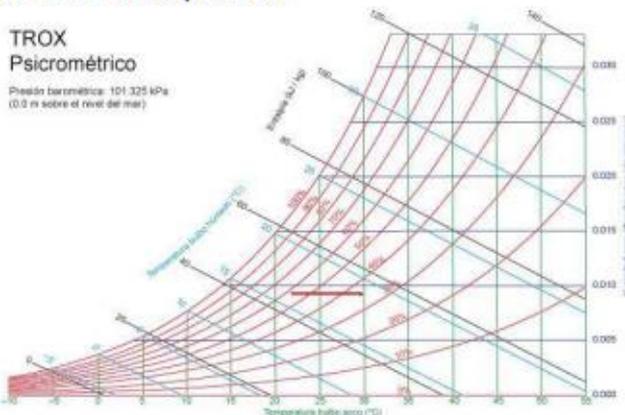


Bateria P30 con tubos de cobre, aletas de Aluminio, bastidor en Acero galvanizado

**BATERÍA CALEFACCIÓN** ID M ( Densidad: 1,2 Kg/m3 / Altitud: 0 m)

Modelo	<b>TWCT30D1-Cu-AI-1R-28T-1300A-3pa 5C 3/4"</b>
Potencia	<b>23,84 kW</b>
Diseñado para condiciones secas	
Caudal aire	<b>8476 m3/h</b>
Velocidad aire	<b>2,2 m/s</b>
Pérdida carga aire	<b>11 Pa</b>
Tª seca entrada aire	<b>21,8 °C</b>
HR entrada aire	<b>57,0 %</b>
Tª húmeda entrada aire	<b>16,3 °C</b>
<b>Tª seca salida aire</b>	<b>30,0 °C</b>
Caudal agua	<b>2096 l/h</b>
Tª entrada agua	<b>70,0 °C</b>
Tª salida agua	<b>60,0 °C</b>
Pérdida carga agua	<b>30,70 kPa</b>

TROX Psicrométrico  
Presión barométrica: 101,325 kPa (0,0 m sobre el nivel del mar)



Bateria P30 con tubos de cobre, aletas de Aluminio, bastidor en Acero galvanizado

Hoja: 11/41

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate:  
www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

**YAHUS** EU by **TROX**®  
Your Air Handling Unit Software





Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX®** TECHNIK  
The art of handling air

Hoja de características técnicas

Climatizador: C01 OPCION1

SECCIÓN DE HUMECTACIÓN DE VAPOR			ID N
Tipo	UE001-Electrodos		
Producción de vapor	2	kg/h	
Tª seca entrada aire	21,0	°C	
Tª húmeda entrada aire	14,5	°C	
HR entrada aire	49,5	%	
Tª seca salida aire	21,0	°C	
Tª húmeda salida aire	14,7	°C	
HR salida aire	50,4	%	
AnchoxAltoxLargo	365x712x275	mm	

Sección de free-cooling		ID B
Tipo	Compuerta	
Modelo	JZ-S-R/1200x345/0/SPZS99	
Regulación	Preparada para motorizar	
Caudal aire	8476 m3/h	
Velocidad aire	5,69 m/s	
Pérdida de carga	- Pa	
Tipo	Compuerta	
Modelo	JZ-LL/1200x345/0/SPZS99	
Regulación	Preparada para motorizar	
Caudal aire	8476 m3/h	
Velocidad aire	5,69 m/s	

SECCIÓN DE CONEXIÓN		ID C
Tipo	Compuerta	
Modelo	JZ-S-R/800x510/0/SPZS99	
Regulación	Preparada para motorizar	
Caudal aire	8476 m3/h	
Velocidad aire	5,77 m/s	
Pérdida de carga	3 Pa	

SECCIÓN DE CONEXION		ID I
Tipo	Marco metu	
Modelo	MM-1262x635	
Regulación	Sin regulación	
Caudal aire	8476 m3/h	
Velocidad aire	2,94 m/s	

Hoja: 12/41

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados © HUA España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate:  
www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

YAHUS EU ICAE TROX®  
Your Air Handling Unit Software



Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX**® TECHNIK  
The art of handling air

**Hoja de características técnicas**

Climatizador: C01 OPCION1

SECCIÓN DE CONEXIÓN		ID S
Tipo	Marco metu	
Modelo	MM-1262x635	
Regulación	Sin regulación	
Caudal aire	8476 m3/h	
Velocidad aire	2,94 m/s	

SECCIÓN DE CONEXIÓN		ID T
Tipo	Compuerta	
Modelo	JZ-S-R/800x510/0/SPZS99	
Regulación	Preparada para motorizar	
Caudal aire	8476 m3/h	
Velocidad aire	5,77 m/s	
Pérdida de carga	3 Pa	

SECCIONES VACÍAS		ID F
Longitud	400 mm	
Notas	-	

SECCIONES VACÍAS		ID L
Longitud	400 mm	
Notas	-	

SECCIONES VACÍAS		ID Q
Longitud	500 mm	
Notas	-	

SECCIONES VACÍAS		ID U
Longitud	400 mm	
Notas	-	

Hoja: 13/41

YAHUS EU Versión: 23/06 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate:

www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

YAHUS EU by TROX®  
Your Air Handling Unit Software



Nº de oferta: 28748C0EU  
Proyecto: QUIROFANO  
Cliente: ICAI  
Fecha: 08/07/2022

**TROX** TECHNIK  
The art of handling air

**Hoja de características técnicas**

Climatizador: C01 OPCION1

<b>Hoja de datos para cumplimiento Erp 2018</b>	
<b>Fabricante</b>	TROX
<b>Identificación modelo</b>	TROXTKM 50 HE EU 155x099
<b>Modelo</b>	UVNR UVB
<b>Tipo Velocidad</b>	Motor Velocidad Variable
<b>Recuperación</b>	Sección recuperador estático
<b>Eficiencia Térmica</b>	74,8 %
<b>Caudal aire</b>	Caudal impulsión 8476 m3/h Caudal retorno 8476 m3/h
<b>Consumo eléctrico real</b>	Impulsión 4,04 kW Retorno 3,20 kW
<b>SFPint (configuración de referencia)</b>	Impulsión 113 W / (m3/s) Retorno 84 W / (m3/s) Total 197 W / (m3/s)
<b>Velocidad aire</b>	Impulsión 1,53 m/s Retorno 1,53 m/s
<b>Presión estática disponible</b>	Impulsión 750 Pa Retorno 750 Pa
<b>Pérdida de carga configuración de referencia</b>	Impulsión 73 Pa Retorno 55 Pa
<b>Eficiencia Estática Sistema</b>	Impulsión 64,7 % Retorno 65,8 %
<b>Ruido Radiado</b>	64dB(A)
<b>Max. ratio fuga externo</b>	0,70
 <b>( SFP MAX - 854 W/(m3/s)</b> <b>Eficiencia Térmica Mínima - 73% )</b>	

Como configuración de referencia de la directiva de ecodiseño se ha tomado un filtro compacto F7 (ISO ePM1-65%) en impulsión y un filtro compacto M8 (ISO ePM10-80%) o plano M5 (ISO ePM10-70%) en retorno, en función de la tipología seleccionada.

Hoja: 14/41

YAHUS EU Versión: 23/00 (17/12/2021)

Derechos de modificación reservados. Todos los derechos reservados ©TROX España

TROX ESPAÑA participates in the ECC programme for Air Handling Units. Check ongoing validity of certificate:

www.eurovent-certification.com or www.certiflash.com

**YAHUS** EU by **TROX**  
New Air Handling Unit Software

## Luminarias:

# LLEDU

HOSPITALARIAS

# MEDICAL 800 CRI90





Bajo pedido:  
Colores RAL





---

### DESCRIPCIÓN

**CUERPO DE LA LUMINARIA**

- Fabricado en chapa de acero termoestalmada en color blanco semimate antibacteriana.

**INSTALACIÓN**

- Tensión de alimentación 220-240 V / 50-60 Hz.
- Conexión eléctrica a clemas de conexión rápida a través de prensaestopas.
- Montaje: empotrado en techo.  
Bajo pedido versiones de superficie o suspendida.
- Las condiciones de limpieza y productos a utilizar deberán ser consultadas previamente.

**ÓPTICA**

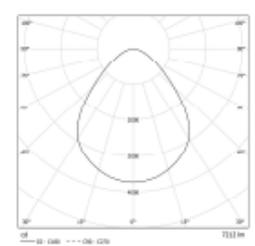
- La tecnología óptica utilizada ofrece una elevada uniformad luminosa en el difusor.
- Formado por marco – bastidor de aluminio de extrusión junto con componente óptico microprismático u opal de altas prestaciones ópticas.
- Estructura microprismática de alta transparencia formada por matriz de micropirámides de base hexagonal para un total control del deslumbramiento y un elevado rendimiento con  $L < 1.000 \text{ cd/m}^2$  a  $65^\circ$  respecto a la vertical para un UGR19.
- Cristal templado de seguridad.

**FUENTE DE LUZ**

- LED 940 con alta selección de binning (3 elipses de variación) que garantiza el flujo luminoso emitido y la temperatura de color declarada.

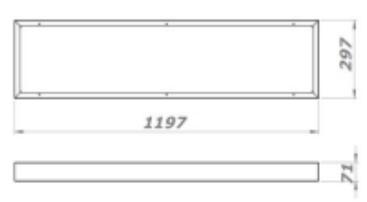
---

### DISTRIBUCIÓN LUMÍNICA



### DIMENSIONES

Dimensiones en mm.



---

**MODELOS**

**MEDICAL 800 1.200x300 CRI90 • Luminaria LED de empotrar para entornos hospitalarios • Color blanco**

Referencia	Regulable DALI	UGR	Fuente de luz	Potencia	Temp. color	CRI	Flujo	Peso
8440R59940000	8440R59940200	<19	LED 940	59 W	4.000 K	>90	4.700 lm	9,3 Kg
8440R74940000	8440R74940200	<19	LED 940	74 W	4.000 K	>90	5.900 lm	9,3 Kg

## Grupo Electrónico

**HIMOINSA**  
A YANMAR COMPANY

**HRFW-100 S5**  
GAMA RENTAL  
Powered by FPT\_IVECO



SERVICIO		PRP	ESP
POTENCIA	kVA	100	102
POTENCIA	kW	80	82
RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO	r.p.m.	1.500	
TENSIÓN ESTÁNDAR	V	400/230	
TENSIONES DISPONIBLES	V	230/132 - 230 V (t)	
FACTOR DE POTENCIA	Cos Phi	0,8	



### GAMA RENTAL

HIMOINSA empresa con certificación de calidad ISO 9001

Los grupos electrógenos HIMOINSA cumplen el marcado CE que incluye las siguientes directivas:

- 2006/42/CE Seguridad de Máquinas
- 2014/53/UE de Compatibilidad Electromagnética
- 2014/34/UE material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión
- 2000/14/CE Emisiones Sonoras de Máquinas de uso al aire libre (modificada por 2005/88/CE)
- 97/83/CE de Emisión de Gases y Partículas contaminantes. (modificada por 2012/68/UE)
- EN 12195, EN 12887, EN 60334

Condiciones ambientales de referencia según la norma ISO 8528-1:2018: 1000 mbar, 25°C, 30% humedad relativa.

Prime Power (PRP)

Según la norma ISO 8528-1:2018, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables por un número limitado de horas por año entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo. La potencia media consumible durante un periodo de 24 horas no debe superar el 70% de la PRP.

Emergency Standby Power (ESP)

Según la norma ISO 8528-1:2018, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas variables en caso de un corte de energía de la red o en condiciones de prueba por un número limitado de horas por año de 202h entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo. La potencia media consumible durante un periodo de 24 horas no debe superar el 70% de la ESP.

Continuous Power (COP): Según la norma ISO 8528-1:2018, es la potencia máxima disponible para empleo bajo cargas constantes por un número limitado de horas al año entre los intervalos de mantenimiento prescritos por el fabricante y en las condiciones ambientales establecidas por el mismo.

Cumple con un impacto de carga tipo G2 según la norma ISO 8525-0:2018

HIMOINSA HEADQUARTERS:

Fábrica: C/3, Murcia - San Javier, Km. 23,6 | 30730 SAN JAVIER (Murcia) Spain  
Tel: +34 968 19 11 20 Fax: +34 968 19 17 17 Fax: +34 968 19 04 20 |  
info@himoinsa.com | www.himoinsa.com

Centros Productivos:

ESPAÑA • FRANCIA • INDIA • CHINA • USA • BRASIL • ARGENTINA

filiales:

PORTUGAL | POLONIA | ALEMANIA | UK | SINGAPUR | EMIRATOS ÁRABES UNIDOS |  
PANAMÁ | REPÚBLICA DOMINICANA | ARGENTINA (ANGOLA) | SUDÁFRICA



### INSONORIZADA RENTAL

DS5R DS5R

REFRIGERADOS POR AGUA

TRIFÁSICOS

50 HZ

STAGE V

DIÉSEL

Himoinsa se reserva el derecho de modificar cualquier característica sin previo aviso.

Pesos y medidas basadas en los productos estándar. Las ilustraciones pueden incluir accesorios opcionales.

Las características técnicas descritas en este catálogo se corresponden con la información disponible en el momento de la impresión.

Las ilustraciones e imágenes son orientativas y podrían no coincidir en su totalidad con el producto.

Diseño industrial bajo patente.





### Especificaciones de Motor | 1.500 r.p.m.

Potencia Nominal (PRP)	kW	91,8
Potencia Nominal (ESP)	kW	91,8
Fabricante	FPT_IVECO	
Modelo	F36.ETVP03.A94	
Tipo de Motor	Diesel 4 tiempos	
Tipo de Inyección	Directa, common rail	
Tipo aspiración	Turboalimentado y post-enfriado	
Cilindros, número y disposición	4-L	
Diámetro x Carrera	mm	102 x 110
Cilindrada total	L	3,6
Sistema de refrigeración	Líquido (agua + 50% glicol)	
Especificaciones del aceite motor	10W-40 (API CJ-4, CK-4)	
Relación de compresión	17:1	

Consumo combustible ESP	l/h	23,5
Consumo combustible 100 % PRP	l/h	23,5
Consumo combustible 80 % PRP	l/h	18,4
Consumo combustible 50 % PRP	l/h	11,5
Consumo combustible 25 % PRP	l/h	6,5
Consumo máximo de aceite a plena carga	g/kWh	0,25
Capacidad total de aceite (incluido tubos, filtros)	L	9,5
Regulador	Tipo	Electrónico
Filtro de Aire	Tipo	Seco



- Motor diesel
- 4 tiempos
- Refrigerado por agua
- Arranque eléctrico 12V
- Filtro decantador (nivel no visible)
- Filtro de aire en seco
- Radiador con ventilador soplante
- Sensor de nivel agua radiador
- Bulbos de ATA
- Bulbos de BPA
- Regulación electrónica
- Protecciones de partes calientes
- Protecciones de partes móviles



### Especificaciones Alternador | STAMFORD

Fabricante	STAMFORD	
Modelo	UCI274C	
Polos	Nº	4
Tipo de conexión (estándar)	Estrella - Serie	
Tipo de acoplamiento	S-3 11"1/2	
Grado de protección aislamiento	Clase	Clase H

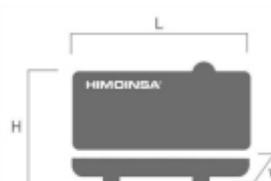
Grado de protección mecánica (según IEC-34-5)	IP23
Sistema de excitación	Autoexcitado, sin escobillas
Regulador de tensión	A.V.R. (Electrónico)
Tipo de soporte	Monopalier
Sistema de acoplamiento	Disco Flexible
Tipo de recubrimiento	Estándar (Impregnación en vacío)



- Autoexcitado y autorregulado
- Protección IP23
- Aislamiento clase H

## DIMENSIONES Y PESO

Versión Estandar		
Largo (L)	mm	2.960
Alto (H)	mm	1.895
Ancho (W)	mm	1.200
Volumen de embalaje máximo	m <sup>3</sup>	6,73
Peso con líquidos en radiador y cárter	Kg	2.171
Capacidad del depósito	L	450
Autonomía	Horas	24
Depósito de plástico		



## DATOS DE INSTALACIÓN

### SISTEMA DE ESCAPE

Máx. temperatura gas de escape	°C	740
Máxima contrapresión aceptable	mbar	220
Calor Evacuado por el escape	kW	73,5

### CANTIDAD DE AIRE NECESARIA

Máximo caudal de aire necesario para la combustión	m <sup>3</sup> /h	321
Caudal de aire ventilador motor	m <sup>3</sup> /s	1,8
Caudal aire ventilador alternador	m <sup>3</sup> /s	0,514

### SISTEMA DE PUESTA EN MARCHA

Tensión Auxiliar	Vcc	12
------------------	-----	----

### SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Tipo de combustible		Diésel
Depósito combustible	L	450



## Versión Insonoro

- Chasis Acero
- Registro para llenado del radiador
- Pre-instalación o nicho para albergar los enchufes de conexión rápidos para trasiego del combustible
- Chasis anti-fugas, predispuesto para retención de líquidos (Bandeja de retención)
- Registro para limpieza y drenaje del depósito de combustible
- Tape basculante en el escape
- Amortiguadores antivibratorios
- Tanque de combustible integrado en el chasis
- Alorador de nivel de combustible
- Carrocera fabricada con chapa de alta calidad
- Alta resistencia mecánica
- Bajo nivel de emisiones sonoras
- Insonorización a base de lana de roca volcánica de alta densidad
- Acabado superficial a base de polvo de poliéster epoxídico
- Total acceso a mantenimientos (agua, aceite y filtros sin desmontar capot)
- Kit de extracción de aceite del cárter
- Llenado externo del tanque de combustible con llave de seguridad
- Pulsador Parada de emergencia (doble protección por parada de emergencia Interior en cuadro + Exterior en carrocería)
- Mecanizado para salida de cables de potencia
- Puerta con ventana para visualización de cuadro de control, alarmas y medidas
- Cerraduras de presión
- Protección IP conforme a ISO 8528-13:2016

## Transformador de aislamiento;

### Transformador de aislamiento para uso médico Isolation Transformers for medical rooms

### Serie CM

Transformador monofásico con aislamiento galvánico entre primario y secundario para instalaciones de uso médico

Single phase transformer with galvanic insulation between primary and secondary winding for medical facilities

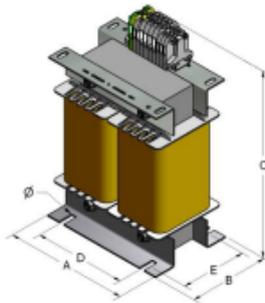


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Referencia	Reference	<b>CM8000</b>
Potencia	Power Rating	8000 VA
Tensión PRI	Input Voltage	230 V
Tensión SEC	Output Voltage	230 V
Frecuencia	Frequency	50/60 Hz
Temperatura ambiente	Ambient temperature	40 °C
Clase térmica	Insulation class	F (155 °C)
Índice Protección	Protection degree	IP-00
Protección choque elect.	Safety class	Class I
Tensión de Ensayo	Test Voltage	4 kV -2 kV
Corriente de conexión	Connection current	< 12 I <sub>N</sub>
Intensidad PRI de vacío	No load current	< 3 %
Corriente de fuga	Leakage current	< 0,5 mA
Resistencia de aislamiento	Insulation resistance	> 7 MΩ
Normativa	Standard	IEC/UNE-EN 61558-1 61558-2-15:2012



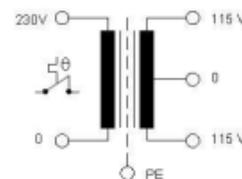
#### Dimensiones / Dimensions

Referencia Reference	Potencia Rating	Dimensiones (mm) Dimensions (mm)						Peso Weight (kg)
		A	B	C	D	E	Ø	
CM8000	8000 VA	280	176	430	225	149	11	59,5



V0 06/17

#### Esquema eléctrico / Electrical Diagram



VENTAJAS	ADVANTAGES
Apto para generar régimen de neutro IT	It can generate a neutral IT pint connection
Protección contra sobrecargas y sobrecalentamiento por relé térmico incorporado	Thermal protection against overload and overtemperature by a built-in thermal relay
Bobinados protegidos frente a polvo y humedad con barniz dieléctrico	Windings protected against dust and moisture by dielectric varnish
Pantalla electrostática entre bobinados	Electrostatic shield between windings