



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**Control del sistema de ventilación  
de un quirófano en periodos  
transitorios.**

**Autor:** Gómez Nuño, David

**Tutor:** Villafruela Espina, José Manuel  
(departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica)



## **Resumen**

Las infecciones nosocomiales adquiridas durante las intervenciones quirúrgicas causan elevados costes personales y económicos. Una de las rutas de transmisión de estas infecciones es la aérea; partículas que portan patógenos son aerotransportadas hasta la herida quirúrgica o la mesa de instrumental. Con un adecuado diseño del sistema de ventilación se puede generar una cascada de sobrepresiones desde las salas más limpias a las menos limpias que minimiza la entrada incontrolada de aire al quirófano. Esta sobrepresión desaparece cuando se abren las puertas del quirófano. Mediante un modelo numérico zonal se estudian los flujos de aire entre salas con las puertas abiertas y se proponen actuaciones sobre el sistema de ventilación y sobre el diseño del bloque quirúrgico encaminadas a minimizar el impacto de la apertura de puertas en la entrada incontrolada de aire durante la cirugía.

## **Palabras clave**

Infección nosocomial, ventilación, cascada de presión, modelo transitorio, sistema de regulación.

## **Abstract**

Nosocomial infections acquired during surgical procedures cause high personal and economic costs. One of the routes of transmission of these infections is aerial. Particles carrying pathogens are airborne to the surgical wound or the instrument table. With an adequate design of the ventilation system can generate a cascade of overpressures from the cleanest to the least clean rooms that minimizes the uncontrolled entry of air to the operating room. This overpressure disappears when the operating room doors are opened. Through a zonal numerical model, air flows between rooms with open doors are studied and actions are proposed on the ventilation system and on the design of the surgical block aimed at minimizing the impact of the opening of doors in the uncontrolled entry of air during surgery.

## **Keywords**

Nosocomial infection, ventilation, pressure cascade, transient model, regulation system.



## Índice

1.	Introducción.....	7
1.1.	Justificación.....	7
1.2.	Objetivo.....	8
1.3.	Metodología.....	8
2.	Ventilación en áreas quirúrgicas.....	9
2.1.	Quirófano y sus salas auxiliares.....	11
2.1.1.	Accesos al quirófano.....	12
2.1.2.	Configuraciones de quirófanos.....	13
2.1.3.	Clasificación de los quirófanos.....	13
2.2.	Climatizadoras y conductos.....	14
2.2.1.	Conductos.....	15
2.2.2.	Rejillas de impulsión y extracción.....	15
2.2.3.	Recuperación de calor.....	15
2.3.	Movimiento de aire entre locales.....	16
2.3.1.	Quirófano y salas anexas auxiliares.....	16
2.3.2.	Monitorizado de la presión.....	17
2.4.	Calidad del aire y condiciones de confort.....	17
2.4.1.	Calidad del aire.....	17
2.4.2.	Temperatura.....	18
2.4.3.	Filtrado.....	18
2.4.4.	Humectación.....	19
2.5.	Distribución del aire en el quirófano.....	20
2.5.1.	Distribución del aire por difusión.....	20
2.5.2.	Distribución de aire unidireccional.....	20
2.6.	Normativa y reglamentación.....	21
3.	Descripción de las instalaciones.....	23
3.1.	Quirófanos.....	23
3.2.	Sistemas de ventilación.....	25
3.2.1.	Conductos.....	27
3.2.2.	Difusores de impulsión.....	27
3.2.3.	Rejillas de extracción.....	29
3.3.	Climatización.....	31

3.3.1.	Impulsión.....	32
3.3.2.	Extracción .....	32
4.	Modelado .....	33
4.1.	Descripción del software y posibilidades.....	33
4.2.	Realización del modelado .....	34
4.2.1.	Modelado de áreas .....	34
4.2.1.1.	Conexión entre áreas .....	35
4.2.2.	Modelado de conductos.....	37
4.2.3.	Modelado de difusores y rejillas.....	41
4.2.4.	Modelado de las climatizadoras .....	42
4.2.4.1.	Modelado de ventiladores.....	42
4.2.4.2.	Modelado de elementos con pérdida de carga local .....	44
5.	Diseño del sistema de ventilación.....	45
5.1.	Cálculo de pérdida de carga .....	45
5.2.	Determinación de las climatizadoras y ventiladores.....	52
5.3.	Ajuste de las revoluciones para conseguir las condiciones de diseño.....	55
6.	Estudio de la apertura de puertas.....	59
6.1.	Apertura de distintas puertas sin control en la extracción.....	59
6.2.	Variación del régimen de giro de la extracción .....	67
6.3.	Soluciones alternativas .....	70
6.3.1.	Actuar sobre la extracción del pasillo .....	71
6.3.2.	Esclusas independientes para cada quirófano .....	72
6.3.3.	Cambiar extracción de la esclusa de lavado.....	75
7.	Conclusiones y trabajos futuros.....	78
8.	Bibliografía y normativa utilizada .....	79
8.1.	Bibliografía .....	79
8.2.	Normativa .....	79
9.	ANEXOS.....	81
9.1.	Planos.....	81
9.2.	Elementos proporcionados por HCUVa .....	87
9.3.	Datos de las climatizadoras.....	93
9.4.	Curvas de los ventiladores .....	105

## 1. Introducción

### 1.1. Justificación

Las infecciones adquiridas en el hospital, también llamadas infecciones nosocomiales son causas importantes de morbilidad y mortalidad [1]. Estas infecciones se presentan entre un 2% y 12% de pacientes admitidos en hospitales generales. Las infecciones nosocomiales tienen una tasa de mortalidad del 1% y contribuyen a la muerte de otro 3% de los casos. Cálculos efectuados en EE.UU. indican que anualmente se producen 1.5 millones de infecciones adquiridas en el hospital, las cuales causan 15 000 defunciones y contribuyen a la mortalidad de otros 45 000 pacientes. La prolongación de la estancia en el hospital, las pruebas diagnósticas adicionales, medicamentos y bloqueo del personal sanitario para la atención de nuevos pacientes provocan un elevado costo.

Concretamente los quirófanos son estancias en los que el control de la calidad del aire debe ser centro de atención. Muchas de las infecciones adquiridas en el quirófano lo son por partículas contaminantes suspendidas en el aire que entran en el organismo a través de la herida quirúrgica.

Un buen diseño de sistema de ventilación en un quirófano debe introducir aire convenientemente filtrado para renovar el aire interior y diluir la concentración de contaminantes patógenos, así como que el propio sistema de ventilación no sea foco de contaminantes. Otro mecanismo de protección basado en la ventilación es la creación de un flujo de aire de tipo laminar sobre el paciente que minimiza la deposición de partículas sobre la herida quirúrgica. El sistema de ventilación también se utiliza para crear una cascada de presiones desde el quirófano hasta el exterior para minimizar la entrada incontrolada de aire desde recintos menos limpios.

Un problema que presenta este mecanismo de sobrepresionamiento es la apertura de puertas que conectan el quirófano con el resto de recintos del área quirúrgica. Al abrir las puertas las presiones se igualan y el efecto de contención desaparece. Mediante un sistema de variación del régimen de giro tanto de los ventiladores de impulsión y extracción se puede controlar que este flujo entre salas sea favorable a nuestro objetivo. Con sensores de presión en el ambiente del quirófano y de caudal impulsado el sistema busca la solución para que, en caso de haber un flujo de aire, sea de la zona limpia a la zona sucia y nunca al revés ya que esto supondría la posible entrada de partículas contaminadas.

En definitiva, un buen diseño de la ventilación podría minimizar tanto el coste económico (tratar al paciente infectado) como humano (posibles muertes a causa de estas

infecciones) en gran medida suponiendo una reducción de las infecciones nosocomiales producidas por factores no humanos.

### 1.2. Objetivo

El objetivo final de este trabajo es estudiar el comportamiento del sistema de ventilación de un bloque quirúrgico durante la apertura de puertas. Se analizarán los cambios de presión que y los flujos de aire entre salas durante la apertura de puertas y se propondrán soluciones que minimicen las entradas incontroladas de aire al quirófano.

Para ello hay que alcanzar unos objetivos parciales:

Inicialmente se diseñará el sistema de ventilación del bloque quirúrgico para que cumpla con las condiciones de renovación de aire y presurización de cada sala con las puertas cerradas.

Seguidamente se estudiará el comportamiento del sistema de ventilación cuando se abren diferentes puertas del bloque quirúrgico sin ningún tipo de control o actuación. Los resultados proporcionarán indicios sobre las actuaciones a realizar para minimizar la entrada de aire incontrolado al quirófano, bien actuando sobre los ventiladores de impulsión y/o extracción bien proponiendo diseños alternativos para el sistema de conductos.

### 1.3. Metodología

Para empezar estudiaremos la instalación del área quirúrgica a evaluar así como las normativas aplicables a la ventilación y climatización de estos recintos.

Seguidamente modelaremos el área de estudio en el software CONTAM. Este software permite modelar zonas y sistemas de ventilación y como resultado proporciona las pérdidas de carga en la instalación y las presiones y flujos entre las distintas áreas modeladas.

A partir de este modelo, con las pérdidas de carga de la instalación y con los requerimientos de renovación del aire de las normas podremos concretar los equipos de ventilación necesarios para conseguir las condiciones requeridas.

Una vez conocidos los equipos (ventilador, filtros,...) simularemos las situaciones que queremos estudiar, en este caso la apertura de puertas y analizaremos los resultados y propondremos algunas soluciones.



## 2. Ventilación en áreas quirúrgicas

En este capítulo se habla sobre el concepto de ventilación para comprender mejor el objetivo del estudio. Desarrolla conceptos como contaminación cruzada, ventilación en salas quirúrgicas teniendo en cuenta la normativa vigente.

El *Código Técnico de la Edificación (CTE)*, en su documento básico HS-Salubridad, define ventilación como el proceso de renovación del aire de los locales para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire interior. De no llevarse a cabo esta renovación del aire interior, la respiración de los seres vivos que ocupan el local sería difícil y molesta, siendo un obstáculo para desarrollar cualquier actividad. Por tanto, una correcta ventilación es muy importante en todo lo referente a instalaciones de acondicionamiento de aire (HVAC) [2].

La ventilación es adecuada en un recinto interior cuando logra que la contaminación generada en el local permanezca por debajo de los límites impuestos por higiene y/o confort. Normalmente, para lograr diluir y desplazar la contaminación generada en el local hay que introducir un caudal de aire exterior o limpio y difundirlo por todo el local para evitar puntos de remanso.

La ventilación puede ser espontánea por la acción combinada del viento o como consecuencia de la diferencia de temperaturas, o bien mediante un sistema mecánico. Se habla entonces de ventilación natural y mecánica.

### **Ventilación natural**

La ventilación natural se produce cuando la renovación de aire de un local se efectúa aprovechando las características naturales del aire, lo que hace que la renovación de aire varíe según la velocidad del viento y la diferencia de temperatura. También forman parte de la ventilación natural las infiltraciones y exfiltraciones de aire a través de las paredes de los edificios. Se pueden establecer como factores básicos de la ventilación natural los siguientes:

- Diferencia de altura.
- Diferencia de temperaturas exterior e interior.
- Diferencia depresión.
- Acción del viento.
- Carga térmica.

No obstante, el comportamiento de cada uno de los factores considerados produce diversos efectos. Por ejemplo, la acción del viento sobre un edificio, o el conocido como efecto de la presión del viento, origina zonas de sobrepresión, que son variables de acuerdo con la dirección del mismo, creando en el lado opuesto y los laterales, zonas de depresión.

Otro efecto conocido como efecto chimenea, se provoca por las diferencias térmicas entre el interior y el exterior del local que, como consecuencia de la diferencia de temperatura entre dos masas de aire en contacto, y por tanto su diferencia de densidades, provoca que el aire más frío del exterior penetre hacia el interior por los niveles inferiores, desplazando el más cálido hacia los niveles superiores desde donde se elimina al exterior.

Se pueden estudiar otras combinaciones pero siempre el resultado es que las diferencias de presión son la razón de que se acelere la circulación del aire provocando la aireación del recinto que se pretende ventilar.

### **Ventilación mecánica**

Cuando la ventilación natural no se puede utilizar o es insuficiente, se usa la ventilación mecánica, utilizando ventiladores y/o extractores que permiten tener la renovación de aire necesaria del aire interior de un recinto cerrado. La ventilación mecánica puede realizarse individualmente o utilizando una red de conductos para una red colectiva.

Dependiendo de la forma en la que se lleva a cabo la ventilación, puede ser mediante extracción del aire del local, impulsión de aire exterior limpio dentro del local o combinando ambos sistemas. Dependiendo de la naturaleza del local a ventilar el uso de unos sistemas u otros será más recomendable. Por otro lado, se deben tener en cuenta las implicaciones energéticas de las distintas formas de ventilar.

Atendiendo al patrón de flujo del aire en el local a ventilar se pueden distinguir tres tipos de ventilación:

a) Ventilación por mezcla: En este tipo de ventilación, la zona de impulsión está generalmente por encima de la zona ocupada. Las mejores condiciones se alcanzan cuando la mezcla es tan perfecta que las dos zonas se transforman en una.

b) Ventilación por desplazamiento: En este tipo de ventilación el aire inyectado es alimentado a nivel del suelo a baja velocidad y a una temperatura ligeramente menor a la temperatura de confort del espacio. El aire frío que es inyectado desplaza al aire caliente de la habitación. El calor y los contaminantes producidos por las actividades en el espacio suben hasta el nivel del techo de donde son extraídos.

c) Extracción localizada: Este método se puede entender como un sistema de control de las fuentes contaminantes ya que eliminan estas antes de que se difundan en el recinto. Consisten en instalar sistemas de extracción puntuales en aquellos puntos en los que se generan los contaminantes [3].

d) Flujo unidireccional o laminar: Este método impulsa un flujo laminar sobre la zona a proteger de los contaminantes estando esta zona siempre expuesta a aire limpio.

Dadas las peculiaridades de los quirófanos, las funciones que deben cumplir sus instalaciones de acondicionamiento de aire son desde minimizar la transferencia de gérmenes desde salas sucias a salas limpias hasta mantener un cierto nivel de confort. Las principales funciones de estos sistemas son:

- Diluir tanto los gérmenes generados por el equipo quirúrgico y los pacientes en el quirófano como las posibles fugas de gases de anestesia, mediante un número adecuado de renovaciones hora de aire.
- Evitar que entre el aire de las salas contiguas menos limpias usando diferentes presiones de aire.
- Crear un patrón de flujo que desplace el aire contaminado lejos de la mesa de operaciones y de la de instrumental.
- Proporcionar un ambiente confortable para el equipo quirúrgico y los pacientes controlando la temperatura (en ciertas operaciones el cirujano puede demandar una rápida bajada de la temperatura), humedad y la ventilación.

En el apartado 2.3. se hace mención a la norma UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. Y se explica un poco los temas que trata.

Las áreas quirúrgicas de un hospital suelen estar constituidas por diferentes dependencias: almacenes de estéril, pasillos, vestíbulo, vestuarios, salas de estar y los quirófanos con sus salas anexas auxiliares: zona de lavado, esclusa de acceso y esclusa de sucio.

A continuación se hacen una descripción de los distintos aspectos de la norma sobre distintos elementos y situaciones a tener en cuenta.

### 2.1. Quirófano y sus salas auxiliares

El bloque quirúrgico o área quirúrgica debe independizarse de las circulaciones generales del hospital. Se recomienda el uso de esclusas de aire.

Se aconseja evitar la presencia de ventanas y persianas en todo el bloque quirúrgico. En caso de haber ventanas se procurará que no se puedan abrir y se asegurará la estanqueidad del cerramiento completo.

### 2.1.1. Accesos al quirófano

Al quirófano se accede a través de sus salas anexas auxiliares de uso exclusivo para el quirófano. Estas salas podrían ser:

- **Zonas de lavado y cepillado del personal quirúrgico.** Pueden ser parte del quirófano, preferiblemente próxima a la entrada, aunque habitualmente será una habitación separada y de uso exclusivo para lavado y cepillado.

- **Esclusa de acceso.** Si está previsto almacenar el instrumental en el quirófano, entonces la esclusa de acceso se usará simplemente como almacén de productos estériles y la presión nominal será inferior a la del quirófano. Cuando la esclusa de acceso se utiliza para almacenar instrumental en el sentido tradicional, debería considerarse como de mayor grado de limpieza que el propio quirófano y su diseño debería minimizar la transferencia de aire desde el quirófano hacia la esclusa de acceso.

- **Esclusa de sucio** donde se hace un prelavado del instrumental utilizado en la intervención y se coloca en recipientes estancos para su transporte hasta la zona de esterilización. Su presencia se ve justificada si se opta por la configuración con pasillo único. Estará en depresión respecto del pasillo y por tanto respecto del quirófano.

- **Pasillo de sucio.** Debe estar separado del quirófano por una puerta estanca y encontrarse en depresión respecto al mismo. Es aconsejable que no disponga de ventanas. Su finalidad se reduce casi exclusivamente a evacuar el instrumental utilizado en la intervención y los desechos.

Excepto el pasillo de sucio, el resto de salas anexas al quirófano no podrán ser de uso compartido para dos o más quirófanos. La organización de las salas anexas al quirófano será de forma que se acceda progresivamente desde las zonas menos limpias a las más limpias. Las primeras estarán en depresión respecto a las segundas en cascada.

Todas las puertas de acceso al quirófano serán estancas, de cierre hermético y, al menos las paso del paciente, correderas. Interesa que la puerta por la que entra y sale el personal durante la intervención sea corredera para minimizar las perturbaciones del flujo.

### 2.1.2. Configuraciones de quirófanos

La mayoría de los quirófanos actuales se pueden agrupar en dos configuraciones generales (Figura 2.1):

a) Con pasillo doble: Son aquellos que disponen de un pasillo de limpio y otro de sucio. Por el de limpio entran y salen del quirófono el paciente, personal sanitario y entra el instrumental estéril. Por el de sucio sale el instrumental utilizado en la intervención y los desechos.

b) Con pasillo único. Son aquellos que disponen de un único pasillo por donde entran y salen del quirófono el paciente y personal sanitario y por donde entra el instrumental estéril. Además disponen de esclusa de sucio donde se recoge el instrumental utilizado en la intervención y se saca por el pasillo en contenedores herméticos.

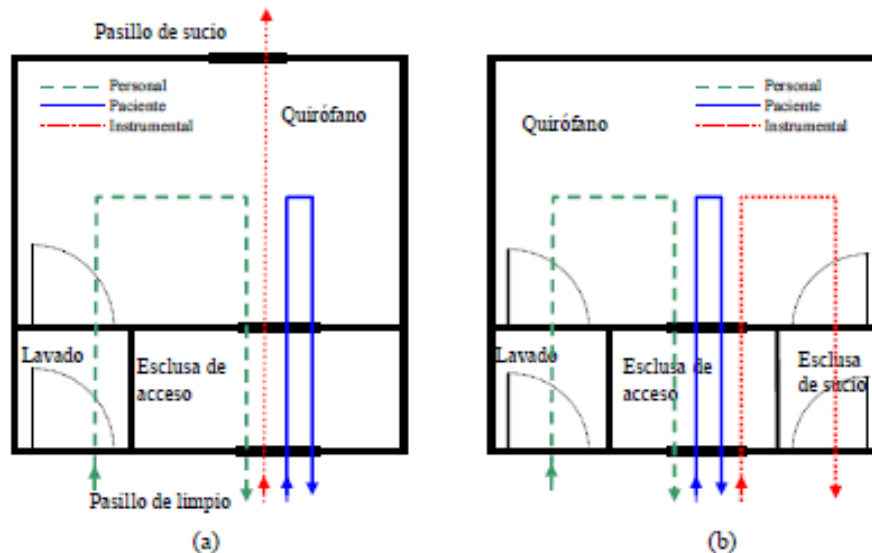


Figura 2.1: Flujos de distintos elementos en las distintas configuraciones. a) Pasillo limpio y sucio. b) Pasillo único [4].

### 2.1.3. Clasificación de los quirófanos

No todos los quirófanos tienen las mismas exigencias ambientales. El riesgo de infección postoperatoria está presente en todos los procedimientos quirúrgicos, pero puede ser especialmente serio en ciertos tipos de operaciones. Dada la influencia del sistema de climatización y ventilación en los factores que condicionan el riesgo de infección durante la intervención, los quirófanos se clasificarán en tres tipos.

## 2. Ventilación en áreas quirúrgicas

Tabla 2.1: Tipos de quirófanos

Tipo	Denominación	Aptos para
A	Quirófanos de cirugía especial o de alta tecnología	Trasplante de órganos, cirugía cardiaca, cirugía vascular con implante, cirugía ortopédica con prótesis, neurocirugía, ...
B	Quirófanos convencionales	Cirugías convencionales y de urgencias, resto de operaciones quirúrgicas
C	Quirófanos de cirugía ambulatoria	Cirugía ambulatoria y salas de partos

Según la clasificación presente en la Tabla 2.1 se establecerán las exigencias relativas a la calidad del aire, número de renovaciones hora, tipos de filtros o la forma de distribución del aire dentro del quirófano.

### 2.2. Climatizadoras y conductos

Las climatizadoras del bloque quirúrgico serán de uso exclusivo e independiente del resto del hospital pero estarán conectadas al sistema central de producción de calor y frío.

Se utilizará una climatizadora por quirófano y un extractor por quirófano. Con esta premisa se puede optar por dos estrategias: una climatizadora de uso exclusivo para el quirófano y sus salas anexas auxiliares, o bien, una climatizadora de uso exclusivo para cada quirófano y otra de uso compartido para las salas anexas auxiliares de varios quirófanos. La maquinaria climatizadora estará situada en un recinto cubierto y cerrado, de uso específico. Durante la ejecución de las obras es muy importante que las climatizadoras permanezcan selladas, con los filtros montados y tapadas convenientemente.

Las climatizadores serán de tipo higiénico según la norma UNE 1886:2008. Las climatizadoras serán de impulsión de volumen de aire constante, con el motor acoplado directamente al ventilador (sin poleas), ventilador directamente acoplado a la climatizadora. Un variador de frecuencia mantendrá el régimen de giro necesario para que el caudal sea independientemente del estado de colmatación de los filtros. La bandeja de condensados debe ser de acero inoxidable, con pendiente para evitar el estancamiento de agua.

Debe existir un enclavamiento de emergencia entre el ventilador de extracción y el de impulsión, de manera que si falla el de impulsión pare el de extracción. De no estar enclavado podría funcionar sólo la extracción poniendo al quirófano en depresión.

### 2.2.1. Conductos

Se usarán conductos de chapa interior lisa y preferiblemente de sección circular para disminuir la acumulación de suciedad y facilitar su limpieza. No se permite el empleo de tramos de conducto flexible.

Los conductos de impulsión y extracción deberán estar provistos de compuertas herméticas para evitar el intercambio de aire entre locales en situaciones anormales de funcionamiento.

### 2.2.2. Rejillas de impulsión y extracción

Se deben dimensionar las rejillas de impulsión conforme al caudal que deben impulsar para que no se superen 1,5 m/s de velocidad a la salida.

La superficie total de las rejillas de extracción será de al menos la mitad de la superficie total de las de impulsión.

### 2.2.3. Recuperación de calor

Debido a la gran cantidad de aire exterior que se precisa para lograr la calidad de aire en las áreas quirúrgicas, la recuperación de calor del tipo "aire-aire" es obligatoria para reducir el consumo energético. Los sistemas de recuperación sólo podrán ser baterías de recirculación (con bomba circuladora) o los sistemas "*heat pipe*" (por termosifón). Son los únicos que garantizan la total independencia entre los flujos de entrada y salida de aire. Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre aire exterior y las pérdidas de presión máximas en función del caudal del aire exterior deben ser como mínimo las indicadas en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Eficiencia mínima y pérdida de presión máxima en los recuperadores de calor. [4]

Caudal de aire exterior (m <sup>3</sup> /s)	Eficiencia mínima (%)	Pérdida de presión máxima (Pa)
0,5 - 1,5	50	180
1,3 - 3,0	55	200
3,0 - 6,0	60	220
6,0 - 12,0	70	240
a partir de 12,0	75	260

### 2.3. Movimiento de aire entre locales

El diseño del sistema debe intentar minimizar el movimiento de aire desde las zonas menos limpias a las más limpias.

#### 2.3.1. Quirófano y salas anexas auxiliares

El control del sentido de los flujos de aire se consigue manteniendo un escalonamiento riguroso de la presión entre las dependencias (Figura 2.2), de forma que el movimiento del aire se produzca de la zona más limpia a la menos limpia.

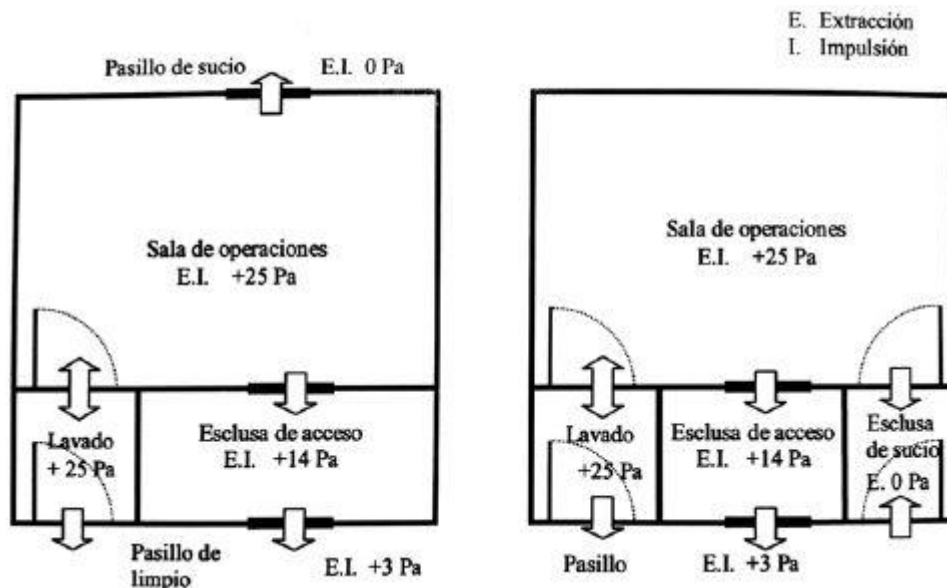


Figura 2.2: Sobrepresiones de las distintas estancias y flujo del aire en las distintas configuraciones. a) Pasillo limpio y sucio. b) Pasillo único [4].

La sobrepresión deseada se consigue sólo si se mantiene la estanqueidad de las salas involucradas. Cuanto mayor sea la sobrepresión mayor estanqueidad se precisa.

Las presiones relativas entre las diferentes salas anexas auxiliares al quirófano se recogen en la Figura 2.2 permitiéndose desviaciones de hasta el 20%.



Las diferencias de presión entre locales se pueden lograr mediante dos procedimientos:

- Compuertas de sobrepresión y estabilizadores de presión que trabajan en un único sentido, permiten que el exceso de aire se dirija a la zona deseada y ayudan a mantener los diferenciales de presión.
- Controlando la velocidad de giro de los ventiladores de impulsión y extracción y por lo tanto los caudales.

### 2.3.2. Monitorizado de la presión

La diferencia de presión entre quirófano y todas sus salas anexas debe estar monitorizada de forma permanente. Los sensores correspondientes se calibrarán anualmente.

Todos los medidores de presión del bloque quirúrgico tomarán como presión de referencia nula la existente en el pasillo exterior que da acceso al del bloque quirúrgico.

Se dotará al quirófano de una señal de alarma luminosa retardada. Esta señal se activará cuando la sobrepresión del quirófano con respecto de alguno de los locales anexas, caiga por debajo de un 25 % y durante más de 30 segundos respecto al nivel establecido en la recepción.

La regulación del caudal se realiza sobre el ventilador de impulsión y la de presión en la sala sobre el ventilador de la extracción.

## 2.4. Calidad del aire y condiciones de confort

### 2.4.1. Calidad del aire

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) categoriza la calidad del aire en el interior (IDA) de un hospital como IDA 1, aire de óptima calidad.

El mismo reglamento establece que para el caudal mínimo del aire exterior de ventilación son válidos los valores de la norma UNE 100713:2005.

La norma UNE 100713:2005 clasifica en dos grupos los locales del hospital según las exigencias higiénicas respecto a la existencia de gérmenes en el aire impulsado y el ambiente e incluye a todos los locales del bloque quirúrgico dentro de la clase I, con exigencias muy elevadas.

Es importante destacar que la normativa de clasificación de pureza del aire sólo es aplicable a quirófanos como un índice a conseguir cuando el quirófano está en reposo. El funcionamiento normal del quirófano requiere la apertura de puertas para el paso de personal y paciente, por lo que no puede mantenerse el mismo nivel de pureza del aire que cuando está en reposo. Para ello realizamos este trabajo de fin de grado, para tener una idea de que es lo que ocurre con la calidad del aire en una situación transitoria.

En los quirófanos tipo A y tipo B se requiere un caudal de aire exterior superior a 2.400 m<sup>3</sup>/h y a 20 renovaciones/hora. Exceptuando el quirófano, para el resto de dependencias del bloque quirúrgico se requiere un caudal de aire exterior mínimo de 15 m<sup>3</sup>/h por cada m<sup>2</sup> de superficie.

### 2.4.2. Temperatura

En general, la temperatura de consigna dentro del quirófano será de 22°C y existirá un termostato que permita regular la temperatura en un rango  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  con respecto a la temperatura de consigna.

Dependiendo del tipo de operación quirúrgica las condiciones de temperatura podrán oscilar desde 18 a 26°C. La climatizadora de los quirófanos tipo A deberá dimensionarse para que en el quirófano se pueda mantener la temperatura a 18 y a 26°C independientemente de las condiciones meteorológicas. Para los otros tipos de quirófanos y el resto bloque quirúrgico el sistema se dimensionará para ser capaz de mantener las condiciones de temperatura a 22 y a 26°C independientemente de las condiciones meteorológicas.

En los quirófanos tipo B y C y en el resto de dependencias del bloque quirúrgico la diferencia de temperatura entre el aire impulsado y el del quirófano no debe superar los 10°C en condiciones de calentamiento (invierno) ni los 7°C en condiciones de enfriamiento (verano).

En los quirófanos tipo A la diferencia de temperaturas se reduce significativamente debido al gran volumen de aire recirculado. Además el aire impulsado incide directamente sobre zona la mesa de operaciones por lo que la diferencia de temperaturas entre el aire de impulsión y el de retorno será inferior a 2°C.

### 2.4.3. Filtrado

Como todos los locales del bloque quirúrgico son de clase I se precisan tres niveles o etapas de filtración de aire. En la Tabla 2.3 se indica el tipo de filtro utilizado en cada etapa según la norma EN 16244-2 que entrará en vigencia en el año 2018.

Tabla 2.3: Niveles de filtrado desde la extracción de la calle hasta la impulsión en el quirófano.

Nivel de filtración	Clase de filtro	Norma UNE
<b>Prefiltro*</b>	M5	UNE-EN 779:2013
<b>1</b>	F7	UNE-EN 779:2013
<b>2</b>	F9	UNE-EN 779:2013
<b>3</b>	H14	UNE-EN 1822

\*Nivel de filtrado añadido en la norma EN 16244-2 pendiente de aprobar.

El estado de los filtros se controlará instalando sondas de presión diferenciales entre cada nivel de filtración. Se procederá a la sustitución cuando se alcance la pérdida de carga máxima recomendada por el fabricante.

El primer nivel de filtración se colocará dentro de la unidad climatizadora, en la entrada de aire y antes de la sección de baterías. El segundo nivel de filtración se colocará después de la unidad de tratamiento de aire y al comienzo del conducto de impulsión. El tercer nivel de filtración se colocará lo más próximo posible a la sala a climatizar y, en el caso de quirófanos, serán obligatoriamente filtros terminales. Antes del ventilador de extracción y del recuperador se colocará un filtro de eficiencia G4 para proteger a ambos elementos.

#### 2.4.4. Humectación

La humectación tiene por objetivo mantener el porcentaje adecuado de humedad relativa en el quirófano, además de por necesidades asistenciales, para eliminar las cargas electrostáticas y minimizar la proliferación de microorganismos.

La humedad relativa en el quirófano estará comprendida entre el 40 y el 60 %. En el caso poco probable de que se utilicen gases anestésicos inflamables, se debe mantener un mínimo de 50 % de humedad relativa dentro del quirófano, por tanto, el punto de ajuste para el control de humedad debería ajustarse a 55 %  $\pm$  5 %.

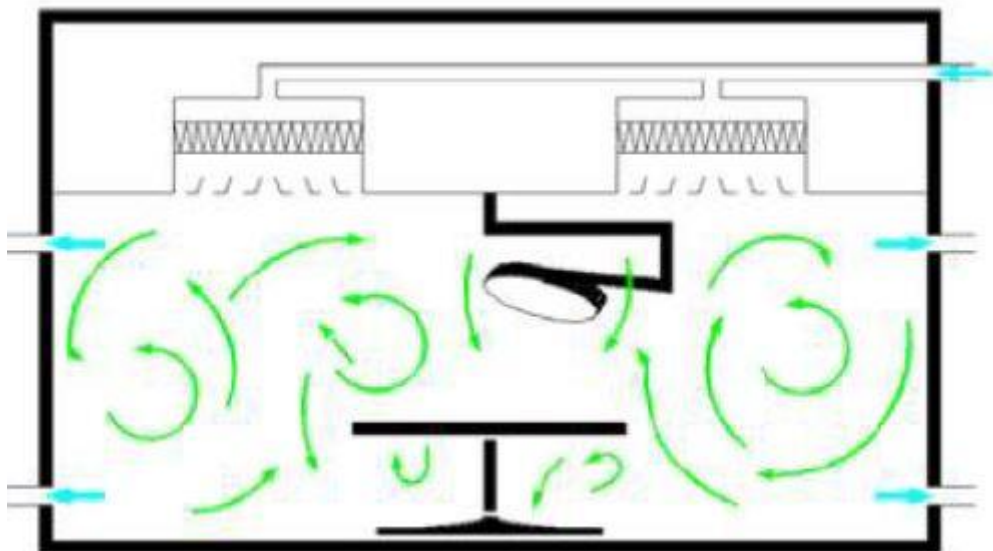
La humectación se realiza mediante vapor. El agua que se utilice para producir vapor debe tener, como mínimo, calidad de agua potable. El dispositivo de humectación, lanza de vapor, se coloca delante del segundo nivel de filtración y sobre una bandeja de condensación.

### 2.5. Distribución del aire en el quirófano

La distribución puede ser de varios tipos como hemos visto en la introducción de este capítulo pero para áreas quirúrgicas se usan principalmente dos: por difusión (o turbulento) o unidireccional (o laminar). Independientemente del tipo de distribución de aire dentro del quirófano la velocidad del aire sobre la mesa de operaciones será inferior a 0,15 m/s.

#### 2.5.1. Distribución del aire por difusión

La filosofía de distribución de aire dentro de la sala se basa en la necesidad de diluir los contaminantes. Los difusores o rejillas de impulsión estarán situados en el techo o en la parte superior de la pared, distribuidas uniformemente en el perímetro del quirófano. Las rejillas de extracción se colocarán obligatoriamente en las proximidades del suelo repartidas uniformemente en el perímetro del quirófano y en número de al menos cuatro [2].

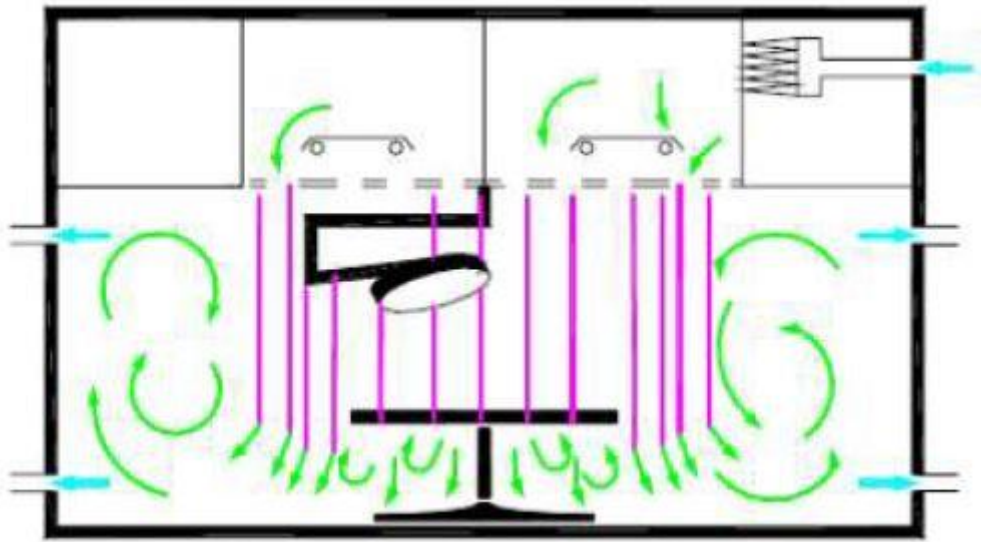


*Figura 2.3: Esquema de la distribución del aire impulsado en un quirófano de tipo turbulento.*

#### 2.5.2. Distribución de aire unidireccional

Será el sistema recomendado en quirófanos tipo A. Dentro de un quirófano se pueden distinguir dos zonas de ocupación: la zona limpia, que comprende la mesa de operaciones y la mesa de instrumental y el resto del quirófano. Se prefieren los sistemas de flujo vertical a los sistemas de flujo horizontal. Cuando se trabaja en modo calefacción diferencia entre el aire impulsado y el de la zona limpia no debe ser superior a 1°C para evitar que los efectos de flotabilidad reduzcan el volumen de aire que llega a la zona

limpia. La sección de salida del aire debe ser suficientemente grande como para cubrir la zona limpia. Al menos de  $8 \text{ m}^2$  [2].



*Figura 2.3: Esquema de la distribución del aire impulsado en un quirófano de tipo laminar.*

### 2.6. Normativa y reglamentación

Dado que la ventilación en lugares cerrados es muy importante y más en ambientes potencialmente peligrosos como en un hospital. Existen varias normas de carácter nacional e internacional para regularla. Desde la normalización de los conductos, filtros y elementos de una climatizadora hasta la propia ventilación en hospitales.

Para las instalaciones de acondicionamiento de aire existe la norma *UNE 100713:2005. (Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.)*. En esta norma se trata los requisitos que deben cumplir las instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales u otros edificios con actividades similares. Trata temas como exigencias fisiológicas técnicas e higiénicas así como limpieza mantenimiento y control tras la puesta en servicio.

Sobre la exigencias fisiológicas hace mención al bien estar térmico, calidad del aire (niveles de filtración tabla 2.3) y sonoro.

En cuanto a las exigencias técnicas regula la posición de la toma y expulsión de aire imponiendo distancias mínimas respecto de tejados o tránsito de vehículos. También la protección adecuada frente al agua de lluvia. Para los conductos el tema más importante es la instalación de registros de inspección para el tratamiento de averías o toma de datos. Trata también sobre las compuertas de cierre, cortafuego y extracción de humo,

elementos de seguridad importantes que deben de instalar de forma que no sea posible la circulación inversa de aire que no cumpla los requisitos de higiénicos.

Esta norma incluso regula el comportamiento de la instalación fuera de las horas de servicio para así evitar su contaminación por la ruptura de la cascada de presiones. Si por causas de mantenimiento el ventilador se apagara es importante el cierre hermético de los conductos de impulsión y extracción.

Por último habla sobre limpieza y desinfección regulando los registros de éstos y realizando las tareas de limpieza antes de la puesta en servicio del hospital.

## 3. Descripción de las instalaciones

El bloque quirúrgico a estudiar pertenece a las nuevas instalaciones del Hospital Clínico Universitario de Valladolid (HCUVa), construidas en la última ampliación que se ha llevado a cabo en éste. Esta ampliación supondrá mejorar y ampliar los servicios de atención hospitalaria que el HCUVa presta en estos momentos [5].

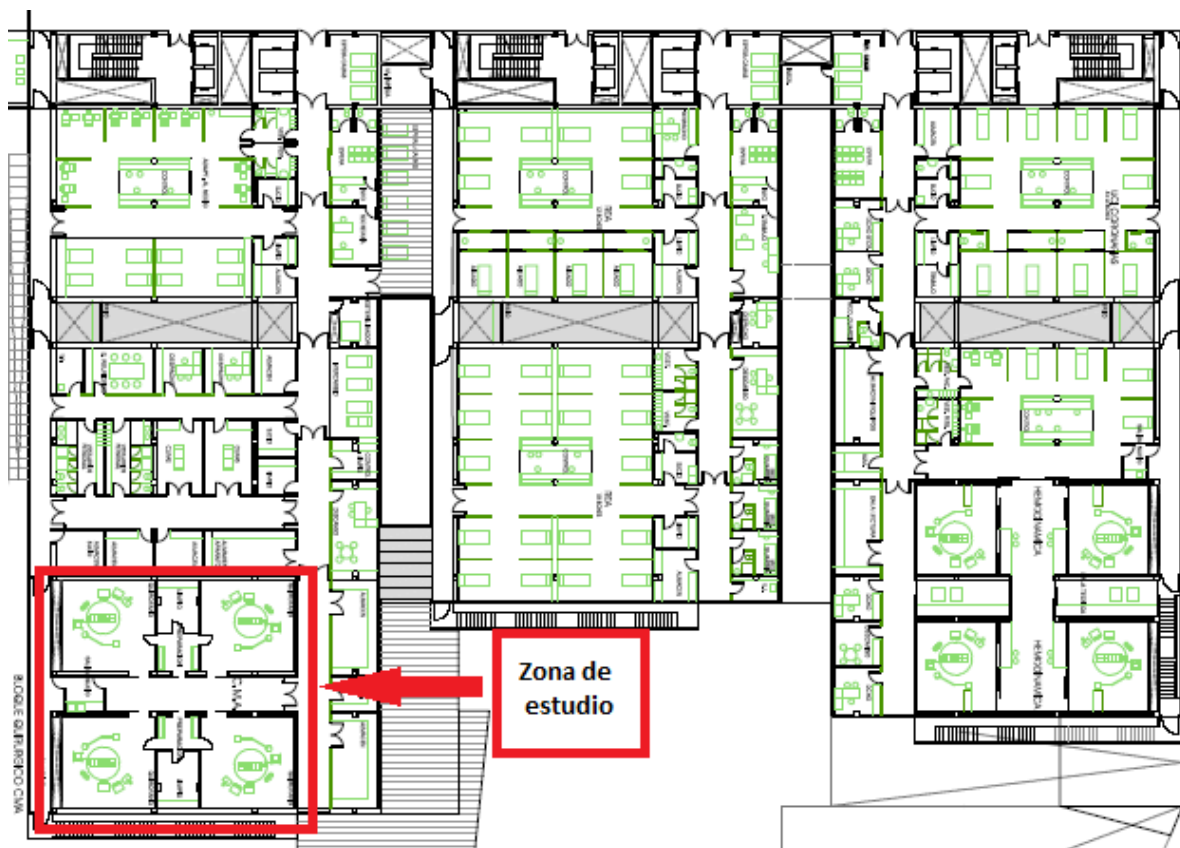


*Figura 3.1: Imagen aérea de la ampliación del HCUVa*

Esta ampliación cuenta con 5 plantas: sótano, semisótano planta baja, primera planta y segunda planta. Éstas se dividen en tres zonas claramente diferenciadas: zona 1 o norte, zona 2 o central y zona 3 o sur. En el sótano y semisótano se encuentran la zona de recepción de urgencias así como salas de espera, despachos y consultas de los especialistas de urgencias. En la planta baja y primera planta están los bloques quirúrgicos habiendo 8 quirófanos en cada planta (un total de 16): cuatro en la zona 1 y otros cuatro en la zona 3. En la zona 2 o central es donde se encuentran las salas de reanimación donde se recuperan los pacientes de la anestesia. Por último, en la segunda planta es donde se encuentran las climatizadoras que abastecen de aire limpio y tratado a toda la zona de ampliación.

### 3.1. Quirófanos

Dentro de esta zona de ampliación, el presente trabajo se desarrolla en la planta baja. Esta planta cuenta con ocho quirófanos tipo B normativa vigente (Norma UNE 100713:2005, explicado en el apartado 2.2.4.). Estas salas se distribuyen en dos grupos de cuatro quirófanos en cada una de las dos alas: ala norte y ala sur. La zona de estudio es concretamente el ala sur de la planta baja.



*Figura 3.2: Planta baja de la ampliación del HCUVa.*

Cada grupo de quirófanos se divide en zonas:

- Un hall de entrada común a todos los quirófanos de cada grupo.
- Un acceso a un pasillo por el que entran los pacientes, personal sanitario y material limpio.
- Un acceso por el que sale el material utilizado en la intervención quirúrgica.
- Zona de lavado en la que se prepara el personal médico antes de cada intervención. Esta zona es común para cada dos quirófanos y dispone de una puerta que comunica con el hall de entrada y dos puertas que dan acceso a cada quirófano.



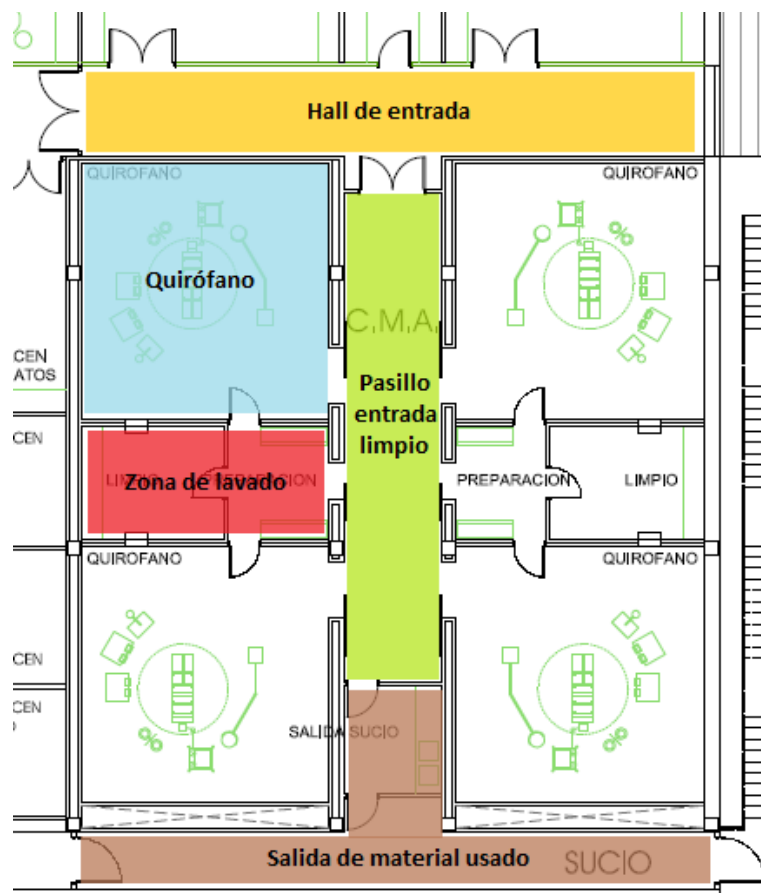


Figura 3.3: Zona de estudio.

Nos centraremos en estudiar uno de los quirófanos, el pasillo limpio por el que entran pacientes y personal sanitario, las dos zonas de lavado y el hall de entrada. Las dimensiones de cada zona las podemos ver en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Superficie de las áreas del bloque quirúrgico

Zona	Superficie
Quirófano	45 m <sup>2</sup>
Zona de lavado	20 m <sup>2</sup>
Pasillo limpio de entrada	34 m <sup>2</sup>
Hall de entrada	40 m <sup>2</sup>

### 3.2. Sistemas de ventilación

Las unidades de tratamiento de aire (UTA) son únicas para cada quirófano. La sala limpia, pasillo de acceso, hall y algunos almacenes comparten unidad. Éstas se encuentran

### 3. Descripción de las instalaciones

en la segunda planta. Los terminales son independientes para la impulsión y la extracción pero cuenta con un intercambiador de calor para minimizar pérdidas. Este recuperador debe ser una batería recuperadora para que el aire contaminado de la extracción no se mezcle con el de impulsión.

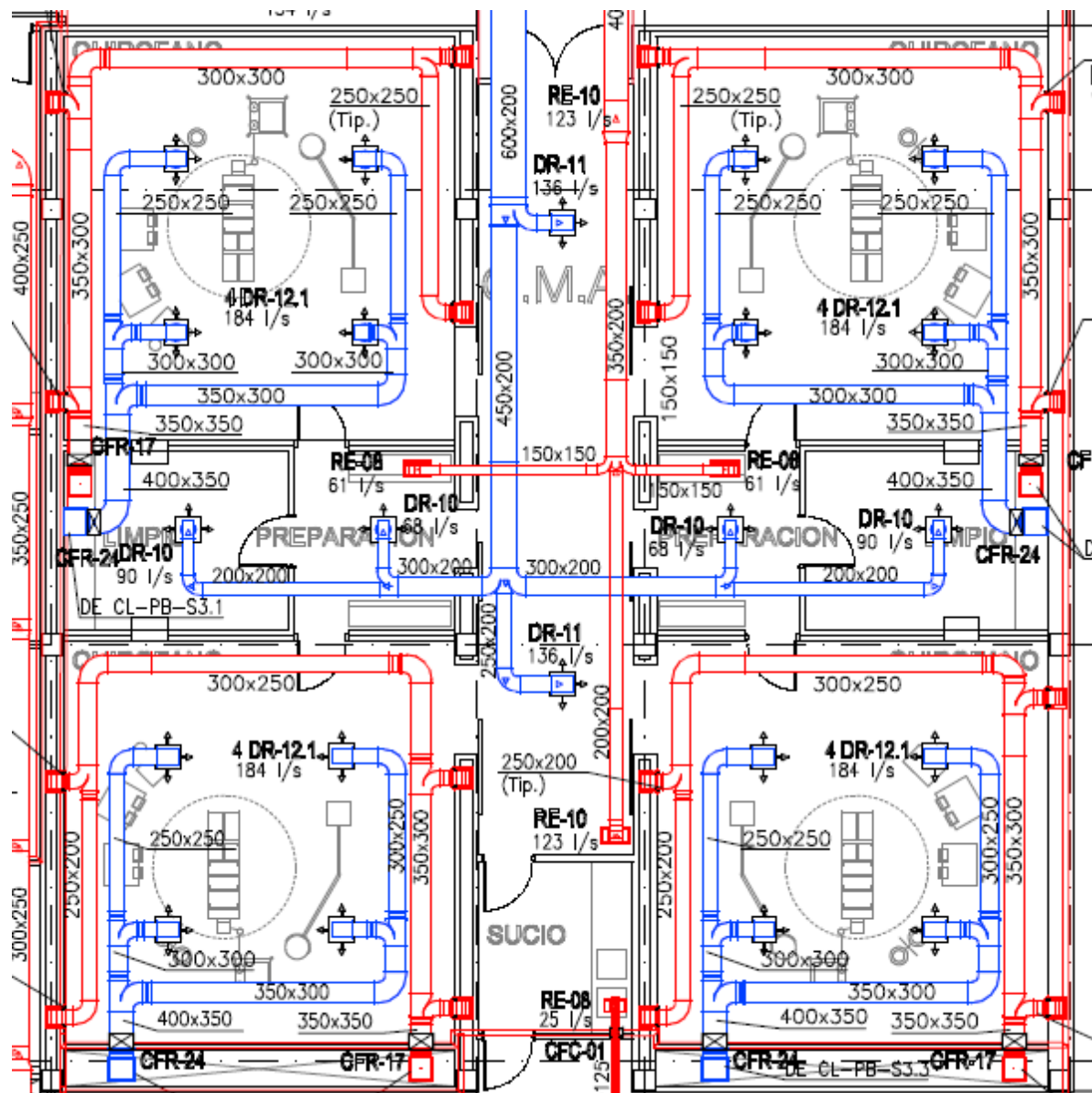
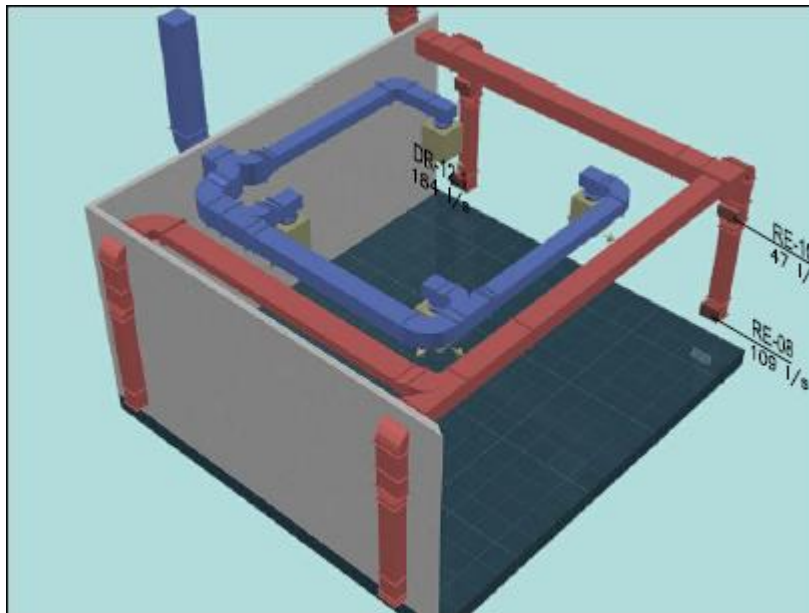


Figura 3.4: Vista en planta de los difusores de impulsión y las rejillas de extracción. Conductos de impulsión en azul, conductos de extracción en rojo. Secciones de los conductos en mm.

Como ya hemos dicho el quirófano de estudio es de tipo B. Este cuenta con cuatro difusores de impulsión ubicados en el techo y ocho rejillas de extracción ubicadas en las paredes. De estas ocho rejillas de extracción cuatro se encuentran en la parte inferior del quirófano y las cuatro restantes en la parte superior. Estos difusores y rejillas se describirán en los apartados siguientes (3.2.2 y 3.2.3). En la figura 3.4 se puede apreciar el

esquema de estos difusores de impulsión (azul) y rejillas de extracción (rojo) con la vista en planta Y en la figura 3.5 la posición de los difusores y rejillas en el espacio.



*Figura 3.5: Posición de los difusores de impulsión (en azul) y las rejillas de extracción (en rojo) en el quirófano*

#### 3.2.1. Conductos

Los conductos son de sección rectangular. Incluyen compuertas antifuego con el fin de efectuar el cierre automático de la sección del paso de aire en caso de que se produzca una llamarada en algún punto de la instalación. Los conductos son de chapa galvanizada que tiene un coeficiente de rugosidad de  $\varepsilon=0.15$  mm, importante para el cálculo de pérdidas de carga.

#### 3.2.2. Difusores de impulsión

Los difusores son de la marca TROX. Estos difusores expulsan el aire tangencialmente al techo con un flujo en forma de espiral haciendo una mezcla que crea una menor diferencia de temperaturas. Este tipo de difusor incorpora un filtro de partículas de tipo terminal de aire fabricado para su instalación en el techo como etapa final del proceso de filtrado del aire y para su distribución. La carcasa de entrada lateral está provista de un sello de labio con amortiguador de cierre manualmente ajustable, actuador neumático y limitador de flujo volumétrico. En su interior se instalará un filtro de tipo H13 para acabar con el proceso de filtrado que requiere la norma EN 16244-2. El diseño de estas unidades permite que el cambio de filtro sea fácil, rápido y pueda realizarse por una sola persona gracias a la prensa especial en el marco. El modelo de los difusores son TFC-SC-SPC-VDW/AxBxCxD/M/2/S/15. Donde:

### 3. Descripción de las instalaciones

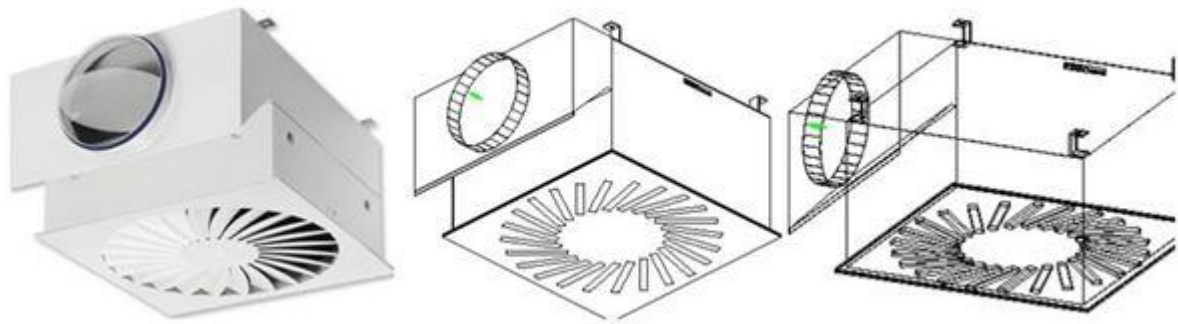
---

A: tamaño del ancho y largo de la caja en mm.

B: número de orificios de salida.

C: el diámetro del cuello en mm.

D: altura de la carcasa en mm.



*Figura 3.6: Esquema de las rejillas del bloque quirúrgico.*

En el quirófano existen cuatro difusores rotacionales instalados en el techo, uno en cada una de la zona de lavado y otros dos en el pasillo de entrada. La posición de todos estos se puede ver en el esquema de la figura 3.7 y los tamaños y modelos) con sus respectivas áreas eficientes de cada difusor en la tabla 3.2. Estas áreas eficientes son las que se usarán en el modelado de dichos difusores en el apartado 4.2.3.

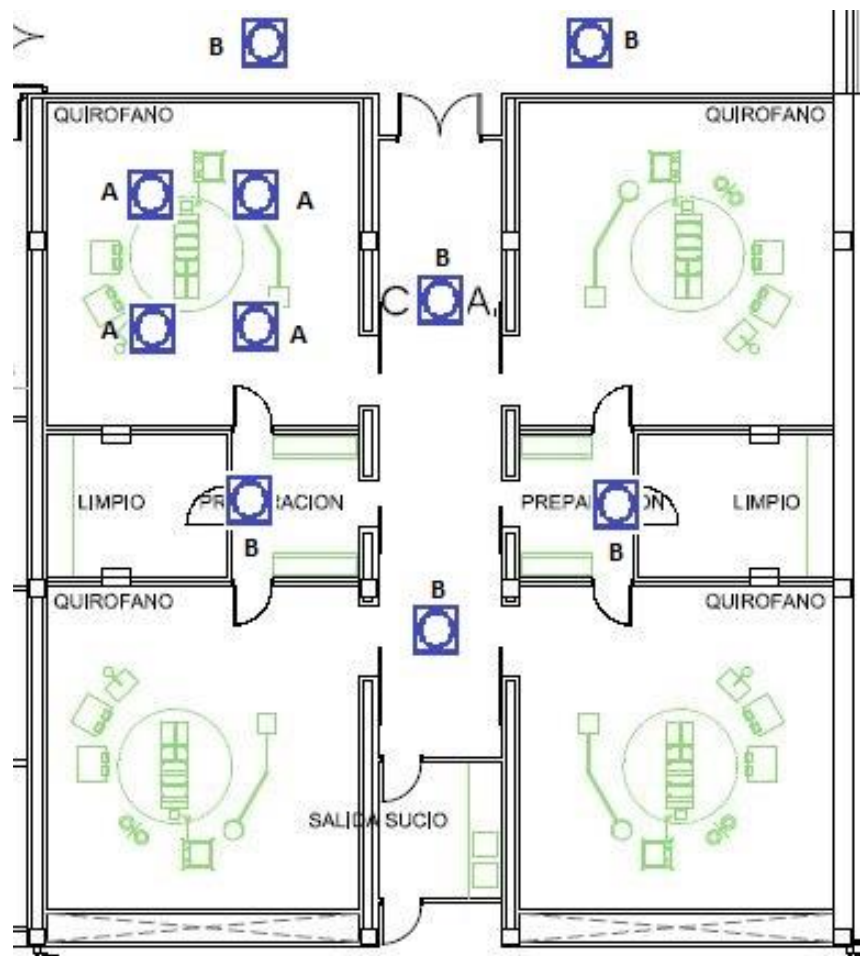


Figura 3.7: Posición de los difusores en el área de estudio.

Tabla 3.2: Modelos de los difusores.

Código	Modelo	Área eficiente (m <sup>2</sup> )
A	TFC-SC-SPC-VDW/600x48x248x598/M/2/S/15	0.039
B	TFC-SC-SPC-VDW/400x16x158x299/M/2/S/10	0.014

### 3.2.3. Rejillas de extracción

En cuanto a las rejillas de extracción hay que distinguir entre las del quirófano y las del resto de áreas. En el quirófano están instaladas en la pared y el resto están ubicadas en el techo. Aun así las rejillas son del mismo modelo también de la marca TROX como los difusores. Está compuesta por láminas verticales ajustables. Es capaz de trabajar con caudales dentro del rango de 250 y 1112 m<sup>3</sup>/h y el borde y las láminas son de hoja de acero cubierta de polvo. Tiene un acabado estándar pintado al polvo RAL 9010 (blanco puro) con un grado de brillo del 50%. Como el modelo anteriormente descrito posee una compuerta de regulación de caudal con lamas en oposición en la parte posterior y

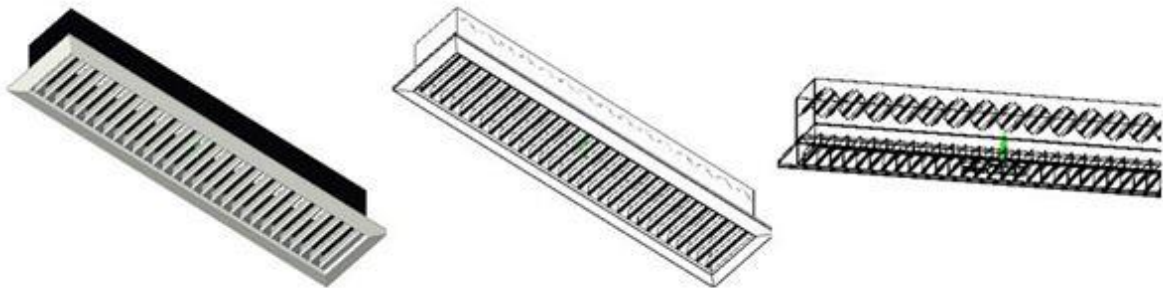
### 3. Descripción de las instalaciones

---

dependiendo del grado de apertura de ésta la caída de presión y las características acústicas son diferentes El modelo es TRS-AG/AxB/0/0/0/RAL 9010 [6]. Donde:

A: la longitud en mm.

B: la altura en mm.



*Figura 3.8: Esquema de las rejillas del área quirúrgica.*

Como ya hemos dicho hay una pequeña diferencia de instalación entre las rejillas del quirófano y las del resto de áreas. A parte de la ubicación también hay que señalar que en el quirófano hay 8 rejillas: cuatro en la parte inferior y 4 en la parte superior como podemos ver en la figura 3.5. El resto de rejillas serían: una en cada zona de lavado y dos en el pasillo de entrada como podemos ver en la figura 3.9. Las dimensiones y área eficiente lo podemos ver en la tabla 3.3.

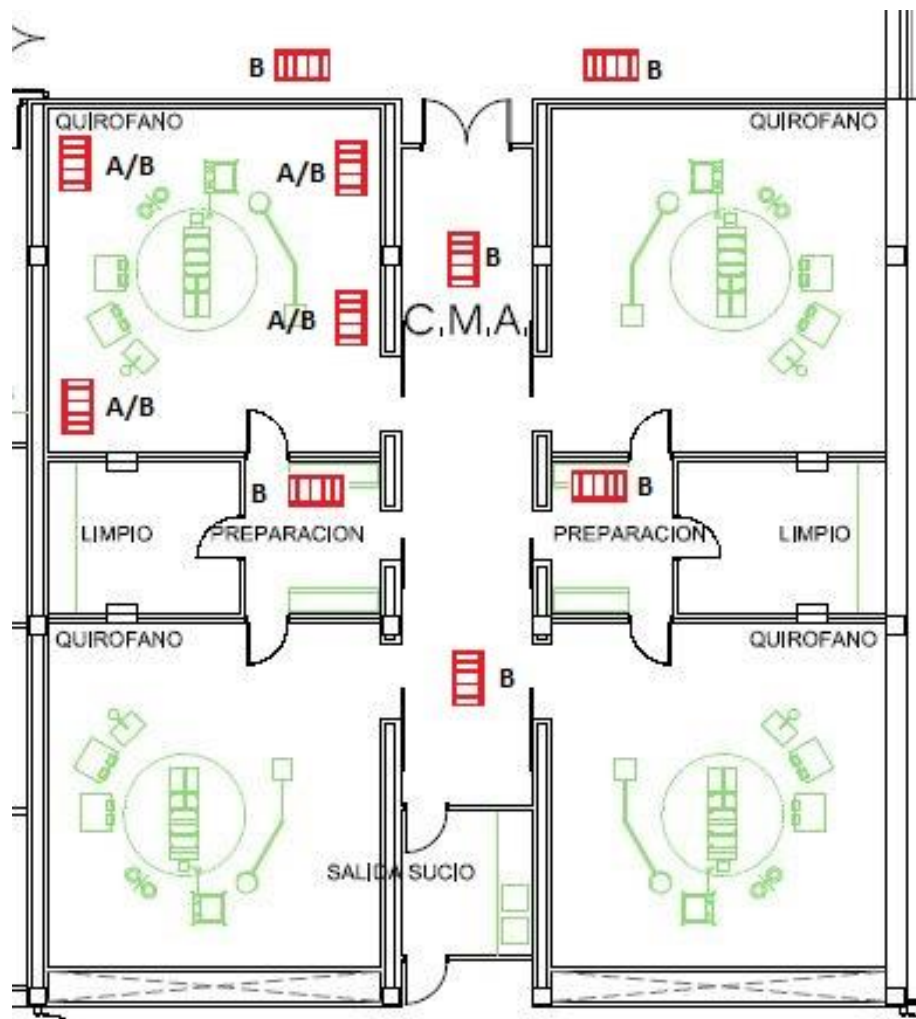


Figura 3.9: Posición de las rejillas en el área de estudio.

Tabla 3.3: Modelos de las rejillas.

Código	Longitud (mm)	Altura (mm)	Modelo	Área eficiente (m <sup>2</sup> )
A	425	125	TRS-AG/425x125/0/0/0/RAL 9010	0.022
B	225	125	TRS-AG/225x125/0/0/0/RAL 9010	0.011

En cuanto a las rejillas del quirófano el tipo A se instala en la parte superior y el tipo B se instala en la parte inferior como se puede ver en la figura 3.5.

### 3.3. Climatización

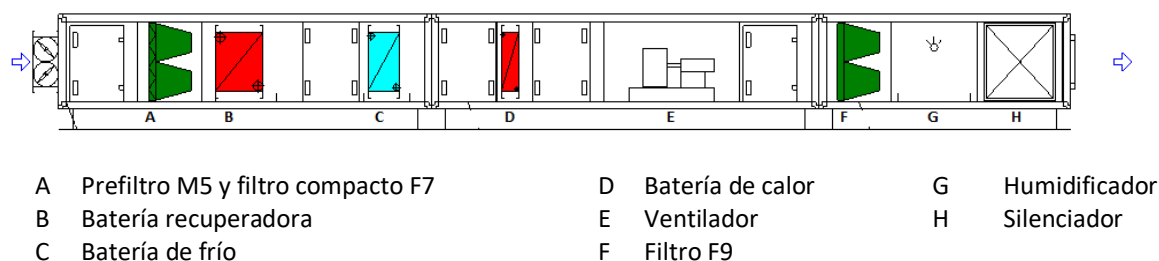
Como ya hemos visto, existen una serie de condiciones en cuanto a renovaciones de aire, temperatura, humedad, filtración... Para ello se instala UTAs (unidades de

tratamiento de aire) con elementos independientes para conseguir estas condiciones. Algunos elementos incluso están regulados por normas como son los filtros (EN 16244-2).

#### 3.3.1. Impulsión

La UTA de impulsión, según la norma EN 16244-2 cuenta con 3 niveles de filtración con filtros de calidad M5, F7 y F9. Además cuenta con una batería de frío/calor y un humidificador para cumplir con las especificaciones de temperatura y humedad que requiere el quirófano.

El esquema de dicha climatizadora sería este:

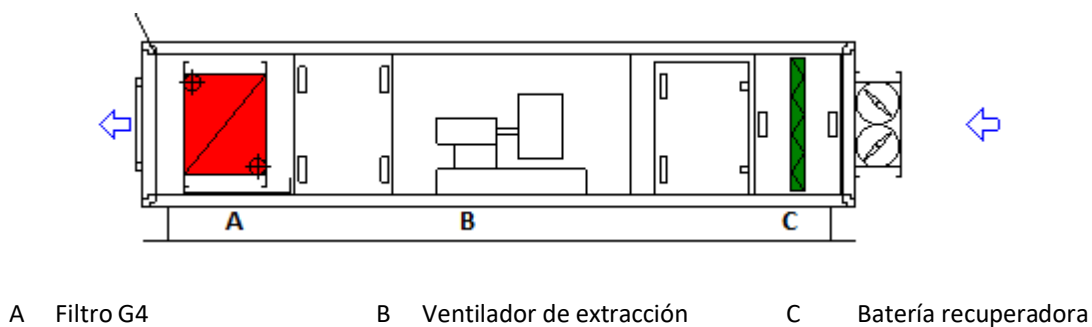


**Figura 3.10: Esquema de la UTA de impulsión del quirófano**

Entre cada elemento hay un espacio vacío para tener acceso por si fuese necesario sustituir el elemento en cuestión

#### 3.3.2. Extracción

Para la extracción, ambas climatizadoras tienen el mismo equipo. Cuenta con un filtrado antes del ventilador de tipo G4 para evitar la entrada de partículas que pudieran estropear el ventilador o el intercambiador de calor. La batería recuperadora que cede calor al flujo de impulsión.



**Figura3.11: Esquema de la UTA de extracción**



## 4. Modelado

### 4.1. Descripción del software y posibilidades

El software que se utiliza para la realización del modelo es COMTAM 3.2 desarrollado por el NIST (National Institute of Standards and Technology) que es un laboratorio de estándares de medición y una agencia no reguladora del Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Se trata de un software informático de análisis de ventilación y calidad del aire interior multizona diseñado para ayudarlo a determinar:

- Flujos de aire: infiltración, exfiltración y flujos de aire de habitación a habitación en sistemas de construcción impulsados por medios mecánicos, presiones de viento que actúan en el exterior del edificio y efectos de flotabilidad inducidos por la diferencia de temperatura del aire interior y exterior.
- Concentraciones de contaminantes: la dispersión de contaminantes en el aire transportados por estos flujos de aire; transformado por una variedad de procesos que incluyen transformación química y radioquímica, adsorción y desorción a materiales de construcción, filtración y deposición a superficies de edificios, etc.; y generado por una variedad de mecanismos fuente.
- Exposición personal: las predicciones de la exposición de los ocupantes a contaminantes transportados por el aire para una eventual evaluación de riesgos [7].



*Figura 4.1: Logo del software CONTAM*

En este caso se usará para estudiar la evolución de flujos de aire entre habitaciones cuando se abre una puerta o se colmatan los filtros. Se analizará las presiones en cada sala y su variación cuando hay un cambio en el sistema para poder corregirlo, en este caso, variando la presión que aporta la bomba para regular el déficit o superávit de presión.

El software usa un modelo zonal. Fijando la altura del piso, da a elegir entre fijar el área de la zona o el volumen. Se fija también la temperatura y se puede elegir entre presión variable o constante. En este último caso se tiene que introducir la presión deseada en esa zona. El ambiente, por defecto, tiene 101325 Pa dato que se puede cambiar

Existen varios modelos para simular caminos entre dos salas o una sala y el ambiente. Entre ellos se puede usar modelos de leyes potenciales o cuadráticos, modelos forzados de volumen constante o insertando una curva de un ventilador, splines cúbicos, etc.

Para modelar conductos existen varias opciones. Modelos de resistencias como Darcy-Colebrock para modelar conductos propiamente dichos o potenciales para modelar una resistencia como un filtro, curvas de ventiladores para modelar un ventilador en un conducto, o Backdraft-Damper para simular sistemas antirretorno.

### 4.2. Realización del modelado

En este apartado explicaremos cómo modelar con el software los distintos elementos que necesitamos para realizar los estudios que buscamos en este trabajo

#### 4.2.1. Modelado de áreas

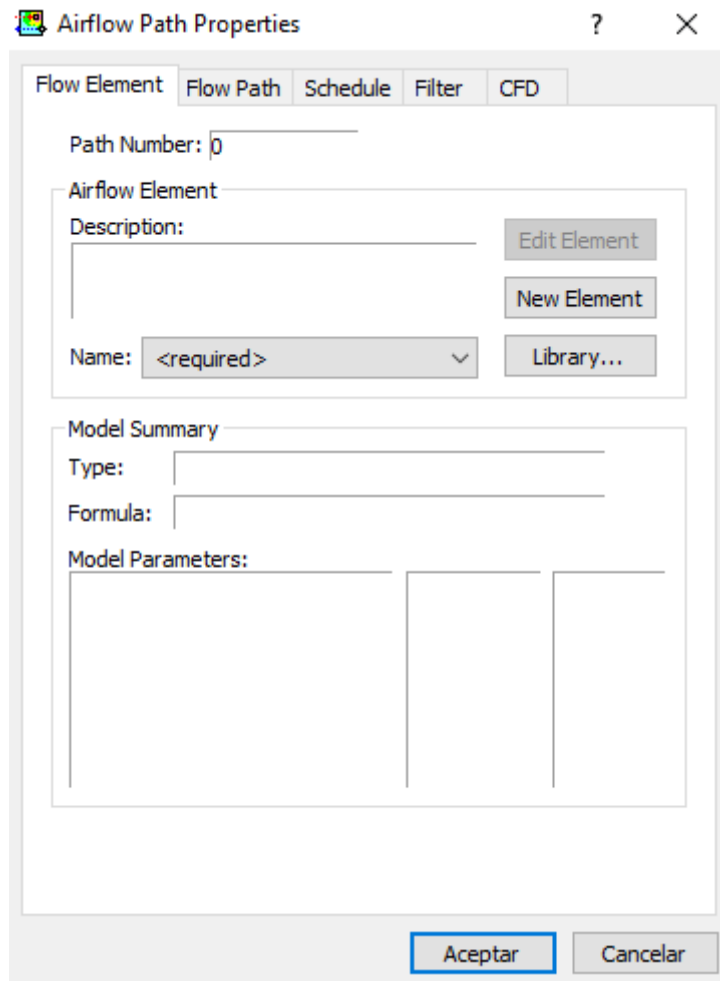
Para modelar áreas usamos el comando Draw Boxes ubicado en la barra de herramientas caracterizado por un cuadrado negro. También podemos usar el comando Draw Walls para dibujar paredes si queremos dividir un área o modelar una zona que no sea cuadrada o rectangular. Una vez dibujada el área con el botón derecho dentro del recinto se selecciona la opción Zone y aparecerá un cuadrado dentro del área. Clicando dos veces en dicho cuadrado aparece la ventana Zone Properties (Figura 4.2). En esta ventana podemos editar las características del área como: ponerle nombre, concretar el área de la zona, la temperatura que hay y la opción de fijar una presión constante o, por el contrario, variable. En cuanto al área y volumen del recinto, en las opciones del proyecto se fija la altura del nivel, luego concretaremos el área (o el volumen) y automáticamente calculará el otro dato ( $V=A \cdot h$ ).

The image shows a software window titled "Zone Properties" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The window contains four tabs: "Zone Data", "Contaminant Data", "Detailed Zone", and "Schedule". The "Zone Data" tab is selected. The "Zone Name" field contains the text "Zona" and "on Level" is set to "<1>". Under "Dimensions & Color", the "Volume" is 30 m³ and "Floor Area" is 10 m². The "Include in building volume" checkbox is checked. The "Color" field is empty, with an "Edit Color" button next to it. Under "Temperature & Pressure", the "Temperature" is 20 °C and "Pressure" is 0 Pa. The "Variable" radio button is selected, and the "Constant" radio button is unselected. At the bottom of the window are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 4.2: Ventana de edición de áreas

#### 4.2.1.1. Conexión entre áreas

Para modelar las distintas opciones de las que pueden estar conectadas dos áreas (rendijas, rejillas, orificios, etc.) de una forma más simple, sin tener que usar conductos, usaremos el comando Flow Path. Clicando el botón derecho en la pared entre dos áreas contiguas que queremos que estén conectadas elegimos la opción Flow Path. Aparecerá un círculo sobrepuesto en la línea que modela la pared. Clicando dos veces en dicho círculo aparecerá la ventana Airflow Path Properties (Figura 4.3).



**Figura 4.3: Ventana de edición de conexiones entre áreas**

Seleccionando New Element nos aparecerá la ventana Airflow Elements Models (Figura 4.4). En esta ventana tenemos distintas opciones para modelar una conexión. Se puede modelar pasos de un sentido como fugas; de dos sentidos como rendijas, orificios o siguiendo un modelo cuadrático, elementos de flujo forzado como ventiladores, caudal constante, etc. y flujos que siguen splines cúbicos.

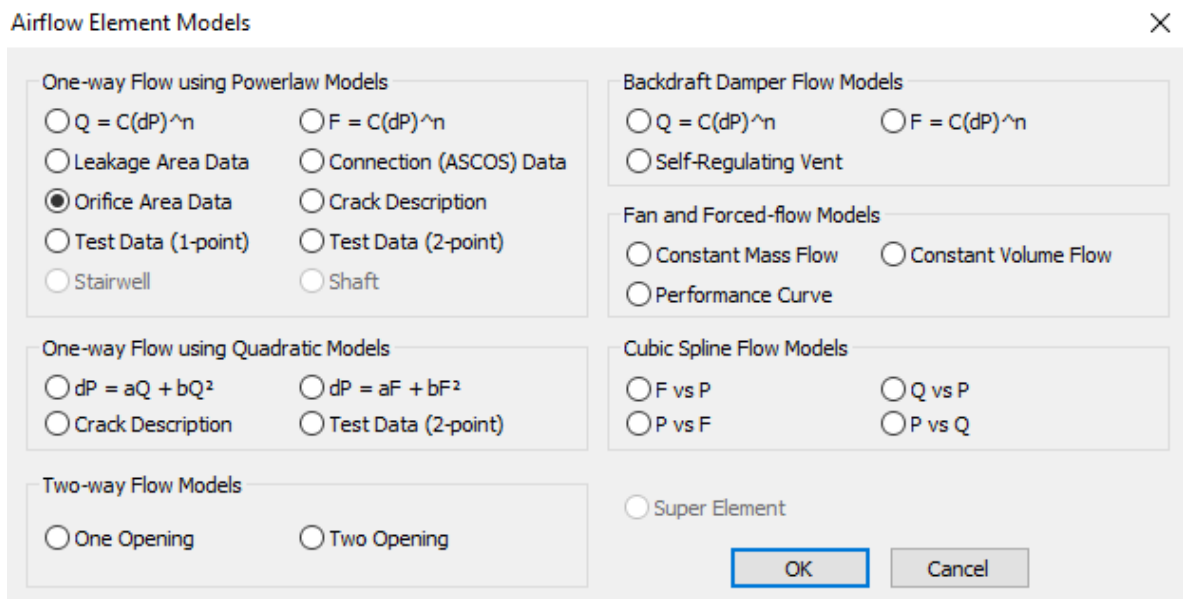


Figura 4.4: Ventana de modelos de conexiones entre áreas.

#### 4.2.2. Modelado de conductos

Para modelar los distintos conductos usamos el comando Draw Ducts en la barra de herramientas caracterizado con dos líneas paralelas diagonales. Clicamos donde empieza el conducto y se dibuja con el ratón el camino que recorra el conducto. Hay que tener en cuenta que no computa los codos que dibujes, hay que ponerlos como longitud equivalente o coeficientes de pérdidas. Una vez dibujado el conducto clicamos dos veces sobre este y se abrirá la ventana Duct Segment Properties donde se configura el segmento de conducto en cuestión (Figura 4.5).

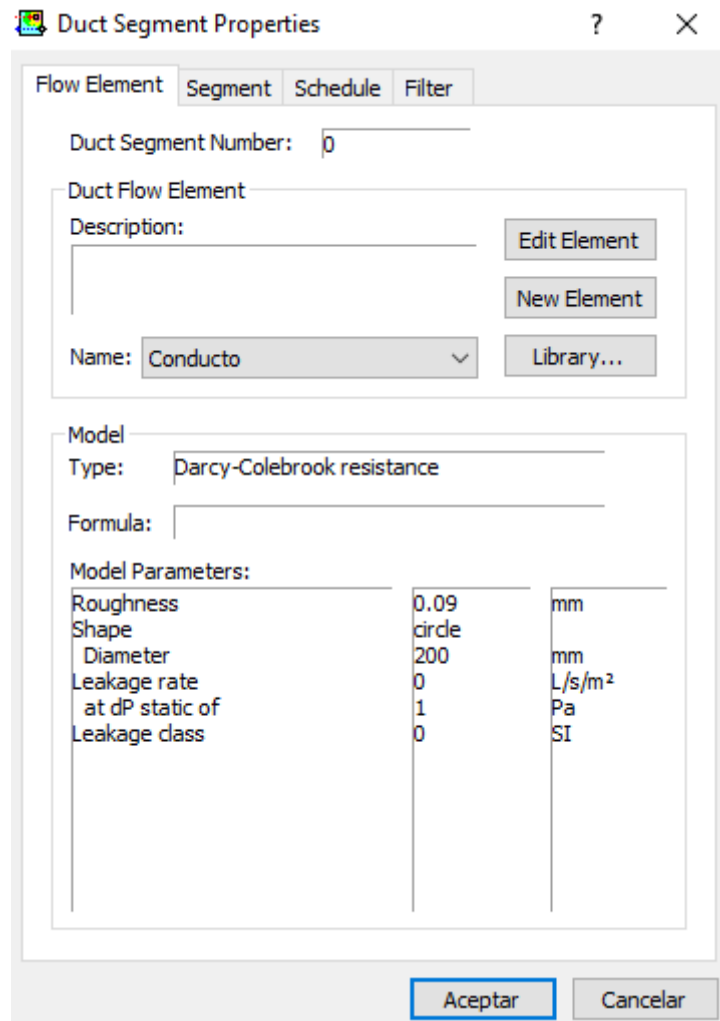


Figura 4.5: Ventana de edición de conductos

Para empezar clicamos sobre el botón New Element y se abrirá la ventana Duct Flow Element Models (Figura 4.6). En esta ventana podremos elegir varias opciones. En este caso seleccionamos la opción Darcy-Colebrook, dentro de la sección Resistance Flow Models, que es la que más se acerca a un conducto en la realidad.

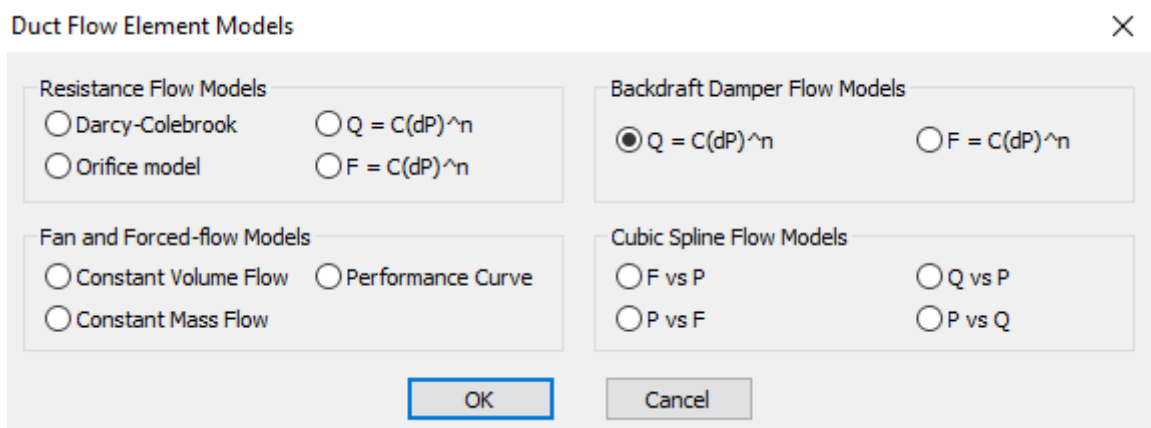


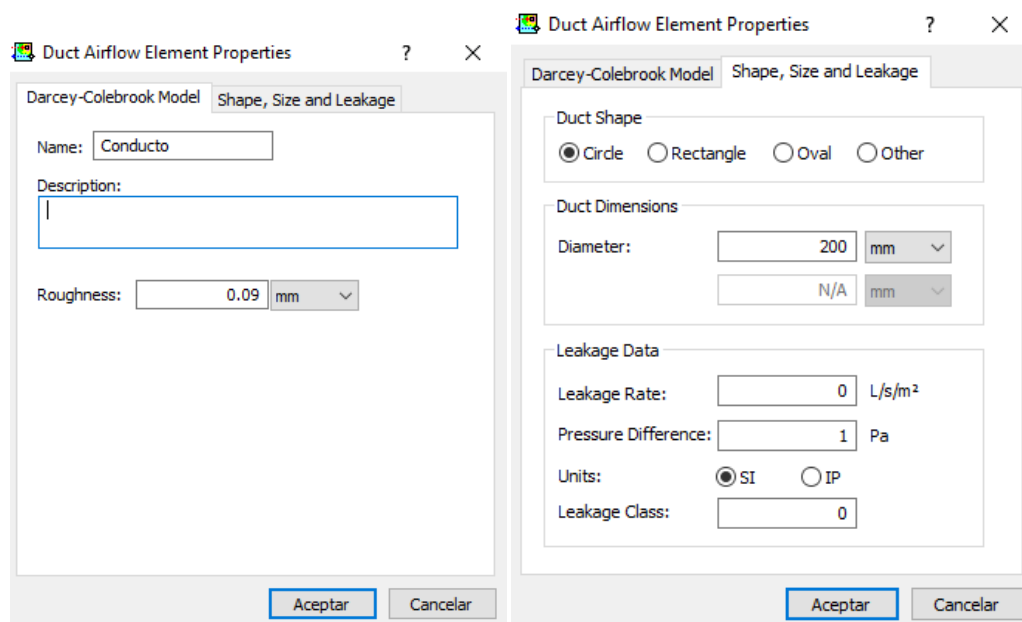
Figura 4.6: Opciones de modelos de conductos

Este modelo usa la fórmula Darcy-Colebrook que está bien establecida y resumida en el Capítulo 35 del Manual de Fundamentos ASHRAE 2005. Calcula el factor de fricción con la fórmula de Colebrook (Fórmula 1) usando el nº de Reynolds y con este factor de fricción, usando la fórmula de Darcy (Fórmula 2), calculas las pérdidas por fricción [8][9].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.44 + 2 \log(D/\varepsilon) - 2 \log\left(1 + \frac{9.3}{Re \varepsilon/D \sqrt{f}}\right) \quad (1)[8]$$

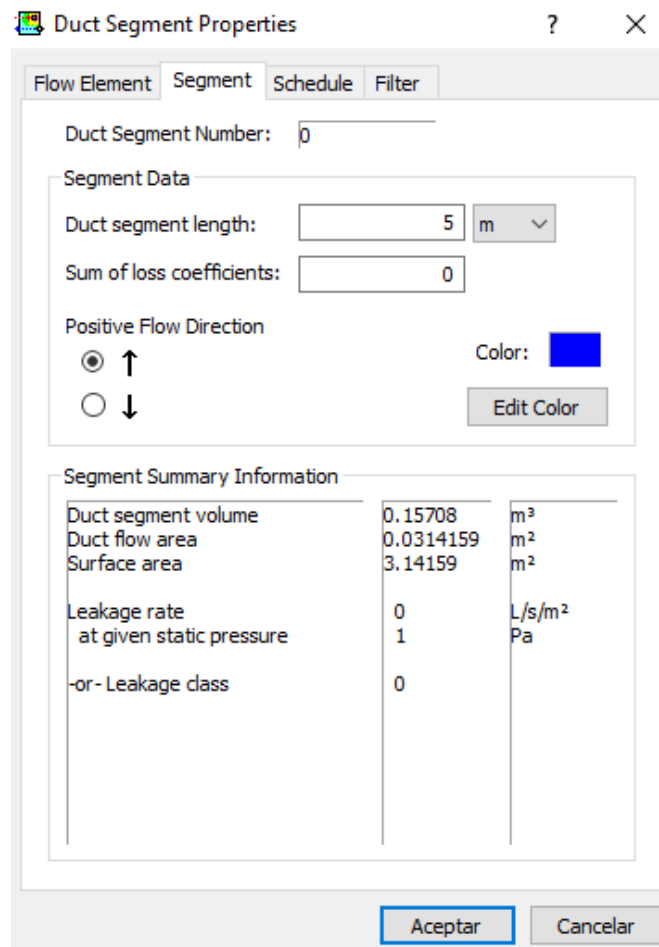
$$\Delta P = f \frac{LV^2}{D2g} \quad (2)[8]$$

Una vez elegida esta opción aparecerá la ventana Duct Airflow Element Properties con dos pestañas Darcy-Colebrook Model y Shape, Size and Leakage (Figura 4.7). En la primera nombramos a esta sección del conducto. En la segunda se concreta la forma y dimensiones del conducto y la posibles fugas por m<sup>2</sup>.



**Figura 4.7: Edición del elemento**

Una vez realizado todo esto sólo nos queda parar a la pestaña Segment (Figura 4.8) Para terminar de poner la longitud del segmento, los coeficientes de pérdidas (codos, bifurcaciones, etc.), el color (por si hay que distinguir circuitos) y el sentido positivo del flujo (solo para marcar los resultados positivos y negativos).



**Figura 4.8: Edición de segmento de conducto**

Si hay una unión en el caso que el conducto cambie de tamaño o una bifurcación se empieza a dibujar el conducto desde el final del otro. Clicamos dos veces en la unión y concretamos el tipo de unión que es en la ventana Duct Juntion Properties (Figura 4.9).



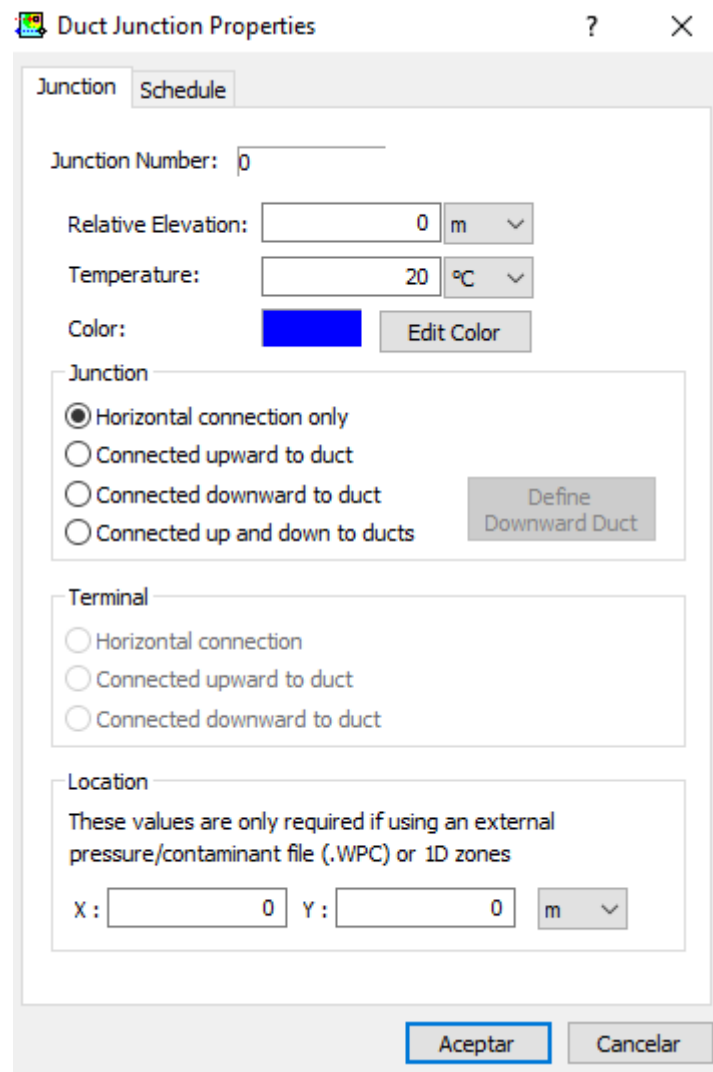


Figura 4.9: Edición de segmento de conducto

### 4.2.3. Modelado de difusores y rejillas

Una vez modelados los diferentes segmentos de los conductos y las uniones quedarán ambos extremos sin modelar. Estos elementos serán los difusores de impulsión y las rejillas de extracción. Clicamos dos veces en el extremo y nos saldrá la ventana Duct Junction Properties. Pero en este caso aparece una pestaña nueva: Terminal Data (Figura 4.10). En esta ventana concretamos: el coeficiente de pérdida, el área libre (ver Tabla 3.x y 3.x) y el área del conducto que llega a ese terminal que por defecto aparece el área del conducto que anteriormente hayamos modelado.

The image shows a software dialog box titled "Duct Junction Properties". It has four tabs: "Junction", "Terminal Data", "Schedule", and "Filter". The "Terminal Data" tab is selected. Below the tabs, there are several input fields and a checkbox. The "Junction Number" field contains the value "0". The "Terminal Data" section contains three fields: "Terminal Loss Coefficient" with value "0.125", "Free Face Area" with value "0.0314" and a unit dropdown set to "m²", and "Duct Area" with value "0.0314". The "Balancing Data" section contains a "Balance Terminal" checkbox (unchecked), a "Design Flow Rate" field with value "0" and a unit dropdown set to "sm³/h", a "Max Balance Coefficient" field with value "0.8", and a "Balance Loss Coefficient" field with value "0". At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

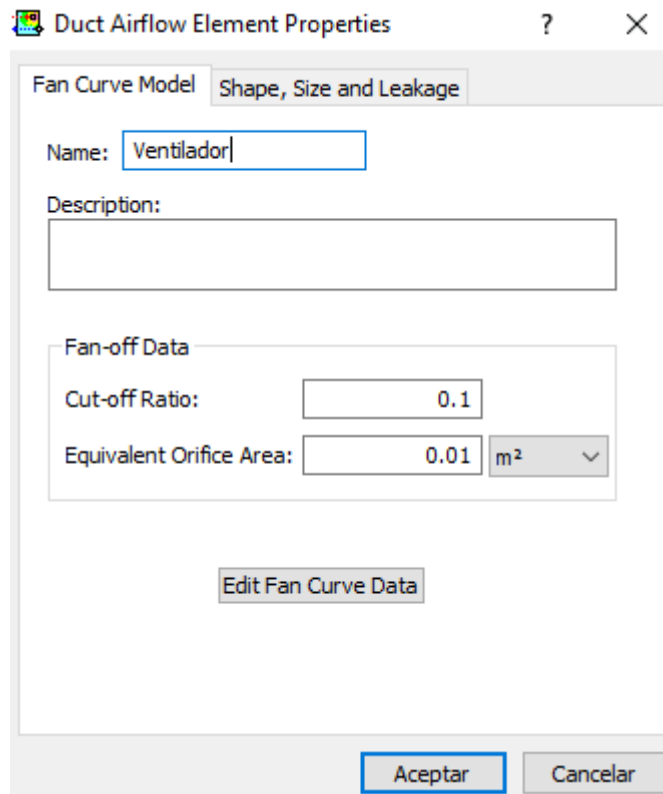
Figura 4.10: Edición de unión de conductos

### 4.2.4. Modelado de las climatizadoras

Para el modelado de las UTAs lo podemos dividir en dos grupos de elementos: ventiladores y elementos con pérdida de carga. En los dos casos partimos de un segmento de conducto y en la ventana Duct Flow Element Models (Figura 4.6) seleccionamos distintas opciones en cada caso.

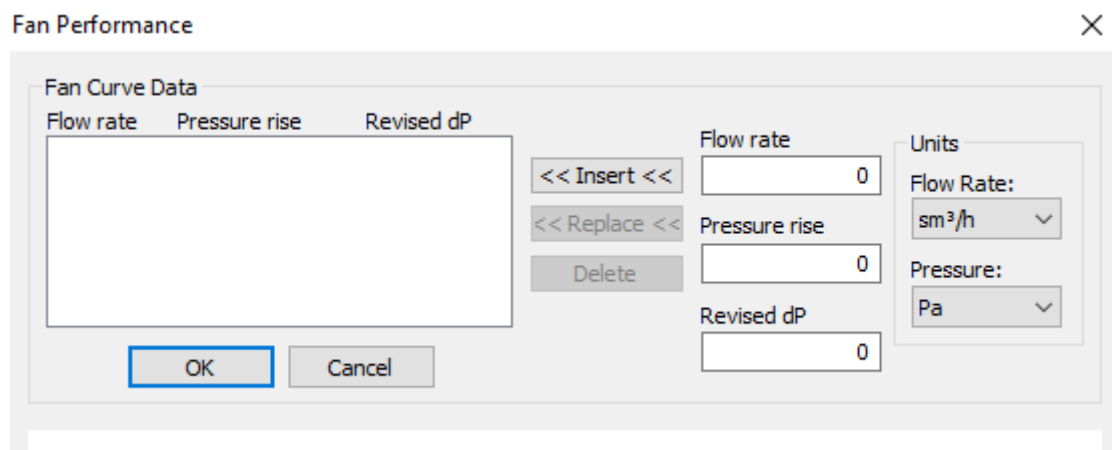
#### 4.2.4.1. Modelado de ventiladores

En el caso de los ventiladores, en la ventana Duct Flow Element Models (Figura 4.6) sección Fan and Forced-flow Models, seleccionamos la opción Performance Curve. Aparece la ventana Duct Airflow Element Properties (Figura 4.11).



**Figura 4.11: Edición de ventiladores**

En esta ventana seleccionaremos el nombre del elemento, y las características en caso de que este esté apagado. Clicamos en el botón Edit Fan Curve Data. En la ventana Fan Performance (Figura 4.12) bastará con poner cuatro puntos de una curva característica del ventilador y este segmento de conducto funcionará como ventilador.



**Figura 4.12: Edición de la curva del ventilador**

### 4.2.4.2. Modelado de elementos con pérdida de carga local

Para el resto de elementos de la UTA (batería recuperadora, batería de frío y calor, filtros, silenciador y humidificador) se usará un modelo de resistencia con pérdida de carga. En la ventana Duct Flow Element Models (Figura 4.6) sección Resistance Flow Models seleccionamos la opción  $Q=C(dP)^n$ . En esta ventana (Figura 4.13) concretaremos los coeficientes C y n. Partiendo de la Fórmula 3 y conociendo el caudal Q y la pérdida de carga dP que genera dicho elemento obtenemos que:

- $n=0.5$
- $C = \frac{1}{\sqrt{K}}$

$$\Delta P = KQ^2 \quad (3)$$

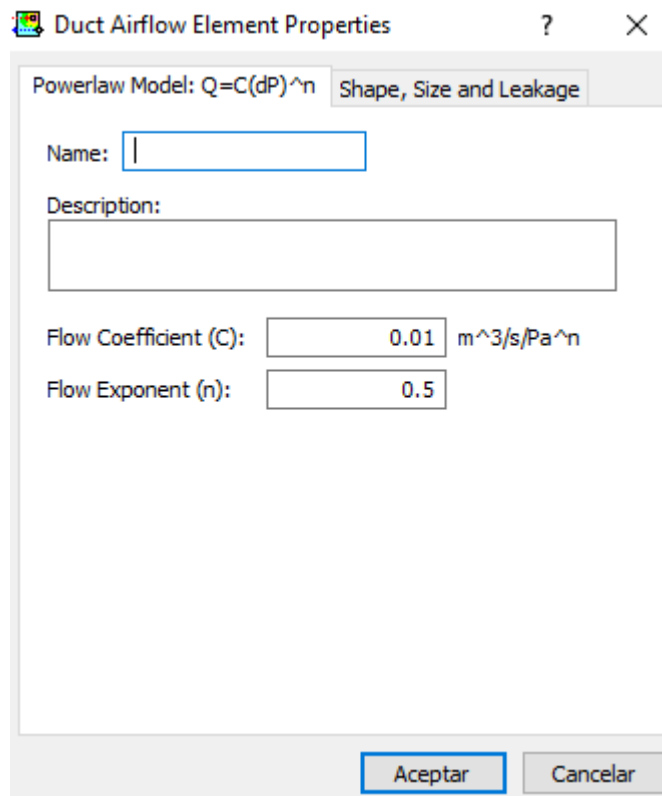


Figura 4.13: Edición de elementos con pérdida de carga

### 5. Diseño del sistema de ventilación

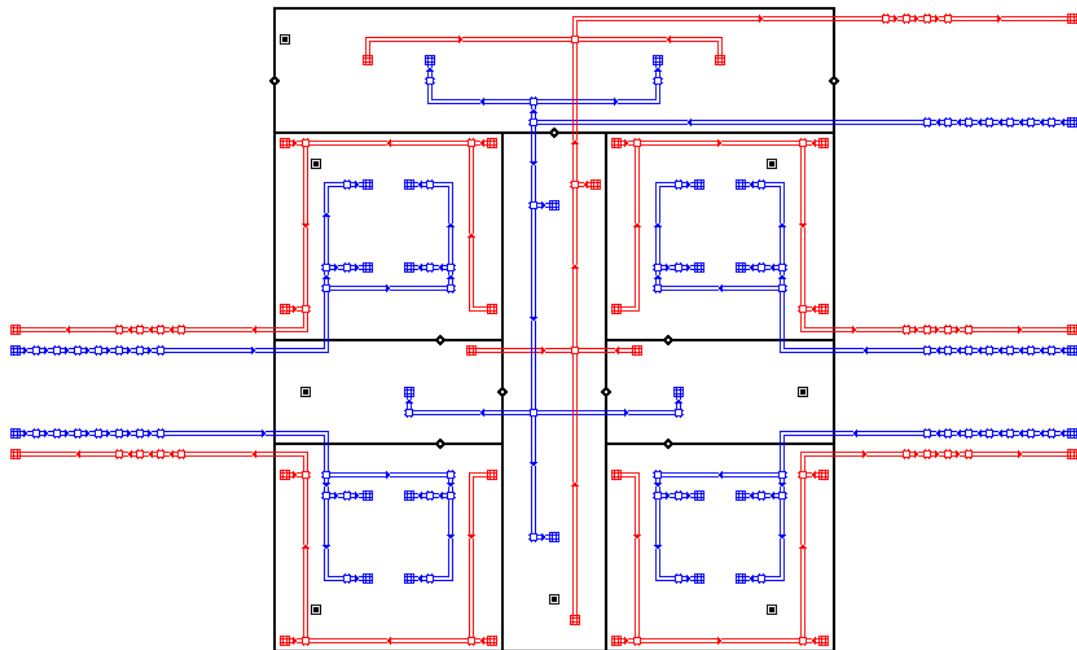
Con ayuda del software CONTAM que calcula las pérdidas de carga en los conductos y el software YahusEU de TROX que nos indica la pérdida de carga de cada elemento de la climatizadora y calcula el ventilador que debemos usar y a qué régimen de giro. Las condiciones que buscamos es que la presión en el pasillo sea superior a 3 Pa respecto al resto del hospital y, a su vez, que la presión del quirófano sea superior a 20 Pa respecto al pasillo. Lo realizaremos en tres partes:

1. Con el software CONTAM, imponiendo las condiciones de diseño del caudal, calcularemos las pérdidas de carga en las instalaciones de ventilación: conductos, difusores, rejillas y filtros.
2. Una vez conocidas las pérdidas de carga que tendrá que aportar el ventilador, con el software YahusEU, determinaremos los ventiladores.
3. Con las curvas de los ventiladores y usando semejanza de bombas, ajustaremos las revoluciones de los distintos ventiladores para conseguir las condiciones de presión deseadas.

#### 5.1. Cálculo de pérdida de carga.

El modelo del que partiremos consta de varias áreas: 4 quirófanos, pasillo limpio, 2 zonas de lavado y el hall de entrada. Para el modelado de los conductos usamos el valor de rugosidad de 0.15 mm que es para la chapa galvanizada. Además hemos asumido la aproximación de que las pérdidas de los codos son aproximadamente como 1 m más de tubería. (P.ej: una tubería de 10 m con dos codos equivale a una tubería de 12 m). Si bien no es una aproximación fina, para el estudio de los cambios de presión al cambiar las condiciones, esto no es importante si se usa el mismo criterio en todos los análisis. También asumimos que estos conductos no tienen fugas o escapes, es decir, el caudal que impulsa el ventilador es el total que llega a los distintos difusores.

Tomaremos como presión de referencia la del resto del bloque quirúrgico que tendrá el valor de presión atmosférica (101325 Pa).



**Figura 5.1: Modelo del quirófano, pasillo limpio, esclusas de lavado, hall de entrada y conductos de ventilación. Impulsión en azul y extracción en rojo.**

Para el modelado de las puertas cerradas asumiremos que la puerta corredera es hermética en su posición cerrada. La puerta batiente, en su posición cerrada, será modelada con un Flow Path (ver apartado 4.2.1.1.) como una rendija de  $0.0045 \text{ m}^2$ . La puerta batiente doble de acceso al pasillo limpio y las dos entradas del resto del bloque quirúrgico al hall de entrada como un orificio de  $0.009 \text{ m}^2$ .

Según la norma UNE 100713 el caudal de impulsión en un quirófano debe ser superior a  $2400 \text{ m}^3/\text{h}$  y el del pasillo superior a  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  por cada  $\text{m}^2$ . En este caso el caudal de impulsión en el quirófano serán de  $2600 \text{ m}^3/\text{h}$  y cómo el pasillo tiene una extensión de  $114 \text{ m}^2$  el caudal que utilizaremos es de  $1800 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Para los difusores y rendijas usaremos las áreas efectivas de cada elemento expuestas en el apartados 3.2.2 y 3.2.3. En la figura 5.2 vemos las tablas del catálogo de TROX para cada elemento.

Nominal size	□Q <sub>1</sub> mm	∅D <sub>2</sub> mm	n	A <sub>eff</sub> m <sup>2</sup>
300 × 8	298	269	8	0.0070
400 × 16	398	352	16	0.0140
500 × 24	498	440	24	0.0210
600 × 24	598	546	24	0.0295
600 × 48	598	568	48	0.0390
625 × 24	623	546	24	0.0295
625 × 54	623	594	54	0.0470
825 × 72	825	773	72	0.0730

H	L [mm]							
	225	325	425	525	625	825	1025	1225
H	A <sub>eff</sub>							
mm	m <sup>2</sup>							
75	0.007	0.011	0.014	0.018	0.021	0.029	0.036	0.043
125	0.014	0.021	0.029	0.036	0.043	0.057	0.072	0.086
225	0.029	0.043	0.057	0.072	0.086	0.114	0.142	0.172
325		0.064	0.086	0.108	0.129	0.172	0.214	0.256

Figura 5.2: Tabla de áreas eficientes para los difusores (izquierda) y rejillas (derecha) [10].

Según los difusores elegidos en el apartado 3.2.2 cada uno lleva asociado unos tamaños de filtros y unos caudales.

La impulsión del quirófano es de 2600 m<sup>3</sup>/h y ya que hay 4 difusores por cada uno circulará 650 m<sup>3</sup>/h. Con estas premisas buscamos un difusor acorde y elegimos el TFC-SC-SPC-VDW/600x48x248x598/M/2/S/15 (figura 5.3) con un área eficiente de 0.039 m<sup>2</sup>.

The screenshot shows a software interface for configuring a diffuser. The top section includes a search bar with the product code 'TFC-SC-SPC-VDW' and a dropdown menu showing '600x24x248x344'. Below this, there are tabs for 'Selección de producto', 'Diagrama', and 'Detalles para pedido'. The main configuration area is divided into several sections:

- Caudal de aire:** Caudal de aire: 650 m<sup>3</sup>/h (216...1131)
- Separación/Distancias [m]:**
  - A: 1,20 (≥0,8)
  - H<sub>1</sub>: 1,20 (0,9...2,0)
  - X: 3,00 (≥1,2)
  - B: 0,00
  - L = H<sub>1</sub> + X = 4,20
  - disposición de fila única
- Diferencia de temperatura [K]:** Δt<sub>z</sub>: -8,0 (-12,0...-4,0)
- Manta recomendada:** ninguno
- Resultados:**
  - v<sub>h1</sub>: 0,26 m/s
  - Δt<sub>h1</sub>: -0,5 K
  - v<sub>L</sub>: 0,28 m/s
  - Δt<sub>L</sub>: -0,2 K
  - Anchura de filtro: 535 mm
  - Altura del filtro: 535 mm
- Resultados acústicos:**
  - Impulsión de aire:
  - Nombre | Valor | Unidades
  - ▶ Δpt | 32 | Pa
  - LWA | 39 | dB(A)
  - LWNC | 33 |

On the right side, there is a 3D model of the diffuser (TFC-SC VDW) and a 'Foto de producto' dropdown menu.

Figura 5.3: Datos técnicos y geométricos del difusor del quirófano [10].

## 5. Diseño del sistema de ventilación

En el caso del pasillo la impulsión es de  $1800 \text{ m}^3/\text{h}$  y como hay 6 difusores por cada uno circulará  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ . Igual que en el caso del quirófano buscamos un difusor acorde y elegimos el TFC-SC-SPC-VDW/400x16x158x299/M/2/S/15 (figura 5.4) con un área eficiente de  $0.014 \text{ m}^2$ .

Nuevo artículo: Código de pedido  
TFC-SC-SPC-VDW / 400x16x158x299 / 2 / S / 10

Selección de producto Diagrama Detalles para pedido


Caudal de aire  
Caudal de aire   $\text{m}^3/\text{h}$  (108...430)

Separación/Distancias [m]  
A  ( $\geq 0,8$ )  
H<sub>1</sub>  (0,9...2,0)  
X  ( $\geq 0,8$ )  
B   
L = H<sub>1</sub> + X = 4,20  
 disposición de fila única

Diferencia de temperatura [K]  
 $\Delta t_z$   (-12,0...4,0)

Manta recomendada  
ninguno

Resultados  
v<sub>h1</sub> 0,16 m/s  
 $\Delta t_{h1}$  -0,3 K  
v<sub>L</sub> 0,19 m/s  
 $\Delta t_L$  -0,1 K  
Anchura de filtro 345 mm  
Altura del filtro 345 mm

Aplicación/Foto/Video  
  
TFC-SC VDW  
Foto de producto

Resultados acústicos  
Impulsión de aire  

Nombre	Valor	Unidades
$\Delta p_t$	25	Pa
LWA	33	dB(A)
LWNC	26	

Figura 5.4: Datos técnicos y geométricos del difusor del quirófano [10].

La potencia de sonido que tiene cada uno es 39 dB para el quirófano y 33 dB para el pasillo. Cada uno de estos difusores lleva asociado un tamaño de filtro que para el caso del quirófano es de 535x535mm y para el pasillo 345x345mm. Para el quirófano elegiremos un H14 y para el resto un H13. Cada uno de estos dos filtros su vida útil acaba cuando la pérdida de carga que genera estos filtros es de 600 Pa (figura 5.5) aunque su pérdida carga inicial varíe según el caudal que circule por cada uno.

Filter class according to EN 1822	E11	H13	H14
Efficiency according to EN 1822	>95 %	>99.95 %	>99.995 %
Initial differential pressure at nominal volume flow rate	125 Pa	250 Pa	250 Pa
Recommended final differential pressure	300 Pa	600 Pa	600 Pa
Maximum operating temperature	80°C	80°C	80°C
Maximum relative humidity	100 %	100 %	100 %

Figura 5.5: Datos técnicos de los filtros HEPA [10].

Para que más o menos los filtros colmaten a la vez para facilitar que las labores de mantenimiento y recambio sean de todos los filtros a la vez, es interesante que la



velocidad del aire por cada uno de ellos sea del mismo orden y se asemeje en cuanto al valor. Así que en los cálculos siguientes comparamos ambas velocidades demostrando que se asemejan:

$$\frac{2600 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h}}{4 \cdot 0.535 \cdot 0.535} = 0.6308 \text{ m/s}$$

$$\frac{1800 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h}}{6 \cdot 0.345 \cdot 0.345} = 0.7001 \text{ m/s}$$

Para el modelado de estos filtros usamos un tramo de conducto como el explicado en el apartado 4.2.4.2. Para ello necesitamos saber el caudal que circula por cada uno de ellos y la pérdida de carga que generan para poder calcular el valor de la constante C.

En el caso del filtro del quirófano es un MPF-H14-MDF/534x535x150x120/FNU/ST que tiene unas dimensiones de 535x535mm y tiene una pérdida de carga inicial de 104 Pa para 650 m<sup>3</sup>/h (figura 5.6) y su carga final es de 600 Pa.

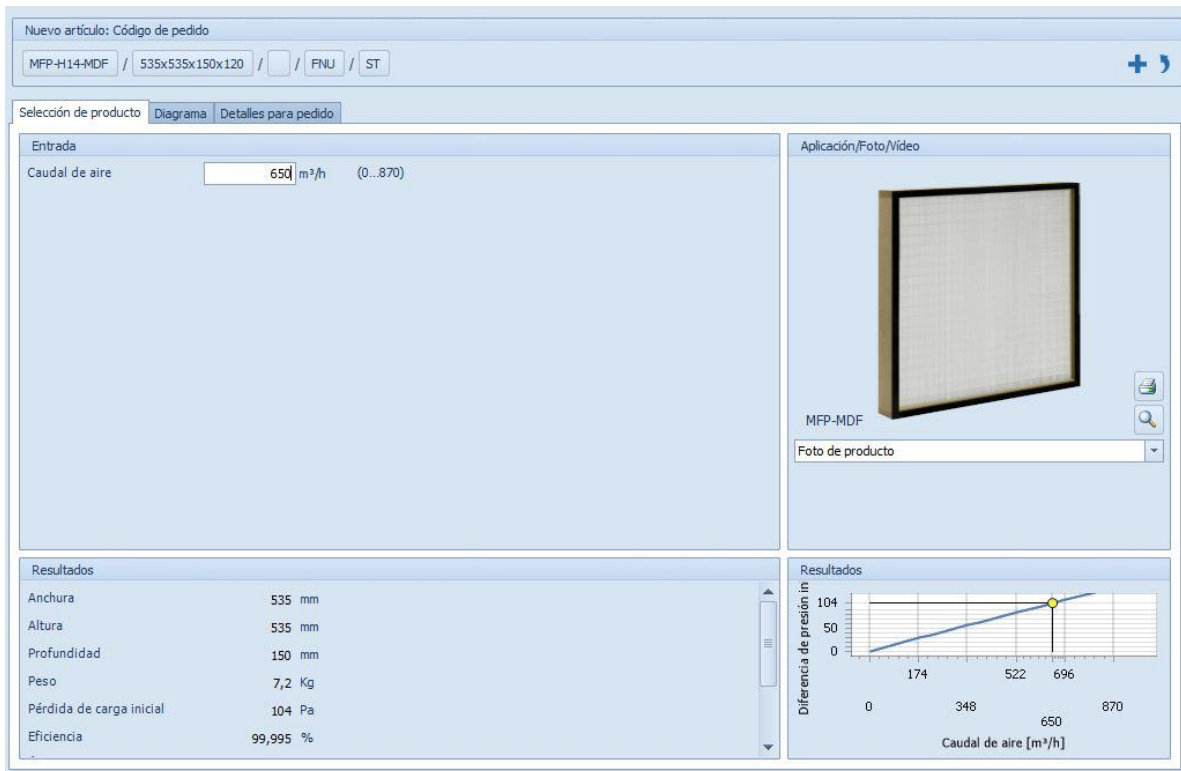


Figura 5.6: Curva de la pérdida de carga para el filtro H14 [10].

Y en el caso del filtro del pasillo el filtro es un MPF-H13-MDF/345x345x78x68/FNU/ST (figura 5.7) con unas dimensiones de 345x345mm y una pérdida de carga inicial para 300 m<sup>3</sup>/h y final de 174 Pa y 600 Pa respectivamente.

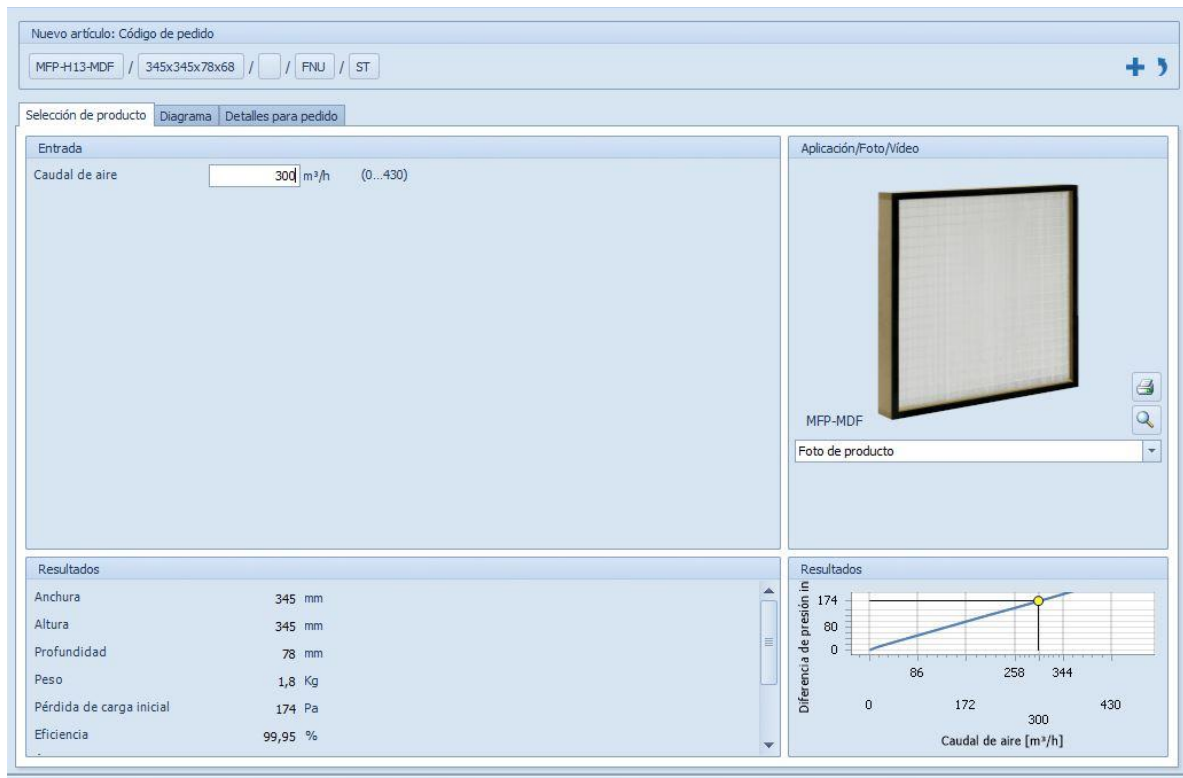


Figura 5.7: Curva de la pérdida de carga para el filtro H13 [10].

Para los cálculos asumimos que las condiciones de diseño para los filtros son la pérdida de carga que tienen entre su pérdida de carga inicial y final. Esto es que cada filtro usamos la pérdida de carga de:

Quirófano

$$\frac{104 + 600}{2} = 352 Pa$$

Pasillo

$$\frac{174 + 600}{2} = 387 Pa$$

La fórmula que usa el software contam es  $Q=C(dp)^n$ . Fijando  $n=0.5$  como en la fórmula 4.3 la fórmula usada para el cálculo de la cte C es (fórmula 4):

$$C = \frac{Q}{dp^{0.5}} \quad (4)$$

Así los valores de C para cada filtro son (tabla 5.1):

Tabla 5.1: Pérdidas de carga y valores de C para los filtros de los difusores

Zona	Pérdida de carga (Pa)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Coefficiente C (m <sup>3</sup> /sPa <sup>0.5</sup> )
Quirófano	352	650	0.04496359
Pasillo	387	300	0.04971983

Para calcular las pérdidas en los conductos impondremos un caudal constante en cada instalación de impulsión (quirófanos y pasillo) y dejamos la extracción libre. Una vez que corremos la simulación el software nos dará la pérdida en cada elemento y el caudal que circula por cada segmento del conducto. En cada una de las dos áreas nos indica la presión que hay en dicha área. En este primer caso, al tener la extracción libre, la presión que aparece coincide con las pérdidas de carga de la instalación de extracción.

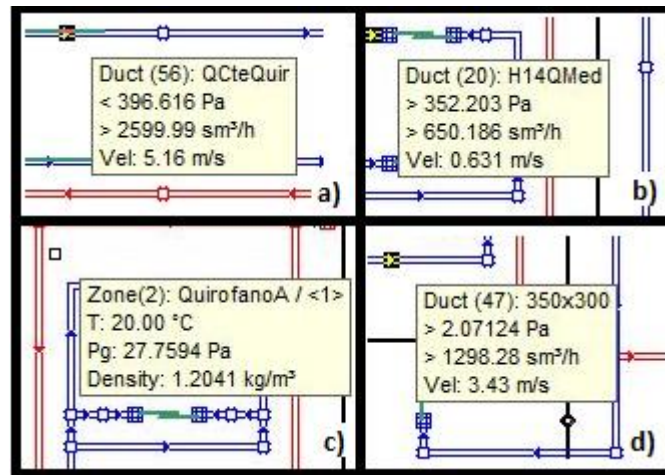


Figura 5.8: a) Presión aportada por el elemento que impulsa caudal cte. de 2600 al quirófano. b) Condiciones obtenidas en el quirófano. c) Presión aportada por el elemento que impulsa volumen cte. d) Pérdida de carga, caudal y velocidad en un segmento del conducto de impulsión

Teniendo los datos de las pérdidas de carga de cada instalación, calcularemos la presión que necesita aportar cada ventilador de la siguiente manera.

Para el quirófano hemos obtenido los siguientes datos:

- Presión que aporta el elemento de caudal cte.: 396.616 Pa
- Presión que se genera en el quirófano: 27.7594 Pa

Con estos datos sabemos que la instalación de impulsión a 2600 m<sup>3</sup>/h tienen unas pérdidas iguales a la diferencia de ambos valores, es decir de 368.86 Pa. Por la extracción salen 2570.76 m<sup>3</sup>/h y las pérdidas son de 27.76 Pa.

Para el pasillo hemos obtenido estos otros datos:

- Presión que aporta el elemento de caudal cte.: 415.498 Pa
- Presión que se genera en el quirófano: 15.9462 Pa

Por lo que las pérdidas de la instalación de impulsión del pasillo a 1800 m<sup>3</sup>/h tienen unas pérdidas de 399.55 Pa. Por la extracción salen 1732.74 m<sup>3</sup>/h con unas pérdidas de 15.95 Pa.

### 5.2. Determinación de las climatizadoras y ventiladores.

Para la búsqueda del ventilador usaremos el software Yabus del fabricante TROX. Este software propone una serie de ventiladores introduciendo los elementos que forman la climatizadora y la presión que buscas que aporte el ventilador. Introducimos los elementos descritos en el apartado 3.3.1 para la impulsión y 3.3.2 para la extracción. En el caso de los filtros, la condición de diseño que imponemos es que su pérdida de carga sea la mitad entre su pérdida de carga inicial y su pérdida de carga en el fin de su vida útil, igual que el criterio usado para los filtros de los difusores. Por ejemplo, el filtro F9 tiene una pérdida de carga inicial de 60 Pa y una pérdida de carga final de 300 Pa luego la condición de diseño para dicho filtro sería de 180 Pa.

En nuestro caso buscamos que la sobrepresión entre el pasillo y el resto del bloque quirúrgico sea de +3Pa, en la zona de lavado este valor aumenta a +14Pa y en el quirófano tiene que ser de +25Pa.

En el software seleccionamos una climatizadora con los datos de caudal de impulsión los que marca la norma (2600 m<sup>3</sup>/h para el quirófano y 1800 m<sup>3</sup>/h para el pasillo) y extracción los que nos facilita el software de contam cuando introducimos el caudal cte (2570.76 m<sup>3</sup>/h para el quirófano y 1732.74 m<sup>3</sup>/h para el pasillo) (Figura 5.9).

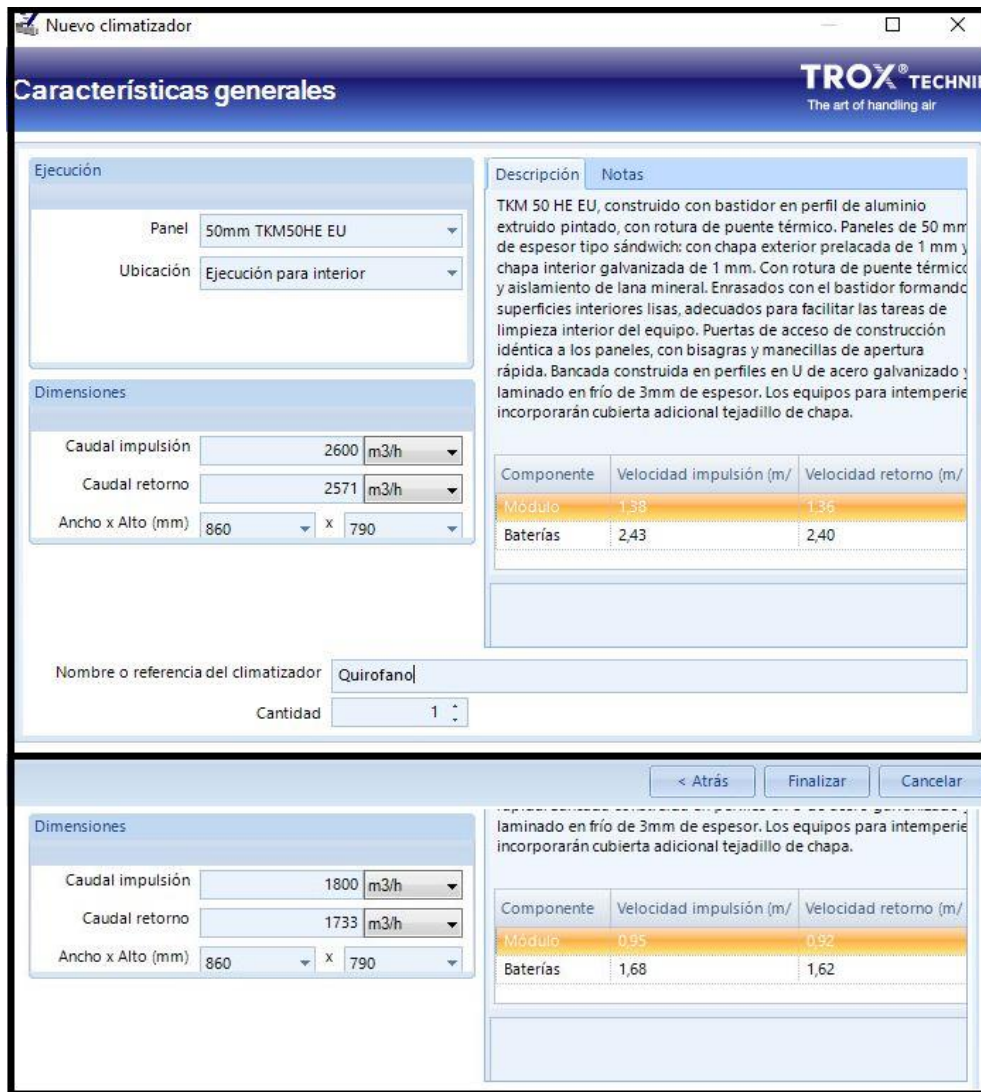


Figura 5.9: Arriba los datos para la selección de la climatizadora de los quirófanos. Abajo para la del pasillo

Una vez introducidos los elementos para cada climatizador (apartado 3.3) en la selección del ventilador introducimos el valor de las presiones que queremos que aporten. Para las impulsiones aportaremos lo que aporta el elemento de caudal cte, es decir 397 Pa y 392 Pa para los quirófanos y pasillo respectivamente. Ya que en el quirófano nos salen 27.76 Pa y buscamos que haya 25 Pa impondremos que la extracción sólo aporte 3 Pa que sería la diferencia. En el caso del pasillo que nos sale 15.95 Pa y buscamos tener 3 Pa el ventilador aportará 12 Pa. El software se encargará de sumarlas a las pérdidas de carga de los elementos introducidos. El software nos aportará los ventiladores que necesita cada climatizadora y a qué revoluciones deben de girar para que nos aporten ese caudal a esas revoluciones (figuras 5.10 y 5.11).

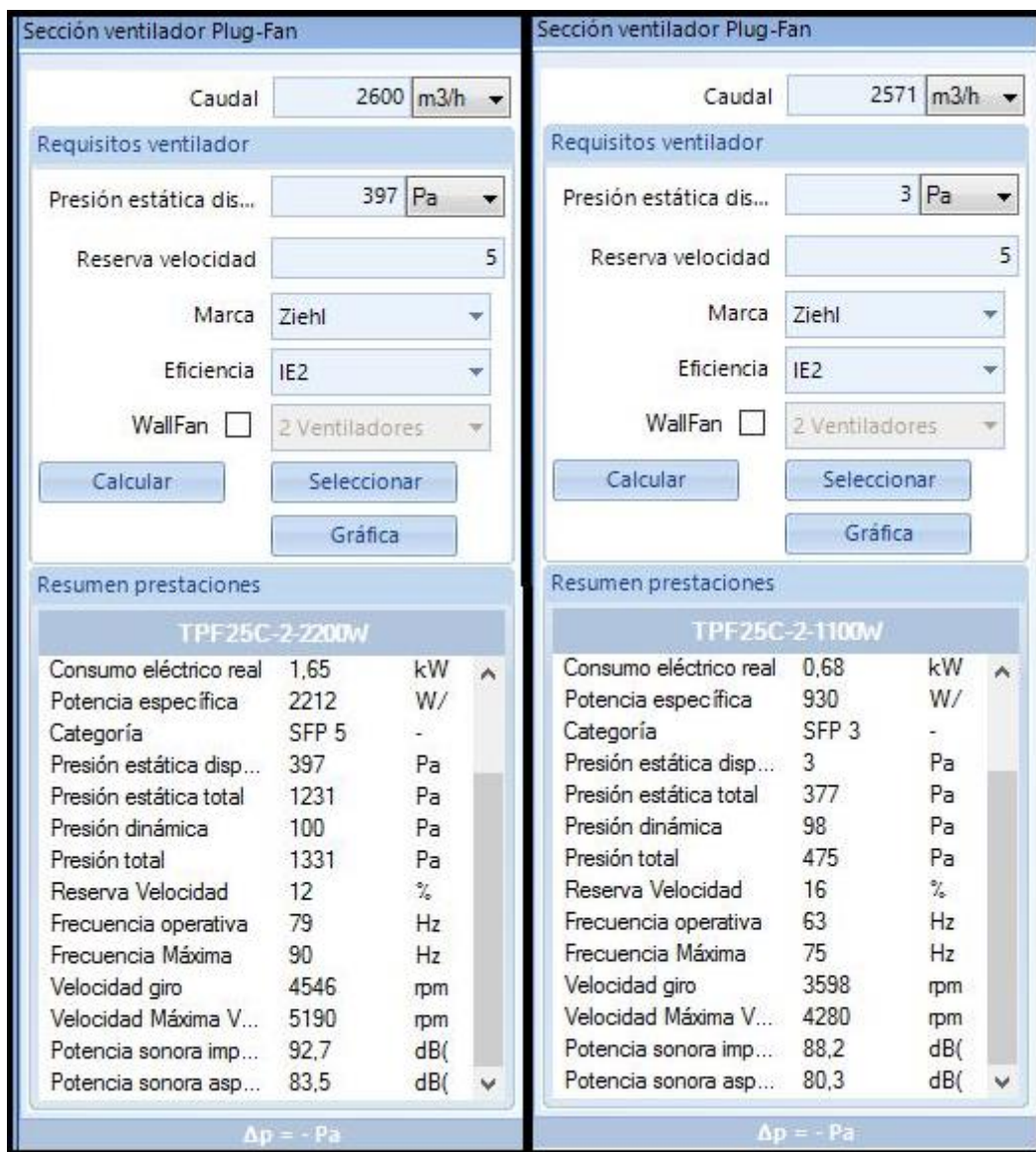


Figura 5.10: Datos de los ventiladores de la climatizadora del quirófano. Izquierda impulsión. Derecha extracción.

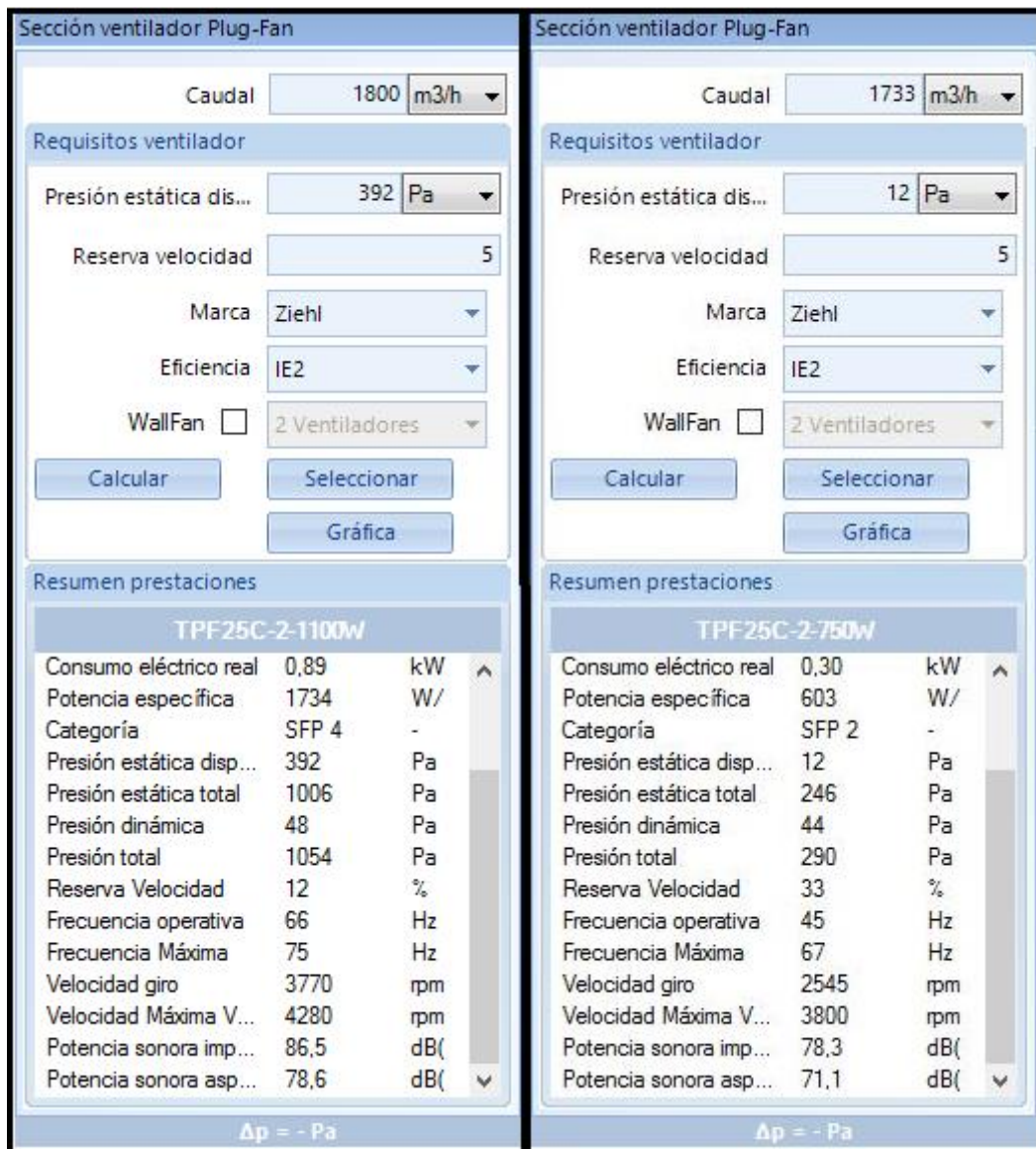


Figura 5.11: Datos de los ventiladores de la climatizadora del pasillo. Izquierda impulsión. Derecha extracción.

### 5.3. Ajuste de las revoluciones para conseguir las condiciones de diseño.

Para introducir los elementos con pérdida de carga local usaremos los elementos explicados en el capítulo 4.2.4.2. que usan la fórmula  $Q = CdP^n$ . Conociendo el caudal y la pérdida de carga que generan, que nos lo facilita el software YahuEU y se pueden consultar en el Anexo 4. De la misma forma que se ha procedido con los filtros de los difusores, es decir imponiendo que el factor n sea 0.5 podremos calcular el coeficiente C para los distintos elementos. (Tablas 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5).

## 5. Diseño del sistema de ventilación

Tabla 5.2: Coeficientes C para los elementos de la climatizadora de impulsión del quirófano.  $Q=2600 \text{ m}^3/\text{h}$

Elemento de la climatizadora	Pérdida de carga (Pa)	Coeficiente C ( $\text{m}^3/\text{sPa}^{0.5}$ )
Prefiltro M5 + filtro F7	258	0.04496359
Intercambiador impulsión	211	0.04971983
Batería de frío	135	0.06215899
Batería de calor	34	0.12386009
Filtro F9	180	0.05383127
Silenciador	16	0.18055556

Tabla 5.3: Coeficientes C para los elementos de la climatizadora de extracción del quirófano.  $Q=2571 \text{ m}^3/\text{h}$

Elemento de la climatizadora	Pérdida de carga (Pa)	Coeficiente C ( $\text{m}^3/\text{sPa}^{0.5}$ )
Filtro G4	99	0.07177645
Intercambiador extracción	275	0.04306587

Tabla 5.4: Coeficientes C para los elementos de la climatizadora de impulsión del pasillo.  $Q=1800 \text{ m}^3/\text{h}$

Elemento de la climatizadora	Pérdida de carga (Pa)	Coeficiente C ( $\text{m}^3/\text{sPa}^{0.5}$ )
Prefiltro M5 + filtro F7	235	0.0326164
Intercambiador impulsión	113	0.04703604
Batería de frío	70	0.05976143
Batería de calor	19	0.11470787
Filtro F9	169	0.03846154
Silenciador	5	0.1490712



Tabla 5.5: Coeficientes C para los elementos de la climatizadora de extracción del pasillo.  $Q=1733 \text{ m}^3/\text{h}$ 

Elemento de la climatizadora	Pérdida de carga (Pa)	Coefficiente C ( $\text{m}^3/\text{sPa}^{0.5}$ )
Filtro G4	91	0.05046327
Intercambiador extracción	144	0.04011574

Ya que las revoluciones que nos aporta Yarus no son un número redondo y como el variador de frecuencia que hace variar el régimen de giro del ventilador no llega a dar esos valores tan exactos primero aproximaremos el régimen de giro de las impulsiones a un número más exacto mediante semejanza (fórmulas 5 y 6).

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad (5)$$

$$\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 = \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} \quad (6)$$

El software nos propone 4546 rpm para los quirófanos y 3770 rpm para el pasillo. En el caso del ventilador para los quirófanos impondremos 4550 rpm y para el pasillo 3800 rpm. Una vez puestos estos ventiladores vamos variando los de impulsión. En un principio la presión del quirófano y de la esclusa de lavado es similar e inferior a la que buscamos en el quirófano. Disminuyendo el régimen de giro del ventilador del quirófano y aumentando el del pasillo, las presiones que empezaron siendo iguales empiezan a divergir hasta conseguir las presiones deseadas (figura 5.12). Al final las revoluciones que quedan son 3510 rpm y 2850 rpm para el quirófano y pasillo respectivamente. Los resultados finales de los ventiladores están expresados en la tabla 5.6.

## 5. Diseño del sistema de ventilación

Tabla 5.6: Ventiladores y régimen de giro en condiciones de diseño

	Modelo de ventilador	rpm indicadas por Yachus	rpm de diseño
Impulsión del quirófano	TPF25C-2-2200W	4546	4550
Extracción del quirófano	TPF25C-2-1100W	3598	3510
Impulsión del pasillo	TPF25C-2-1100W	3770	3800
Extracción del pasillo	TPF25C-2-750W	2545	2850

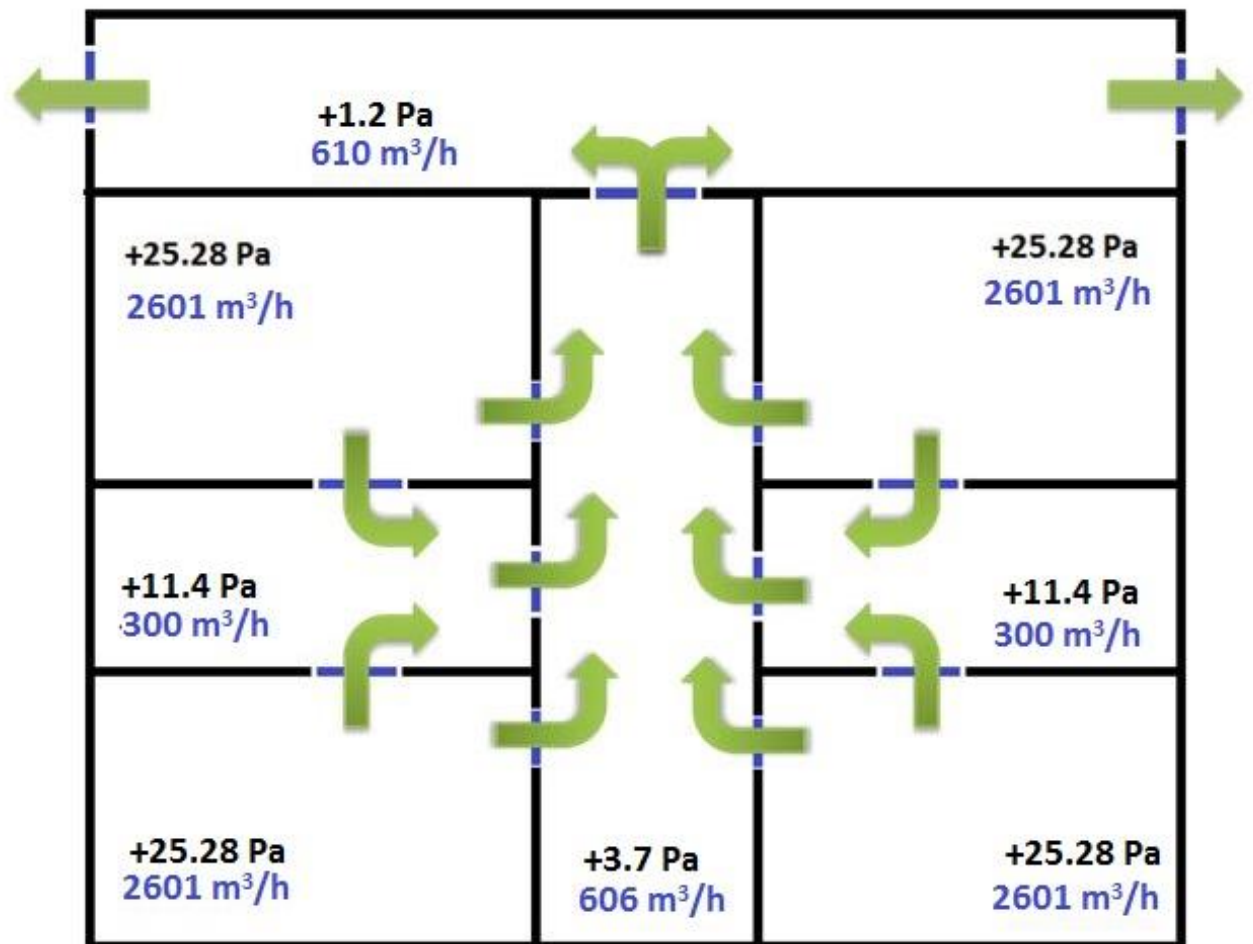


Figura 5.12: Presiones y caudales de impulsión en cada estancia con las condiciones de diseño de los ventiladores. Las flechas indican el sentido de los flujos de aire a través de las holgas de las puertas debido a la diferencia de presiones.

## 6. Estudio de la apertura de puertas

Ensayaremos que pasa con la apertura y, por tanto, comunicación de zonas que deben de estar a distinta presión. Analizaremos la presión que se genera en ambas áreas y los caudales que circulan por las puertas, intentando que este sea del quirófano hacia el pasillo.

Durante el transcurso de las operaciones quirúrgicas habrá un movimiento de personal, material, pacientes, etc. entre unas estancias y otras. Esto implica la apertura de puertas de acceso al quirófano y, por consiguiente, la pérdida de la cascada de sobrepresión entre instancias. Esto puede ser un problema ya que sin el mecanismo de sobrepresión aparecerá un flujo de aire entre el quirófano y el pasillo. El problema viene cuando ese flujo es en sentido pasillo-quirófano. Gracias a un variador de frecuencia conectado al ventilador de extracción del quirófano que varía por la medida diferencial de presión entre el quirófano y el pasillo se podrá cambiar el caudal de extracción para que ese flujo salga del quirófano al pasillo y sea lo suficiente como para que si una persona entra no arrastre aire en su estela que pueda contaminar el aire interior. Mediante un sensor que mida el caudal de impulsión, ya que este puede variar al cambiar la presión, también variará el régimen de giro de la impulsión para que el caudal se mantenga en el valor de diseño.

En este estudio se puede clasificar en tres ensayos principales:

El primero será analizar los distintos cambios de presión y flujos de caudal cuando se abran distintas puertas entre estancias. En este caso analizaremos sin control de los ventiladores, es decir, con el régimen de giro de la extracción sin cambiar.

En el segundo ensayo dejaremos la puerta que conecta el pasillo con el quirófano y variamos el régimen de giro del ventilador de extracción del quirófano.

Por último ensayaremos distintas propuestas alternativas para solucionar los pequeños problemas que pueda haber.

### 6.1. Apertura de distintas puertas sin control en la extracción.

Como se puede observar en la figura 5.12 existe una cascada de presiones que, de mayor presión a menor, va en el orden quirófanos, esclusa de limpio, pasillo, acceso y resto del bloque quirúrgico. Gracias a esta cascada el flujo por las holguras de las puertas va en este sentido comentado anteriormente. El problema viene cuando esta cascada de presiones se rompe al abrir una puerta y que ambas estancias queden a la misma presión.

## 6. Estudio de la apertura de puertas

El modelado de las puertas abiertas se realiza con un *Flow Path* (apartado 4.2.1.1) con un elemento *Orifice Area Data*. Las puertas batientes que están entre el quirófano y la esclusa y entre la esclusa y el pasillo son de un área de  $1.87 \text{ m}^2$  ( $0.85 \times 2.2 \text{ m}$ ) y la puerta corredera que existe entre el quirófano y el pasillo tiene un área de  $3.3 \text{ m}^2$  ( $1.5 \times 2.2 \text{ m}$ ). El ensayo se realizará dejando las curvas de los ventiladores en las condiciones de diseño y cambiando las conexiones entre áreas por las mencionadas anteriormente según convenga en cada caso.

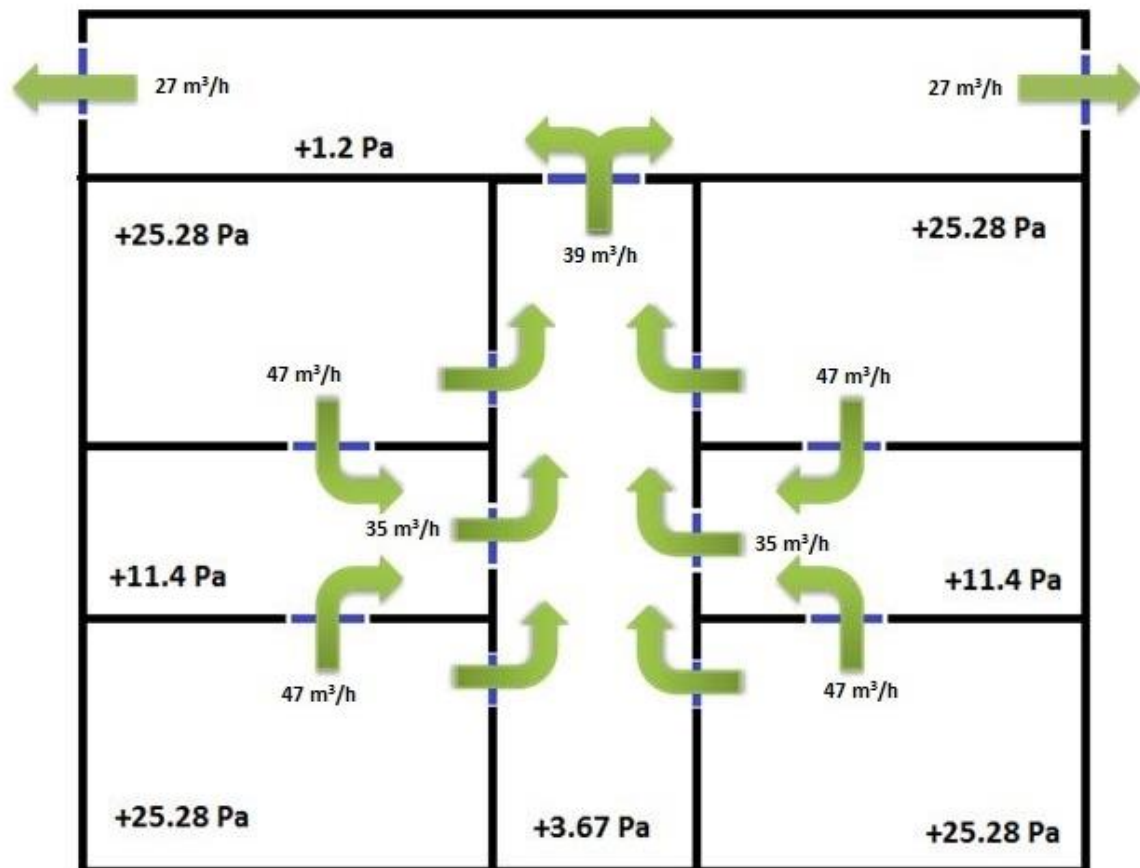


Figura 6.1: Caudal que circula a través de las distintas estancias por las holguras de las puertas con las condiciones de diseño de los ventiladores

Tabla 6.1: Lista de casos a estudiar con el número de sus imágenes.

Figura	Puertas abiertas
6.1	-
6.2	Corredera del quirófano
6.3	Batiente de la esclusa
6.4	Batiente del pasillo
6.5	Batiente de la esclusa y batiente del pasillo
6.6	Corredera del quirófano y batiente de la esclusa

NOTA: En los siguientes resultados se marcarán los caudales que varíen significativamente con los que existen con las condiciones de diseño (figura 6.1).

Leyenda de flechas:

VERDE. El flujo tiene el sentido según la norma, de una zona más limpia a menos limpia.

AMARILLO. El flujo tiene el sentido correcto pero es muy débil, cualquier perturbación (una persona entrando) puede variarlo.

ROJO. El flujo va de una zona menos limpia a una más limpia.

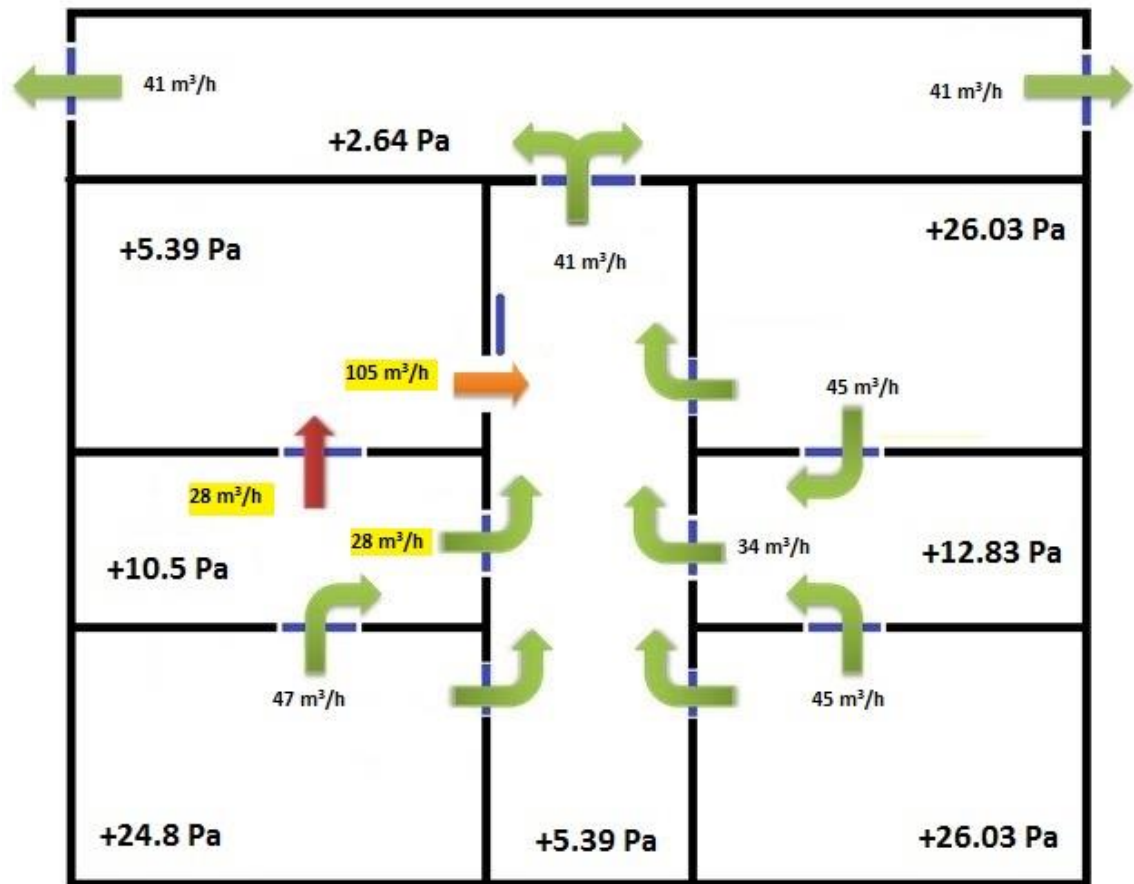


Figura 6.2: Caudal que circula a través de las distintas estancias con la puerta corredera entre el quirófano y el pasillo abierta y con la configuración de los ventiladores de diseño.

Aunque la presión del quirófano y el pasillo es similar existe una ligera sobrepresión a favor del quirófano del orden de  $10^{-5}$  Pa que hace que el flujo sea del quirófano al pasillo con un valor de  $105.44 \text{ m}^3/\text{h}$ . Ya que esa puerta abierta tiene un área de  $3.3 \text{ m}^2$  la velocidad del aire por la puerta es de  $0.009 \text{ m/s}$ . Valor insignificante comparado con los que circulan por las holguras e incluso con la estela que puede generar una persona a su paso ya que de media una persona camina a unos  $4 \text{ m/s}$ . Este valor tan insignificante se debe a la también insignificante diferencia de presiones antes mencionada. Como podemos observar no es una buena configuración para un bloque quirúrgico por la entrada de aire de la esclusa al quirófano.

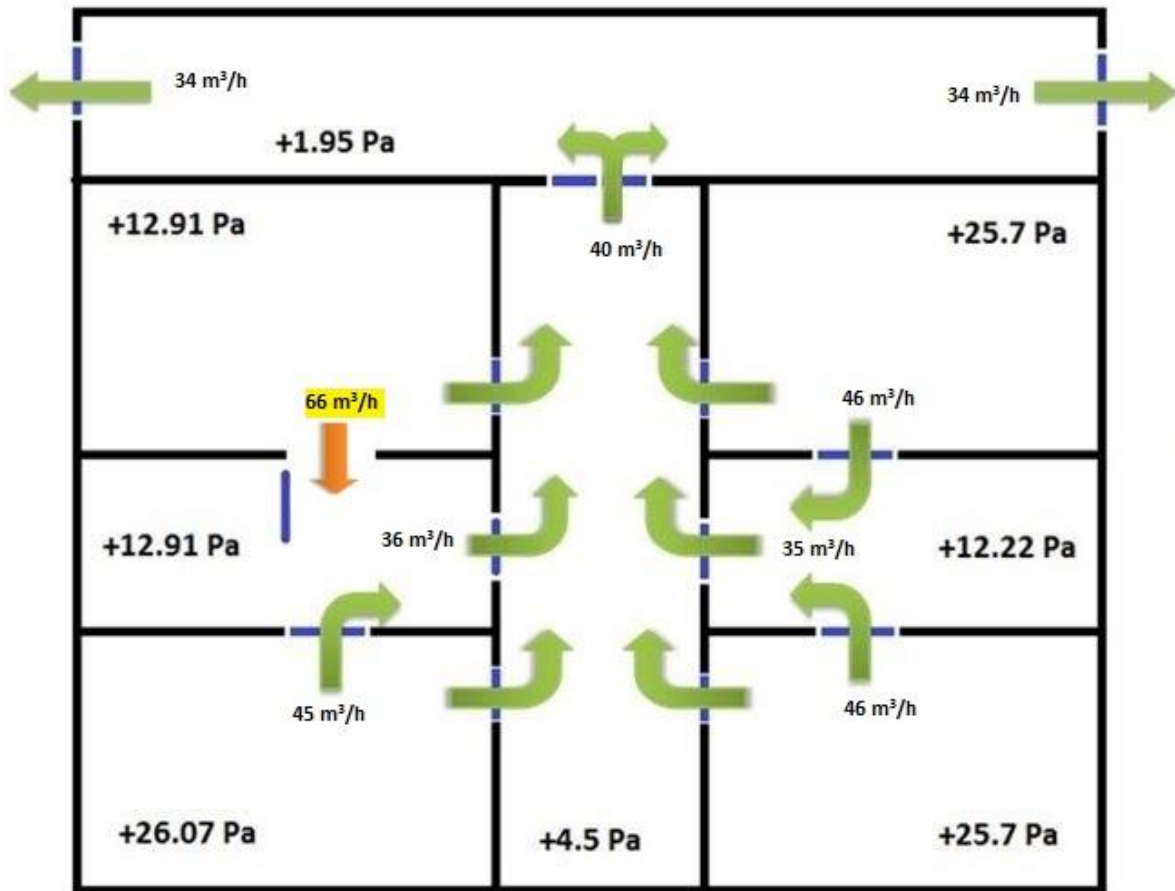


Figura 6.3: Caudal que circula a través de las distintas estancias con la puerta batiente entre el quirófano y la esclusa abierta y con la configuración de los ventiladores de diseño.

En el caso de la apertura de la puerta batiente entre la esclusa y el quirófano (figura 6.3) vemos que vuelve existir esa diferencia pequeña de presiones, en este caso de  $10^{-4}$  Pa que genera un caudal de  $65.59 \text{ m}^3/\text{h}$ . Si bien a la vista de la imagen puede parecer similar a la entra del otro quirófano este dato es engañoso ya que por la puerta abierta circula por un área de  $1.87 \text{ m}^2$ , lo que hace una velocidad de  $0.0095 \text{ m/s}$ , mientras que desde el otro quirófano el caudal de  $45.44 \text{ m}^3/\text{h}$  circula por la holgura de la puerta con un área de por lo que lo hace a una velocidad de tres órdenes de magnitud mayor.

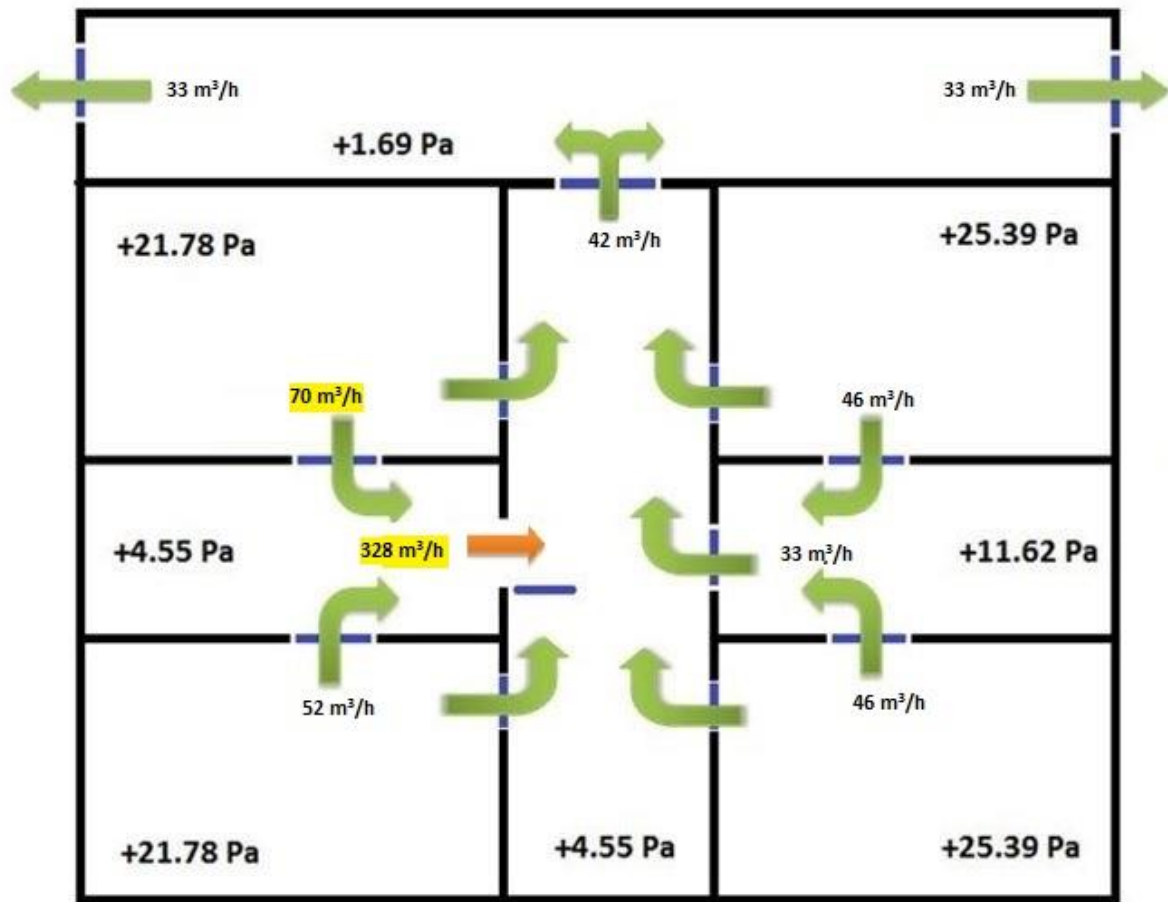


Figura 6.4: Caudal que circula a través de las distintas estancias con la puerta batiente entre la esclusa y el pasillo abierta y con la configuración de los ventiladores de diseño.

En el tercer caso de estudio con la puerta batiente que conecta la esclusa y el pasillo (figura 6.4) podemos ver que el caudal que circula entre las estancias es mayor: 328.02 m<sup>3</sup>/h, que al circular por un área de 1.87 m<sup>2</sup> quiere decir que circula a una velocidad de 0.05 m/s. Esto se debe principalmente a dos cosas: a que la ligera diferencia de presiones que hay, en este caso, es de 0.0025 Pa; y a que, como podemos ver comparando con las condiciones de diseño en la figura 5.12, la diferencias de presión entre esta esclusa y el pasillo aumenta de +14 con las puertas cerradas a +17 lo que crea un caudal de cada uno de los dos quirófanos de 52 m<sup>3</sup>/h.



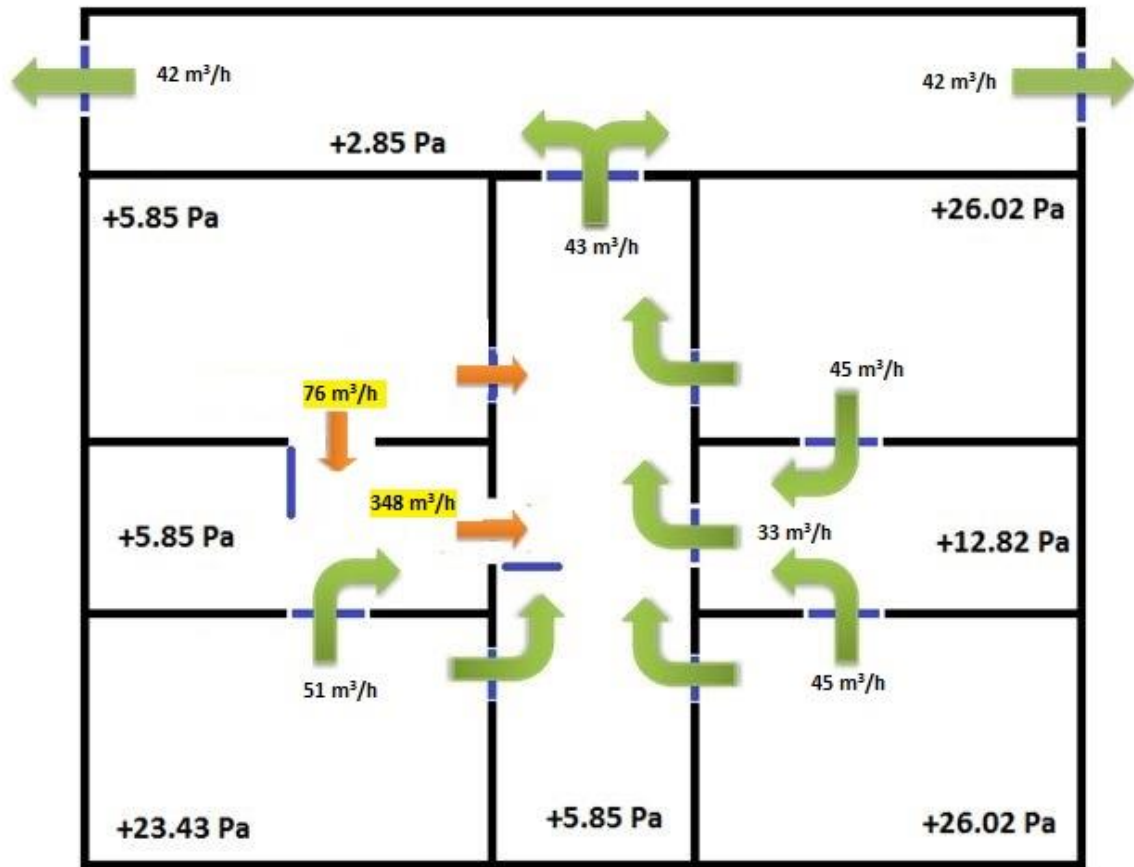


Figura 6.5: Caudal que circula a través de las distintas estancias con las puertas batientes entre el quirófano, la esclusa y el pasillo abiertas y con la configuración de los ventiladores de diseño.

Es este caso (figura 6.5) vemos que es el caso en el que el caudal entre estancias despresurizadas por la apertura de la puerta es mayor aunque en términos de velocidad es insignificante: 0.052 m/s (apenas 0.002 m/s más que en caso anterior) por el aumento de caudal que circula, en este caso, por la puerta abierta en el pasillo. Cabe destacar que esta vez, la pequeña diferencia de presiones entre el quirófano y la esclusa es de 0.0001 Pa y entre la esclusa y el pasillo de 0.0028 Pa lo que hace una diferencia de presiones entre el quirófano sujeto de estudio y el pasillo es de 0.0029 Pa así que esta entrada es menos crítica.

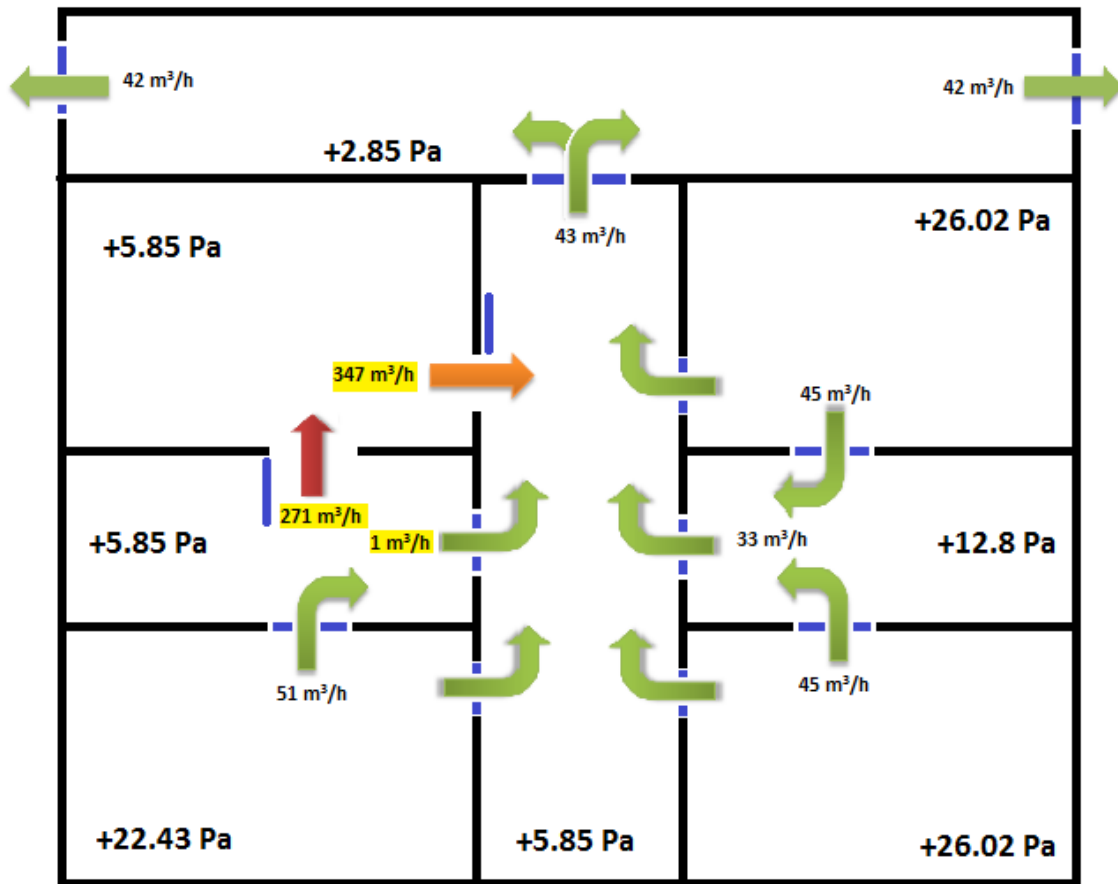


Figura 6.6: Caudal que circula a través de las distintas estancias con la puerta batiente entre el quirófano y la esclusa y la puerta corredera del quirófano abiertas y con la configuración de los ventiladores de diseño.

Para finalizar, el último caso es la apertura simultánea de la puerta de la esclusa y la puerta corredera del quirófano (Figura 6.6). En este caso la pequeña diferencia de presiones hace que el flujo entre la esclusa y el quirófano sea entrante al quirófano con valor de 271 m³/h. Esto hace una velocidad de 0.14 m/s. Junto con el caso de la puerta corredera abierta es el que rompería la cascada de presiones.

Todos estos flujos son muy débiles ya que son generados por unas diferencias de presiones muy bajas de órdenes entre  $10^{-5}$  a  $10^{-3}$  Pa. Cualquier perturbación como la estela de una persona pasando rompe estos flujos y puede entrar aire de una estancia menos limpia a una más limpia.

En cuanto a este ensayo el dato más relevante es que en el caso de la apertura de la puerta corredera que conecta el quirófano sujeto de estudio y el pasillo aparece un flujo desde la esclusa de lavado al quirófano por la holgura que conecta estas dos estancias (figura 6.2). En este caso el caudal es de 28.31 m³/h y teniendo en cuenta que la holgura modelada en esa puerta tiene un área de 0.0045 m² esto hace que la velocidad en esta rendija sea de 1.13 m/s. Y a su vez es la misma que de la esclusa al pasillo ya que la holgura de estas dos puertas es la misma (0.0045 m²), la presión que existe en el

quirófano y el pasillo es la misma y, por lo tanto, la diferencia de presiones es la misma lo que crea las mismas pérdidas de carga y que su flujo sea el mismo. Por otra parte mencionar que los dos quirófanos de la derecha se comportan exactamente de la misma forma ya que sus configuraciones son iguales y sus condiciones de contorno (presión diferencial, áreas de las holguras, etc.) también lo son. También recalcar que, ya que las puertas correderas entre los quirófanos y el pasillo cuando están cerradas las hemos modelado como herméticas, el flujo que hay entre ellas es nulo. Aunque en la realidad seguramente existan esas holguras, éstas son insignificantes con las holguras que pueda tener una puerta batiente.

### 6.2. Variación del régimen de giro de la extracción

Para buscar una solución al caso más desfavorable, el de la puerta corredera abierta, hemos ensayado lo que hace el sistema de ventilación en estos casos: reducir el régimen de giro de la extracción del quirófano. Mediante un sistema de control de la diferencia de presiones entre el pasillo y el quirófano hace que, cuando esta diferencia cae, modifica un variador de frecuencia conectado al motor del ventilador que hace que el régimen de giro cambie. Con esta acción se pretende que por la extracción circule menos caudal y que el caudal sobrante salga por la puerta en dirección hacia el pasillo para evitar la entrada de aire menos limpio. Para este ensayo nos centraremos en el caso de la figura 5.13 con la puerta corredera entre el quirófano y el pasillo abierta. En este caso la sobrepresión se rompe, entonces el sensor de presión diferencial entre el quirófano y el pasillo detecta un descenso de esa diferencia de presiones lo que hace que actúe el variador de frecuencia del ventilador de extracción del quirófano y este hace que el régimen de giro de dicho ventilador disminuya. El fin de esta acción es que el aire extraído por la instalación de extracción disminuya y que exista un flujo de un caudal considerable desde el quirófano al pasillo para suplir la falta de esa cascada de sobrepresión.

Se realizan tres pruebas. En la situación de diseño el ventilador de extracción del quirófano trabaja a un régimen de giro de 3512 rpm ( $\approx$  3500 rpm). En este ensayo se procederá a bajar de cien en cien las revoluciones del ventilador de extracción y ver cómo evoluciona el sistema.

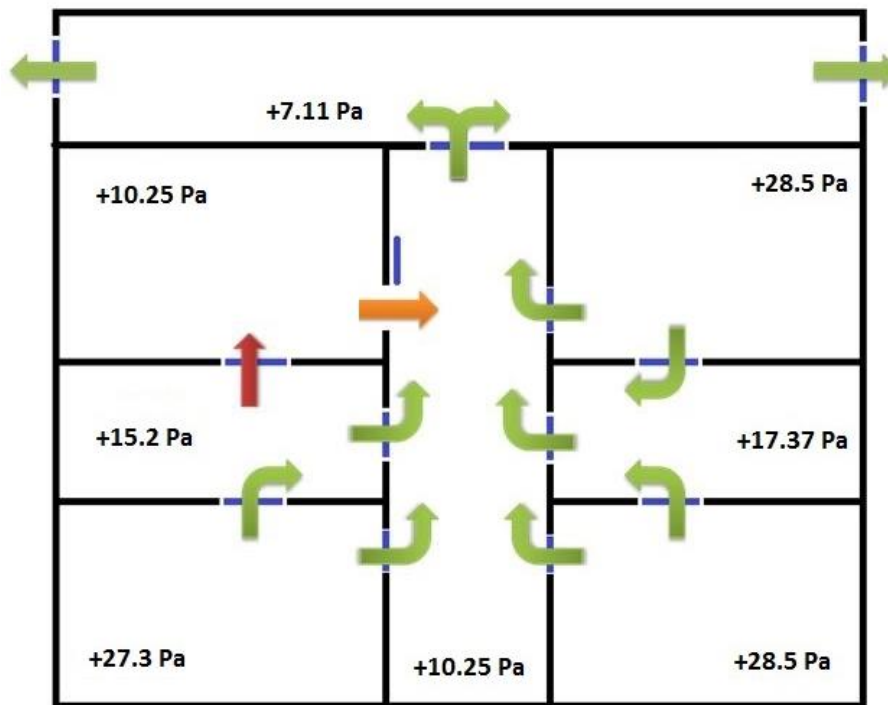


Figura 6.7: Presiones y flujo a través de cada estancia con la puerta corredera abierta y con el ventilador de extracción del quirófano a 3400 rpm.

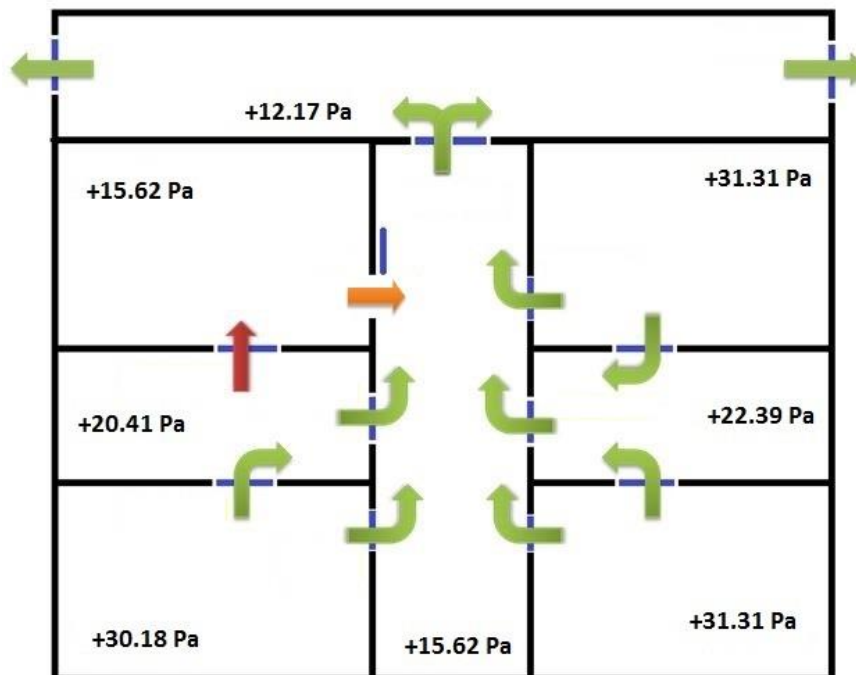
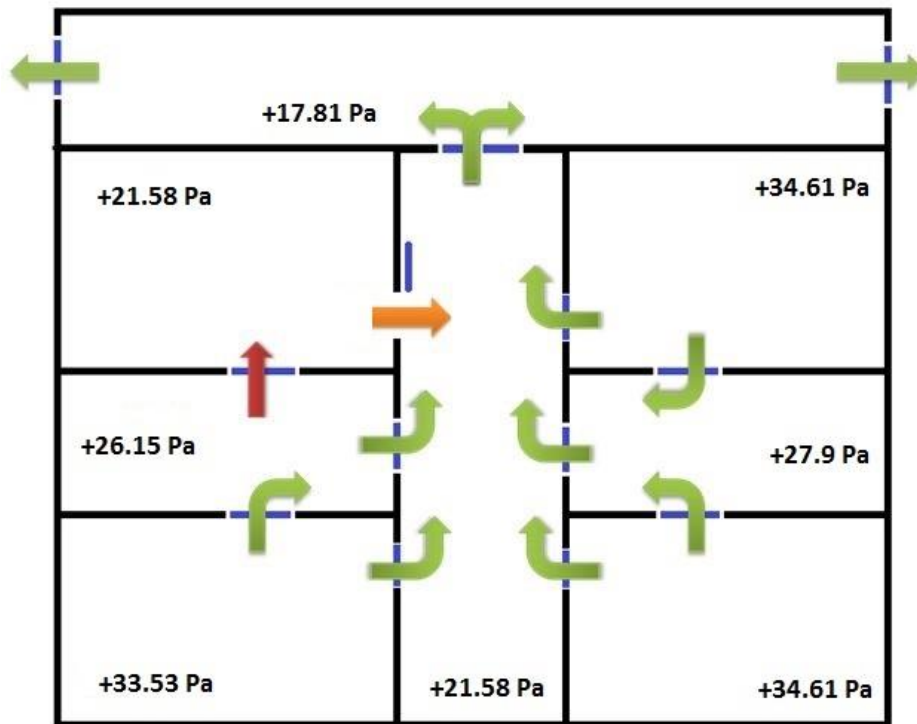


Figura 6.8: Presiones y flujo a través de cada estancia con la puerta corredera abierta y con el ventilador de extracción del quirófano a 3300 rpm.



*Figura 6.9: Presiones y flujo a través de cada estancia con la puerta corredera abierta y con el ventilador de extracción del quirófano a 3200 rpm.*

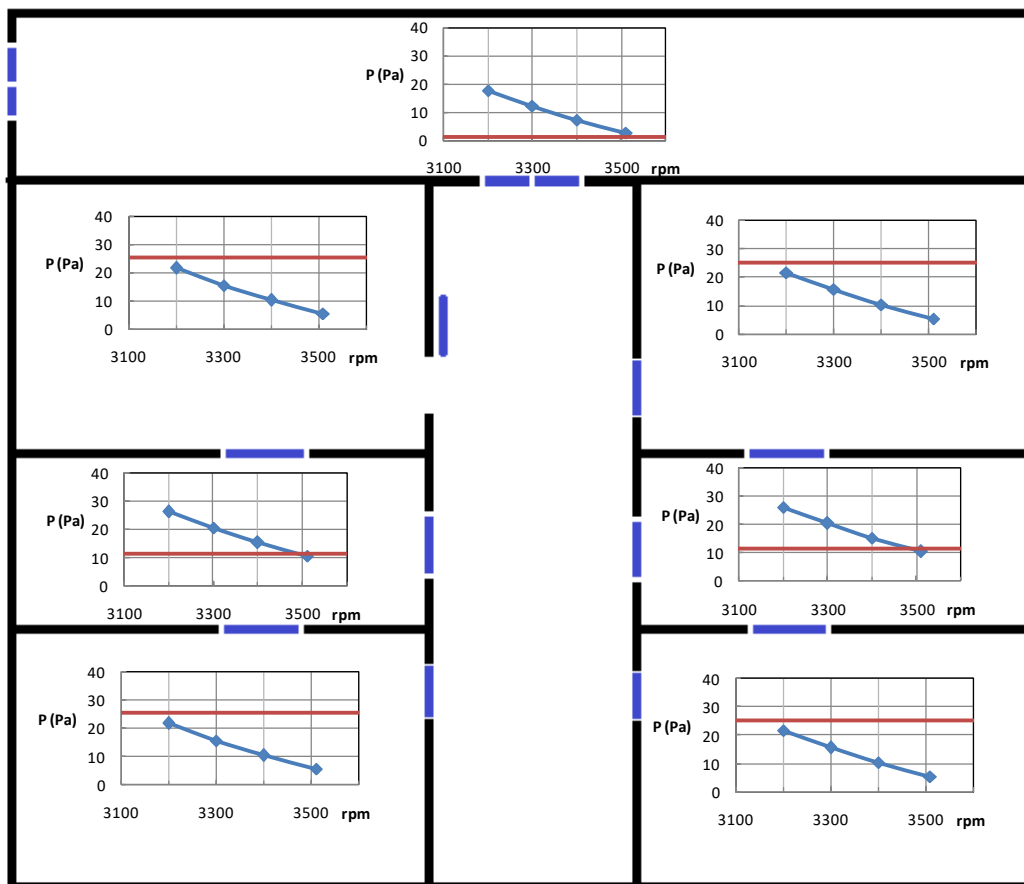
Lo más significativo que podemos ver es que las presiones van aumentando y el flujo que aparece entre la esclusa y el pasillo no desaparece aunque la diferencia de presiones entre estas dos estancias disminuye lo que es un punto a favor.

Como vemos en la tabla 6.2 este caudal aumenta considerablemente. Con una reducción de 100 rpm este caudal aumenta en unos 70 m<sup>3</sup>/h. Y no solo eso, sino que también el problema de la entrada de aire desde la esclusa de lavado se reduce aunque esta en menor cantidad.

*Tabla 6.2: Variación de caudales entre estancias por la disminución de rpm en la extracción.*

rpm del ventilador de extracción	Caudal de salida al pasillo (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de entrada desde la esclusa (m <sup>3</sup> /h)
<b>3510 (Diseño)</b>	105.44	28.31
<b>3400</b>	176.69	27.89
<b>3300</b>	239.57	27.42
<b>3200</b>	300.99	26.77

El problema es que estos cambios del caudal vienen producidos por un aumento de presión en el quirófano y pasillo que hace que la pequeña diferencia de presiones que existía y que propicia este pequeño flujo aumente con ella. Como el resto del bloque quirúrgico está sobrepresionado respecto al pasillo, la presión en el resto de quirófanos también aumenta con esta subida de la presión. En la figura 6.10 vemos gráficamente estas variaciones de presión en cada sala. (En el Anexo 4 encontraremos las tablas de cada una de las gráficas)



**Figura 6.10:** Variación de la presión en las distintas estancias cuando se varía el régimen de giro de la extracción mientras está la puerta corredera entre el quirófano y el pasillo abierta. En rojo la presión de referencia con las puertas cerradas.

### 6.3. Soluciones alternativas

A continuación se verán distintas propuestas estudiadas como posibles soluciones. En el caso de la puerta del quirófano abierta existe un flujo entrante desde la esclusa. El objetivo de estos ensayos es estudiar si en alguna de estas propuestas este flujo se elimina o, en su defecto, disminuye.

### 6.3.1. Actuar sobre la extracción del pasillo

Uno de los problemas que hemos encontrado es que el resto del bloque quirúrgico se sobrepresiona respecto del pasillo. Una posible solución sería actuar también sobre el ventilador de extracción del pasillo. Aumentando el régimen de giro de este ventilador esta sobrepresión se ve reducida y el caudal saliente que circula por la puerta del quirófano aumenta. En condiciones de diseño el ventilador de extracción del pasillo gira a 2850 rpm. En nuestro caso partimos del caso en el que ponemos la extracción del quirófano a 3200 rpm (figura 6.9) y aumentaremos en 100 rpm la extracción del pasillo llegando a que funcione a 2950 rpm.

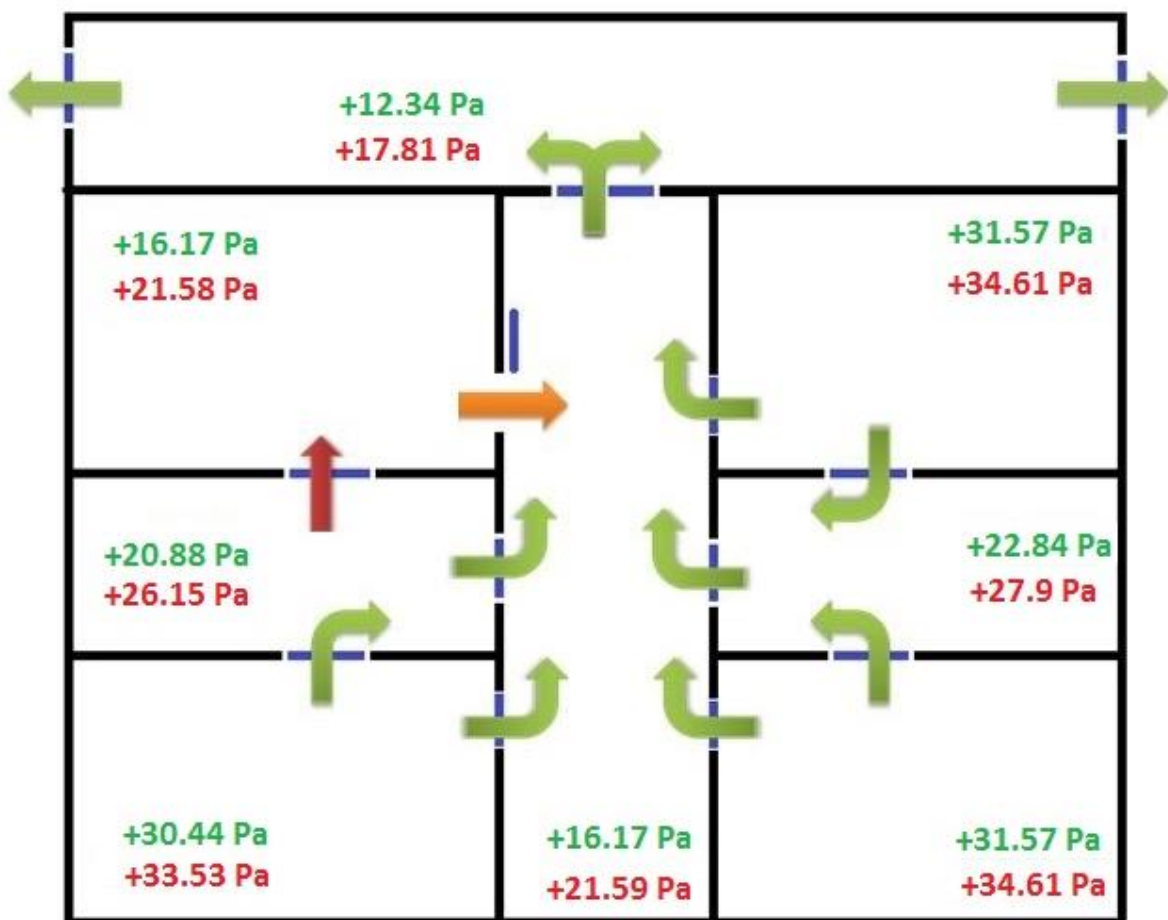


Figura 6.10: Cambio de las presiones en cada instancia con el control de las rpm en el ventilador de extracción del pasillo y con 3200 rpm en la extracción del quirófano. En rojo las presiones con la extracción del pasillo a 2850 rpm y en verde las presiones con la extracción del pasillo a 2950 rpm.

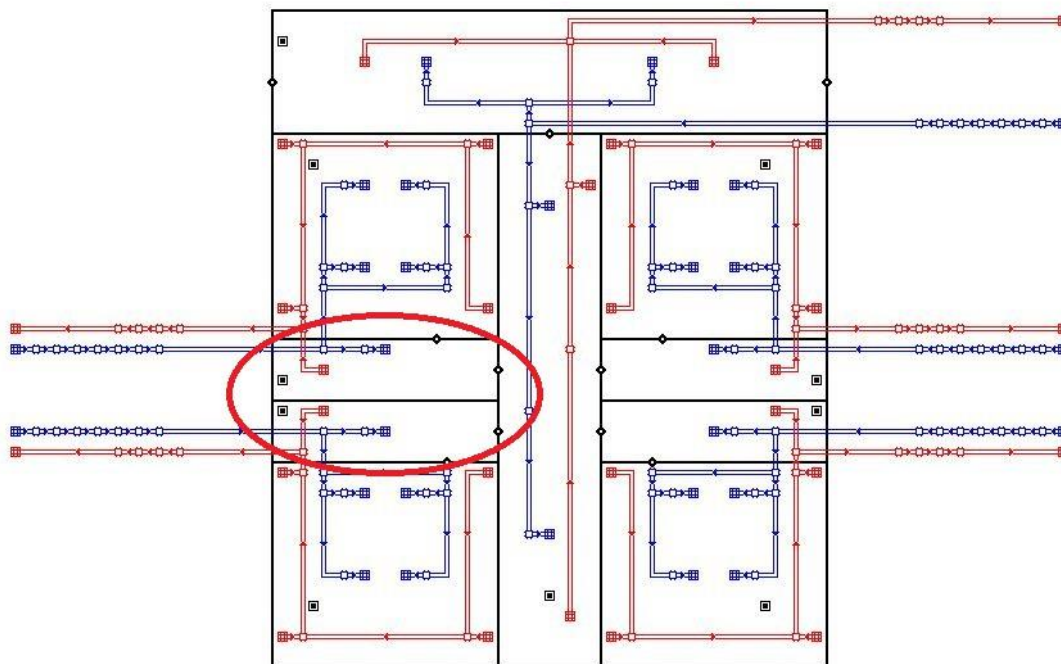
A penas aumentando 100 rpm el régimen de giro del ventilador de extracción del pasillo vemos que las presiones se reducen considerablemente (entre 3 y 5 Pa dependiendo de la sala). Y no solo eso sino que el caudal que circula por la puerta incluso aumenta ligeramente a 310.18 m<sup>3</sup>/h (siendo el anterior caso de 300.99 m<sup>3</sup>/h como se puede ver en la tabla 6.2).

En este caso las climatizadoras que trabajan en el pasillo, esclusas de lavado y hall de entrada también lo hacen para otras estancias del bloque quirúrgico como algunos pequeños almacenes que no han sido modelados aunque la calidad del aire en estos recintos son menos exigentes que en el propio quirófano así que el problema no sería muy grande. Además, aparte de sensor de presión diferencial entre el pasillo y el quirófano habría que instalar uno entre el quirófano y el exterior con el fin de que actúe sobre el ventilador de extracción de esta climatizadora cuando la presión en alguna sala sobrepasa cierto valor (ente 30 Pa y 40 Pa)

### 6.3.2. Esclusas independientes para cada quirófano

Otra solución es cambiar la configuración de las esclusas de lavado. En la configuración actual existe una esclusa para cada dos quirófanos. Es lleva a que si uno de los dos quirófanos se despresuriza por la puerta corredera que no influye en la esclusa la sobrepresión del otro pasillo hace que la esclusa siga sobrepresionada respecto al quirófano y hace que exista un flujo de la esclusa al pasillo despresurizado.

Actualmente la esclusa de lavado cuenta con una superficie de 20 m<sup>2</sup> (6.6x3m). La medida que se propone es que exista una esclusa por cada quirófano y que la ventilación de dicha esclusa venga por parte del quirófano a la que pertenece. Dividiendo la esclusa existente por la mitad el área de cada esclusa sería de 10 m<sup>2</sup>.



*Figura 6.11: Cambio de la configuración con una esclusa de lavado por quirófano y ventilación gobernada por la climatizadora del quirófano.*



Partiendo del primer modelo se ha modificado con el fin de dividir cada esclusa en dos y que su ventilación esté gobernada por la climatizadora de cada quirófano (figura 6.11). La rejilla y el difusor y el filtro HEPA que lleva asociado no varían, lo único que existirá un difusor y rejilla por cada esclusa por lo que se amplía el número de cada elemento en dos unidades. Ahora el caudal impulsado en el pasillo baja a  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$  ya que la superficie sobre la que actúa es menor. Por otro lado el caudal impulsado en el quirófano y esclusa aumenta a  $2800 \text{ m}^3/\text{h}$  de los  $2600 \text{ m}^3/\text{h}$  que se impulsaba anteriormente. Esto hace que se cubran los  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  por cada  $\text{m}^2$  de superficie de la nueva esclusa. Para la elección de ventiladores, pérdidas de carga locales, etc. se ha procedido de la misma forma que se ha hecho con el modelo inicial (capítulo 5.). Y la configuración de diseño la podemos ver en la figura 6.12.

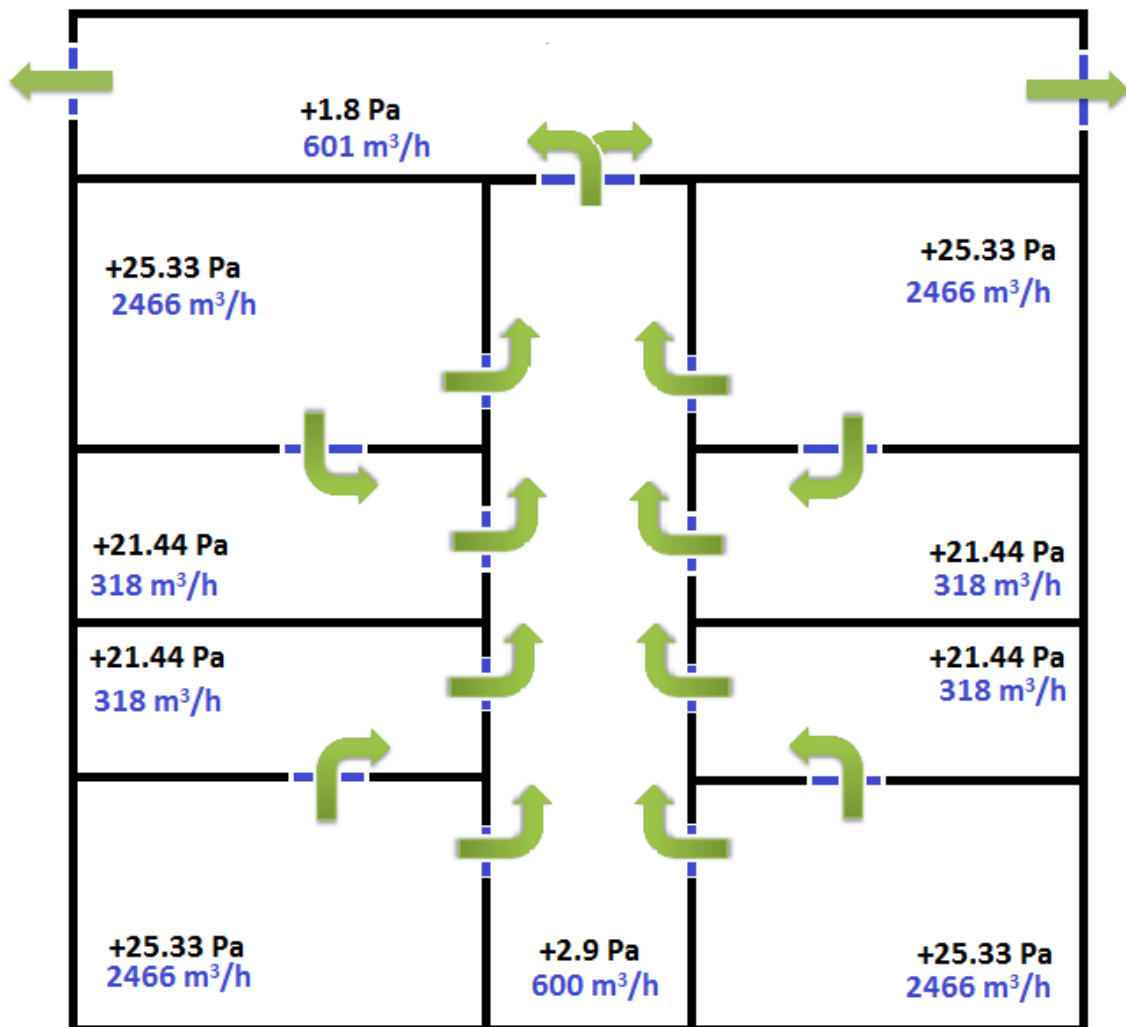


Figura 6.12: Presiones y caudales de impulsión en cada estancia con la configuración de una esclusa por quirófano en sus condiciones de diseño.

Con la nueva configuración, al abrir la puerta corredera entre el quirófano y el pasillo (figura 6.13) no existe ningún flujo entrante en el quirófano. Sí que es cierto que

también se rompe la cascada de presiones al entrar aire del pasillo a la esclusa de lavado pero en este caso, al ser una situación transitoria que puede durar unos 10 segundos como mucho, el problema sería menor que en el ensayo de una sola esclusa ya que en ningún momento entra aire menos limpio al quirófano que es la zona crítica. Este flujo tiene un caudal de  $25.4 \text{ m}^3/\text{h}$  (igual que el que entra desde el quirófano al ser la misma holgura y la misma presión). Además el flujo que existe entre el quirófano y el pasillo es saliente desde el quirófano con un valor de  $109.25 \text{ m}^3/\text{h}$  por la pequeña diferencia de presión de  $10^{-4} \text{ Pa}$ . Muy similar a los  $105.44 \text{ m}^3/\text{h}$  que podemos observar en la tabla 6.1.

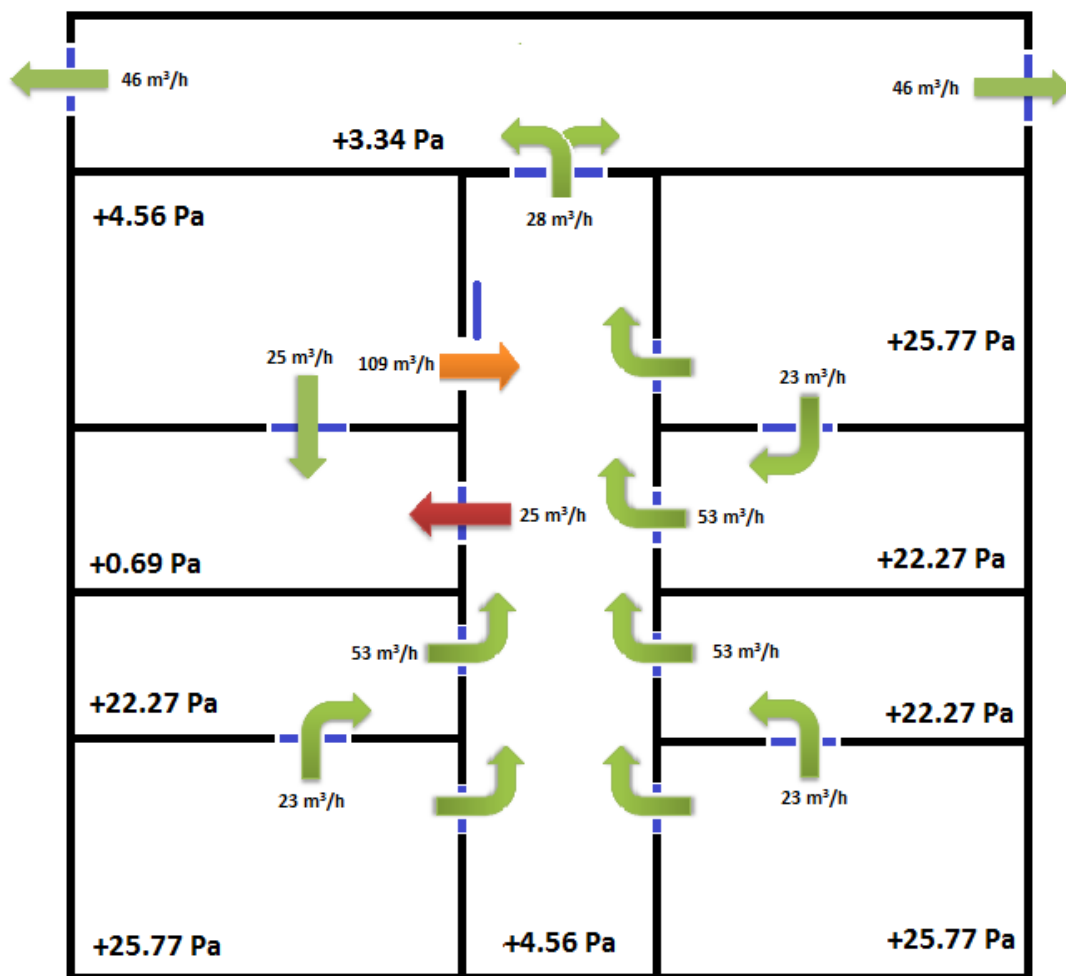
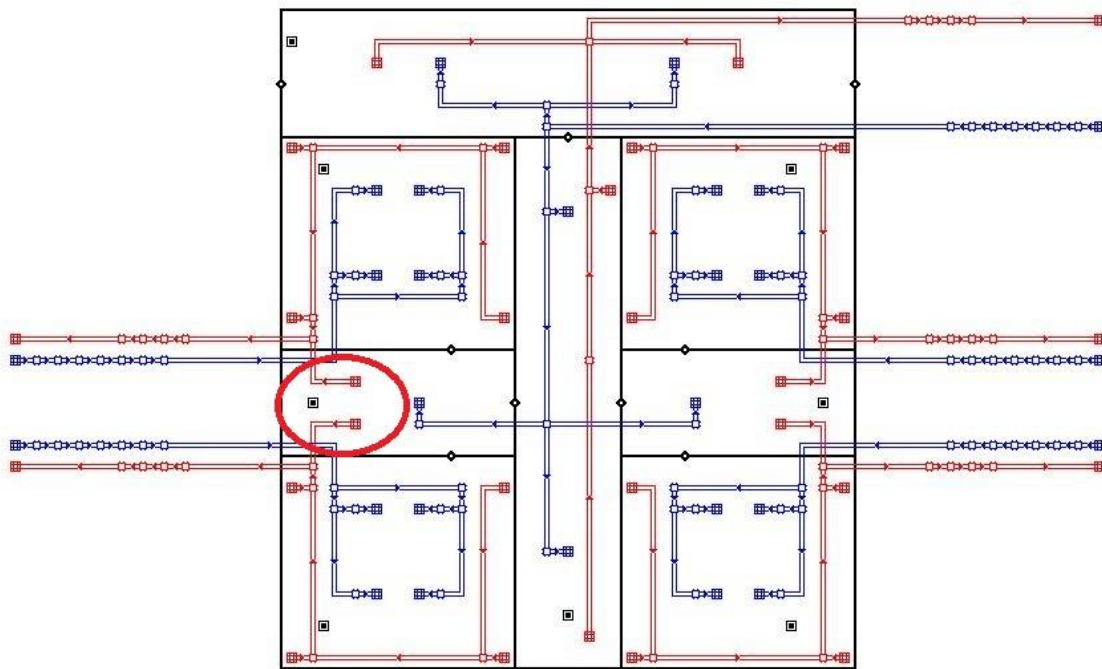


Figura 6.13: Flujos y presiones en cada estancia con la configuración de una esclusa por quirófano cuando se abre la puerta corredera entre el quirófano y el pasillo.

Ésta solución tiene varios inconvenientes. El mayor problema sería que habría que realizar obras para levantar el tabique, duplicar la instalación de lavado, etc. Además, en consecuencia a esto la esclusa quedaría reducida de  $20 \text{ m}^2$  a  $10 \text{ m}^2$ , y ya que esta esclusa también se usa como de una suerte de almacén de material estéril sería muy poco útil esta configuración.

### 6.3.3. Cambiar extracción de la esclusa de lavado

Una solución alternativa que hace que la esclusa siga siendo amplia es introducir una rejilla de extracción más en cada esclusa pero esta vez acoplarlas a la extracción del quirófano. La impulsión seguirá siendo de parte de la climatizadora del resto del bloque quirúrgico pero esta vez tendrá dos rejillas de extracción acopladas cada una a la climatizadora de cada uno de los quirófanos que comparten esa esclusa. (Figura 6.14).



**Figura 6.14:** Cambio de la configuración con la extracción de la esclusa acoplada a la climatizadora de los quirófanos.

Igual que el caso anterior, partiendo del modelo inicial introducimos dos nuevas rejillas del modelo TRS-AG/225x125/0/0/0/RAL 9010 con un área eficiente de 0.011 m<sup>2</sup>. Éstas son acopladas a cada una de las dos climatizadoras de los quirófanos que comparten dicha esclusa. En cuanto a los caudales de impulsión son los mismos que en el primer modelo ya que en cuanto a la distribución de impulsión no ha cambiado nada. Del mismo modo introducimos los ventiladores en el software Yabus, introducimos las curvas y las presiones y flujos quedan reflejados en la figura 6.15.

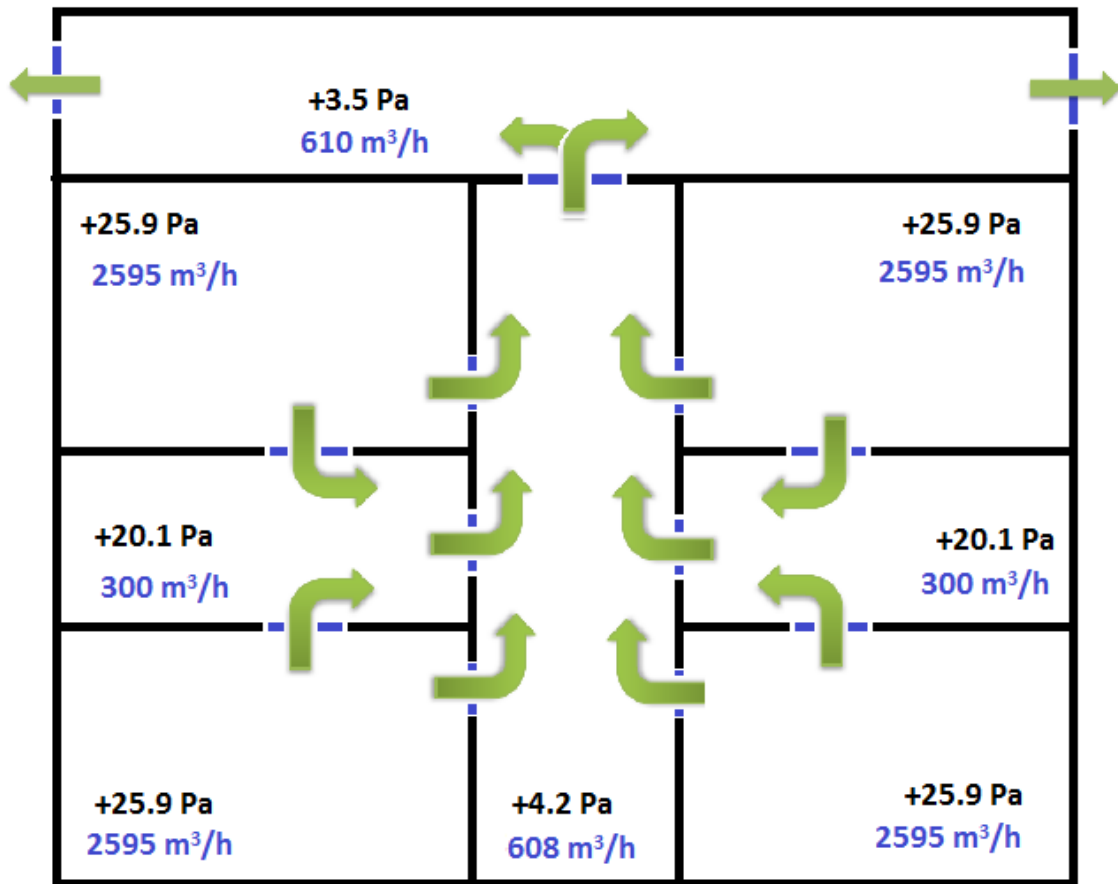
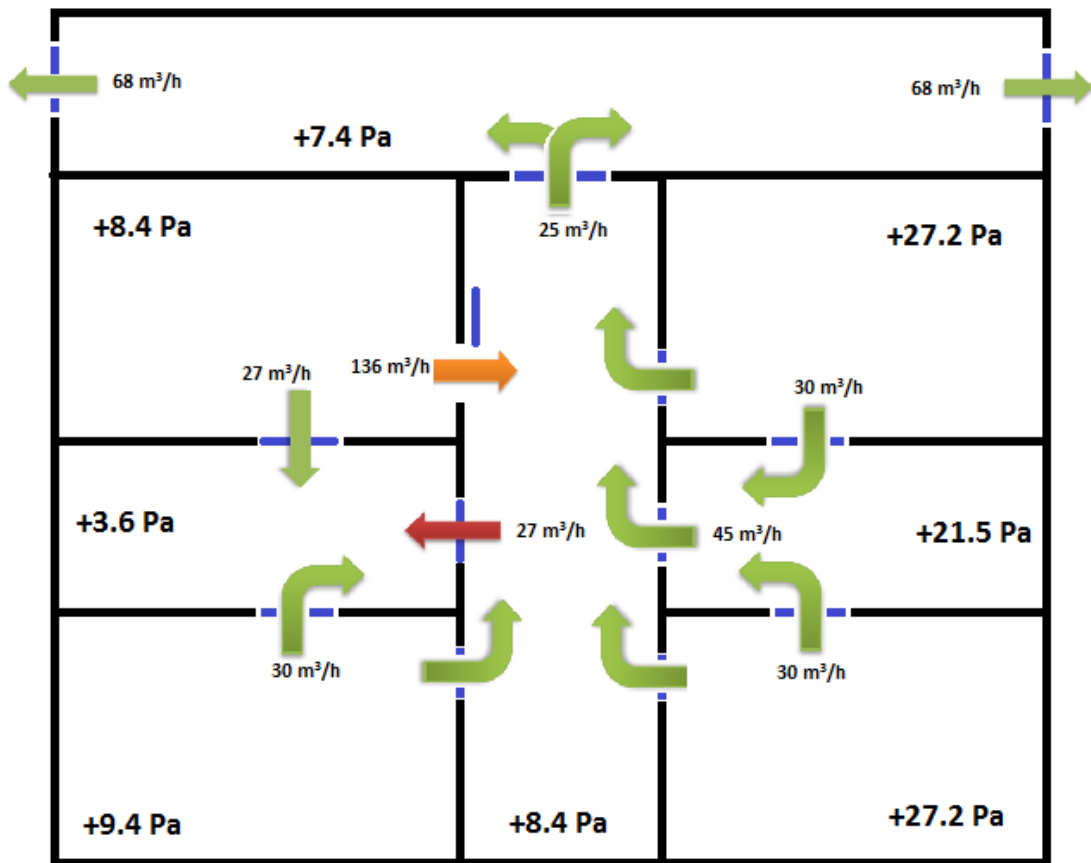


Figura 6.15: Flujos y presiones en cada estancia con la configuración de extracción de la esclusa acoplada a la climatizadora del quirófano.



**Figura 6.16:** Flujos y presiones en cada estancia con la configuración de dos extracciones por la esclusa acopladas a la climatizadora del quirófano cuando se abre la puerta corredera entre el quirófano y el pasillo.

Cómo en el caso de la esclusa única, al abrir la puerta corredera del quirófano, el único flujo que rompe con la norma es el que entra del pasillo a la esclusa por la holgura de la puerta. Este caudal es de  $27.5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Cabe destacar que el flujo saliente del quirófano al pasillo por la pequeña diferencia de presiones entre ambos como existe en todos los casos es de  $136 \text{ m}^3/\text{h}$ , entre los tres casos (diseño, esclusa única y extracción de la esclusa por medio de la climatizadora del quirófano) es el caudal más grande que hay. Luego ésta podría ser una solución incluso mejor que la de dividir la esclusa en dos por varios motivos: la obra es mucho menor, conservas una esclusa amplia que podrá ser un almacén en uso y mejora los resultados.

### 7. Conclusiones y trabajos futuros

La conclusión general es que el software CONTAM permite estudiar el comportamiento del sistema de ventilación de un bloque quirúrgico durante la apertura de puertas.

Así mismo se puede concluir que:

- Se ha diseñado un sistema de ventilación de un bloque quirúrgico que cumple con las exigencias de la normativa vigente.
- Se ha estudiado el comportamiento del sistema de ventilación durante la apertura de puertas.
- Se han analizado diversos métodos de actuación y configuraciones del sistema de ventilación alternativas que mejoran el comportamiento del sistema durante la apertura de puertas.

El software CONTAM tiene funcionalidades que si bien no han sido utilizadas en este trabajo permitirían profundizar en el diseño de sistemas de ventilación de bloques quirúrgicos. Más concretamente se podrían realizar estudios enfocados a establecer estrategias de control durante la apertura simultánea de puertas. El software ofrece la posibilidad de introducir controladores (caudal de impulsión, presiones diferenciales, etc.) y así modelar distintas situaciones y realizar por sí mismo el ajuste del régimen de giro de los ventiladores para que se mantengan las consignas establecidas.

## 8. Bibliografía y normativa utilizada

### 8.1. Bibliografía

- [1] R.G. Petersdorf, R.D. Adams, E. Braundwald, K.J. Isselbacher, J.B. Martin y J.D Wilson. (1983) Harrison. Principios de medicina interna. Mc Graw Hill.
- [2] E. Carnicer Arroyo. (1994). Ventilación industrial. Cálculo y aplicaciones. Paraninfo.
- [3] F. Rey Martínez y E. Velasco Gómez. (2007). Calidad de ambientes interiores. THOMSON.
- [4] F. Castro Ruiz, J.F. San José Alonso, J.M Villafruela Espina y A. Guijarro Rubio. (2011). Manual de diseño de la climatización y ventilación de quirófanos y habitaciones en centros hospitalarios de Castilla y León.
- [5] I. Lozano Gabarre. (2017). Estudio para determinar la contaminación provocada por la apertura de puertas tipo corredera y batiente, en quirófanos con difusión de aire turbulenta y laminar. TFM.
- [6] S. Alonso García. (2017). Dimensionad de las instalaciones de climatización de un área quirúrgica con quirófanos tipo A y B. TFG
- [7] Página oficial del NIST (National Institute of Standards and Technology). <https://www.nist.gov/services-resources/software/contam>
- [8] Comando de ayuda del software CONTAM. Conductos, uniones y terminales.
- [9] ASHRAE 2005. Capítulo 35.
- [10] Página del fabricante TROX. <https://www.TROX.de/en/>

### 8.2. Normativa

**UNE 100713:2005.** Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.

**EN 16244-2.** Climatización y calidad del aire en quirófanos.

**UNE-EN 1886:2008.** Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Rendimiento mecánico.

**UNE-EN 779:2013.** Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación de las prestaciones de los filtros.

**UNE-EN ISO 16890.** Filtros de aire utilizados en ventilación general. Esta norma tiene 4 partes.

**UNE-EN 1822:2010.** Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Esta norma tiene 5 partes.

**UNE-EN 1505:1999.** Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios, de sección rectangular. Dimensiones.



## **9. ANEXOS**

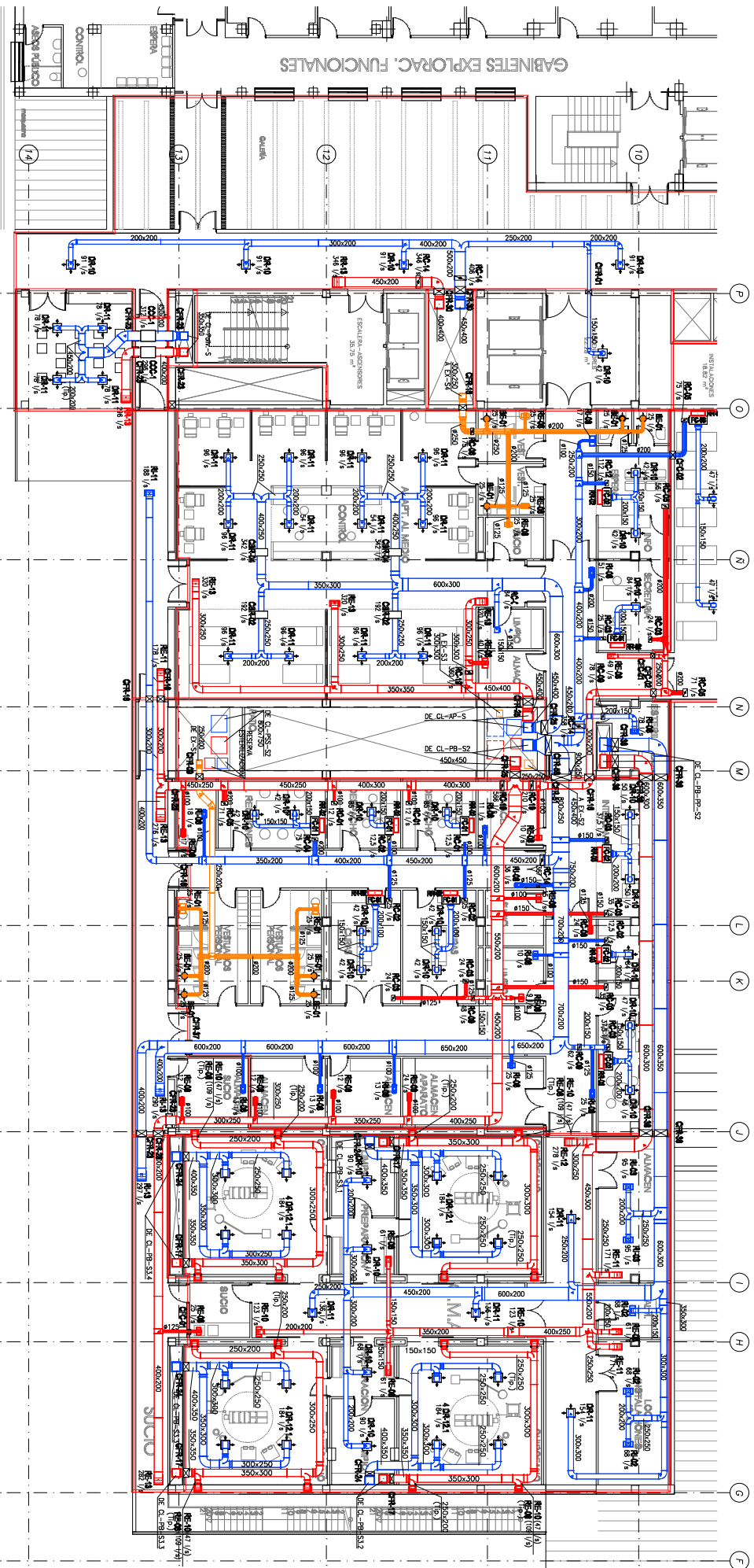
### **9.1. Planos**

- 1 Arquitectura. Plantas Generales. Planta baja.
- 2 Climatización. Trazado de conductos, planta baja, Zona 3.
- 3 Climatización. Trazado de conductos, segunda planta, Zona 3.
- 4 Climatización. Esquema vertical de aire, Zona 3.

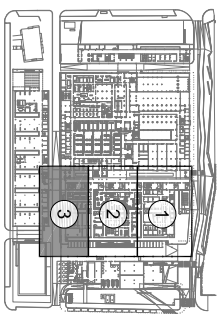
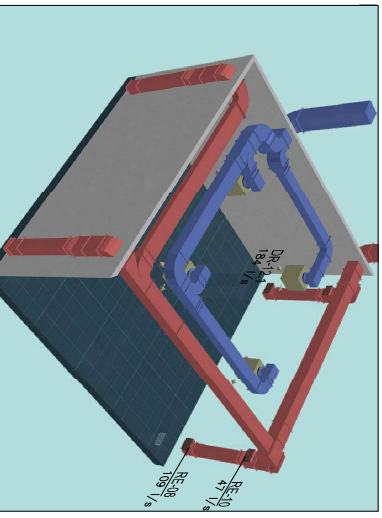
(Ver archivos PDF en el CD adjunto)







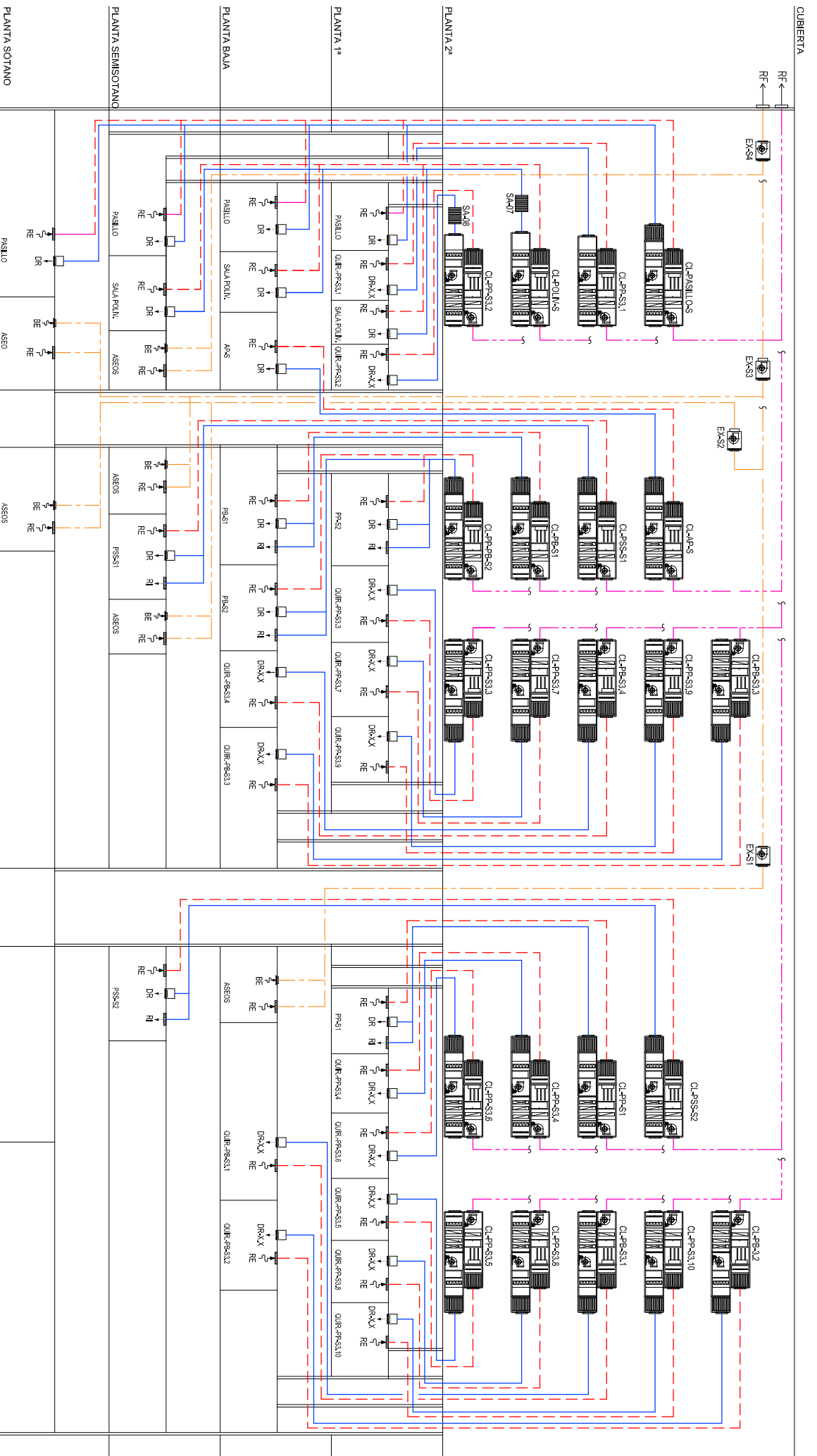
- LEYENDA**
- CONDUCTO-IMPULSION
  - CONDUCTO-RETORNO
  - CONDUCTO-EXTRACCION
  - DR DIFUSOR ROTATORIAL
  - DRKXX DIFUSOR ROTATORIAL CON FILTRO HEPA
  - RI REJILLA DE IMPULSION
  - RE/RIR REJILLA DE EXTRACCION/RETORNO
  - BE BOCA DE EXTRACCION
  - BR CAJA BATERIA DE RECALENTAMIENTO
  - FC FANCOIL
  - CCC CAJA CAUDAL CONSTANTE
  - GR/GRC COILERA CUADRADA
  - RC COILERA CIRCULAR
  - CL CLAMATIZADOR
  - SA SILENCIADOR ACUSTICO
  - RF REJAS DE INTENSIFICAR EN FACHADA



	MUNICIPIO DE <b>CANTABRIA Y LEÓN</b>		TECNICA Y PROYECTOS S.A.
	PROYECTO DE EDIFICACION DE LAS GRABAS DE AMPLIACION Y REFORMA DEL PLAN DIRECTOR DEL HOGAR DE VALLECILLO 1062		Nº PLANO: 1062-03-011
PLAN: CLAMATIZACION, TRAZADO DE CONDUCTOS. PLANTA BAUN. ZONA 3	Escala: 1:100	Fecha: Septiembre 2010	

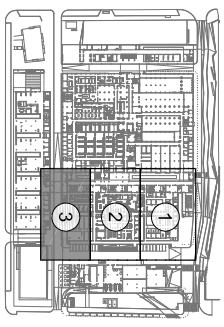






- LEYENDA**
- CONDUCTO DE IMPULSION
  - - - CONDUCTO DE RETORNO
  - - - CONDUCTO DE EXTRACCION
  - - - CONDUCTO DE EXPULSION
  - DR □ DIFUSOR ROTACIONAL
  - DRKXX □ DIFUSOR ROTACIONAL CON FILTRO HEPA
  - RI □ REJILLA DE IMPULSION
  - RE □ REJILLA DE EXTRACCION/RETORNO
  - BE □ BOCA DE EXTRACCION
  - CI □ CLIMATIZADOR
  - SA □ SILENCIADOR ACUSTICO
  - RF REJAS DE INTERRUPCION EN FACHADA

- NOTAS:**
- 1.- PARA SITUACION DE COMPUERTAS CONTRAQUEDRO VER
  - 2.- PARA LA EJECUCION DE LOS CONDUCTOS RECTANGULARES Y ACCESORIOS DE CHAPA METALICA SE SEGUIRAN LAS INDICACIONES DE LA NORMA UNE-EN-1505, EN PARTICULAR LO RELATIVO A LOS SEPARADORES EN LOS CODOS.
  - 2.- PARA LA EJECUCION DE LOS CONDUCTOS CIRCULARES Y ACCESORIOS DE CHAPA SE SEGUIRAN LAS INDICACIONES DE LA NORMA UNE-EN-1506



	Junta de AUTORES DEL PROYECTO Cadena y León	
	<b>TECNICA Y PROYECTOS S.A.</b>	
Proyecto de EJECUCION DE LAS OBRAS DE AMPLIACION Y REFORMA DEL PAVIMENTO DEL HOGAR VILLACOLD 1962	Nº PLANO: IdA-1A-1-01	Escala: (60x40) SE
Planos: CLIMATIZACION, ESQUEMA VERTICAL DE ANE ZONA 3	Fecha: Septiembre 2010	

## **9.2. Elementos proporcionados por HCUVa**

- 1 Climatización. Tablas de características. Hoja 1 de 4.
- 2 Climatización. Tablas de características. Hoja 2 de 4.
- 3 Climatización. Tablas de características. Hoja 3 de 4.
- 4 Climatización. Tablas de características. Hoja 4 de 4.

(Ver archivos PDF en el CD adjunto)





CLIMATIZADORES TABLA (6 de 3)

REF.	ZONA TRAYECTORIA	TUBERIA	VENTILADOR ROTACIONAL					RECALORIFICACION				RECALORIFICACION	
			RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	

CLIMATIZADORES TABLA (6 de 3)

REF.	ZONA TRAYECTORIA	TUBERIA	VENTILADOR ROTACIONAL					RECALORIFICACION				RECALORIFICACION	
			RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	

CLIMATIZADORES TABLA (6 de 3)

REF.	ZONA TRAYECTORIA	TUBERIA	VENTILADOR ROTACIONAL					RECALORIFICACION				RECALORIFICACION	
			RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	

CLIMATIZADORES TABLA (6 de 3)

REF.	ZONA TRAYECTORIA	TUBERIA	VENTILADOR ROTACIONAL					RECALORIFICACION				RECALORIFICACION	
			RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	

CLIMATIZADORES TABLA (6 de 3)

REF.	ZONA TRAYECTORIA	TUBERIA	VENTILADOR ROTACIONAL					RECALORIFICACION				RECALORIFICACION	
			RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	RECALORIFICACION	





**HOJA DE ESPECIFICACION DE VALVULAS DE CONTROL**

REF.	Caudal m <sup>3</sup> /h	DISEÑO			VALVULA				ACTUADOR				BATERIA			
		Diametro cm	Pcarga kg/cm <sup>2</sup>	Kv m <sup>3</sup> /h	Modelo	Vais mm	DN mm	PN kg/cm <sup>2</sup>	Kv m <sup>3</sup> /h	Pcarga kg/cm <sup>2</sup>	Modelo	Acción	Pedera kg/cm <sup>2</sup>	Pcarga kg/cm <sup>2</sup>	Amplitud %	Nº
UBA1 (FRIO)	1.433	25	2.31	1.56	V027016S	2	15	16	16.0	3.70	VA-712-2001	0.10	400	2.31	0.46	0.46
UBA2 (FRIO)	0.804	20	2.43	1.38	V027016S	2	20	20.0	10.00	3.71	VA-712-2001	0.10	350	2.43	0.46	0.46
UBA3 (FRIO)	1.697	25	0.96	3.14	V027016S	2	15	16	2.00	1.70	VA-712-2001	0.10	400	0.96	0.38	0.38
UBA4 (FRIO)	1.697	25	0.96	3.14	V027016S	2	15	16	2.00	1.70	VA-712-2001	0.10	400	0.96	0.38	0.38
UBA5 (FRIO)	0.804	20	2.43	1.38	V027016S	2	20	20.0	10.00	3.71	VA-712-2001	0.10	350	2.43	0.46	0.46
UBA6 (FRIO)	0.447	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	4.80	VA-712-2001	0.10	350	2.50	0.53	0.53
UBA7 (FRIO)	4.730	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	5.04	VA-712-2001	0.10	350	2.54	0.55	0.55
UBA8 (FRIO)	5.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	5.30	VA-712-2001	0.10	350	2.57	0.56	0.56
UBA9 (FRIO)	6.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	6.00	VA-712-2001	0.10	350	2.64	0.57	0.57
UBA10 (FRIO)	7.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	6.70	VA-712-2001	0.10	350	2.71	0.58	0.58
UBA11 (FRIO)	8.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	7.40	VA-712-2001	0.10	350	2.78	0.59	0.59
UBA12 (FRIO)	9.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	8.10	VA-712-2001	0.10	350	2.84	0.60	0.60
UBA13 (FRIO)	10.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	8.80	VA-712-2001	0.10	350	2.90	0.61	0.61
UBA14 (FRIO)	11.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	9.50	VA-712-2001	0.10	350	2.96	0.62	0.62
UBA15 (FRIO)	12.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	10.20	VA-712-2001	0.10	350	3.02	0.63	0.63
UBA16 (FRIO)	13.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	10.90	VA-712-2001	0.10	350	3.08	0.64	0.64
UBA17 (FRIO)	14.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	11.60	VA-712-2001	0.10	350	3.14	0.65	0.65
UBA18 (FRIO)	15.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	12.30	VA-712-2001	0.10	350	3.20	0.66	0.66
UBA19 (FRIO)	16.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	13.00	VA-712-2001	0.10	350	3.26	0.67	0.67
UBA20 (FRIO)	17.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	13.70	VA-712-2001	0.10	350	3.32	0.68	0.68
UBA21 (FRIO)	18.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	14.40	VA-712-2001	0.10	350	3.38	0.69	0.69
UBA22 (FRIO)	19.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	15.10	VA-712-2001	0.10	350	3.44	0.70	0.70
UBA23 (FRIO)	20.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	15.80	VA-712-2001	0.10	350	3.50	0.71	0.71
UBA24 (FRIO)	21.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	16.50	VA-712-2001	0.10	350	3.56	0.72	0.72
UBA25 (FRIO)	22.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	17.20	VA-712-2001	0.10	350	3.62	0.73	0.73
UBA26 (FRIO)	23.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	17.90	VA-712-2001	0.10	350	3.68	0.74	0.74
UBA27 (FRIO)	24.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	18.60	VA-712-2001	0.10	350	3.74	0.75	0.75
UBA28 (FRIO)	25.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	19.30	VA-712-2001	0.10	350	3.80	0.76	0.76
UBA29 (FRIO)	26.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	20.00	VA-712-2001	0.10	350	3.86	0.77	0.77
UBA30 (FRIO)	27.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	20.70	VA-712-2001	0.10	350	3.92	0.78	0.78
UBA31 (FRIO)	28.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	21.40	VA-712-2001	0.10	350	3.98	0.79	0.79
UBA32 (FRIO)	29.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	22.10	VA-712-2001	0.10	350	4.04	0.80	0.80
UBA33 (FRIO)	30.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	22.80	VA-712-2001	0.10	350	4.10	0.81	0.81
UBA34 (FRIO)	31.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	23.50	VA-712-2001	0.10	350	4.16	0.82	0.82
UBA35 (FRIO)	32.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	24.20	VA-712-2001	0.10	350	4.22	0.83	0.83
UBA36 (FRIO)	33.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	24.90	VA-712-2001	0.10	350	4.28	0.84	0.84
UBA37 (FRIO)	34.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	25.60	VA-712-2001	0.10	350	4.34	0.85	0.85
UBA38 (FRIO)	35.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	26.30	VA-712-2001	0.10	350	4.40	0.86	0.86
UBA39 (FRIO)	36.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	27.00	VA-712-2001	0.10	350	4.46	0.87	0.87
UBA40 (FRIO)	37.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	27.70	VA-712-2001	0.10	350	4.52	0.88	0.88
UBA41 (FRIO)	38.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	28.40	VA-712-2001	0.10	350	4.58	0.89	0.89
UBA42 (FRIO)	39.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	29.10	VA-712-2001	0.10	350	4.64	0.90	0.90
UBA43 (FRIO)	40.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	29.80	VA-712-2001	0.10	350	4.70	0.91	0.91
UBA44 (FRIO)	41.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	30.50	VA-712-2001	0.10	350	4.76	0.92	0.92
UBA45 (FRIO)	42.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	31.20	VA-712-2001	0.10	350	4.82	0.93	0.93
UBA46 (FRIO)	43.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	31.90	VA-712-2001	0.10	350	4.88	0.94	0.94
UBA47 (FRIO)	44.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	32.60	VA-712-2001	0.10	350	4.94	0.95	0.95
UBA48 (FRIO)	45.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	33.30	VA-712-2001	0.10	350	5.00	0.96	0.96
UBA49 (FRIO)	46.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	34.00	VA-712-2001	0.10	350	5.06	0.97	0.97
UBA50 (FRIO)	47.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	34.70	VA-712-2001	0.10	350	5.12	0.98	0.98
UBA51 (FRIO)	48.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	35.40	VA-712-2001	0.10	350	5.18	0.99	0.99
UBA52 (FRIO)	49.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	36.10	VA-712-2001	0.10	350	5.24	1.00	1.00
UBA53 (FRIO)	50.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	36.80	VA-712-2001	0.10	350	5.30	1.01	1.01
UBA54 (FRIO)	51.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	37.50	VA-712-2001	0.10	350	5.36	1.02	1.02
UBA55 (FRIO)	52.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	38.20	VA-712-2001	0.10	350	5.42	1.03	1.03
UBA56 (FRIO)	53.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	38.90	VA-712-2001	0.10	350	5.48	1.04	1.04
UBA57 (FRIO)	54.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	39.60	VA-712-2001	0.10	350	5.54	1.05	1.05
UBA58 (FRIO)	55.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	40.30	VA-712-2001	0.10	350	5.60	1.06	1.06
UBA59 (FRIO)	56.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	41.00	VA-712-2001	0.10	350	5.66	1.07	1.07
UBA60 (FRIO)	57.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	41.70	VA-712-2001	0.10	350	5.72	1.08	1.08
UBA61 (FRIO)	58.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	42.40	VA-712-2001	0.10	350	5.78	1.09	1.09
UBA62 (FRIO)	59.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	43.10	VA-712-2001	0.10	350	5.84	1.10	1.10
UBA63 (FRIO)	60.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	43.80	VA-712-2001	0.10	350	5.90	1.11	1.11
UBA64 (FRIO)	61.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	44.50	VA-712-2001	0.10	350	5.96	1.12	1.12
UBA65 (FRIO)	62.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	45.20	VA-712-2001	0.10	350	6.02	1.13	1.13
UBA66 (FRIO)	63.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	45.90	VA-712-2001	0.10	350	6.08	1.14	1.14
UBA67 (FRIO)	64.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	46.60	VA-712-2001	0.10	350	6.14	1.15	1.15
UBA68 (FRIO)	65.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	47.30	VA-712-2001	0.10	350	6.20	1.16	1.16
UBA69 (FRIO)	66.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	48.00	VA-712-2001	0.10	350	6.26	1.17	1.17
UBA70 (FRIO)	67.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	48.70	VA-712-2001	0.10	350	6.32	1.18	1.18
UBA71 (FRIO)	68.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	49.40	VA-712-2001	0.10	350	6.38	1.19	1.19
UBA72 (FRIO)	69.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	50.10	VA-712-2001	0.10	350	6.44	1.20	1.20
UBA73 (FRIO)	70.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	50.80	VA-712-2001	0.10	350	6.50	1.21	1.21
UBA74 (FRIO)	71.411	40	2.5	0.89	V027016S	2	20	16	8.00	51.50	VA-712-2001	0.10	350	6.56	1.22	1.22
UBA75 (FRIO)	72.411															

## 9.3. Datos de las climatizadoras

### Climatizadora del quirófano del caso de estudio

**EN 1886: 2007**

Casing strength (-1000 / +1000 Pa)	D1/D2						
Casing air leakage (-400 / +700 Pa)	L1(M)/L2(R)						
Filter leakage	F9						
Thermal transmittance	T2						
Thermal bridging factor	TB2						
<b>Casing acoustic insulation</b>							
63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
6	13	25	32	32	29	34	44

NOTES/SUPPLEMENTS  
ERP meet the 2016 standard

**Independent supply and return unit. Approximate dimensions: Extract : (Width x Height x Length): 860x930x3120 mm. Supply: (Width x Height x Length): 860x930x7190 mm. Approximate weight: Ext: 531 + Imp: 1181 kg. Indoor execution. Nº Modules: 4.**

Air Handling Unit Standard TKM 50 HE EU, made with self-supporting frame of painted and extruded aluminum profile, with thermal bridge break. Sandwich type panels 50 mm thick: with galvanized metal sheet 1 mm thick (inner) and pre-coated metal sheet 1 mm thick (outer). Thermal bridge break and mineral wool insulation. Panels leveled to the self-supporting frame forming flat interior surfaces suitable for cleaning purposes. Doors, which have same construction as panels, present fasteners and hinges for quick opening. Base frame made of U-shape profiles of galvanized and cold rolled steel 3 mm thick. Outdoor units with additional outdoor execution plate cover.

<b>FILTERS</b>				Pressure drop (Pa)	
ID	Type	Accessories	Q (m3/h)	Initial/Used	
F	Panel filter class G4	AF4	2571	48/99	
J	Prefilter class M5 + Compact filter class F7	AF4	2600	117/258	
T	Compact filter class F9	AF4	2600	60/180	

Legend: AF4 = Pressure tapings

<b>FANS</b>			Pressure (Pa)		LWA	
ID	Model/ Type/ Class	Accessories	Q(m3/h)/ rpm	Total/Static/External pressure	dB(A)	Motor
D	TPF25C-2-1100W/ Plug-Fan/ SFP 3	AV2, AV8	2571 / 3598	475/377/3	88,2	IE2 - 1,10 kW - [fop=63 / fmax=75 Hz]
R	TPF25C-2-2200W/ Plug-Fan/ SFP 5	AV2, AV8	2600 / 4546	1331/1231/397	92,7	IE2 - 2,20 kW - [fop=79 / fmax=90 Hz]

Legend: AV2 = Frequency converter Installed + electrical wiring connection, AV8 = Pressure tapings for air flow measuring


<b>SOUND ATTENUATORS</b>											
ID	Model	Q(m3/h)/ Dp(Pa)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	LWA
V	XSA200-3/ L=500	2600/ 16	75,0	71,6	67,1	62,8	57,2	61,3	63,8	64,0	69,7

<b>COILS</b>			Air				Water		
ID	Model	Type	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
M	TWCT40D-Cu-Al-4R-14T-550A-2pa 4C 3/4"	Cooling	17,37	2600 / 2,34 / 135	32,0°C/40,0%	16,3°C/90,2%	2979 / 18,6	7,0 / 12,0	
P	TWCT60D-Cu-Al-2R-9T-550A-2pa 1C 1/2"	Heating	22,88	2600 / 2,43 / 34	4,0°C / -	30,0°C / -	1016 / 29,5	90,0 / 70,0	

<b>RECOVERY COILS</b>			Air				Water		
ID	Model	Efi. / Efi. EcoDesign	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
B	Cu-Al-FeZn P40AR 10R-14T-550A-2.0pa 2C 3/4"	66,7/63,86	15,3	2571 / 2,32 / 275	23,0°C/50,0%	9,3°C/100,0%	1070 / 41,0	4,7/16,9	
K	Cu-Al-FeZn P40AC 10R-14T-550A-2.0pa 2C 3/4"	66,7/63,86	15,3	2600 / 2,34 / 211	-3,0°C/90,0%	14,3°C/26,7%	1070 / 40,9	16,9/4,7	

<b>HUMIDIFIER</b>			<b>Air</b>		
<b>ID</b>	<b>Model/Type</b>		<b>Q(m<sup>3</sup>/h)/ Dp(Pa)</b>	<b>Input</b>	<b>Output</b>
U	UE001-Electrodes	Steam 1,5kg/h	2600/ -	32,0°C/30,0%	32,0°C/31,6%

<b>INPUTS/OUTPUTS</b>			
<b>ID</b>	<b>Type</b>	<b>Model</b>	<b>Actuator</b>
A	Frame	MM-557x430	-
G	Damper	JZ-S-R/400x345/0/Z04 (Z04)	Manual
H	Damper	JZ-S-R/400x345/0/Z04 (Z04)	Manual
W	Frame	MM-566x430	-



<b>EMPTY SECTIONS</b>		
<b>ID</b>	<b>Length</b>	<b>Notes</b>
C	400 mm	
E	500 mm	
I	500 mm	
L	400 mm	
N	400 mm	
Q	500 mm	
S	500 mm	

## Climatizadora del pasillo del caso de estudio

	<b>EN 1886: 2007</b> Casing strength (-1000 / +1000 Pa) D1/D2 Casing air leakage (-400 / +700 Pa) L1(M)/L2(R) Filter leakage F9 Thermal transmittance T2 Thermal bridging factor TB2 <b>Casing acoustic insulation</b> <table border="1"> <tr> <td>63Hz</td> <td>125Hz</td> <td>250Hz</td> <td>500Hz</td> <td>1kHz</td> <td>2kHz</td> <td>4kHz</td> <td>8kHz</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>13</td> <td>25</td> <td>32</td> <td>32</td> <td>29</td> <td>34</td> <td>44</td> </tr> </table> NOTES/SUPPLEMENTS ERP meet the 2016 standard	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	6	13	25	32	32	29	34	44
63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz										
6	13	25	32	32	29	34	44										

**Independent supply and return unit. Approximate dimensions: Extract : (Width x Height x Length): 860x930x3120 mm. Supply: (Width x Height x Length): 860x930x7190 mm. Approximate weight: Ext: 527 + Imp: 1173 kg. Indoor execution. N° Modules: 4.**

Air Handling Unit Standard TKM 50 HE EU, made with self-supporting frame of painted and extruded aluminum profile, with thermal bridge break. Sandwich type panels 50 mm thick: with galvanized metal sheet 1 mm thick (inner) and pre-coated metal sheet 1 mm thick (outer). Thermal bridge break and mineral wool insulation. Panels leveled to the self-supporting frame forming flat interior surfaces suitable for cleaning purposes. Doors, which have same construction as panels, present fasteners and hinges for quick opening. Base frame made of U-shape profiles of galvanized and cold rolled steel 3 mm thick. Outdoor units with additional outdoor execution plate cover.

FILTERS				Pressure drop (Pa)	
ID	Type	Accessories	Q (m3/h)	Initial/Used	
F	Panel filter class G4	AF4	1733	31/91	
J	Prefilter class M5 + Compact filter class F7	AF4	1800	71/235	
T	Compact filter class F9	AF4	1800	37/169	

Legend: AF4 = Pressure tapings

FANS			Pressure (Pa)		LWA	
ID	Model/ Type/ Class	Accessories	Q(m3/h)/ rpm	Total/Static/External pressure	dB(A)	Motor
D	TPF25C-2-750W/ Plug-Fan/ SFP 2	AV2, AV8	1733 / 2545	290/246/12	78,3	IE2 - 0,75 kW - [fop=45 / fmax=67 Hz]
R	TPF25C-2-1100W/ Plug-Fan/ SFP 4	AV2, AV8	1800 / 3770	1054/1006/392	86,5	IE2 - 1,10 kW - [fop=66 / fmax=75 Hz]

Legend: AV2 = Frequency converter Installed + electrical wiring connection, AV8 = Pressure tapings for air flow measuring

SOUND ATTENUATORS							LWA				
ID	Model	Q(m3/h)/ Dp(Pa)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
V	XSA200-3/ L=500	1800/ 8	72,1	67,4	63,3	58,4	52,3	53,7	57,0	57,3	63,7

COILS			Air				Water		
ID	Model	Type	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
M	TWCT40D-Cu-Al-4R-14T-550A-2pa 3C 3/4"	Cooling	13,04	1800 / 1,62 / 70	32,0°C/40,0%	16,0°C/87,3%	2236 / 26,6	7,0 / 12,0	
P	TWCT60D-Cu-Al-2R-9T-550A-2pa 1C 1/2"	Heating	15,84	1800 / 1,68 / 19	4,0°C / -	30,0°C / -	704 / 14,8	90,0 / 70,0	

RECOVERY COILS			Air				Water		
ID	Model	Efi. / Efi. EcoDesign	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
B	Cu-Al-FeZn P40AR 10R-14T-550A-2.0pa 2C 3/4"	67,82/63,93	10,7	1733/ 1,56/ 144	23,0°C/50,0%	9,0°C/100,0%	1000/ 36,3	6,3/15,5	
K	Cu-Al-FeZn P40AC 10R-14T-550A-2.0pa 2C 3/4"	67,82/63,93	10,7	1800/ 1,62/ 113	-3,0°C/90,0%	14,6°C/26,2%	1000/ 36,2	15,5/6,3	

HUMIDIFIER			Air		
ID	Model/Type		Q(m3/h)/ Dp(Pa)	Input	Output
U	UE001-Electrodes	Steam 1,5kg/h	1800/ -	32,0°C/30,0%	32,0°C/32,3%

**INPUTS/OUTPUTS**

ID	Type	Model	Actuator
A	Frame	MM-450x358	-
G	Damper	JZ-S-R/300x345/0/Z04 (Z04)	Manual
H	Damper	JZ-S-R/300x345/0/Z04 (Z04)	Manual
W	Frame	MM-471x358	-



**EMPTY SECTIONS**

ID	Length	Notes
C	400 mm	
E	500 mm	
I	500 mm	
L	400 mm	
N	400 mm	
Q	500 mm	
S	500 mm	



## Climatizadora del quirófano del caso de la solución de la esclusa única

<b>EN 1886: 2007</b>	
Casing strength (-1000 / +1000 Pa)	D1/D2
Casing air leakage (-400 / +700 Pa)	L1(M)/L2(R)
Filter leakage	F9
Thermal transmittance	T2
Thermal bridging factor	TB2
<b>Casing acoustic insulation</b>	
63Hz 125Hz 250Hz 500Hz 1kHz 2kHz 4kHz 8kHz	
6 13 25 32 32 29 34 44	
NOTES/SUPPLEMENTS	
ERP meet the 2016 standard	

**Independent supply and return unit. Approximate dimensions: Extract : (Width x Height x Length): 960x930x3120 mm. Supply: (Width x Height x Length): 960x930x7190 mm. Approximate weight: Ext: 563 + Imp: 1248 kg. Indoor execution. Nº Modules: 4.**

Air Handling Unit Standard TKM 50 HE EU, made with self-supporting frame of painted and extruded aluminum profile, with thermal bridge break. Sandwich type panels 50 mm thick: with galvanized metal sheet 1 mm thick (inner) and pre-coated metal sheet 1 mm thick (outer). Thermal bridge break and mineral wool insulation. Panels leveled to the self-supporting frame forming flat interior surfaces suitable for cleaning purposes. Doors, which have same construction as panels, present fasteners and hinges for quick opening. Base frame made of U-shape profiles of galvanized and cold rolled steel 3 mm thick. Outdoor units with additional outdoor execution plate cover.

### FILTERS

ID	Type	Accessories	Q (m <sup>3</sup> /h)	Pressure drop (Pa)	
				Initial/Used	
F	Panel filter class G4	AF4	2747	52/101	
J	Prefilter class M5 + Compact filter class F7	AF4	2800	129/265	
T	Compact filter class F9	AF4	2800	66/183	

Legend: AF4 = Pressure tapings

### FANS

ID	Model/ Type/ Class	Accessories	Q(m <sup>3</sup> /h)/ rpm	Pressure (Pa)		LWA
				Total/Static/External pressure	dB(A)	
D	TPF25C-2-1100W/ Plug-Fan/ SFP 3	AV2, AV8	2747 / 3735	439/327/5	89,6	IE2 - 1,10 kW - [fop=66 / fmax=75 Hz]
R	TPF25C-2-2200W/ Plug-Fan/ SFP 5	AV2, AV8	2800 / 4721	1375/1259/480	94,1	IE2 - 2,20 kW - [fop=82 / fmax=90 Hz]

Legend: AV2 = Frequency converter Installed + electrical wiring connection, AV8 = Pressure tapings for air flow measuring

### SOUND ATTENUATORS

ID	Model	Q(m <sup>3</sup> /h) / Dp(Pa)	LWA								
			63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
V	XSA200-3/ L=500	2800/ 8	76,2	71,4	66,6	62,0	54,7	58,6	63,0	63,1	68,6

### COILS

ID	Model	Type	(kW)	Q(m <sup>3</sup> /h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Air		Water		
					Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
M	TWCT40D-Cu-Al-4R-14T-650A-2pa 4C 1"	Cooling	19,48	2800 / 2,14 / 114	32,0°C/40,0%	16,0°C/90,2%	3342 / 25,8	7,0 / 12,0	
P	TWCT60D-Cu-Al-2R-9T-650A-2pa 2C 3/4"	Heating	24,64	2800 / 2,22 / 29	4,0°C / -	30,0°C / -	1094 / 9,1	90,0 / 70,0	

### RECOVERY COILS

ID	Model	Efi. / Efi. EcoDesign	(kW)	Q(m <sup>3</sup> /h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Air		Water		
					Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
B	Cu-Al-FeZn P40AR 10R-14T-650A-2.0pa 2C 3/4"	68,64/65,41	16,9	2747/ 2,10/ 221	23,0°C/50,0%	9,0°C/100,0%	960/ 38,7	3,2/18,3	
K	Cu-Al-FeZn P40AC 10R-14T-650A-2.0pa 2C 3/4"	68,64/65,41	16,9	2800/ 2,14/ 180	-3,0°C/90,0%	14,8°C/25,8%	960/ 38,5	18,3/3,2	

### HUMIDIFIER

ID	Model/Type	Air			
		Q(m <sup>3</sup> /h) / Dp(Pa)	Input	Output	
U	UE001-Electrodes	Steam 1,5kg/h	2800/ -	32,0°C/30,0%	32,0°C/31,5%

**INPUTS/OUTPUTS**

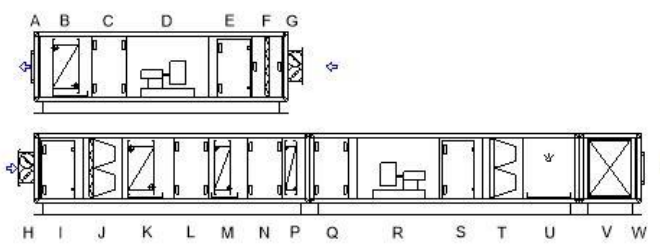
ID	Type	Model	Actuator
A	Frame	MM-600x430	-
G	Damper	JZ-S-R/400x345/0/Z04 (Z04)	Manual
H	Damper	JZ-S-R/400x345/0/Z04 (Z04)	Manual
W	Frame	MM-635x430	-

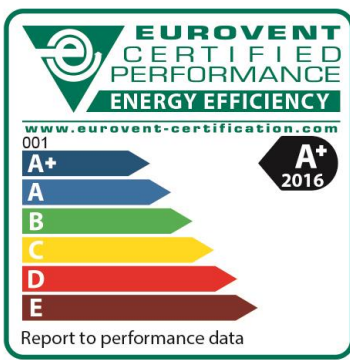


**EMPTY SECTIONS**

ID	Length	Notes
C	400 mm	
E	500 mm	
I	500 mm	
L	400 mm	
N	400 mm	
Q	500 mm	
S	500 mm	

## Climatizadora del pasillo del caso de la solución de la esclusa única





**EN 1886: 2007**

Casing strength (-1000 / +1000 Pa)	D1/D2
Casing air leakage (-400 / +700 Pa)	L1(M)/L2(R)
Filter leakage	F9
Thermal transmittance	T2
Thermal bridging factor	TB2


**Casing acoustic insulation**

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
6	13	25	32	32	29	34	44

NOTES/SUPPLEMENTS  
ERP meet the 2016 standard

**Independent supply and return unit. Approximate dimensions: Extract : (Width x Height x Length): 860x930x3120 mm. Supply: (Width x Height x Length): 860x930x7190 mm. Approximate weight: Ext: 527 + Imp: 1163 kg. Indoor execution. Nº Modules: 4.**

Air Handling Unit Standard TKM 50 HE EU, made with self-supporting frame of painted and extruded aluminum profile, with thermal bridge break. Sandwich type panels 50 mm thick: with galvanized metal sheet 1 mm thick (inner) and pre-coated metal sheet 1 mm thick (outer). Thermal bridge break and mineral wool insulation. Panels leveled to the self-supporting frame forming flat interior surfaces suitable for cleaning purposes. Doors, which have same construction as panels, present fasteners and hinges for quick opening. Base frame made of U-shape profiles of galvanized and cold rolled steel 3 mm thick. Outdoor units with additional outdoor execution plate cover.

<b>FILTERS</b>				<b>Pressure drop (Pa)</b>	
ID	Type	Accessories	Q (m3/h)	Initial/Used	
F	Panel filter class G4	AF4	1200	20/85	
J	Prefilter class M5 + Compact filter class F7	AF4	1200	42/221	
T	Compact filter class F9	AF4	1200	22/161	

Legend: AF4 = Pressure tapings

<b>FANS</b>			<b>Pressure (Pa)</b>		<b>LWA</b>	
ID	Model/ Type/ Class	Accessories	Q(m3/h)/ rpm	Total/Static/External pressure	dB(A)	Motor
D	TPF25C-2-750W/ Plug-Fan/ SFP 1	AV2, AV8	1200 / 1871	182/161/6	70,5	IE2 - 0,75 kW - [fop=33 / fmax=67 Hz]
R	TPF25C-2-750W/ Plug-Fan/ SFP 4	AV2, AV8	1200 / 3278	902/881/400	83,2	IE2 - 0,75 kW - [fop=58 / fmax=67 Hz]

Legend: AV2 = Frequency converter Installed + electrical wiring connection, AV8 = Pressure tapings for air flow measuring

<b>SOUND ATTENUATORS</b>										<b>LWA</b>	
ID	Model	Q(m3/h)/ Dp(Pa)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
V	XSA200-3/ L=500	1200/ 3	75,3	69,6	68,6	56,0	49,1	49,6	53,3	53,3	63,3

<b>COILS</b>		<b>Air</b>					<b>Water</b>		
ID	Model	Type	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
M	TWCT40D-Cu-Al-3R-14T-550A-2pa 2C 3/4"	Cooling	8,74	1200 / 1,08 / 29	32,0°C/40,0%	16,0°C/86,9%	1500 / 27,6	7,0 / 12,0	
P	TWCT60D-Cu-Al-2R-9T-550A-2pa 1C 1/2"	Heating	10,56	1200 / 1,12 / 10	4,0°C / -	30,0°C / -	469 / 6,9	90,0 / 70,0	

<b>RECOVERY COILS</b>		<b>Air</b>					<b>Water</b>		
ID	Model	Efi. / Efi. EcoDesign	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
B	Cu-Al-FeZn P40AR 10R-14T-550A-2.0pa 1C 1/2"	78,84/73,52	8,3	1200/ 1,08/ 70	23,0°C/50,0%	7,9°C/100,0%	400/ 39,2	2,0/19,9	
K	Cu-Al-FeZn P40AC 10R-14T-550A-2.0pa 1C 1/2"	78,84/73,52	8,3	1200/ 1,08/ 57	-3,0°C/90,0%	17,5°C/21,8%	400/ 39,1	19,9/2,0	

<b>HUMIDIFIER</b>		<b>Air</b>		
ID	Model/Type	Q(m3/h)/ Dp(Pa)	Input	Output
U	UE001-Electrodes	1200/ -	32,0°C/30,0%	32,0°C/33,4%

**INPUTS/OUTPUTS**

ID	Type	Model	Actuator
A	Frame	MM-373x298	-
G	Damper	JZ-S-R/300x345/0/Z04 (Z04)	Manual
H	Damper	JZ-S-R/300x345/0/Z04 (Z04)	Manual
W	Frame	MM-373x298	-



**EMPTY SECTIONS**

ID	Length	Notes
C	400 mm	
E	500 mm	
I	500 mm	
L	400 mm	
N	400 mm	
Q	500 mm	
S	500 mm	

## Climatizadora del quirófano del caso de la solución del acople de la extracción de la esclusa

**EN 1886: 2007**

Casing strength (-1000 / +1000 Pa)	D1/D2
Casing air leakage (-400 / +700 Pa)	L1(M)/L2(R)
Filter leakage	F9
Thermal transmittance	T2
Thermal bridging factor	TB2

**Casing acoustic insulation**

63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
6	13	25	32	32	29	34	44

NOTES/SUPPLEMENTS  
ERP meet the 2016 standard

**Independent supply and return unit. Approximate dimensions: Extract : (Width x Height x Length): 960x930x3120 mm. Supply: (Width x Height x Length): 960x930x7190 mm. Approximate weight: Ext: 563 + Imp: 1247 kg. Indoor execution. Nº Modules: 4.**

Air Handling Unit Standard TKM 50 HE EU, made with self-supporting frame of painted and extruded aluminum profile, with thermal bridge break. Sandwich type panels 50 mm thick: with galvanized metal sheet 1 mm thick (inner) and pre-coated metal sheet 1 mm thick (outer). Thermal bridge break and mineral wool insulation. Panels leveled to the self-supporting frame forming flat interior surfaces suitable for cleaning purposes. Doors, which have same construction as panels, present fasteners and hinges for quick opening. Base frame made of U-shape profiles of galvanized and cold rolled steel 3 mm thick. Outdoor units with additional outdoor execution plate cover.

### FILTERS

ID	Type	Accessories	Q (m3/h)	Pressure drop (Pa)	
				Initial/Used	
F	Panel filter class G4	AF4	2720	51/101	
J	Prefilter class M5 + Compact filter class F7	AF4	2600	117/258	
T	Compact filter class F9	AF4	2600	60/180	

### FANS

ID	Model/ Type/ Class	Accessories	Q(m3/h)/ rpm	Pressure (Pa)		LWA		
				Total/Static/External pressure	dB(A)	Motor		
D	TPF25C-2-1100W/ Plug-Fan/ SFP 3	AV2, AV8	2720 / 3703	435/325/7		89,4	IE2 - 1,10 kW - [fop=65 / fmax=75 Hz]	
R	TPF25C-2-2200W/ Plug-Fan/ SFP 5	AV2, AV8	2600 / 4461	1253/1153/401		92,1	IE2 - 2,20 kW - [fop=77 / fmax=90 Hz]	

Legend: AV2 = Frequency converter Installed + electrical wiring connection, AV8 = Pressure tapings for air flow measuring

### SOUND ATTENUATORS

ID	Model	Q(m3/h)/ Dp(Pa)	LWA								
			63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
V	XSA200-3/ L=500	2600/ 7	75,1	69,3	64,3	59,6	52,6	56,8	60,6	60,9	66,3

### COILS

ID	Model	Type	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Air		Water	
					Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)
M	TWCT40D-Cu-Al-5R-14T-650A-2pa 5C 1 1/4"	Cooling	24,22	2600 / 1,98 / 134	32,0°C/50,0%	16,0°C/92,9%	4156 / 23,7	7,0 / 12,0
P	TWCT60D-Cu-Al-1R-9T-650A-2pa 1C 1/2"	Heating	4,46	2600 / 2,06 / 13	25,0°C / -	30,0°C / -	198 / 1,0	90,0 / 70,0

### RECOVERY COILS

ID	Model	Efi. / Efi. EcoDesign	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Air		Water	
					Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)
B	Cu-Al-FeZn P40AR 10R-14T-650A-2.0pa 2C 3/4"	70,73/65,62	16,2	2720/ 2,08/ 217	23,0°C/50,0%	9,3°C/100,0%	980/ 40,0	4,0/18,2
K	Cu-Al-FeZn P40AC 10R-14T-650A-2.0pa 2C 3/4"	70,73/65,62	16,2	2600/ 1,98/ 159	-3,0°C/90,0%	15,4°C/24,9%	980/ 39,9	18,2/4,0

### HUMIDIFIER

ID	Model/Type	Air			
		Q(m3/h)/ Dp(Pa)	Input	Output	
U	UE001-Electrodes	Steam 1,5kg/h	2600/ -	32,0°C/30,0%	32,0°C/31,6%

**INPUTS/OUTPUTS**

ID	Type	Model	Actuator
A	Frame	MM-600x430	-
G	Damper	JZ-S-R/400x345/0/Z04 (Z04)	Manual
H	Damper	JZ-S-R/400x345/0/Z04 (Z04)	Manual
W	Frame	MM-600x404	-



**EMPTY SECTIONS**

ID	Length	Notes
C	400 mm	
E	500 mm	
I	500 mm	
L	400 mm	
N	400 mm	
Q	500 mm	
S	500 mm	

## Climatizadora del pasillo del caso de la solución del acople de la extracción de la esclusa

	<p>Report to performance data</p>																										
<p><b>EN 1886: 2007</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Casing strength (-1000 / +1000 Pa)</td> <td>D1/D2</td> </tr> <tr> <td>Casing air leakage (-400 / +700 Pa)</td> <td>L1(M)/L2(R)</td> </tr> <tr> <td>Filter leakage</td> <td>F9</td> </tr> <tr> <td>Thermal transmittance</td> <td>T2</td> </tr> <tr> <td>Thermal bridging factor</td> <td>TB2</td> </tr> </table> <p><b>Casing acoustic insulation</b></p> <table border="1"> <tr> <td>63Hz</td> <td>125Hz</td> <td>250Hz</td> <td>500Hz</td> <td>1kHz</td> <td>2kHz</td> <td>4kHz</td> <td>8kHz</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>13</td> <td>25</td> <td>32</td> <td>32</td> <td>29</td> <td>34</td> <td>44</td> </tr> </table>		Casing strength (-1000 / +1000 Pa)	D1/D2	Casing air leakage (-400 / +700 Pa)	L1(M)/L2(R)	Filter leakage	F9	Thermal transmittance	T2	Thermal bridging factor	TB2	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	6	13	25	32	32	29	34	44
Casing strength (-1000 / +1000 Pa)	D1/D2																										
Casing air leakage (-400 / +700 Pa)	L1(M)/L2(R)																										
Filter leakage	F9																										
Thermal transmittance	T2																										
Thermal bridging factor	TB2																										
63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz																				
6	13	25	32	32	29	34	44																				
<p>NOTES/SUPPLEMENTS ERP meet the 2016 standard</p>																											
<p><b>Independent supply and return unit. Approximate dimensions: Extract : (Width x Height x Length): 860x930x3120 mm. Supply: (Width x Height x Length): 860x930x7190 mm. Approximate weight: Ext: 527 + Imp: 1165 kg. Indoor execution. N° Modules: 4.</b></p>																											
<p>Air Handling Unit Standard TKM 50 HE EU, made with self-supporting frame of painted and extruded aluminum profile, with thermal bridge break. Sandwich type panels 50 mm thick: with galvanized metal sheet 1 mm thick (inner) and pre-coated metal sheet 1 mm thick (outer). Thermal bridge break and mineral wool insulation. Panels leveled to the self-supporting frame forming flat interior surfaces suitable for cleaning purposes. Doors, which have same construction as panels, present fasteners and hinges for quick opening. Base frame made of U-shape profiles of galvanized and cold rolled steel 3 mm thick. Outdoor units with additional outdoor execution plate cover.</p>																											

FILTERS				Pressure drop (Pa)	
ID	Type	Accessories	Q (m3/h)	Initial/Used	
F	Panel filter class G4	AF4	1200	20/85	
J	Pre-filter class M5 + Compact filter class F7	AF4	1800	71/235	
T	Compact filter class F9	AF4	1800	37/169	

FANS			Pressure (Pa)		LWA	
ID	Model/ Type/ Class	Accessories	Q(m3/h)/ rpm	Total/Static/External pressure	dB(A)	Motor
D	TPF25C-2-750W/ Plug-Fan/ SFP 2	AV2, AV8	1200 / 1897	191/170/4	70,7	IE2 - 0,75 kW - [fop=33 / fmax=67 Hz]
R	TPF25C-2-1100W/ Plug-Fan/ SFP 4	AV2, AV8	1800 / 3792	1072/1024/412	86,6	IE2 - 1,10 kW - [fop=67 / fmax=75 Hz]

SOUND ATTENUATORS				LWA								
ID	Model	Q(m3/h)/ Dp(Pa)		63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	dB(A)
V	XSA200-3/ L=500	1800/ 8		72,4	67,7	63,5	58,5	52,4	54,0	57,1	57,5	63,8

COILS			Air				Water		
ID	Model	Type	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
M	TWCT40D-Cu-Al-4R-14T-550A-2pa 4C 1"	Cooling	16,44	1800 / 1,62 / 78	32,0°C/50,0%	16,0°C/94,8%	2820 / 16,9	7,0 / 12,0	
P	TWCT60D-Cu-Al-1R-9T-550A-2pa 1C 1/2"	Heating	3,09	1800 / 1,68 / 10	25,0°C / -	30,0°C / -	137 / 1,0	90,0 / 70,0	

RECOVERY COILS			Air				Water		
ID	Model	Efi. / Efi. EcoDesign	(kW)	Q(m3/h) / v(m/s) / Dp(Pa)	Input	Output	Q(l/h) / Dp(kPa)	(°C)	
B	Cu-Al-FeZn P40AR 10R-14T-550A-2.0pa 2C 3/4"	59,21/63,93	9,4	1200 / 1,08 / 81	23,0°C/50,0%	6,9°C/100,0%	1000 / 36,7	5,1/13,2	
K	Cu-Al-FeZn P40AC 10R-14T-550A-2.0pa 2C 3/4"	59,21/63,93	9,4	1800 / 1,62 / 113	-3,0°C/90,0%	12,4°C/30,3%	1000 / 36,6	13,2/5,1	

HUMIDIFIER			Air		
ID	Model/Type		Q(m3/h)/ Dp(Pa)	Input	Output
U	UE001-Electrodes	Steam 1,5kg/h	1800 / -	32,0°C/30,0%	32,0°C/32,3%

**INPUTS/OUTPUTS**

ID	Type	Model	Actuator
A	Frame	MM-373x298	-
G	Damper	JZ-S-R/300x345/0/Z04 (Z04)	Manual
H	Damper	JZ-S-R/300x345/0/Z04 (Z04)	Manual
W	Frame	MM-471x358	-



**EMPTY SECTIONS**

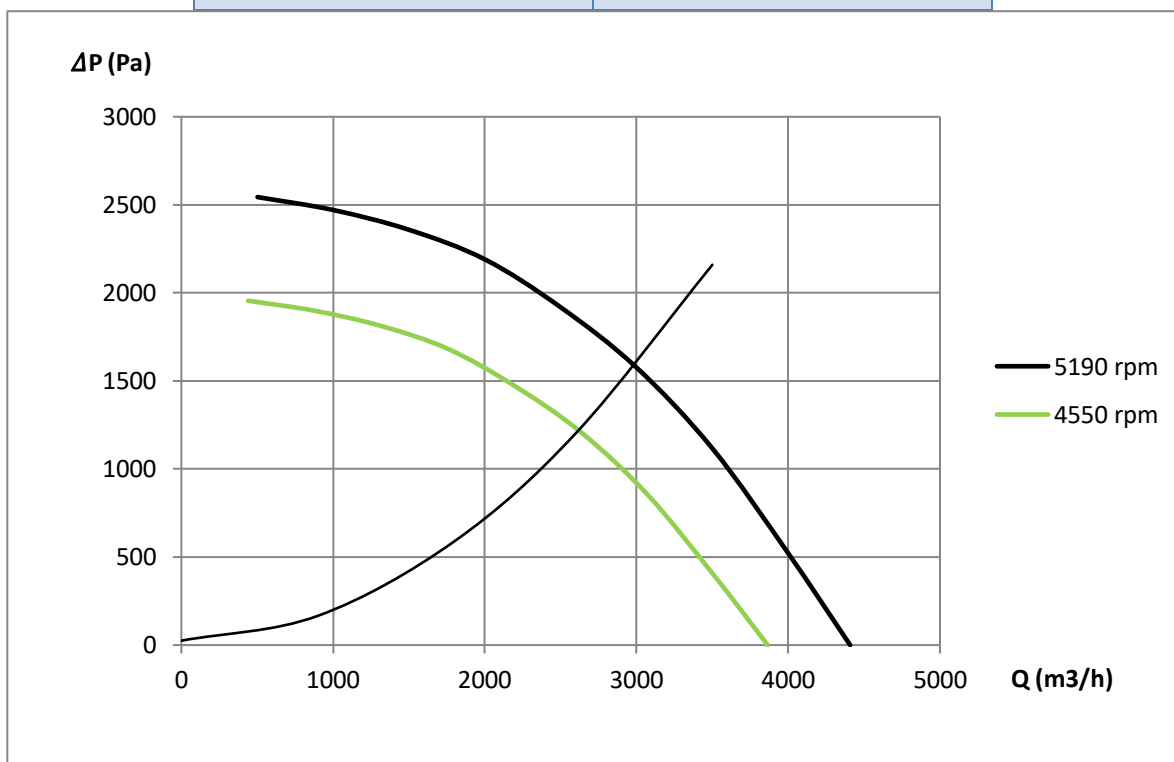
ID	Length	Notes
C	400 mm	
E	500 mm	
I	500 mm	
L	400 mm	
N	400 mm	
Q	500 mm	
S	500 mm	



### 9.4. Curvas de los ventiladores

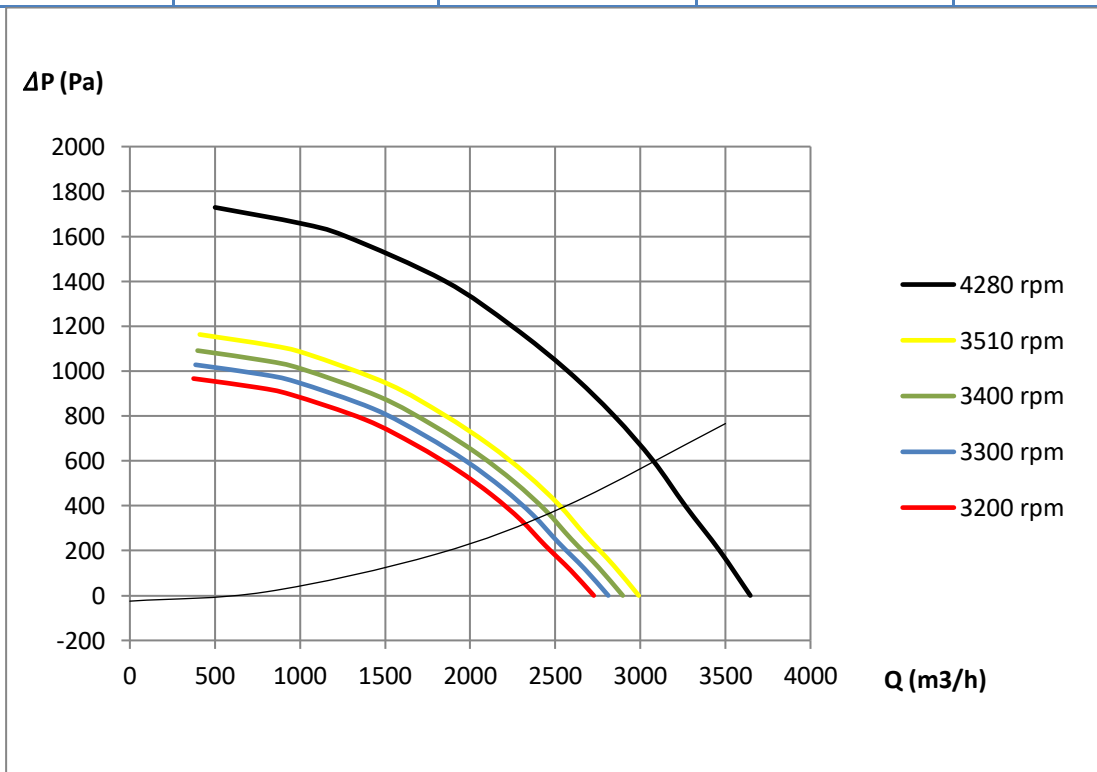
#### Impulsión en el quirófano en el caso de estudio. TPF25C-2-2200W.

5190 rpm		4550 rpm	
100%		87.67%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
502.04	2544.09	440.13	1955.33
997.96	2470.92	874.90	1899.09
1500.00	2358.35	1315.03	1812.58
2002.04	2189.49	1755.16	1682.80
2497.96	1919.32	2189.93	1475.15
3000.00	1575.98	2630.06	1211.27
3502.04	1114.45	3070.19	856.54
3997.96	523.45	3504.95	402.31
4408.16	0.00	3864.57	0.00



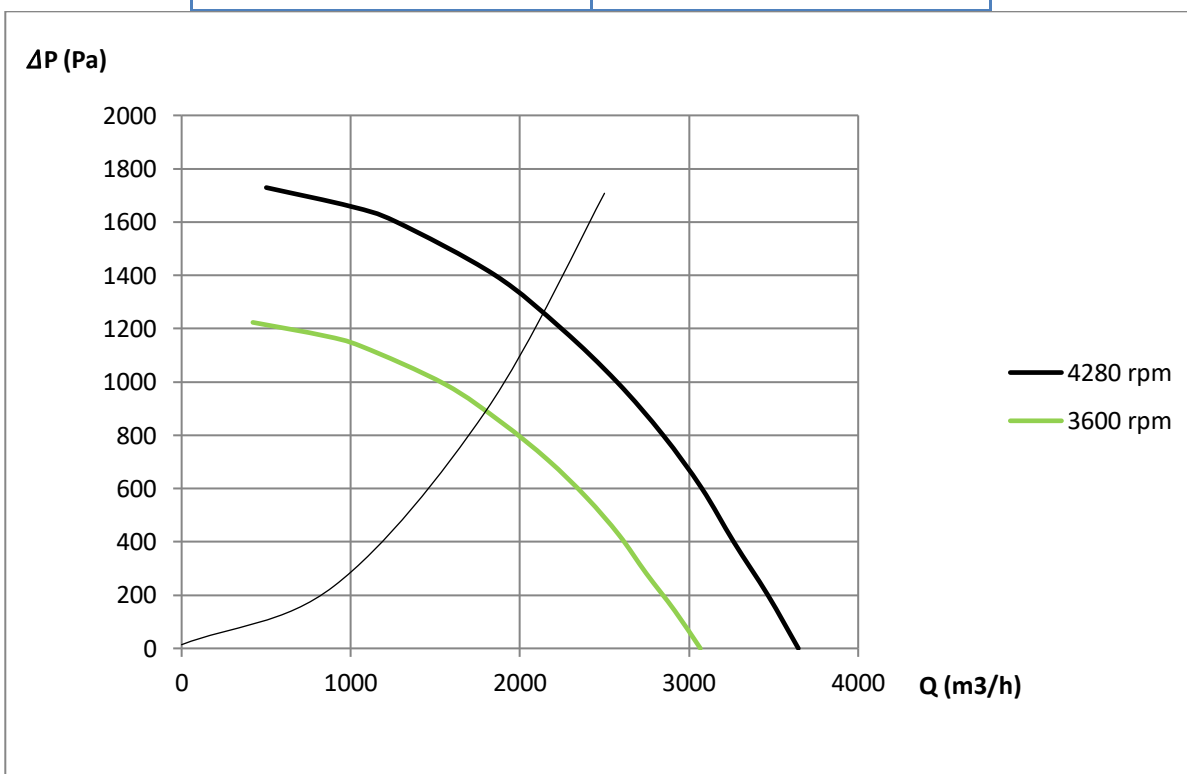
**Extracción en el quirófano en el caso de estudio. TPF25C-2-1100W.**

4280 rpm		3510 rpm		3400 rpm		3300 rpm		3200 rpm	
100%		82.01%		79.44%		77.10%		74.77%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
500.68	1729.08	410.60	1162.90	397.74	1091.15	386.04	1027.91	374.34	966.56
1001.36	1658.16	821.21	1115.20	795.47	1046.40	772.08	985.75	748.68	926.91
1268.03	1600.75	1039.90	1076.59	1007.31	1010.17	977.68	951.62	948.06	894.82
1850.34	1401.50	1517.45	942.58	1469.90	884.43	1426.66	833.17	1383.43	783.44
2247.62	1198.87	1843.26	806.31	1785.49	756.56	1732.98	712.71	1680.46	670.17
2574.15	999.62	2111.04	672.30	2044.89	630.82	1984.74	594.26	1924.60	558.79
2846.26	800.38	2334.20	538.29	2261.05	505.08	2194.55	475.81	2128.04	447.41
3074.83	601.13	2521.65	404.29	2442.62	379.35	2370.78	357.36	2298.94	336.03
3466.67	199.25	2842.99	134.01	2753.89	125.74	2672.90	118.45	2591.90	111.38
3646.26	0.00	2990.27	0.00	2896.56	0.00	2811.37	0.00	2726.17	0.00



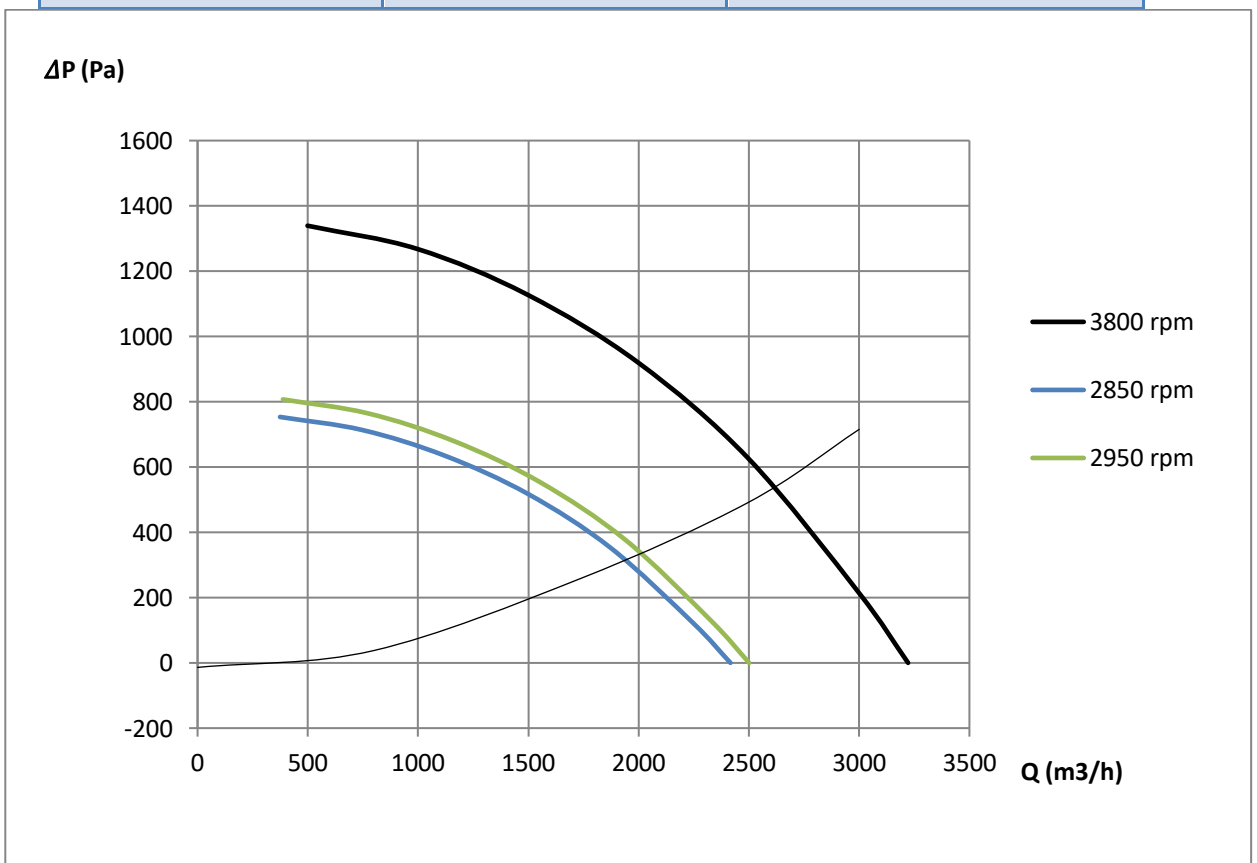
**Impulsión en el pasillo en el caso de estudio. TPF25C-2-1100W.**

4280 rpm		3600 rpm	
100%		84.11%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
500.68	1729.08	421.13	1223.30
1001.36	1658.16	842.27	1173.12
1268.03	1600.75	1066.56	1132.51
1850.34	1401.50	1556.36	991.54
2247.62	1198.87	1890.52	848.19
2574.15	999.62	2165.17	707.22
2846.26	800.38	2394.05	566.25
3074.83	601.13	2586.31	425.29
3466.67	199.25	2915.89	140.97
3646.26	0.00	3066.95	0.00



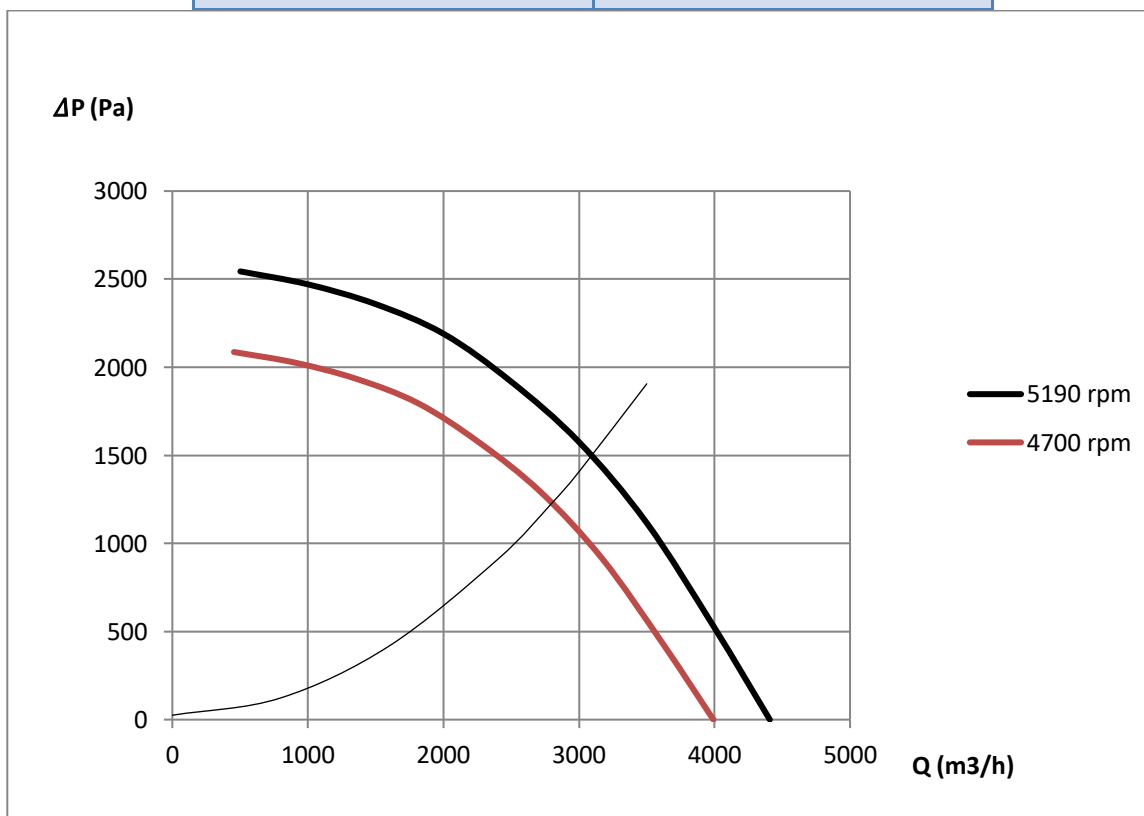
**Extracción en el pasillo en el caso de estudio. TPF25C-2-750W.**

3800 rpm		2850 rpm		2950 rpm	
100%		75%		77.63%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
498.63	1339.25	373.97	753.33	387.09	807.12
997.26	1267.92	747.95	713.21	774.19	764.13
1495.89	1127.92	1121.92	634.46	1161.28	679.76
1999.32	919.25	1499.49	517.08	1552.10	554.00
2497.95	626.04	1873.46	352.15	1939.20	377.29
2996.58	216.60	2247.44	121.84	2326.29	130.54
3221.92	0.00	2416.44	0.00	2501.23	0.00



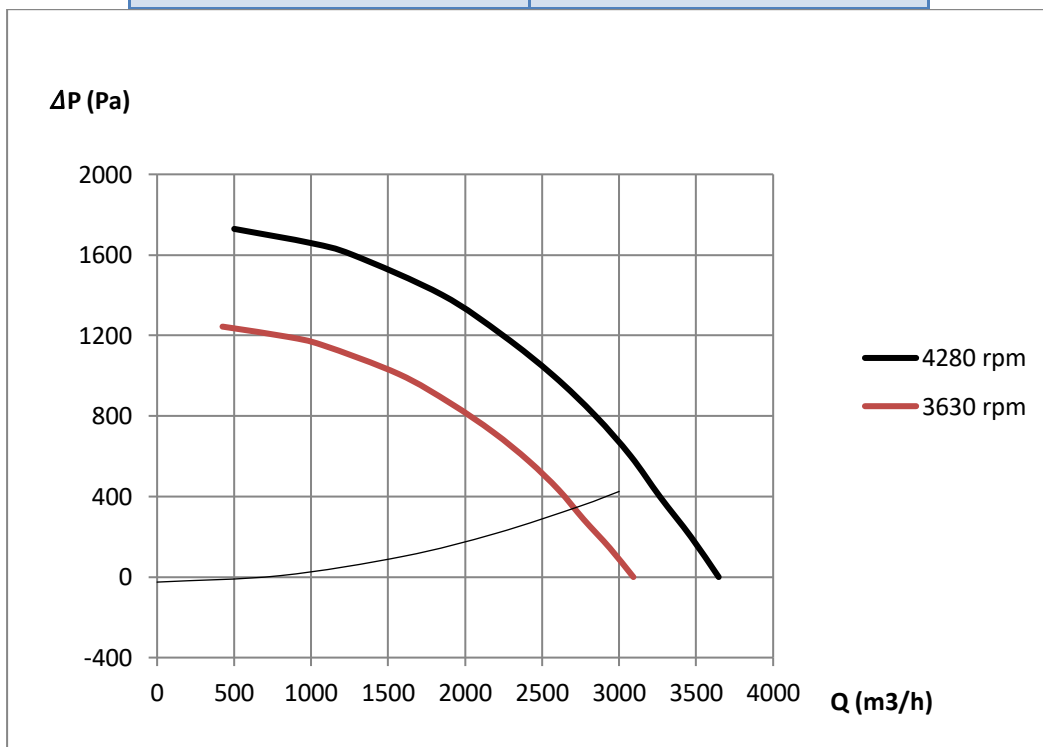
**Impulsión en el quirófano en el caso de esclusa única. TPF25C-2-2200W.**

5190 rpm		4700 rpm	
100%		90.56%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
502.04	2544.09	454.64	2086.38
997.96	2470.92	903.74	2026.37
1500.00	2358.35	1358.38	1934.06
2002.04	2189.49	1813.02	1795.58
2497.96	1919.32	2262.12	1574.02
3000.00	1575.98	2716.76	1292.45
3502.04	1114.45	3171.40	913.95
3997.96	523.45	3620.50	429.28
4408.16	0.00	3991.98	0.00



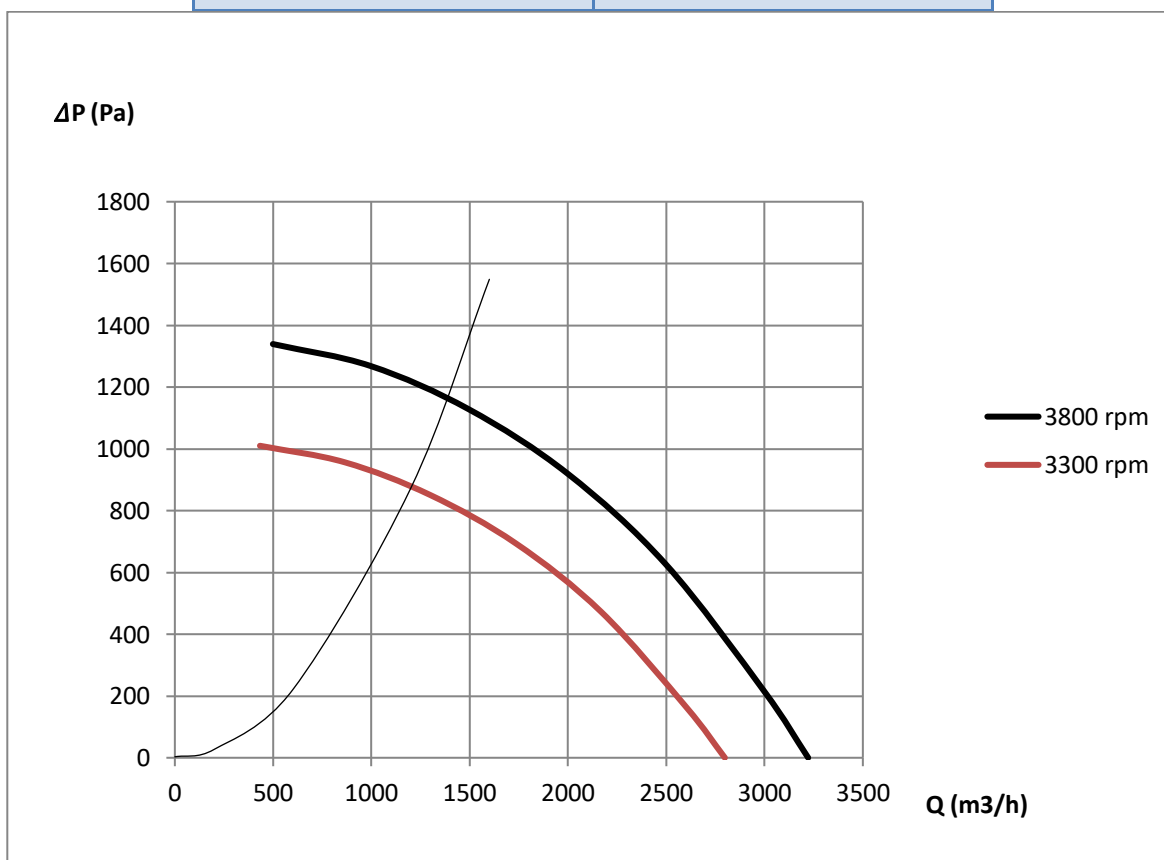
**Extracción en el quirófano en el caso de esclusa única. TPF25C-2-1100W.**

4280 rpm		3630 rpm	
100%		48.81%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
500.68	1729.08	424.64	1243.77
1001.36	1658.16	849.28	1192.76
1268.03	1600.75	1075.45	1151.46
1850.34	1401.50	1569.33	1008.14
2247.62	1198.87	1906.28	862.38
2574.15	999.62	2183.22	719.06
2846.26	800.38	2414.00	575.73
3074.83	601.13	2607.86	432.41
3265.31	398.50	2769.41	286.65
3466.67	199.25	2940.19	143.33
3646.26	0.00	3092.50	0.00



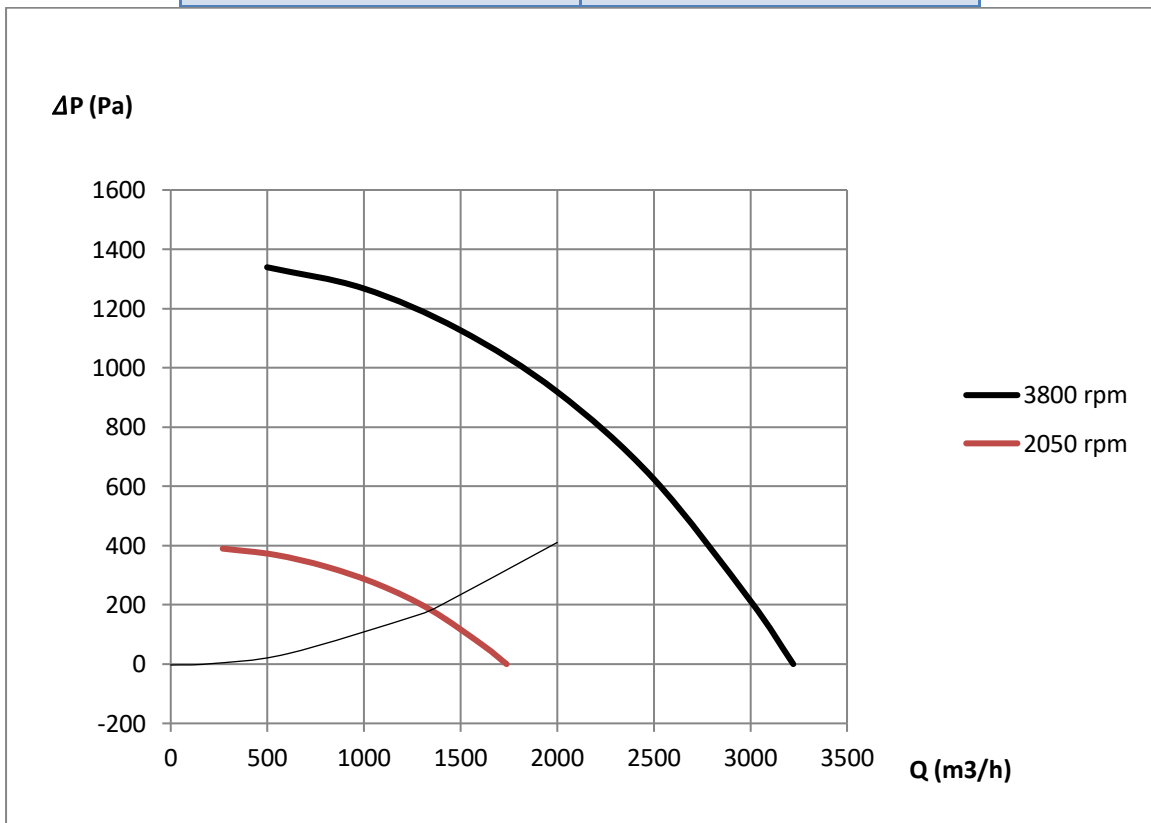
**Impulsión en el pasillo en el caso de esclusa única. TPF25C-2-750W.**

3800 rpm		3300 rpm	
100%		86.84%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
498.63	1339.25	433.02	1010.00
997.26	1267.92	866.04	956.21
1495.89	1127.92	1299.06	850.63
1999.32	919.25	1736.25	693.25
2497.95	626.04	2169.27	472.13
2996.58	216.60	2602.29	163.35
3221.92	0.00	2797.98	0.00



**Extracción en el pasillo en el caso de esclusa única. TPF25C-2-750W.**

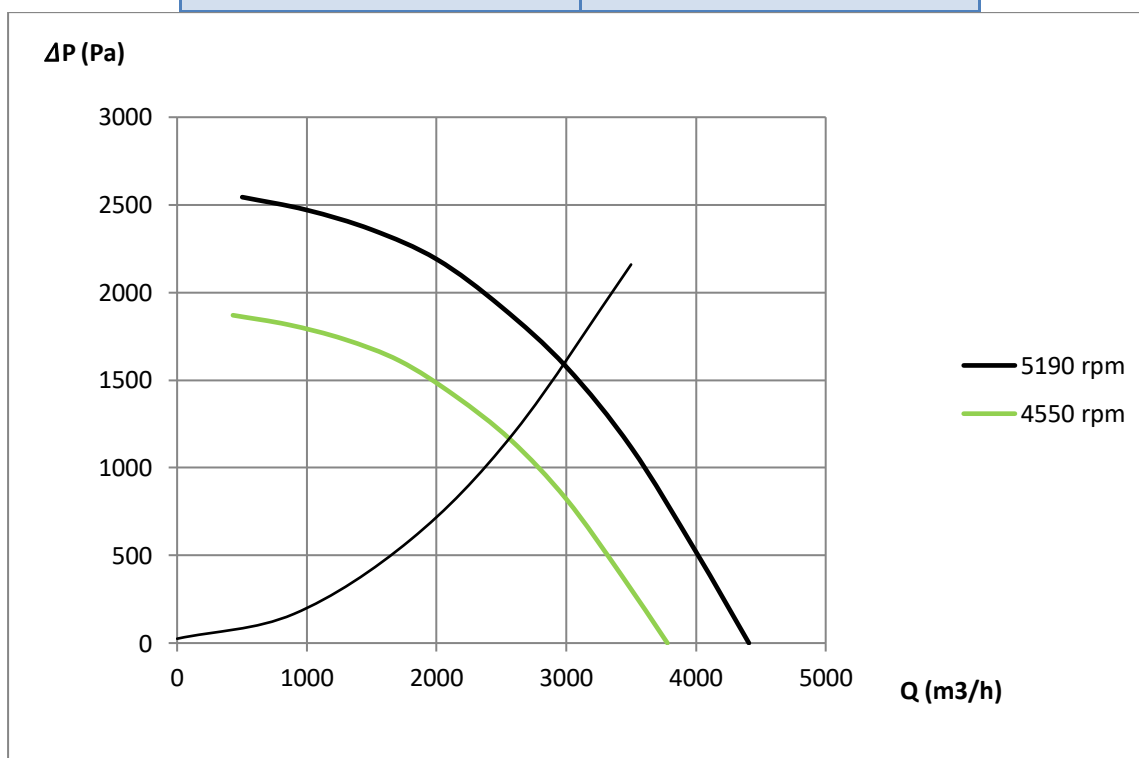
3800 rpm		2050 rpm	
100%		53.95%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
498.63	1339.25	269.00	389.76
997.26	1267.92	538.00	369.01
1495.89	1127.92	806.99	328.26
1999.32	919.25	1078.58	267.53
2497.95	626.04	1347.58	182.20
2996.58	216.60	1616.58	63.04
3221.92	0.00	1738.14	0.00





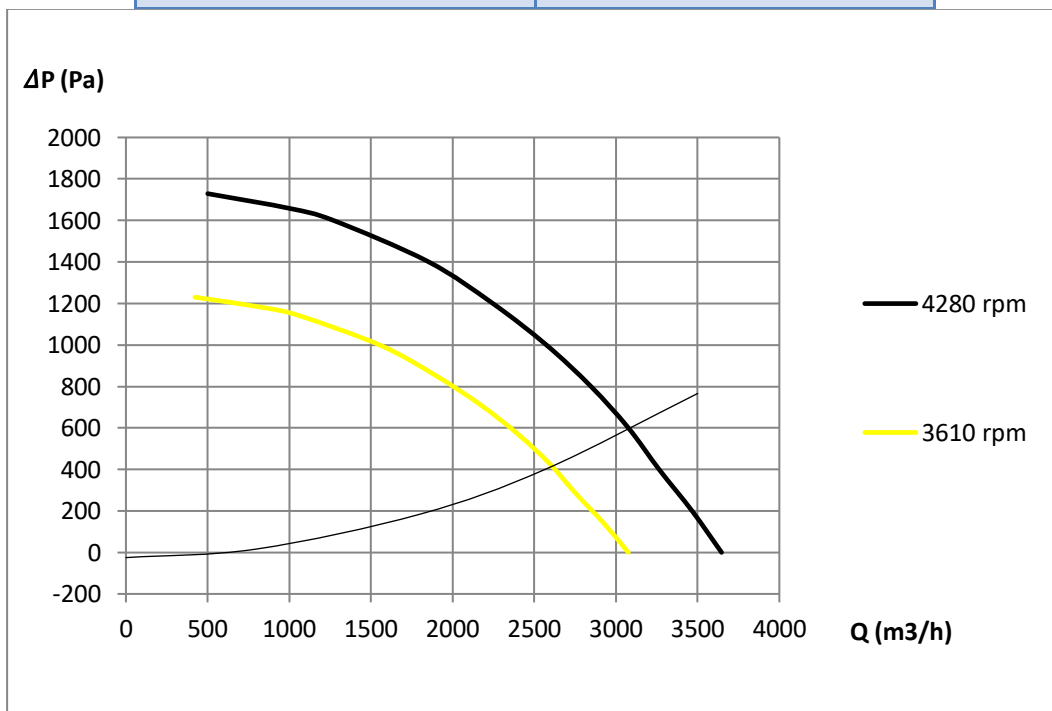
**Impulsión en el quirófano en el caso de la solución del acople de la extracción de la esclusa. TPF25C-2-2200W.**

5190 rpm		4450 rpm	
100%		85.74%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
502.04	2544.09	430.46	1870.33
997.96	2470.92	855.67	1816.54
1500.00	2358.35	1286.13	1733.78
2002.04	2189.49	1716.59	1609.64
2497.96	1919.32	2141.80	1411.02
3000.00	1575.98	2572.25	1158.61
3502.04	1114.45	3002.71	819.30
3997.96	523.45	3427.92	384.82
4408.16	0.00	3779.64	0.00



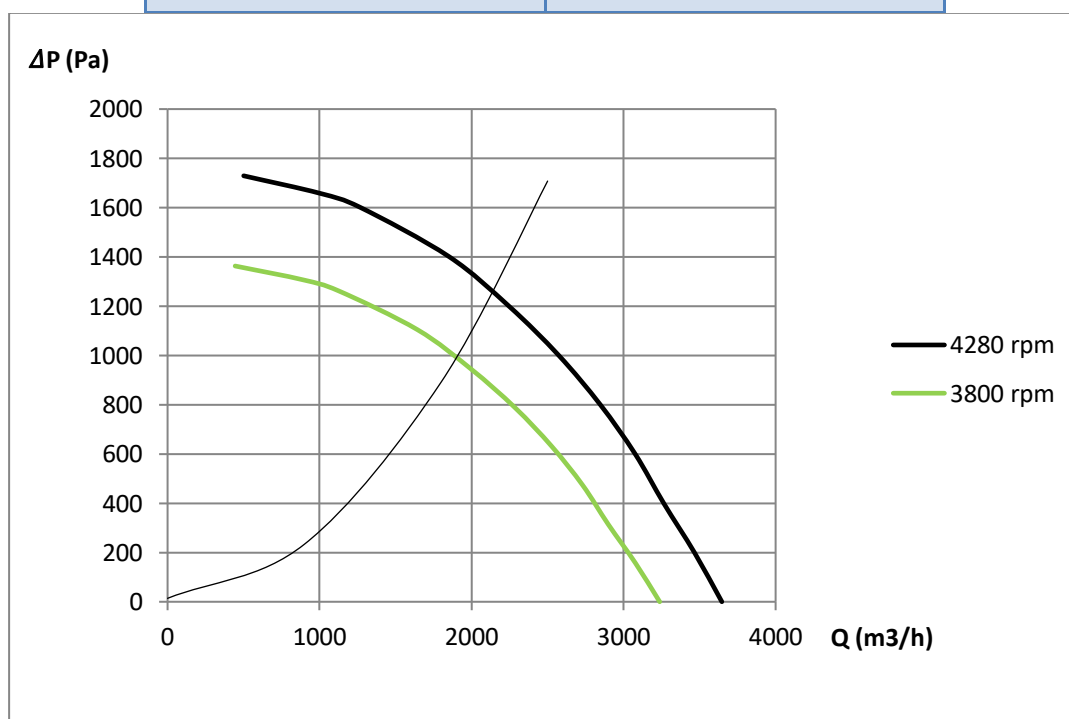
**Extracción en el quirófano en el caso de la solución del acople de la extracción de la esclusa. TPF25C-2-1100W.**

4280 rpm		3610 rpm	
100%		84.35%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
500.68	1729.08	422.30	1230.10
1001.36	1658.16	844.61	1179.65
1268.03	1600.75	1069.53	1138.81
1850.34	1401.50	1560.68	997.06
2247.62	1198.87	1895.77	852.90
2574.15	999.62	2171.19	711.15
2846.26	800.38	2400.70	569.40
3074.83	601.13	2593.49	427.65
3265.31	398.50	2754.15	283.50
3466.67	199.25	2923.99	141.75
3646.26	0.00	3075.47	0.00



**Impulsión en el pasillo en el caso de la solución del acople de la extracción de la esclusa. TPF25C-2-1100W.**

4280 rpm		3800 rpm	
100%		88.79%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
500.68	1729.08	444.53	1363.00
1001.36	1658.16	889.06	1307.09
1268.03	1600.75	1125.82	1261.84
1850.34	1401.50	1642.83	1104.77
2247.62	1198.87	1995.55	945.05
2574.15	999.62	2285.46	787.98
2846.26	800.38	2527.05	630.92
3074.83	601.13	2729.99	473.85
3265.31	398.50	2899.10	314.13
3466.67	199.25	3077.88	157.06
3646.26	0.00	3237.33	0.00



**Extracción en el pasillo en el caso de la solución del acople de la extracción de la esclusa. TPF25C-2-750W.**

3800 rpm		2930 rpm	
100%		50.79%	
Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)	Q (m3/h)	$\Delta P$ (Pa)
498.63	1339.25	253.25	345.47
997.26	1267.92	506.50	327.07
1495.89	1127.92	759.75	290.95
1999.32	919.25	1015.44	237.13
2497.95	626.04	1268.70	161.49
2996.58	216.60	1521.95	55.87
3221.92	0.00	1636.40	0.00

