

# MANUAL DE DISEÑO DE LA CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE QUIRÓFANOS Y HABITACIONES EN CENTROS HOSPITALARIOS DE CASTILLA Y LEÓN

Dr. Francisco Castro Ruiz  
Dr. Julio Fco. San José Alonso  
Dr. Jose Manuel Villafruela Espina  
Dr. Álvaro Guijarro Rubio

**MANUAL DE DISEÑO DE LA  
CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE  
QUIRÓFANOS Y HABITACIONES EN  
CENTROS HOSPITALARIOS DE  
CASTILLA Y LEÓN**

**Marzo 2011**

Autores:

**Dr. Francisco Castro Ruiz (1)**  
**Dr. Julio Fco. San José Alonso (1)**  
**Dr. José Manuel Villafuela Espina (1)**  
**D. Álvaro Guijarro Rubio (2)**

(1) Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica  
Universidad de Valladolid

(2) Servicio de Infraestructuras y Patrimonio, D.G.A.I.  
GERENCIA REGIONAL DE SALUD DE CASTILLA Y LEÓN

ISBN: 978-84-614-4588-9

Depósito Legal: VA-147/2011

Imprime: Mata Digital, S.L.

Pza. de la Universidad, 2

47002 Valladolid

## MANUAL DE DISEÑO DE LA CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE QUIRÓFANOS Y HABITACIONES EN CENTROS HOSPITALARIOS DE CASTILLA Y LEÓN

Los **hospitales** y otras instalaciones sanitarias son ambientes delicados que requieren una climatización y ventilación cuidada tanto para conseguir confort como para controlar la presencia de partículas infecciosas para el paciente, el personal y los visitantes. La **calidad del aire interior** es más crítica en las dependencias sanitarias que en otros ambientes interiores debido a la presencia de multitud de microorganismos y agentes químicos peligrosos y también a la mayor susceptibilidad de los pacientes. Conseguir una climatización y ventilación capaz de satisfacer eficientemente todas las a menudo contradictorias necesidades, es un gran reto. Además, en la actualidad no están unánimemente reconocidas las soluciones a adoptar para lograr un adecuado ambiente interior.

De todas las dependencias hospitalarias, es en las **habitaciones de hospitalización de aislados (infecciosos o inmunodeprimidos) y en los quirófanos**, donde el concepto de calidad de aire interior (IAQ) tiene una transcendencia vital. Todas las habitaciones de hospitalización deben proporcionar un ambiente adecuado para la recuperación del paciente y el correcto desarrollo de la actividad de los profesionales sanitarios que le atienden.

Este libro pretende ser una guía que aporte criterios y soluciones a este tipo de ambientes complejos, para que las personas que estén en su interior disfruten de una buena calidad ambiental.

**Marzo 2011**



## ÍNDICE

### PARTE I. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE QUIRÓFANOS

INTRODUCCIÓN .....	9
CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS .....	10
CLIMATIZADORAS Y CONDUCTOS .....	14
MOVIMIENTO DEL AIRE ENTRE LOCALES. PRESURIZACIÓN .....	20
CLASIFICACIÓN DE LOS QUIRÓFANOS .....	22
CALIDAD DEL AIRE Y CONDICIONES DE CONFORT .....	23
DISTRIBUCIÓN DEL AIRE EN EL QUIRÓFANO .....	29
REGULACIÓN Y PUESTA EN MARCHA .....	31
CERTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DEL QUIRÓFANO .....	33
BIBLIOGRAFÍA .....	36

### PARTE II. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE HABITACIONES ORDINARIAS

INTRODUCCIÓN .....	43
CONDICIONES DE DISEÑO .....	43
SISTEMAS DE VENTILACIÓN .....	44
SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	48
RECEPCIÓN .....	49
MANTENIMIENTO .....	50
BIBLIOGRAFÍA .....	51

### PARTE III. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN DE HABITACIONES DE AISLADOS

INTRODUCCIÓN .....	55
CONDICIONES DE DISEÑO .....	55
SISTEMAS DE VENTILACIÓN .....	59

SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN .....	63
RECEPCIÓN.....	63
MANTENIMIENTO .....	64
BIBLIOGRAFÍA .....	65

**PARTE IV. ANEXOS**

NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA. QUIRÓFANOS.....	69
ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN DE SALAS LIMPIAS .....	73
ZONAS DE OCUPACIÓN .....	75
PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA.....	79
PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO .....	80

Parte I

Climatización y ventilación  
de  
quirófanos





## INTRODUCCIÓN

Esta directriz tiene por objeto definir las condiciones y criterios de diseño de los sistemas de climatización y ventilación para quirófanos y bloques quirúrgicos de los hospitales de Castilla y León.

El bloque quirúrgico o área quirúrgica de un hospital suele estar constituido 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.

La finalidad de los sistemas de climatización y ventilación del bloque quirúrgico es minimizar la transferencia aérea de gérmenes de las salas menos limpias a las más limpias y mantener la calidad del aire y las condiciones de temperatura y humedad dentro de los niveles aceptables, garantizando a la vez que los propios sistemas de climatización no sean una fuente de contaminación e infecciones.

Dadas las peculiaridades de los quirófanos se precisa con más detalle las funciones que deben cumplir sus instalaciones de acondicionamiento de aire (véase las referencias [30], [36] y [37]):

- 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<sup>1</sup>, humedad y la ventilación.

En el anexo "Normativa y documentos de referencia. Quirófanos" se recoge la normativa nacional vigente actualmente sobre este tema. También se ha incorporado un resumen con los parámetros que se establecen en la normativa internacional sobre el tema. Finalmente se presentan en ese mismo anexo los documentos de organismos públicos que se han utilizado como referencia.

---

<sup>1</sup> En ciertos tipos de operaciones el cirujano puede demandar una bajada rápida de la temperatura de la sala anteponiendo las necesidades médicas a las de confort.

## CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS

### QUIRÓFANO Y SUS SALAS ANEXAS AUXILIARES

Ni en el quirófano ni en sus salas anexas auxiliares (lavado, esclusa de acceso, esclusa de sucio) debe haber ventanas ni ningún otro tipo de comunicación con el exterior del edificio. Se deben cuidar todos los cerramientos, incluido el techo, para conseguir un recinto estanco.

### ACCESOS AL QUIRÓFANO

Minimizar el número de locales comunicados con el quirófano facilita la estanqueidad, reduce el tráfico y simplifica las estrategias de control del movimiento del aire.

El quirófano es una parte del bloque quirúrgico. Al quirófano se accede a través de sus salas anexas auxiliares de uso exclusivo para el quirófano. Estas salas podrían ser (apartado 6.18 de [37]):

- 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. En este caso, la puerta de entrada al quirófano es un inconveniente para el personal quirúrgico y podría reemplazarse por una apertura siempre y cuando la otra puerta, la de acceso al pasillo, sea estanca.
- **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 (véase apartado "Configuraciones"). Debe separarse del quirófano por una puerta o trampilla estanca y del pasillo por puerta estanca. 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, por lo que si existe esclusa de sucio se puede prescindir del pasillo de sucio.

Excepto el pasillo de sucio, el resto de salas anexas al quirófano no podrán ser de uso compartido para dos o más quirófanos. Si bien compartir dependencias puede ser atractivo desde algunos puntos de vista, dificulta el control del movimiento de aire entre locales.

La organización de las salas anexas al quirófano será de forma que se acceda progresivamente desde las zonas menos limpias a las más limpias.

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 quirúrgico durante la intervención sea corredera para minimizar las perturbaciones del flujo, especialmente en el caso de quirófanos tipo A (flujo unidireccional).

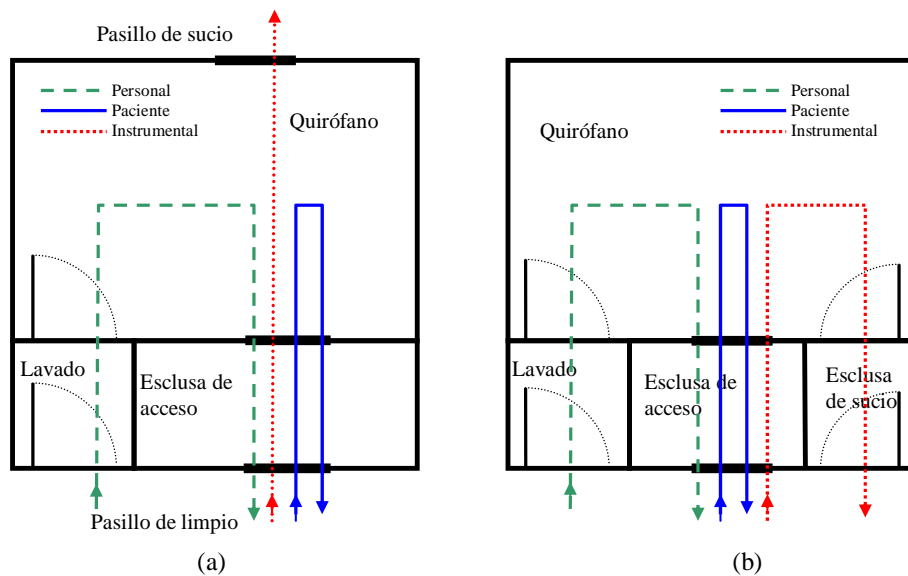


Figura 1. Circuitos para la configuración de: (a) pasillo doble y (b) pasillo único

### CONFIGURACIONES

La mayoría de los quirófanos actuales se pueden agrupar en dos configuraciones generales:

Con pasillo doble (Figura 1a). Son aquellos que disponen de un pasillo de limpio y otro de sucio. Por el de limpio entran y salen del quirófano el paciente y personal sanitario y también entra el instrumental estéril. Por el de sucio sale el instrumental utilizado en la intervención y los desechos.

Con pasillo único (Figura 1b). Son aquellos que disponen de un único pasillo por donde entran y salen del quirófano 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.

En la Figura 1 se muestran los circuitos de personal, paciente e instrumental para las dos configuraciones.

## BLOQUE QUIRÚRGICO

Se recomienda que el número de quirófanos por bloque quirúrgico no sea superior a ocho, más quirófanos dificultan el mantenimiento de la disciplina [31] y la climatización.

El bloque quirúrgico o área quirúrgica debe independizarse de las circulaciones generales del hospital. Se recomienda el uso de esclusas de aire<sup>2</sup> con puertas automáticas íter-bloqueadas para el acceso al bloque quirúrgico.

La organización de las dependencias del bloque quirúrgico será de manera que se acceda progresivamente desde las zonas menos limpias a las más limpias.

El proyecto incluirá planos del bloque quirúrgico con los circuitos previstos de personal, pacientes y materiales. Se recomienda que estos circuitos estén debidamente señalizados en el propio bloque quirúrgico.

Debe prestarse especial interés a la situación y aislamiento de los posibles ascensores o montacargas del bloque quirúrgico. Estos elementos dificultan el equilibrado de presiones y pueden producir infiltraciones de aire contaminado.

En caso de optar por la configuración de pasillo doble, la comunicación entre el pasillo de limpio y el de sucio debe hacerse con un sistema de doble puerta estanca y de cierre hermético (esclusa), considerando la posibilidad de enclavamiento. Se

---

<sup>2</sup> La norma UNE 100713:2005 preconiza la instalación de esclusas de aire entre locales de clase I (todos los del bloque quirúrgico lo son) y locales de clase II (los pasillos ajenos al bloque quirúrgico lo son). Además, recomienda evitar la apertura simultánea de la puerta de entrada y la de salida con puertas automáticas interbloqueadas como única manera de asegurar una separación eficaz.

No obstante, debido el elevado tránsito de personal en la zona de acceso al bloque quirúrgico, se puede anular el interbloqueo automático manteniendo la apertura y cierre con detectores de presencia. Para que la esclusa sin interbloqueo automático tenga un mínimo de eficacia, debe haber una separación entre puertas y una velocidad de apertura y cierre mínimas. La apertura de la segunda puerta será posterior al cierre de la primera, suponiendo una velocidad de paso normal de una persona de alrededor de 1,3 m/s.

pretende así garantizar la diferencia de presiones y minimizar los flujos indebidos de personal.

Se aconseja evitar la presencia de ventanas y persianas en todo el bloque quirúrgico, especialmente en las inmediaciones de los quirófanos y en los pasillos de sucio y de limpio. En caso de haber ventanas en alguna dependencia del bloque quirúrgico se cuidará que no sean practicables y se asegurará la estanqueidad del cerramiento completo.

El diseño de las instalaciones de climatización se hará de manera que para su operación y mantenimiento no sea necesario acceder a las áreas limpias.

### **SALA DE CLIMATIZADORAS**

La maquinaria estará situada en un recinto cubierto y cerrado<sup>3</sup>, de uso específico, con acceso independiente y, en la medida de lo posible, próximo al área quirúrgica para reducir al máximo la longitud de los conductos.

Si las salas que albergan las climatizadoras se encuentran en el exterior es posible que haya que introducir la maquinaria antes que los techos. Además, durante la ejecución de las obras es muy importante que las climatizadoras permanezcan selladas, con los filtros montados y tapadas convenientemente.

Se procurará que la construcción de la sala de climatizadoras se inicie al terminar la obra gruesa del resto del hospital. Las climatizadoras se llevarán una vez acabada y pintada la sala. Las climatizadoras deben llegar a la obra puntualmente, no deben almacenarse en el exterior de la sala.

Las aperturas para el paso del aire exterior a la sala de climatizadoras estarán dotadas de una malla metálica tupida que impida la entrada de papeles, bolsas, plumas, pequeños animales, etc.

Para evitar una colmatación prematura del prefiltro se prestará cuidado en mantener la limpieza de la sala de climatizadoras. Se evitará el abandono de embalajes en la sala así como que sea utilizada para otros fines, como por ejemplo almacén.

---

<sup>3</sup> Los climatizadores o UTA's situados en la intemperie presentan varias desventajas: soportan más humedad y suciedad, los prefiltros necesitan mantenimiento más frecuente, las revisiones pueden coincidir con días de lluvia o viento, la oxidación y envejecimiento del climatizador se acelera, se necesita más aporte de calor o frío y por tanto aumenta el consumo y, por último, los saltos térmicos perjudican la estanqueidad de las uniones entre conductos y climatizador y necesitan mayor mantenimiento [8].

## CLIMATIZADORAS Y CONDUCTOS

### CLIMATIZADORAS

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.

#### NÚMERO DE CLIMATIZADORAS

Se utilizarán una climatizadora por quirófano y un extractor por quirófano<sup>4</sup>. Con esta premisa se puede optar por dos estrategias:

Estrategia I: Una climatizadora de uso exclusivo para el quirófano y sus salas anexas auxiliares.

Estrategia II: Una climatizadora de uso exclusivo para cada quirófano. Otra de uso compartido para las salas anexas auxiliares (zonas de lavado y cepillado, esclusa de acceso y esclusa de sucio si la hubiere) de varios quirófanos.

Como se ha optado por salas anexas auxiliares independientes para cada quirófano se recomienda la estrategia I. Se evita que el paro de una climatizadora afecte a varios quirófanos y se facilita el mantenimiento de presiones diferenciales y caudales cuando el sistema de climatización del quirófano esté en modo de funcionamiento “en espera” (véase el apartado “Funcionamiento del quirófano fuera de horas de servicio”).

En cualquier caso las climatizadoras del resto del bloque quirúrgico no se utilizarán para climatizar ni quirófanos ni salas anexas auxiliares.

#### TIPO DE CLIMATIZADORAS

Climatizadores de tipo higiénico según la norma UNE 1886:2008.

Acabado interior de paredes lisas, preferiblemente de acero inoxidable y con cantos romos para evitar la acumulación de suciedad.

Las carcasas de soporte de filtros serán estancas para evitar *by-pass* y las puertas y uniones entre paneles deberán ser de alta estanqueidad para evitar el paso de aire sin filtrar desde la sala de climatizadoras.

---

<sup>4</sup> Así el riesgo de contaminación se acota, se facilita el ajuste de los flujos de aire, se independizan los ajustes de temperatura humedad y caudal, las averías y el mantenimiento sólo suspenden la actividad de un quirófano, se reducen los tiempos de mantenimiento, reparaciones, limpieza, etc., la programación de paros es más sencilla, el nivel sonoro disminuye,...

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.

Baterías accesibles desde ambos lados para facilitar la limpieza y mantenimiento a cada una de las secciones de las climatizadoras.

Bandeja de condensados de acero inoxidable, con pendiente para evitar el estancamiento de agua. El desagüe de sección mínima 35 mm con sifón conectado a una bajante independiente o a la de pluviales, pero nunca a la de saneamiento.

Enclavamiento de emergencia entre el ventilador de extracción y el de impulsión, de manera que si falla éste se pare aquél. De no estar enclavado podría funcionar sólo la extracción poniendo al quirófano en depresión.

Las climatizadoras deben llegar limpias de fábrica, con todos los accesos a su interior cerrados y precintados. Las protecciones de plástico se mantendrán hasta el momento de proceder a su instalación.

## **SISTEMA DE HUMECTACIÓN**

La humectación se realiza mediante vapor. El agua que se utilice para producir vapor debe tener, como mínimo, calidad de agua potable. Para evitar el crecimiento de gérmenes se debe proceder, en caso de ser necesario, a un tratamiento del agua. En cada momento se debe garantizar la inocuidad toxicológica del aire de impulsión.

El dispositivo de humectación, lanza de vapor, se coloca delante del segundo nivel de filtración y sobre una bandeja de condensación.

El sistema de humectación se diseña para que no se produzcan condensaciones ni en el climatizador ni en los conductos.

Se debe prestar especial atención a la limpieza sistemática y, cuando proceda, a la desinfección de los humectadores de aire, incluyendo el depósito de agua, así como las baterías de calefacción o refrigeración, junto con las bandejas de recogida de agua de condensación (Punto 9 de la norma UNE 100713:2005).

## **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 [15].



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 1.

**Tabla 1. Eficiencias y pérdidas de carga de los recuperadores de calor (RITE).**

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

## BATERÍAS

La batería del climatizador es un posible foco de fijación de polvo y crecimiento de microorganismos por lo que es importante facilitar el acceso para labores de limpieza.

Si son necesarias más de 4 filas de tubos se recomienda dividir la batería en secciones de no más de cuatro tubos, con acceso intermedio para limpieza, además de los accesos al inicio de la primera y detrás de la última sección. El espacio entre secciones será de al menos 60 cm.

Para evitar el arrastre de gotas, la velocidad de paso del aire por la batería no debería exceder de 2,5 m/s.

## TOMAS Y DESCARGAS DE AIRE

Para mantener la calidad del aire en el interior del bloque quirúrgico es primordial la situación de la tomas de aire exterior respecto de fuentes de contaminación (descargas de aire, humos, terreno, cubiertas, etc.).

Se seguirán las recomendaciones establecidas en el apartado 6.1 de la norma UNE 100713:2005 sobre tomas de aire exterior y salidas de aire de expulsión.

En la Tabla 2 se indican las distancias mínimas entre la toma de aire exterior y algunas fuentes de contaminación que se recomiendan en la norma.

**Tabla 2. Distancias mínimas desde las tomas de aire exterior a fuentes de contaminación.**

Fuente de contaminación	Distancia mínima (m)
Lugar de circulación de vehículos	10
Cubiertas o tejados	2,5
Terreno	2,5

Las descargas de aire serán conducidas hasta el exterior de la sala de climatizadoras.

A efectos de cálculo de las distancias entre descargas y tomas de aire exterior se considerará que las tomas de aire exterior son las rejillas que permiten el paso de aire a la sala de climatizadoras, no las de las climatizadoras.

Para establecer las distancias entre descargas y tomas de aire exterior se usará la expresión propuesta en UNE 100713:2005:

$$d = 0.04 \sqrt{Q} \left( \sqrt{f} \pm \frac{V}{2} \right)$$

donde  $d$  es la distancia mínima de separación en metros,  $Q$  es el caudal de descarga en l/s, se considerará que el aire extraído de los quirófanos es de clase 3, correspondiéndole un factor de dilución  $k=15$ ,  $V$  es la velocidad de descarga en m/s y se toma el signo “+” si la toma de aire exterior está orientada hacia la descarga y “-” en caso contrario. Esta expresión es válida para caudales entre 75 y 1500 l/s; para caudales superiores o inferiores se emplea el valor límite correspondiente.

La separación mínima entre descargas de aire procedente de quirófanos y aberturas, tales como puertas o ventanas será de al menos la mitad de la proporcionada por la fórmula anterior.

Las distancias indicadas representan valores mínimos que, debido tanto a la variabilidad de las condiciones meteorológicas como a las estructuras de los edificios colindantes y a la orografía del terreno, deben ser objeto de análisis crítico.

Las tomas de aire exterior no deben estar al alcance de personas no autorizadas.

Las tomas de aire exterior y las descargas de aire deben estar protegidas, de la entrada de agua de lluvia mediante rejillas de lamas inclinadas a 45° hacia abajo y por una malla con una luz de paso de 5 mm como máximo.

## CONDUCTOS

Se recuerda el cumplimiento del punto 6.2 de la norma UNE 100713:2005 sobre exigencias técnicas e higiénicas de los conductos de aire.

Se usarán conductos de chapa interior lisa y preferiblemente de sección circular para disminuir la acumulación de suciedad y facilitar su limpieza.

Las paredes de los conductos deben tener la resistencia adecuada a la presión de servicio y deben ser resistentes a la abrasión.

Nivel de estanqueidad según la norma UNE EN 1507:2007 en caso de tratarse de conductos de sección rectangular.

No se permite el empleo de tramos de conducto flexible.

Los conductos, transformaciones y conexiones deben realizarse de forma aerodinámica, evitando la acumulación en su interior de partículas de polvo u otras impurezas. Las curvas deben tener un radio superior a 1,5 veces el diámetro del conducto.

Para evitar ruidos y pérdidas de carga se evitarán las reducciones de la sección de paso, incluso cuando se trate de salvar obstáculos arquitectónicos o instalaciones.

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. En el conducto de impulsión la compuerta de cierre se colocará antes del tercer nivel de filtración. En conducto de extracción la compuerta de cierre se colocará en un tramo de conducto antes de la unión con conductos procedentes de otros locales, aunque sean del mismo tipo.

Dentro de los conductos no se admiten instalaciones ajenas al ámbito de la instalación de acondicionamiento de aire.

Se minimizarán los tramos de conducto que van desde la toma de aire hasta el ventilador de impulsión por estar en depresión.

## **REGISTROS**

Los conductos deben estar provistos de registros para inspección y limpieza de acuerdo con la norma UNE-ENV 12097:2007.

En la zona donde se encuentren elementos instalados dentro de los conductos de distribución de aire (compuertas de cierre, reguladores de caudal, baterías, etc.) se colocarán registros para su mantenimiento. Su situación se señalará de forma bien visible y, cuando estas instalaciones se encuentren sobre un falso techo, éste debe ser practicable allí donde exista un registro.

## **CUIDADOS ESPECIALES DURANTE LA INSTALACIÓN**

Se recomienda que estas instalaciones se ejecuten por personal especializado, concienciado y adecuadamente supervisado.

Independientemente de las labores de limpieza y desinfección antes de su puesta en marcha y para evitar la entrada de polvo y suciedad mientras duren las obras, se pondrá especial cuidado en que los conductos permanezcan permanentemente sellados.

Se debe prestar especial atención a no ensuciar las paredes interiores de los conductos durante su transporte, almacenamiento o montaje.

Se minimizará el stock en obra y se almacenarán en lugares limpios. Se desecharán los tramos sucios. Se evitará que el montaje coincida con tareas que generan polvo. Al terminar los trabajos diarios de montaje se protegerán con plásticos las bocas de aire. En definitiva, durante la instalación se tomarán medidas para evitar la suciedad.

Durante la instalación de cualquier conducto perteneciente al sistema de climatización de los quirófanos, se prestará especial cuidado a su montaje para conseguir el mayor nivel de estanqueidad.

Se retardará la instalación de los elementos terminales y una vez colocados se protegerán y se verificará la estanqueidad.

### **REJILLAS DE IMPULSIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE**

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<sup>5</sup>.

La unión entre la rejilla y el conducto de extracción se hará de forma gradual, evitando los cambios bruscos de sección.

Las lamas de las rejillas de extracción serán verticales para minimizar las superficies horizontales susceptibles de acumulación de polvo [8].

En algunos casos puede ser recomendable que las rejillas de extracción sean de sección triangular, para así tratar de evitar que las obture cualquier tipo de mobiliario [8].

---

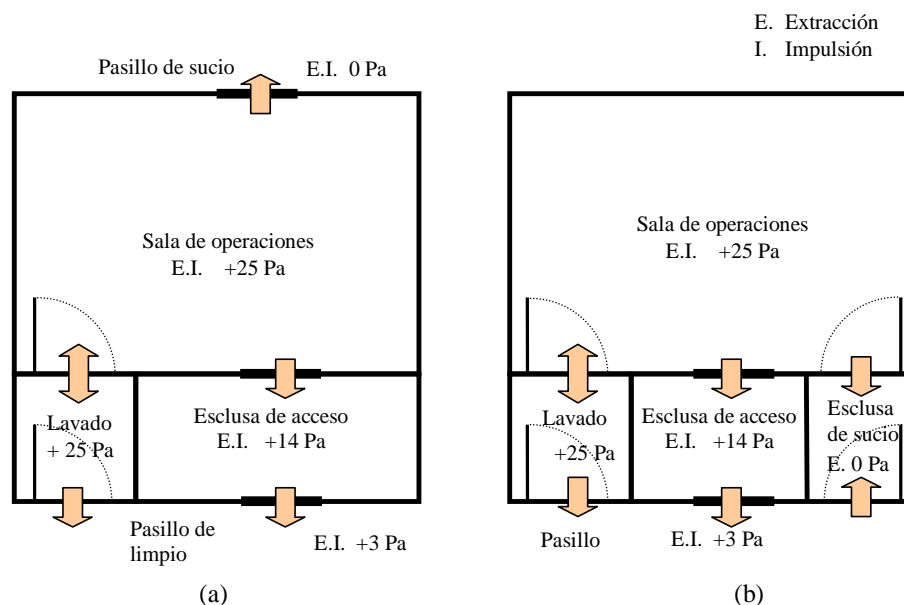
<sup>5</sup> Con esto se pretende evitar que la sobrepresión se consiga a costa de disminuir el caudal.

## MOVIMIENTO DEL AIRE ENTRE LOCALES. PRESURIZACIÓN

### QUIRÓFANO Y SALAS ANEXAS AUXILIARES

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

En la Figura 2 se recoge de manera esquemática el sentido de los flujos de aire que deben existir entre el quirófono y sus salas anexas auxiliares para la configuración de pasillo doble y pasillo único.



**Figura 2. Movimiento de aire para la configuración de: a) dos pasillos y b) un pasillo.**

El control del sentido de los flujos de aire se consigue manteniendo un escalonamiento riguroso de la presión entre las dependencias (Figura 2), de forma que el movimiento del aire se produzca de la zona más limpia a la menos limpia.

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

En el dimensionado de los sifones de los desagües se tendrá en cuenta la sobrepresión de las salas.

Las presiones relativas entre las diferentes salas anexas auxiliares al quirófano se recogen en la Figura 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. Véase apartado 6.12 de [37].
- Controlando la velocidad de giro de los ventiladores de impulsión y extracción y por lo tanto los caudales.

Las rejillas de paso o las holguras bajo puertas correctamente dimensionadas permiten pasar al aire en cualquier dirección entre dos dependencias con los mismos requerimientos de sobrepresión.

### **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.

### **RESTO DEL BLOQUE QUIRÚRGICO**

El resto del bloque quirúrgico se mantendrá sobrepresionado con +3 Pa respecto del resto del hospital. Para conseguirlo se recomienda el uso de esclusas de aire en la zona de acceso al bloque quirúrgico, se evitará la presencia de ventanas y se prestará especial cuidado a la situación y aislamiento de ascensores o montacargas. También se tendrán en cuenta las ventanas de dispensación de farmacia y de instrumental, ropa sucia, evacuación de basura o cualquier otro elemento que pueda llegar a comunicar con otros espacios, climatizados o no, del edificio.

En caso de existir pasillo de sucio, su comunicación con el de limpio se hará mediante esclusa (véase apartado "Bloque quirúrgico").

## 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.

**Tabla 3. Clasificación de los quirófanos<sup>6</sup>.**

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

Conforme a esta clasificación 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.

<sup>6</sup> La norma UNE 100713:2005 clasifica los quirófanos en Tipo A y Tipo B, clasificación análoga a la que sigue la guía del INSALUD [28] y las recomendaciones del Servicio de Salud Vasco [13]. Siguiendo el criterio de diversas empresas de ingeniería y consultoría como SEGLA [11] y el Grupo JG [15] se ha añadido un a tercera categoría, Tipo C, para quirófanos ambulatorios.

<sup>7</sup> En la norma europea en elaboración "Ventilation for hospitals" se clasifican las clases de aire de las habitaciones de acuerdo a requisitos higiénicos en: H1, Protected operating zone", "H2 Protective isolation", "H3 Source isolation" y H4 Other rooms". Los quirófanos entrarían en la clase H1 y se dividirían en subclases: H1a cuando la zona a proteger es superior a 9 m<sup>2</sup>, H1b cuando la zona a proteger es inferior a 9 m<sup>2</sup> y H1c cuando no se define una zona de protección.

## CALIDAD DEL AIRE Y CONDICIONES DE CONFORT

### CALIDAD DEL AIRE

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) en su apartado IT 1.1.4.2.2 categoriza la calidad del aire en el interior (IDA) de un hospital como IDA 1, aire de óptima calidad.

El mismo reglamento establece en el apartado IT 1.1.4.2.3 que para el caudal mínimo de 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, es decir, con exigencias muy elevadas.

El contenido máximo de partículas de unos determinados diámetros sirve para clasificar las salas. La norma Federal Std. 209E clasificaba las salas en 14 clases y su sustituta, la norma UNE-EN-ISO 14644-1, en 9 números de clasificación N de ISO (ver anexo "Estándares de clasificación de salas limpias"). En la Tabla 4 se indican los requisitos para los tres tipos de quirófanos atendiendo a las dos clasificaciones.

**Tabla 4. Clasificación de los quirófanos atendiendo a la pureza del aire<sup>8</sup>.**

Tipo de quirófano	Clasificación de la sala según la norma:		
	Federal Std. 209E <sup>9</sup>		UNE-EN-ISO 14644-1:2000
	S.I.	Inglés	
A	M4,5	1.000	6
B	M5,5	10.000	7
C	M5,5	10.000	7

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 y su presencia durante la intervención, por lo que no puede mantenerse el mismo nivel de pureza del aire que cuando está en

<sup>8</sup> En [11] se hace una clasificación análoga pero menos restrictiva para los quirófanos Tipo C, permitiendo un número de clasificación N de ISO de 8. Aquí se ha optado por N=7, más acorde con las recomendaciones del Grupo JG [15].

<sup>9</sup> Norma sustituida por la UNE-EN-ISO 14644-1



reposo. El concepto de “sala blanca” no puede extenderse al resto de condicionantes que ello implica [15].

### CAUDALES DEL AIRE

En los quirófanos tipo A y tipo B se requiere un caudal de aire exterior superior a  $2.400 \text{ m}^3/\text{h}$  y a 20 renovaciones/hora.

En los quirófanos tipo B la totalidad del aire impulsado en el quirófano será aire procedente del exterior.

En los quirófanos tipo C se debe impulsar un mínimo de aire exterior de  $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Para facilitar la sobrepresión en el quirófano con respecto a la esclusa de sucio ésta no contará con impulsión de aire, sólo extracción.

Exceptuando el quirófano, para el resto de dependencias del bloque quirúrgico se requiere un caudal de aire exterior mínimo de  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  por cada  $\text{m}^2$  de superficie.

### FUNCIONAMIENTO DEL QUIRÓFANO FUERA DE HORAS DE SERVICIO

Fuera de las horas de servicio debe asegurarse el funcionamiento de la instalación de acondicionamiento de aire de los quirófanos. Así se evitará su contaminación con aire procedente de otras zonas.

Por el mismo motivo, cuando los quirófanos no estén operativos debe mantenerse en funcionamiento la climatización. Sin embargo, para ahorrar energía, se disminuirá el caudal de impulsión y de extracción de forma simultánea al 50%<sup>10</sup>, garantizando la diferencia de presiones con las salas contiguas<sup>11</sup>. Se denominará funcionamiento “en espera”.

El paso de las condiciones de funcionamiento “en servicio” a las condiciones de “en espera” y viceversa se hará con un conmutador desde el interior del quirófano con indicadores luminosos visibles verde y rojo respectivamente.

Los periodos de limpieza y mantenimiento se considerarán como tiempos operativos. Es importante que durante estos periodos se mantenga la disciplina en cuanto a circulaciones de personas y cierre de puertas y esclusas.

El paro completo de las instalaciones es admisible solamente para realizar tareas urgentes de mantenimiento y reparación y deben limitarse a un periodo mínimo.

---

<sup>10</sup> En [15] se señala que ASHRAE admite reducir el caudal hasta el 25%.

<sup>11</sup> Si se opta por la estrategia I (véase 0), en el modo “en espera” entrarán a 50% además del quirófano, sus las salas anexas auxiliares.

Cuando las instalaciones deban permanecer completamente paradas se debe garantizar que no se produce circulación de aire a través de los conductos de impulsión y retorno. Para ello deben estar cerrados con compuertas herméticas.

## 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<sup>12</sup>.

El sistema deberá incorporar el monitorizado continuo de la temperatura del quirófano y el sensor correspondiente se calibrará periódicamente.

## TEMPERATURAS DE DISEÑO

Dependiendo del tipo de operación quirúrgica las condiciones de temperatura podrán oscilar desde 18 a 26°C [16]. 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 (tomando como referencia el nivel percentil invierno-verano NP=99%) y con el grado de carga térmica previsto durante una intervención tipo.

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 (NP=99%) y con el grado de carga térmica previsto.

## TEMPERATURAS DE IMPULSIÓN

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). Véase apartado 6.7 de [37].

En los quirófanos tipo A la diferencia de temperaturas se reduce significativamente debido al gran volumen de aire recirculado. Además el aire impulsado incide

---

<sup>12</sup> Una de las maneras de prevenir la hipotermia en el paciente durante la intervención quirúrgica es mantener una temperatura ambiente alta en el quirófano [42], entre 24°C y 26°C resulta adecuada; mientras que una temperatura por debajo de 21°C pone al paciente en peligro de entrar en hipotermia [18]. Sin embargo, temperaturas superiores a 23°C normalmente son intolerables para el equipo quirúrgico [19] y [42]. Como solución de compromiso se recomienda una temperatura de consigna de 22°C. En [23] analizan los estudios publicados sobre el confort térmico del personal y el riesgo térmico del paciente en quirófanos.

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.

## 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 5 se indica el tipo de filtro utilizado en cada etapa.

**Tabla 5. Clases de filtros**

Nivel de filtración	Clase de filtro	Norma UNE
1º	F5	EN 779:2003
2º	F9	EN 779:2003
3º	H13 en general y H14 en quirófanos Tipo A	EN 1822-1:2010

Para evitar una colmatación prematura de los filtros es muy importante no superar el caudal nominal o velocidad de paso del aire de cada filtro recomendada por el fabricante, por lo que se instalará la sección de filtro necesaria.

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.

La estanqueidad y eficacia de cada uno de los niveles de filtración debe mantenerse en cualquier circunstancia de funcionamiento de la instalación.

Los filtros se embolsarán inmediatamente después de retirarlos, evitando la dispersión de suciedad durante su transporte.

### PRIMER NIVEL DE FILTRACIÓN

Tendrá una eficacia F5.

Se colocará dentro de la unidad climatizadora, en la entrada de aire y antes de la sección de baterías.

Si el conducto de aspiración tiene una longitud superior a 10 m se colocará en la toma de aire exterior. También se puede optar por mantener el filtro F5 a la entrada de la climatizadora y colocar uno grueso G4 en la toma de aire exterior.

### SEGUNDO NIVEL DE FILTRACIÓN

Tendrá una eficacia F9.

Se colocará después de la unidad de tratamiento de aire y al comienzo del conducto de impulsión, es decir, será el último elemento de la unidad climatizadora.

Se prefiere el empleo de filtros de tipo rígido frente a los de tipo bolsa. Éstos últimos se pliegan si no circula aire a su través, liberando partículas de polvo cuando se procede a su manipulación.

La velocidad de paso del aire a través de estos filtros no será superior a 2,5 m/s o a la especificada por el fabricante.

### **TERCER NIVEL DE FILTRACIÓN O FILTRACIÓN ABSOLUTA DE ALTA EFICIENCIA (HEPA)**

En general tendrá una eficacia H13, pero para quirófanos Tipo A la eficacia será H14.

Se colocará lo más próximo posible a la sala a climatizar y, en el caso de quirófanos, serán obligatoriamente filtros terminales.

La velocidad de paso del aire no será superior a 1,5 m/s o a la especificada por el fabricante.

### **FILTRACIÓN EN LA DESCARGA DE AIRE**

Antes del ventilador de extracción y del recuperador se colocará un filtro de eficiencia G4 para proteger a ambos elementos.

## **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.

Se seguirán las recomendaciones de del punto 6.5.5 de la norma UNE 100713:2005.

El sistema deberá incorporar el monitorizado continuo de la humedad en el quirófano y el sensor correspondiente se calibrará periódicamente.

## **NIVELES**

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  $55\% \pm 5\%$ .

El nivel de humedad relativa podrá exceder ligeramente el 60% si la temperatura demandada en el quirófano se aproxima a los 18°C y las temperaturas exteriores son elevadas.

#### DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE HUMECTACIÓN

El humidificador debe seleccionarse para poder humidificar hasta el 50% de saturación a 20°C cuando las condiciones exteriores de diseño son de invierno. El serpentín de enfriamiento debería poder eliminar humedad suficiente para no superarse el 60% de saturación a 20°C cuando las condiciones exteriores de diseño son las de verano. (Véase apartado 6.33 de [37])

#### NIVEL DE RUIDO

El nivel de ruido producido por el aire de impulsión o de extracción no debe superar 40 dB (A)

Se recuerda el cumplimiento de la Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León publicada en el BOE del 6 de julio de 2009 que sustituye al Decreto de 3/1995 de Castilla y León, de 12 de enero y a todas las disposiciones de igual o inferior rango en lo que se opongan, contradigan o resulten incompatibles con lo dispuesto en esa ley.

#### RESUMEN

En la Tabla 6 se resumen los parámetros de la instalación de climatización para los tres tipos de quirófanos.

**Tabla 6. Resumen de parámetros de la instalación de climatización para los quirófanos.**

	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Flujo de aire	Unidireccional (Laminar)	Por dilución (Turbulento)	Por dilución (Turbulento)
Caudal de aire exterior	>20 ren/h >2400 m <sup>3</sup> /h	>20 ren/h >2400 m <sup>3</sup> /h	>10 ren/h >1200 m <sup>3</sup> /h
Aire recirculado	SI	NO	--
Velocidad del aire (m/s)	<0,2	0,2 - 0,3	0,2 - 0,3
Temperatura de diseño (°C)	18-26	22-26	22-26
Filtros	F5 / F9 / H14	F5 / F9 / H13	F5 / F9 / H13
Partículas	ISO 6	ISO 7	ISO 7
Presión	+20 a +25	+20 a +25	+20 a +25
Humedad relativa (%)	40-60	40-60	40-60
Nivel sonoro (dBA)	40	40	40

## **DISTRIBUCIÓN DEL AIRE EN EL QUIRÓFANO**

La distribución del aire dentro del quirófono puede ser de dos tipos: por difusión o unidireccional, dependiendo del tipo de quirófono.

Independientemente del tipo de distribución de aire dentro del quirófono la velocidad del aire sobre la mesa de operaciones será inferior a 0,15 m/s.

### **DISTRIBUCIÓN DE AIRE POR DIFUSIÓN**

También se emplea la denominación de “distribución de aire por mezcla” o “quirófanos de flujo turbulento”. Será el sistema a utilizar en quirófanos tipo B y C.

#### **TIPO DE FLUJO**

La filosofía de distribución de aire dentro de la sala se basa en la necesidad de diluir los contaminantes. Para ello es necesaria una buena mezcla del aire aportado con el aire del local.

#### **DIFUSORES**

Los difusores o rejillas de impulsión estarán situadas en el techo o en la parte superior de la pared, distribuidas uniformemente en el perímetro del quirófono. Deben permitir la regulación del caudal y la orientación de flujo, ser de fácil limpieza y silenciosas.

#### **REJILLAS DE EXTRACCIÓN**

Las rejillas de extracción se colocarán obligatoriamente en las proximidades del suelo repartidas uniformemente en el perímetro del quirófono y en número de al menos cuatro.

Se pueden colocar rejillas de extracción adicionales en las proximidades del techo, en tal caso el caudal de aire extraído en estas últimas no será superior al 30% del caudal total de extracción.

Se recomienda que las rejillas de extracción tengan lamas verticales.

### **DISTRIBUCIÓN DE AIRE UNIDIRECCIONAL**

También se emplea la denominación “quirófanos de flujo laminar”. Será el sistema recomendado en quirófanos tipo A.

Dentro de un quirófono 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 quirófono.

### TIPO DE FLUJO

Dadas las particularidades de las intervenciones que se desarrollan en los quirófanos tipo A, se pretende proporcionar aire limpio y filtrado en la zona limpia, es decir, donde se está desarrollando la cirugía y donde se exponen los instrumentos estériles. Por ello, en estos quirófanos se recomienda el sistema de impulsión de aire unidireccional. Se prefieren los sistemas de flujo vertical a los sistemas de flujo horizontal<sup>13</sup>. Para mantener estéril el campo de operaciones en los sistemas de flujo horizontal se precisa limitar de forma estricta los movimientos del equipo quirúrgico alrededor de la mesa de operaciones.

Deberá prestarse especial cuidado a cualquier obstáculo existente entre el techo y la zona de protección, en particular la lámpara quirúrgica. Su diseño y fijación serán tales que minimicen el efecto de bloqueo sobre el flujo de aire procedente del difusor de techo [17].

Un factor que afecta al patrón de flujo es la diferencia de temperatura entre el aire impulsado y el de la zona limpia. Cuando se trabaja en modo calefacción esta diferencia 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.

### UNIDAD TERMINAL

La sección de salida del aire debe ser suficientemente grande como para cubrir la zona limpia. Al menos de 8 m<sup>2</sup>.

La velocidad del aire en la salida del difusor estará entre 0,13 y 0,18 m/s. Este valor junto con el tamaño del difusor impone el caudal de impulsión, que incluye el caudal de aire exterior y el caudal recirculado. El caudal de aire recirculado aproximadamente triplicará al caudal de aire exterior.

El tercer nivel de filtración absoluta de alta eficiencia (HEPA) se colocará en la unidad terminal, inmediatamente antes de la descarga del aire al recinto. Normalmente formará parte del propio difusor.

Existen dos tipos de unidades terminales: las de tipo compacto y las de retorno conducido.

---

<sup>13</sup> No se recomienda el uso de sistemas de flujo de aire unidireccionales de tipo horizontal. Se ha verificado [32] un aumento de la tasa de infecciones en pacientes sometidos a operaciones de cirugía ortopédica con prótesis en quirófanos con flujo unidireccional horizontal frente a los intervenidos en un quirófano de flujo convencional, interpretándose que ello se debía a la posición del equipo quirúrgico y de la herida respecto al flujo de aire. Del mismo modo, son numerosos los estudios [24] que avalan el uso de quirófanos de flujo laminar vertical frente a los de flujo turbulento.

En las de tipo compacto las tomas de aire recirculado se disponen en los laterales de la unidad terminal de impulsión de aire. Contarán con un deflector o pantalla perimetral de al menos 30 cm de altura que evite el cortocircuito entre la salida de aire de la unidad y la toma de aire recirculado.

En las de retorno conducido parte del caudal extraído del quirófano con las rejillas de extracción convencionales se deriva hasta la impulsión, inmediatamente delante del filtro terminal.

#### **REJILLAS DE EXTRACCIÓN**

Si se opta por unidades terminales de tipo compacto se recomienda colocar las rejillas de extracción sólo en las proximidades del suelo.

Si se opta por que el aire recirculado proceda de una derivación en el conducto de extracción, se recomienda colocar rejillas de extracción adicionales en las proximidades del techo.

El resto de condicionantes permanecen igual que en los quirófanos con distribución de aire por difusión.

#### **SALAS ANEXAS AUXILIARES DEL QUIRÓFANO**

En las salas anexas auxiliares del quirófano el sistema de distribución de aire será por difusión.

La presencia de extracción y/o impulsión de aire viene señalada en la Figura 2.

Las rejillas de impulsión se colocarán en el techo o en la parte superior de las paredes.

Se recomienda que las rejillas de extracción de la esclusa de acceso se coloquen en el techo o en la parte alta de las paredes para evitar su obstrucción por los elementos auxiliares presentes en esta sala.

### **REGULACIÓN Y PUESTA EN MARCHA**

#### **TRABAJOS PREVIOS A LA PUESTA EN MARCHA**

Antes de poner en marcha el sistema de climatización y ventilación se deberán realizar los siguientes trabajos en las climatizadoras [31]:

Limpiar la sala de climatizadoras.

Limpiar la toma de aire exterior y el prefiltro de la climatizadora



Limpiar interiormente las secciones de la climatizadora.

Limpiar los filtros de agua previos a las válvulas monitorizadas.

Comprobar el funcionamiento de las compuertas monitorizadas.

Verificar el sentido de giro de los ventiladores.

Comprobar el funcionamiento y limpieza de la bandeja de condensados.

Comprobar el sistema de humectación.

Trabajos previos en la red de conductos:

Comprobar la limpieza interior a través de los registros.

Comprobar la correcta colocación de los elementos de medida y control.

Trabajos previos en el quirófano:

Comprobar el estado de limpieza interior.

Comprobar que los elementos principales interiores están colocados.

Comprobar el funcionamiento de las puertas automáticas y verificar su estanqueidad.

Retirar los plásticos protectores de las unidades terminales de aire.

Primer soplado sin filtros absolutos.

Colocación de filtros absolutos. Puesta en marcha del sistema de humectación.

## **REGULACIÓN Y COMPROBACIONES**

Una vez realizados con éxito los trabajos previos y puesta en marcha la instalación se procederá a la regulación de la misma realizando todas las comprobaciones y ajustes necesarios para verificar el cumplimiento de todos los puntos de esta directriz. En particular en lo referente a:

Comprobar el caudal impulsado y extraído por la unidad climatizadora.

Comprobar el caudal impulsado en cada una de las unidades terminales, especialmente en las de quirófano.

Comprobar el caudal en cada una de las rejillas de extracción, especialmente en las del quirófano.

Evaluar el caudal de fugas para comprobar la estanqueidad del quirófano.

Comprobación de los flujos de aire entre el quirófano y las salas anexas.

Comprobación de las medidas efectuadas por las sondas de presión, temperatura y humedad; precisión y tiempos de respuesta.

Comprobación y ajuste de las diferencias de presión entre salas contiguas. Si se ha realizado algún tipo de ajuste habrá que volver a medir el caudal impulsado y extraído de las salas hasta conseguir que tanto caudales como diferencias de presiones se ajusten a lo establecido en esta directriz.

Realizar las mismas comprobaciones y ajustes cuando la climatización del quirófano esté funcionando en modo “en espera” (caudales al 50%).

Comprobación del sistema de gestión centralizado.

Verificar que el sistema es capaz de mantener el quirófano a las temperaturas máximas y mínimas establecidas independientemente de las condiciones exteriores y con las fuentes de calor interiores habituales en una intervención.

Lo mismo del punto anterior para la humectación.

Todos los trabajos de regulación y comprobación deberán realizarse antes de proceder a la toma de muestras de aire para controlar la calidad ambiental microbiológica en conductos y salas.

## **CERTIFICACIÓN Y RECEPCIÓN DEL QUIRÓFANO**

Se seguirá la norma UNE-EN 12599:2001. Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados.

Se verificará el cumplimiento de todas las especificaciones de esta directriz. Además, para los parámetros objeto de cuantificación se realizarán las siguientes pruebas:

### **PRESIÓN DIFERENCIAL**

Se medirá la diferencia de presiones entre:

El bloque quirúrgico y es resto del hospital.

Entre el pasillo de limpio y la sala de lavado, la esclusa de acceso y la esclusa de sucio.

Entre el quirófano y la sala de lavado, la esclusa de acceso, la esclusa de sucio y, en su caso, el pasillo de sucio.

Todas las medidas de presión diferencial que involucren al quirófano y/o sus salas anexas auxiliares se realizarán con el sistema de climatización del quirófano

funcionando en modo normal (caudales al 100%) y en modo “en espera” (caudales al 50%).

Las medidas se realizarán con las puertas y esclusas cerradas.

## **TEMPERATURAS**

Se verificará la temperatura ambiente en el quirófano y la temperatura de impulsión realizando medidas en:

Tres puntos a lo largo de la mesa de operaciones y a 20 cm por encima de la misma.

En seis puntos alrededor de la mesa de operaciones: uno en la cabecera de la mesa, otro a los pies y dos en cada uno de los laterales. Las medidas se realizarán a 150 cm de altura respecto del suelo y a 30 cm de separación de la mesa.

En las impulsiones de aire se realizará una medida por cada 0.25 m<sup>2</sup> de superficie y a 30 cm de la rejilla en la dirección del flujo.

Una medida en cada una de las extracciones de aire, a 10 cm de separación del centro de la correspondiente rejilla.

Para comprobar que el sistema de climatización puede alcanzar las temperaturas de diseño fijadas, independientemente de las condiciones meteorológicas exteriores, sería conveniente hacer las medidas en dos días de temperaturas extremas, uno de verano a mediodía y otro de invierno a primera hora de la mañana. Por ello la primera certificación tendrá un carácter provisional y no será definitiva en tanto en cuanto no se realice la segunda medida de temperaturas en el otro periodo estacional.

Las medidas se realizarán con las puertas cerradas y el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%).

## **VELOCIDAD DEL AIRE**

La velocidad del aire en el ambiente sobre la mesa de operaciones se medirá con sonda omnidireccional.

En los quirófanos de distribución de aire unidireccional, la velocidad del aire a la salida del difusor se medirá con anemómetro de hélice, sonda de hilo caliente o sonda omnidireccional. Se tomará una medida por cada 0.25 m<sup>2</sup> de difusor y a 20 cm de distancia.

## **HUMEDAD**

Se medirá la humedad relativa con el quirófano a máxima y a mínima temperatura de diseño. Para garantizar que el sistema de humectación alcanza las condiciones impuestas en la directriz para las distintas condiciones exteriores se procederá de igual modo que para la temperatura, se realizan medidas en verano y en invierno y la primera certificación tendrá carácter provisional.

Las medidas se realizarán con las puertas cerradas y el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%).

## **CAUDALES DE AIRE**

El caudal de aire exterior se medirá con la técnica de gases trazadores utilizando el método de la caída de concentración.

Para las medidas del caudal en cada una de las rejillas de extracción se utilizarán conos de caudal.

Todas las medidas se realizarán con el sistema de climatización del quirófano funcionando en modo normal (caudales al 100%) y en modo “en espera” (caudales al 50%).

## **CLASIFICACIÓN DEL QUIRÓFANO**

Para verificar que el quirófano se puede clasificar como ISO 6 ó ISO 7, según corresponda, se utilizará un contador láser dotado de sonda isocinética que cuente el número de partículas entre 0.3 y 10 micras, por difracción directa.

## **CONTROL MICROBIOLÓGICO AMBIENTAL**

La certificación del quirófano se completará con un control microbiológico, independientemente de los controles periódicos que se realicen una vez puesto en servicio.

Dado que el control microbiológico está íntimamente relacionado con los otros parámetros que se tratan en esta directriz, la toma de muestras se hará una vez verificado el cumplimiento del resto de aspectos de la directriz, cuantificables o no.

La toma de muestras se realizará como mínimo, a la salida de impulsiones de aire y a la altura de la mesa de operaciones. En caso de impulsiones de gran tamaño se tomará una muestra por cada metro cuadrado.

El número y tipo de unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (UFC/m<sup>3</sup>) lo fijara el servicio de medicina preventiva. Como valores orientativos, se recomienda la ausencia de hongos y, en cuanto a las bacterias, se considera un

ambiente muy limpio si se miden menos de 10 UFC/m<sup>3</sup>, ambiente limpio si se miden entre 10 y 100 UFC/m<sup>3</sup> y ambiente aceptable entre 100 y 200 UFC/m<sup>3</sup>.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Institute of Architects (AIA). "Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Health Care Facilities", Washington. 2001
- [2] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering (ASHRAE). "ASHRAE Handbook – HVAC Applications, C.7". 1999.
- [3] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering (ASHRAE). "HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics". 2003.
- [4] ASHRAE "Standard 170, Ventilation of Health Care Facilities" – Public Review Draft. 2005.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). "NBR 7256: Tratamento de Ar em Unidades Médico-assistenciais". Rio de Janeiro. 1982
- [6] Cacciari P., Giannoni R., Marcelli E. Cercenelli L. " Considerations on isolation rooms and alternative pressure ventilation systems". Ann Ig. Vol 16, 2004.
- [7] Campayo, F. J.; y otros. "Comparación de la eficacia de dos sistemas de ventilación. Bioseguridad ambiental en quirófanos y otras salas de riesgo" Todo Hospital. Mayo 2003.
- [8] Campos, V. "Taller: Control y mantenimiento de la bioseguridad ambiental en el bloque quirúrgico del hospital. Casos practicos". Curso de calidad ambiental en hospitales: quirófanos y áreas críticas, 3ª edición. SEGLA, Barcelona, 2004.
- [9] Centers for Disease Control and Prevention (CDC and HICPAC) and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). "Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities". 2003.
- [10] College bouw ziekenhuisvoorzieningen (CBZ). "Operatieafdeling", 2004.
- [11] Cruceta, G. "Verificación y validación de la calidad ambiental en áreas quirúrgicas", Revista de Ingeniería Hospitalaria, nº 30, pp 12-17, 2005.
- [12] Deutsche Gessellschaft fur Krankenhaushygiene (DGKH) et al. „Guidelines (draft): Designing and Operating Heating, Ventilation and Air-Conditioning in Hospitals. Hyg Med, 2002.

- [13] Dirección de Asistencia Sanitaria-Osakidetza. Dirección de Salud Pública. Departamento de Sanidad. "Recomendaciones para la minimización de los riesgos microbiológicos asociados a las infraestructuras hospitalarias de Osakidetza/Servicio Vasco de Salud" Vitoria, 1999.
- [14] Dorchies, F. „Nosocomial Infections and Air filtration in Operating Theatre Suites. Application of French Standard NFS90-351:2003. Business Briefing: Hospital Engineering & Facilities Management, 2005.
- [15] Gallostra, J. de la Torre L. y Goiricelaya, J. "Criterios de diseño de sistemas eléctricos y ambientales en las áreas de riesgo de un hospital: tendencias actuales y de futuro" Grupo JG Ingenieros Consultores. Barcelona, 2004.
- [16] Grupo de trabajo de la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene y el INSALUD. Recomendaciones para la verificación de la bioseguridad ambiental (BSA) respecto a hongos oportunistas. Madrid, 2000
- [17] Hartung C. and Kugler J., "Perturbations affecting the performance of laminar flow in operating theatres."15th IFHE Congress. Edinborough, Scotland, 1998
- [18] Johnston, I.D.A and Hunter, A. R., "The design and utilization of operating theatres". The Royal College of Surgeons of England, 1984.
- [19] Leslie, K. and Sessler, D.I., "Perioperative Hypothermia in the high-risk surgical patient". Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology. Vol.17, n4, pp. 485-498, 2003
- [20] Lewis, J. R., Operating room air distribution effectiveness. ASHRE Transactions 99(2), 1191-1200, 1993.
- [21] McCarthy and Splenger "Indoor Environmental Quality in Hospitals" del libro *Indoor Air Quality Handbook* de J.D. Spengler, ed. McGraw Hill.
- [22] Melhado, M., Hensen, J. L. M., Loomans, M., & Forejt, L. "Review of operating room ventilation standards", Proceedings of the 17th Int. Air-conditioning and Ventilation Conference, 17-19 May, STP - Society of Environmental Engineering, Prague, p. 7 pages on CD, 2006.
- [23] Melhado, M., Hensen, J. L. M., & Loomans, M. "Literature review of staff thermal comfort and patient "thermal risks" in operating rooms", Proceedings of the 8th Int. Healthy Buildings conference, 4 - 8 June, Lisbon, ISIAQ, pp. 11-14, 2006.
- [24] Melhado, M., Hensen, J., & Loomans, M., "Review of ventilation systems in operating rooms in view of infection control", Proceedings of the 6th Int. Postgraduate Research Conf.. in the Built and Human Environment, 6 - 7 April, Technische Universiteit Delft, BuHu, University of Salford, pp. 478-487, 2006.

- [25] Memarzadeh F. y Jiang J. "Methodology for Minimizing Risk from Airborne Organisms in Isolation Rooms" MN-00-11-2 ASHRAE Transactions Symposia.
- [26] Memarzadeh F. y Manning A. "Thermal Comfort, Uniformity, and Ventilation Effectiveness in Patient Rooms: Performance Assessment Using Ventilation Indices" MN-00-11-3 ASHRAE Transactions Symposia.
- [27] Memarzadeh, F.; Manning, A. P., Comparison of operating room ventilation systems in the protection of the surgical site. ASHRAE Transactions. Vol. 108, Nº 2, pp. 3-15, 2002.
- [28] Ministerio de Sanidad y Consumo. Subdirección General de Obras, Instalaciones y Suministros. "Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos" ISBN: 84-351-0221-1, INSALUD, Secretaría General, Madrid, 1996
- [29] Phillips D.A., Sinclair R.J., Schuyler G.D., "Isolation Room Ventilation Design Case Studies"- IAQ 2004.
- [30] Rao, SKM, "Designing Hospital for better Infection Control: an Experience". MJAFI 2006; 60 : 63-66, 2004
- [31] Sánchez, A., Cera, J. "Cómo se hizo: Bloque quirúrgico desde el diseño hasta el primer paciente". Curso de calidad ambiental en hospitales: quirófanos y áreas críticas, 3ª edición. SEGLA, Barcelona.
- [32] Salvati EA, Robinson RP, Zeno SM, Koslin BL, Brause BD, Wilson PD, Jr. Infection rates after 3175 total hip and total knee replacements performed with and without a horizontal unidirectional filtered air-flow system. J Bone Joint Surg Am; 64:525-535, 1982.
- [33] Schmidt , P., Air control in operating theatres. Heizung Luftung Haus Technik 38(3):145-153, 1987.
- [34] Sterifel A. "Infection Control in Hospital Building Maintenance and Operations" Business Bieffing: Hospital Engineering &Facilities Management 2005.
- [35] Sze, G., Hwa, L.S. and Mathur, A. "Hospital HVAC Design: A Challenge for IAQ, Energy Recovery and System Reliability". Air Conditioning and Refrigeration Journal. 2002.
- [36] UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. El RITE la contempla en el punto IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior.
- [37] Ventilation in healthcare premises. Design considerations. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.
- [38] Ventilation in healthcare premises. Operation management. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.

[39] Ventilation in healthcare premises. Overview and management responsibilities. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.

[40] Ventilation in healthcare premises. Validation and verification. Health Technical Memorandum 2025. National Health Service Estates. London, 1998.

[41] Verein Deutscher Ingenieure (VDI). "Technische Gebaudeausrüstung von Krankenhausern – Building Services in Hospitals HVAC", 2004.

[42] Wildt, M., "Pressure Hierarchy and Indoor Climate of Hospital Rooms". M. Maroni (ed.). Ventilation and Indoor Air Quality in Hospitals, 219-225. Kluwer Academic Publishers, 1996.





## Parte II

# Climatización y ventilación de habitaciones ordinarias



## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la climatización y ventilación, las habitaciones de hospitalización se dividen en tres tipos: habitaciones de hospitalización ordinarias, habitaciones de hospitalización de aislados, ya sean estas de infecciosos o de inmunodeprimidos.

Esta directriz tiene por objeto definir las condiciones y criterios de diseño de los sistemas terminales de climatización y ventilación para las habitaciones de hospitalización ordinarias de los hospitales de Castilla y León. Estas habitaciones estarán dotadas de baño.

## CONDICIONES DE DISEÑO

El objetivo del diseño será conseguir unos sistemas de climatización y ventilación que cumplan en este orden de prioridad los siguientes requisitos: seguridad higiénica, confort climático, niveles de ruido y una buena eficiencia energética.

En la habitación se definen dos zonas, la zona ocupada y la zona ocupada paciente, véase anexo “Zonas de ocupación”. Se establecen unas condiciones comunes y otras específicas de cada zona. En general, las condiciones de confort estarán determinadas por las establecidas en esta última, ya que aquí las condiciones son más estrictas que en la zona ocupada.

### CONDICIONES PARA AMBAS ZONAS

La temperatura de diseño debe ser de 25°C<sup>14</sup>

La humedad relativa (HR) de diseño deberá ser del 50%.

El caudal de aire fresco será el que garantice 2 renovaciones hora (RH)<sup>15</sup> y 72 m<sup>3</sup>/h por cama<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Los cálculos de la temperatura ambiente y de la velocidad del aire se han realizado considerando un “clo” (aislamiento térmico) de 0,75 y un “met” (nivel de actividad metabólica) de 0,8. Teniendo en cuenta la incorporación del termostato se garantiza que el porcentaje de personas insatisfechas (PPI) no supere el 10%.

<sup>15</sup> El volumen a utilizar para el cálculo del número de renovaciones por hora (RH) es el volumen de la habitación excluido el cuarto de baño.

El caudal de aire recirculado será al menos el doble del caudal de aire fresco<sup>17</sup>.

La habitación deberá encontrarse a presión neutra o en depresión con respecto al pasillo.

### **CONDICIONES EN LA ZONA OCUPADA PACIENTE**

El gradiente de temperatura entre la región superior y la inferior no debe ser superior a 2°C

La velocidad del aire no debe superar 0,1 m/s ni en invierno ni en verano.

Nivel de ruido limitado por la Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León.

### **CONDICIONES EN LA ZONA OCUPADA**

La estratificación o gradiente de temperatura no debe ser superior a 3°C entre el límite inferior y superior de la zona de ocupación.

La velocidad del aire no debe superar los 0,2 m/s en invierno ni 0,15 m/s en verano.

## **SISTEMAS DE VENTILACIÓN**

### **EXTRACCIÓN**

La extracción debe realizarse a través del cuarto de baño mediante una rejilla o similar conectada al conducto de extracción hacia el exterior. Las rejillas de extracción estarán dotadas de una válvula o compuerta regulable manualmente o bien autorregulable.

La rejilla de extracción deberá dimensionarse de forma que las velocidades y niveles de ruido no superen los límites establecidos en la Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León.

Para permitir la correcta ventilación de la habitación aún cuando la puerta del baño se encuentre completamente cerrada, ésta deberá disponer de rejilla u holgura con el suelo. En cualquier caso, la superficie mínima de la rejilla o de la holgura dependerá del caudal a extraer, ya que la velocidad máxima en esos elementos se limita a 2 m/s. Las dimensiones quedarán relacionadas por la ecuación:

---

<sup>16</sup> ASHRAE-Effective Design of Heating, Ventilation and Air Conditioning System for Healthcare Facilities

<sup>17</sup> Esto supone que el caudal total de aire puesto en movimiento es de 6 RH ó 216 m<sup>3</sup>/h por cama, el mayor de los dos valores.

$$h \times b = \frac{1}{3600} \frac{Q_{aire\ fresco}}{2.0}$$

donde:  $Q_{aire\ fresco}$  se expresa en [m<sup>3</sup>/h],  $h$  es la altura en [m] y  $b$  la anchura en [m]

En ningún caso estará permitido recircular el aire extraído a través del cuarto de baño.

El ventilador de extracción se ubicará al final del sistema de conductos. Debido al envejecimiento de la instalación de extracción (desajustes y suciedad) se recomienda que el ventilador esté sobredimensionado en un 50% respecto al caudal de diseño.

La descarga del aire de extracción se hará mediante una chimenea. La misma deberá cumplir con los requerimientos, en cuanto a dimensiones y posicionamiento, establecidos en la Norma UNE 100713:2005 que recoge el apartado 5.4 de la Norma ANSI/ASHRAE 62-2010.

### IMPULSIÓN

El aire fresco deberá llegar conducido hasta el sistema de impulsión de la habitación.

El aire de impulsión (aire fresco más aire recirculado) deberá llegar conducido hasta el difusor de la habitación. Si la conducción no puede hacerse de forma directa, deberá ser gradual y se analizará si es necesario el uso de lamas horizontales para direccionar el flujo de aire hacia arriba y de esta forma cumplir con las velocidades máximas permitidas en la habitación. En ningún caso se permitirá realizar una conducción escalonada como se muestra en la figura en la Figura 3.

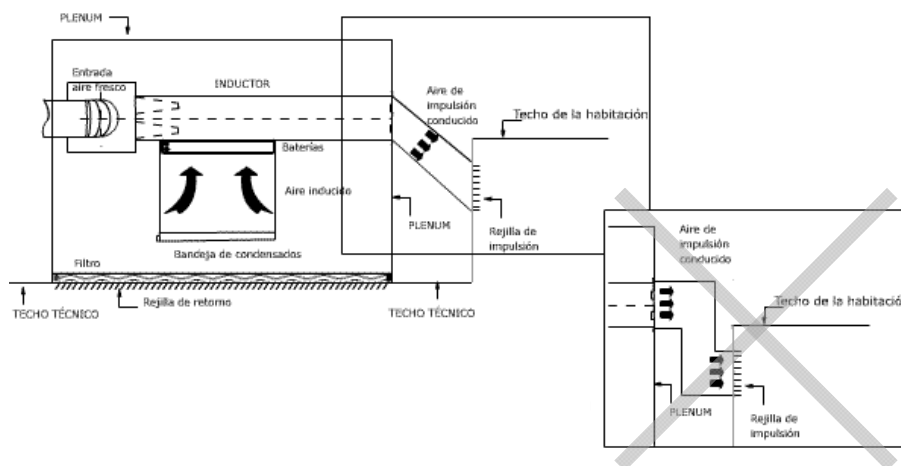


Figura 3 Esquema de la conducción permitida y no permitida

## DIFUSORES

Deberán elegirse y situarse de manera que el aire se distribuya uniformemente en la zona ocupada y zona ocupada paciente.

El difusor estará dotado de una válvula o compuerta regulable manualmente y permitirá orientar el flujo.

El difusor deberá dimensionarse y seleccionarse de forma que las velocidades y niveles de ruido no superen los límites establecidos en establecidos en la Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León.

## RECIRCULACIÓN

La recirculación de aire solo se podrá realizar dentro de la misma habitación. No se podrá mezclar aire de distintas habitaciones.

El aire recirculado o inducido deberá conducirse desde la rejilla de retorno al inductor.

Si la configuración del sistema de impulsión impidiera conducir el aire recirculado o inducido se deberá instalar el sistema dentro de un *plenum* estanco construido especialmente para este fin (Figuras 4, 5 y 6). Además:

- En ningún caso se podrá utilizar el falso techo como *plenum*.
- La construcción del *plenum* se deberá realizar de acero inoxidable, chapa galvanizada, aluminio, resina epoxi, o de escayola.
- El *plenum* deberá ser estanco y no se permitirá que sea atravesado por ningún tipo de conducción eléctrica, de agua, de saneamientos o de otro tipo, a excepción de las necesarias para el funcionamiento del sistema que se albergue en el mismo convenientemente selladas para asegurar la estanquidad del *plenum*.
- Dentro del *plenum* se instalarán llaves de corte de conductos de agua, térmicas o diferenciales u otros dispositivos de control eléctrico o electrónico propios del inductor.
- Si el *plenum* alberga un dispositivo que pudiera generar vibraciones, tanto el dispositivo, como el propio *plenum* deberán contar con soportes antivibratorios que cumplan la norma UNE 100-153:2004
- El *plenum* deberá ser fácilmente registrable para facilitar las tareas de mantenimiento y limpieza.

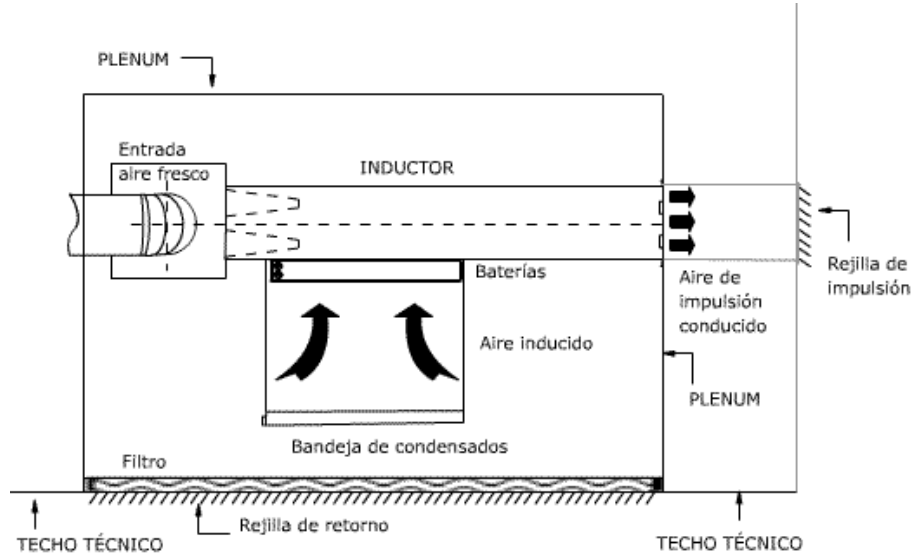


Figura 4. Esquema de la instalación de un inductor dentro de un *plenum*

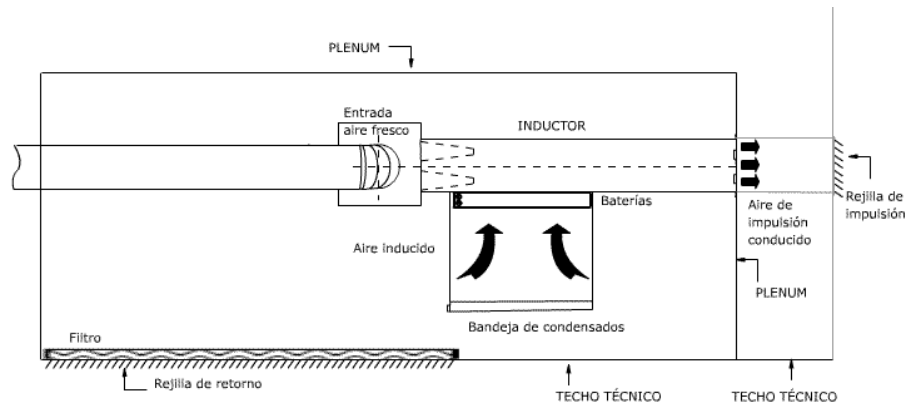


Figura 5. Esquema de la instalación de un inductor dentro de un *plenum*.



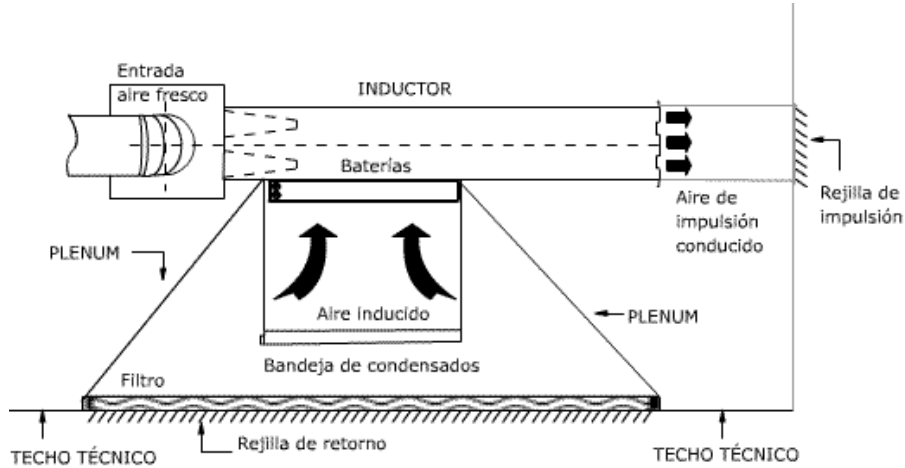


Figura 6. Esquema de la instalación de un inductor y su plenum.

## FILTRADO

Este tipo de habitaciones se incluyen dentro de la clase “local tipo II”<sup>18</sup>, siendo éste el grupo para habitaciones con exigencias ordinarias. Esto conlleva que el aire fresco que llega a la habitación tenga un nivel de filtración tipo F9<sup>19</sup>.

Si se recircula el aire en la habitación se colocará un filtro de tipo F9 en la rejilla de retorno del aire recirculado.

## SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Se recomienda la utilización de sistemas aire-agua tipo inductor para ventilar y acondicionar la temperatura del ambiente. Los sistemas tipo *fancoil* no son recomendados a menos que no se supere el nivel sonoro permitido y se garantice el caudal de aire fresco.

La instalación de estos sistemas se deberá realizar según el esquema presentado en la Figura 7.

<sup>18</sup> Norma UNE 100713

<sup>19</sup> La filtración en la Unidad de tratamiento del Aire (UTA) se realizará en dos etapas:

1ª etapa: filtro F5 en la toma de aire exterior, si el conducto tiene una longitud superior a 10 m, en caso contrario, se colocará en la entrada de aire de la UTA.

2ª etapa: filtro F9 después de la UTA y al comienzo del conducto de impulsión.

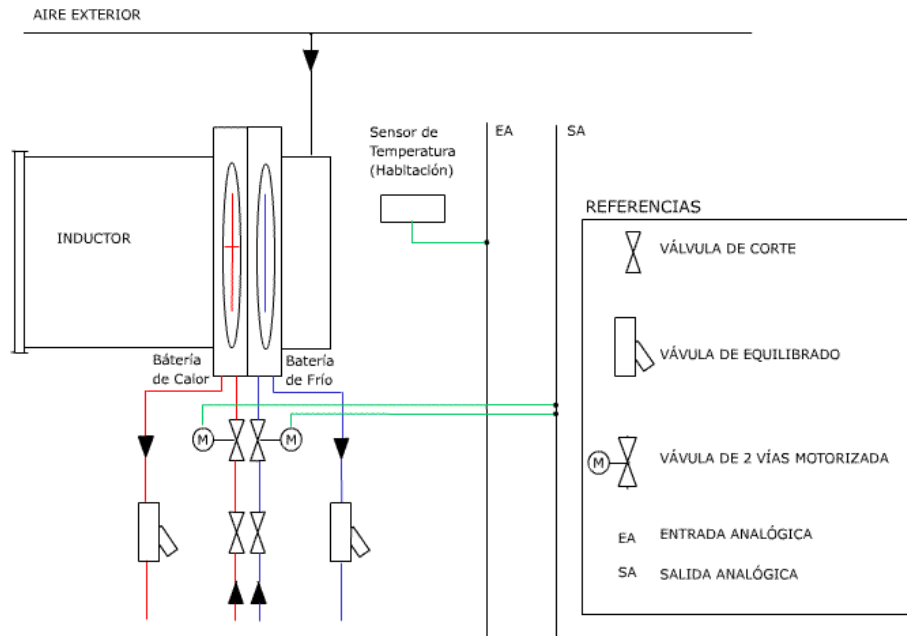


Figura 7. Esquema de instalación de un inductor

Los dispositivos utilizados para el tratamiento y recirculación del aire que se alojen en el techo se montarán sobre techo técnico. La superficie del techo técnico deberá ser tal que permita, por ejemplo, la sustitución del equipo y su mantenimiento cuando sea necesario sin tener que realizar obra alguna. Y, si estos equipos son por naturaleza generadores de vibraciones, se deberá cumplir con la Norma UNE 100-153:2004 IN, para su instalación y conexión con conductos y tuberías.

No se podrá instalar más de 0,5 metros de conducto flexible de aire.

## SISTEMA DE REGULACIÓN DE TEMPERATURA

En cada una de las habitaciones se pondrá un termostato que permita regular la temperatura en un rango  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  con respecto a la temperatura de consigna.

## RECEPCIÓN

La recepción de la instalación consistirá en hacer una prueba de funcionamiento del sistema donde se alcancen las condiciones de diseño. En esta prueba se medirán las temperaturas, el caudal de aire fresco, el caudal de aire recirculado, la

humedad relativa, el nivel de ruido, la presión y las velocidades en la habitación; todo ello según lo especificado en proyecto<sup>20</sup> (véase anexo "Procedimientos de medida"). También se deberán hacer pruebas del sistema de regulación local de temperatura y verificar la correcta instalación de los equipos.

Se verificará que los conductos se encuentran limpios y los filtros en buen estado<sup>21</sup>.

Se realizará una comprobación de que los equipos instalados coinciden con los equipos que figuran en proyecto en cuanto a marca y características técnicas.

Se realizará una comprobación de que los equipos están instalados según los esquemas de principio de proyecto y perfectamente conectados para su funcionamiento.

Estas comprobaciones generales y las pruebas de funcionamiento deben realizarse en el número de habitaciones que correspondan según el procedimiento de muestreo doble indicado en el anexo Procedimientos de muestreo.

En caso de que existan discrepancias de funcionamiento se acordarán las mediciones suplementarias con la empresa contratista.

## **MANTENIMIENTO**

Se recomienda el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo preestablecido que contemple:

Cada mes:

Verificación de la limpieza de las bandejas de condensados y de su desagüe.

Cada 6 meses:

Verificación del estado de los filtros y, en su caso, reemplazo de filtros.

Verificación de la estanqueidad y de la limpieza de los conductos. Se deberá cambiar el tramo de conducto flexible cada vez que se realice limpieza de conductos.

Y cada 12 meses:

Verificación del estado del sistema de climatización.

Verificación del nivel de ruido.

---

<sup>20</sup> Estas medidas se realizarán de acuerdo a la Norma UNE –EN 12599

<sup>21</sup> Estas verificaciones se realizarán de acuerdo a la Norma UNE 100713

Verificación de los niveles de presión.

Verificación del sistema de ventilación (renovaciones /hora).

Se deberá contar con la presencia del higienista tras las reparaciones que puedan tener posibles efectos de carácter higiénico<sup>22</sup>.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Norma UNE 100-153:2005 “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales”.

Norma UNE 100713:2005 “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales”.

Norma UNE 12599/AC: 2002 “Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados”.

ASHRAE Special Project 91- “HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics”- 2003.

---

<sup>22</sup> Norma UNE 100713:2005 “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales”.



## Parte III

# Climatización y ventilación de habitaciones de aislados



## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la climatización y ventilación, las habitaciones de hospitalización se dividen en tres tipos: habitaciones de hospitalización ordinarias, habitaciones de hospitalización de aislados, ya sean estas de infecciosos o de inmunodeprimidos.

Esta directriz tiene por objeto definir las condiciones y criterios de diseño de los sistemas terminales de climatización y ventilación tanto para las habitaciones de hospitalización de pacientes aislados infecciosos como para las habitaciones de hospitalización de pacientes aislados inmunodeprimidos. Estas habitaciones estarán dotadas de baño y serán de uso individual.

El sistema de climatización y ventilación de las habitaciones de hospitalización de pacientes aislados infecciosos se diseña para evitar la propagación de la infección por vía aérea, son habitaciones en depresión. Por el contrario, el sistema de climatización y ventilación de las habitaciones de hospitalización de pacientes aislados inmunodeprimidos se diseña para proteger al paciente de infecciones por vía aérea, son habitaciones en sobrepresión. No obstante, a pesar de que los objetivos son contrapuestos, ambos diseños comparten características comunes y por ello se tratan simultáneamente.

En cualquier caso debe quedar claro que los sistemas de ventilación de las habitaciones de aislados infecciosos no compartirán ningún elemento ni con los sistemas de ventilación de las habitaciones de aislados inmunodeprimidos ni con el resto de sistemas de ventilación del hospital.

Es conveniente que estos sistemas sean robustos y simples para minimizar así el riesgo de un funcionamiento defectuoso bien sea por un manejo incorrecto o por un mantenimiento insuficiente.

En la norma europea actualmente en elaboración "Ventilation for hospitals" se considera a las habitaciones de pacientes aislados inmunodeprimidos en la clasificación H2 y las de pacientes aislados infecciosos en la clase H3.

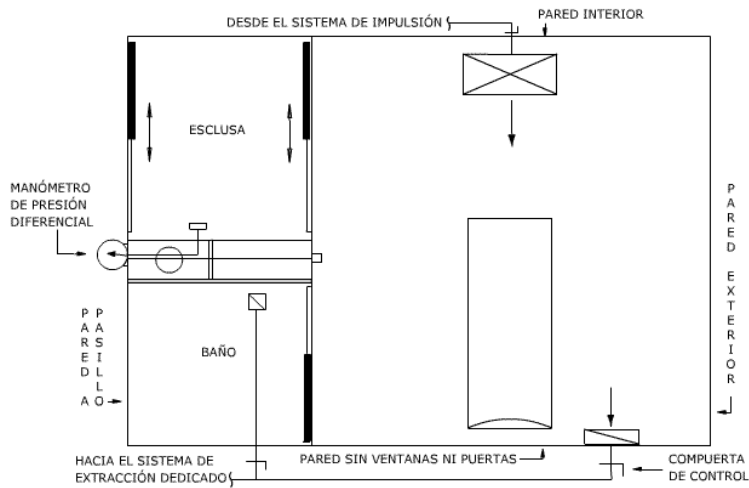
## CONDICIONES DE DISEÑO

El objetivo del diseño será conseguir unos sistemas de climatización y ventilación que cumplan, en este orden de prioridad, los siguientes requisitos: seguridad higiénica, confort climático, niveles de ruido y una buena eficiencia energética.

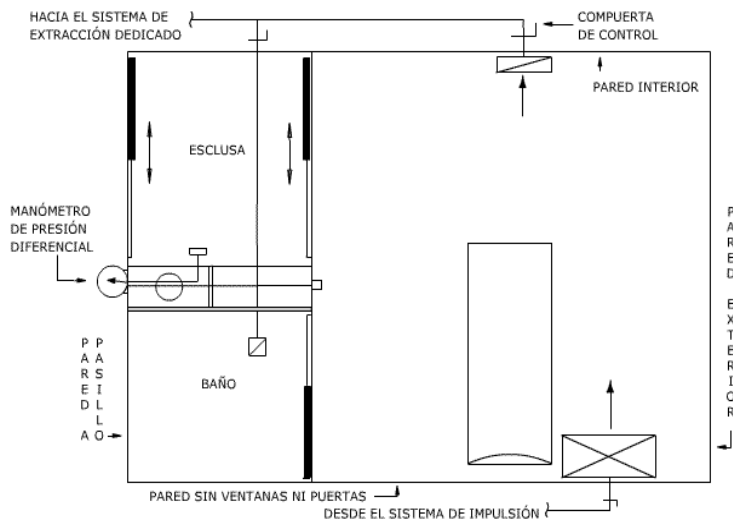


### CONSIDERACIONES ARQUITECTÓNICAS

En la Figura 8 se muestra el esquema de una habitación para pacientes aislados infecciosos y en la Figura 9 el de una habitación para pacientes aislados inmunodeprimidos.



**Figura 8. Esquema en planta de una habitación tipo para hospitalización de aislados infecciosos.**



**Figura 9. Esquema en planta de una habitación tipo para hospitalización de aislados inmunodeprimidos.**

Las habitaciones serán de uso individual con baño y el acceso al baño se hará desde la propia habitación, no desde la antesala o esclusa.

Se procurará que la hermeticidad de las habitaciones sea lo mayor posible para facilitar lograr una depresión en la misma, y así contener la propagación de partículas infecciosas.

El techo será fijo y de escayola, excepto en donde ese ubique el sistema de climatización, que será de techo técnico.

Las ventanas de la habitación necesitarán de un utensilio especial o llave para su apertura para evitar que sean practicables por el enfermo.

La habitación incluirá una esclusa o antesala. La esclusa mejorará la contención de partículas infecciosas durante las entradas y salidas de la habitación. Además se podrán situar en ella los elementos de higiene necesarios (lavamanos, depósito de ropa, ...)

Las puertas que limitan la esclusa serán correderas y estancas<sup>23</sup>, y en condiciones de funcionamiento habituales, su apertura no podrá ser simultánea. Estarán dotadas de una ventana de visión.

Es recomendable que este tipo de habitaciones de hospitalización se sitúen en zonas poco transitadas. Nunca deberán colocarse ambos tipos de habitaciones de aislados en zonas próximas.

En cuanto a climatización y ventilación se establecen unas condiciones comunes para las zonas ocupada y ocupada paciente<sup>24</sup>, junto con otras específicas de cada zona. En general, las condiciones de confort estarán determinadas por las establecidas en esta última, ya que aquí las condiciones son más estrictas que en la zona ocupada.

## CONDICIONES PARA AMBAS ZONAS

La temperatura de diseño debe ser de 25°C<sup>25</sup>.

La humedad relativa (HR) de diseño deberá ser del 50%.

---

<sup>23</sup> La estanqueidad es difícil de conseguir con puertas correderas empotradas de obra.

<sup>24</sup> Ver anexo "Zonas de ocupación"

<sup>25</sup> Los cálculos de la temperatura ambiente y de la velocidad del aire se han realizado considerando un "clo" (aislamiento térmico) de 0,75 y un "met" (nivel de actividad metabólica) de 0,8. Teniendo en cuenta la incorporación del termostato se garantiza que el porcentaje de personas insatisfechas (PPI) no supere el 10%.

En esta habitación no se realizará recirculación del aire<sup>26</sup>, todo el aire impulsado será aire fresco.

El caudal de aire extraído será el que garantice 12 renovaciones hora (RH)<sup>27</sup> en la habitación, del cual una sexta parte será extraído a través de la rejilla de extracción del baño y el resto a través de la rejilla de la habitación.

El sistema de ventilación se diseñará para conseguir que la habitación de:

aislados infecciosos	aislados inmunodeprimidos
se encuentre en <b>depresión</b> con respecto a la esclusa. Esta depresión será como mínimo de 8 Pa <sup>28</sup> .	se encuentre en <b>sobrepresión</b> con respecto a la esclusa. Esta sobrepresión será como mínimo de 8 Pa <sup>29</sup> .

Para evitar la dispersión de olores, el baño estará<sup>30</sup> en depresión respecto a la habitación.

### CONDICIONES EN LA ZONA OCUPADA PACIENTE

La estratificación o gradiente de temperatura entre la región superior y la inferior no debe ser superior a 2°C

La velocidad del aire no debe superar 0,1 m/s ni en invierno ni en verano.

El nivel de ruido queda limitado por la Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León.

<sup>26</sup> Si fuera inevitable recircular sería necesario filtrar el aire recirculado con un filtro HEPA.

<sup>27</sup> El volumen a utilizar para el cálculo del número de renovaciones por hora (RH) es el de la habitación, excluido el cuarto de baño. Para lograr una tasa de dilución de 100000:1 son necesarias 12 RH. (Phillips D.A., 2004).

<sup>28</sup> Esta depresión se logrará mediante el sistema de ventilación. Para ello se establecerá que el caudal de aire extraído sea mayor que el impulsado. Para una habitación con una buena estanqueidad, el caudal de aire extraído debe ser superior al impulsado aproximadamente en un 10% o en 170 m<sup>3</sup>/h.

<sup>29</sup> Esta sobrepresión se logrará mediante el sistema de ventilación. Para ello se establecerá que el caudal de aire extraído sea menor que el impulsado. Para una habitación con una buena estanqueidad, el caudal de aire extraído debe ser inferior al impulsado aproximadamente en un 10% o en 170 m<sup>3</sup>/h.

<sup>30</sup> Esta depresión se logrará mediante el sistema de ventilación.

### CONDICIONES EN LA ZONA OCUPADA

El gradiente de temperatura no debe ser superior a 3°C entre el límite inferior y superior de la zona de ocupación.

La velocidad del aire no debe superar los 0,2 m/s en invierno ni 0,15 m/s en verano.

### SISTEMAS DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación se diseñará para conseguir que el movimiento del aire dentro de la habitación sea en la habitación de:

aislados infecciosos	aislados inmunodeprimidos
difusor	difusor
↓	↓
zona ocupada	zona ocupada paciente
↓	↓
zona ocupada paciente	zona ocupada
↓	↓
rejillas de extracción	rejillas de extracción

### EXTRACCIÓN

Deberá existir una extracción de aire en el cuarto de baño y otra en la habitación.

La extracción en el habitación se realizará mediante una o dos rejillas situadas en la habitación de

aislados infecciosos	aislados inmunodeprimidos
en la pared de la cabecera de la cama a unos 15 cm del suelo, en una región próxima a la cabecera	en la pared opuesta a la cabecera de la cama a unos 15 cm del suelo

Las extracciones del cuarto de baño y de la habitación estarán conectadas al conducto de extracción hacia el exterior. Cada rejilla de extracción estará dotada de una válvula o compuerta regulable manualmente.

Las rejillas de extracción deberán dimensionarse y ejecutarse de forma que las velocidades y los niveles de ruido no superen los límites establecidos en el apartado "Condiciones de diseño".

Para permitir la correcta ventilación de la habitación aún cuando la puerta del baño se encuentre completamente cerrada, la puerta del baño deberá disponer de rejilla

u holgura con el suelo. La superficie mínima de la rejilla o de la holgura dependerá del caudal a extraer por el baño, ya que la velocidad máxima en la rejilla u holgura se limita a 2 m/s. Las dimensiones quedarán relacionadas por la ecuación:

$$h \times b = \frac{1}{3600} \frac{Q_{extracc.}}{2.0}$$

donde:  $Q_{extracc.}$  es el caudal extraído por el baño y se expresa en [m<sup>3</sup>/h],  $h$  es la altura en [m] y  $b$  es el ancho en [m].

En ningún caso estará permitido recircular el aire extraído de la habitación o del baño.

Conductos de extracción en las habitaciones de:

aislados infecciosos	aislados inmunodeprimidos
El conducto de extracción hacia el exterior será exclusivo para las habitaciones de aislados infecciosos y sus correspondientes baños. Este conducto deberá ser marcado mediante etiquetas exteriores para identificarlo como "conducto con aire contaminado"	El conducto de extracción hacia el exterior será exclusivo para las habitaciones de inmunodeprimidos y sus correspondientes baños.

El ventilador de extracción se ubicará al final del sistema de conductos. Debido al envejecimiento de la instalación de extracción (desajustes y suciedad) se recomienda que el ventilador este sobredimensionado en un 50% respecto al caudal de diseño. Por seguridad en el funcionamiento, se instalará un ventilador de repuesto. Este será idéntico y se instalará en paralelo.

La descarga de este aire contaminado al ambiente se realizará mediante una chimenea vertical de 3 m de altura donde los gases circulen a una velocidad de 12 m/s. Esta chimenea de descarga estará alejada como mínimo 8 m de cualquier toma de aire, ventana o zonas de tránsito de personas<sup>31</sup>. Si esto no fuera posible el aire contaminado sería filtrado mediante un filtro HEPA colocado aguas arriba del ventilador de extracción.

<sup>31</sup> La norma UNE 100713:2005 recoge el apartado 5.4 de la norma Norma ANSI/ASHRAE Standard 62-2010, donde se estima la distancia de separación en función de los factores ambientales y de expulsión.

## IMPULSIÓN

El aire fresco deberá llegar conducido hasta el sistema de climatización de la habitación.

El aire de impulsión deberá llegar conducido hasta el difusor y evitando los cambios bruscos de dirección.

## DIFUSORES

El difusor de impulsión de las habitaciones de:

aislados infecciosos	aislados inmunodeprimidos
estará situado en el techo de la habitación encima de los pies de la cama.	estará situado en el techo de la habitación encima de cabecera de la cama. Dada la proximidad del difusor a la ZOP este deberá ser dimensionado para que la velocidad en la ZOP sea inferior a 0,1 m/s.

El difusor estará dotado de una válvula o compuerta regulable manualmente y permitirá orientar el flujo.

El difusor deberá dimensionarse de forma que las velocidades y los niveles de ruido no superen los límites establecidos en el apartado "Condiciones de diseño".

## FILTRADO

habitaciones de aislados infecciosos	habitaciones de aislados inmunodeprimidos
Este tipo de habitaciones se incluye dentro de la clase “local tipo II”, siendo éste el grupo para habitaciones con exigencias ordinarias <sup>32</sup> . Esto conlleva que el aire fresco que llega a la habitación tenga un nivel de filtración tipo F9 <sup>33</sup> .	El aire fresco que llega al sistema de climatización de estas habitaciones tendrá las exigencias ordinarias de una habitación de hospital. Esto significa que tendrá un nivel de filtración tipo F9.  Además, este aire tendrá una etapa final de filtrado mediante un filtro HEPA justo antes del difusor de impulsión.

## SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN

Para verificar que la habitación se encuentra en sobrepresión o depresión se instalará un dispositivo de control.

Este dispositivo incluirá un medidor de presión diferencial. Uno de los terminales o sensores se colocará dentro de la habitación y otro dentro de la esclusa.

La pantalla del monitor se colocará en el pasillo, próxima a la puerta de acceso a la antesala de la habitación.

El dispositivo incluirá una alarma luminosa que avise sobre la pérdida de la diferencia de presiones. Esta alarma permitirá establecer la presión de referencia así como el tiempo de retraso<sup>34</sup> en el disparo de la misma.

<sup>32</sup> Norma UNE 100713:2005 “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales”.

<sup>33</sup> La filtración en la Unidad de Tratamiento del Aire (UTA) se realizará en dos etapas.

1ª etapa: Un filtro F5 en la toma de aire exterior, si el conducto tiene una longitud superior a 10m, en caso contrario, se debe colocar en la entrada de aire de la central de tratamiento de aire.

2ª etapa: Un filtro F9 después de la UTA y al comienzo del conducto de impulsión.

<sup>34</sup> Para evitar que se dispare la alarma cada vez que se abra la puerta. Un tiempo de retraso típico es 45s.

## SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Se recomienda la utilización de sistemas aire-aire con climatizadora independiente para este tipo de habitaciones.

Los dispositivos utilizados para el tratamiento del aire se alojarán fuera de la habitación.

### TOMAS Y DESCARGAS DE AIRE

Las tomas de aire exterior para la climatización de habitaciones de pacientes aislados inmunodeprimidos cumplirán con las mismas exigencias que las de los quirófanos. Véase apartado "Tomas y descargas de aire" en la página 16.

Las descargas de aire procedente de las habitaciones de pacientes aislados infecciosos se colocarán alejadas de zonas de tránsito, puertas, ventanas y de las tomas de aire de cualquier sistema.

### CLIMATIZADORAS Y CONDUCTOS

Las climatizadoras para las habitaciones de pacientes aislados inmunodeprimidos deberán cumplir las mismas exigencias que las climatizadoras de los quirófanos. Véase apartado "Tipo de climatizadoras" en la página 14.

Los conductos de las habitaciones de aislados cumplirán con las mismas exigencias que los conductos de los quirófanos. Véase apartado "Conductos" en la página 17.

### SISTEMA DE REGULACIÓN DE TEMPERATURA

En cada una de las habitaciones deberá ponerse un termostato que permita regular la temperatura en un rango  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  con respecto a la temperatura de consigna.

## RECEPCIÓN

La recepción de la instalación consistirá en hacer una prueba de funcionamiento del sistema donde se alcancen las condiciones de diseño. En esta prueba:

Se verificará que los conductos se encuentren limpios y los filtros en buen estado<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Estas verificaciones se realizarán de acuerdo a la Norma UNE 100713:2005 "Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales".



Se medirá la temperatura, las renovaciones hora de la habitación y del baño, la humedad relativa, el nivel de ruido y las velocidades en la habitación (ver anexo Procedimientos de medida), todo ello según lo especificado en proyecto<sup>36</sup>.

También deberán hacerse pruebas del sistema de regulación local de temperatura.

Se verificará que la diferencia de presiones es la de diseño (anexo “Procedimientos de medida”) y se comprobará el correcto funcionamiento del medidor de presión diferencial<sup>37</sup> y de la alarma.

Se comprobará la correcta instalación de los equipos.

Además se deberá realizar las siguientes comprobaciones generales:

Se verificará que los equipos instalados coinciden con los equipos que figuran en proyecto en cuanto a marca y características técnicas.

Se realizará una comprobación de que los equipos están instalados según los esquemas de principio de proyecto y perfectamente conectados para su funcionamiento.

En caso de que existan discrepancias de funcionamiento se deberán acordar las mediciones suplementarias con la empresa contratista.

Estas comprobaciones generales y las pruebas de funcionamiento se deben realizar en todas las habitaciones.

## MANTENIMIENTO

En este tipo de habitaciones es imprescindible un mantenimiento preventivo que minimice la posibilidad de un funcionamiento defectuoso y, como consecuencia, el riesgo de propagación de patógenos.

Se recomienda el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo preestablecido que contemple:

Cada mes:

Verificar que el funcionamiento de los medidores de presión diferencial y de las alarmas correspondientes es correcto.

---

<sup>36</sup> Estas medidas se realizarán de acuerdo a la Norma UNE 12599/AC: 2002 “Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados”

<sup>37</sup> Por ejemplo con la puerta de la habitación y de la esclusa abierta la lectura debiera ser cero.

Verificación de los niveles de presión.

Verificación de la limpieza de las bandejas de condensados y de su desagüe.

Cada 6 meses:

Verificación del estado de los filtros y, en su caso, reemplazo de filtros.

Verificación de la estanqueidad y de la limpieza de los conductos. Se deberá cambiar el tramo de conducto flexible cada vez que se realice limpieza de conductos.

Cada 12 meses:

Calibrado de los medidores de presión diferencial.

Verificación del estado general del sistema de climatización.

Verificación del nivel de ruido.

Verificación del sistema de ventilación (renovaciones /hora).

Después de reparaciones u obras que puedan afectar a los conductos o a su limpieza:

Se pondrá en marcha el sistema.

Se revisarán los filtros.

Después de obras o reparaciones que puedan afectar al sistema se deben hacer las comprobaciones necesarias para garantizar un nivel de confianza igual al de la recepción.

Se deberá contar con la presencia del higienista tras las reparaciones que puedan tener posibles efectos de carácter higiénico<sup>38</sup>.

## BIBLIOGRAFÍA

Phillips D.A., Sinclair R.J., Schuyler G.D.- "Isolation Room Ventilation Design Case Studies"- IAQ 2004.

Norma UNE 100713:2005 "Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales".

---

<sup>38</sup> Norma UNE 100713:2005 "Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales".

CDC "Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium Tuberculosis in Health-Care Facilities" MMWR vol 43 No RR-13 1994.

McCarthy and Splenger "Indoor Environmental Quality in Hospitals" del libro *Indoor Air Quality Handbook* de J.D. Spengler, ed. McGraw Hill.

Memarzadeh F. y Manning A. "Thermal Comfort, Uniformity, and Ventilation Effectiveness in Patient Rooms: Performance Assessment Using Ventilation Indices" MN-00-11-3 ASHRAE Transactions Symposia.

Memarzadeh F. y Jiang J. "Methodology for Minimizing Risk from Airborne Organisms in Isolation Rooms" MN-00-11-2 ASHRAE Transactions Symposia.

Sterifel A. " Infection Control in Hospital Building Maintenance and Operations" Business Briefing: Hospital Engineering & Facilities Management 2005.

Cacciari P., Giannoni R., Marcelli E. Cercenelli L. " Considerations on isolation rooms and alternative pressure ventilation systems". Ann Ig. Vol 16, 2004.

Parte IV

Anexos



## NORMATIVA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA. QUIRÓFANOS

### NORMATIVA NACIONAL

UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales. El RITE la contempla en el punto IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior.

UNE-EN 1507:2007. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanquidad.

UNE-ENV 12097:2007<sup>39</sup>. Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos.

UNE-EN 12237:2003. Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica.

UNE-EN 13053:2007. Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y prestaciones de unidades, componentes y secciones.

UNE-EN 12599:2001 y UNE-EN 12599/AC:2002. Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados.

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

UNE 100180:2004. Requisitos mínimos exigibles a las unidades de tratamiento de aire según la Norma UNE-EN 1886.

UNE-EN ISO 14644-1:2000<sup>40</sup>. Salas limpias y locales anexos. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire. (ISO 14644-1:1999).

---

<sup>39</sup> Habría que añadir:

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

UNE-EN 1506:1999 Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios, de sección circular. Dimensiones.

UNE-EN 13403:2003. Ventilación de edificios. Conductos no metálicos. Red de conductos de planchas de material aislante.

<sup>40</sup> Esta norma tiene más partes, las 6 y 8 están como proyecto de norma.

UNE-ENV 1631:1997. Tecnología de salas limpias. Proyecto, construcción y gestión del funcionamiento de salas limpias y de dispositivos de aire limpio.

UNE-EN 13779:2008. Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos. El RITE la contempla en los puntos IT 1.1.4.1 Exigencia de calidad térmica del ambiente, IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior y en el IT 1.3.4.4 Seguridad de utilización.

UNE-EN 779:2003. Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación de las prestaciones de los filtros.

UNE-EN 1822-1:2010<sup>41</sup>. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo, marcado.

UNE-ENV 12097:2007. Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos. El RITE la contempla en el punto IT 1.3.4.2.10 Conductos de aire.

---

UNE-EN ISO 14644-2:2001 erratum 2007. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 2: Especificaciones para los ensayos y el control para verificar el cumplimiento continuo con la Norma ISO 14644-1. (ISO 14644-2:2000)

UNE-EN ISO 14644-3:2006 erratum 2008. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 3: Métodos de ensayo (ISO 14644-3:2005)

UNE-EN ISO 14644-4:2001. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 4: Diseño, construcción y puesta en servicio. (ISO 14644-4:2001).

UNE-EN ISO 14644-5:2005. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 5: Funcionamiento. (ISO 14644-5:2004)

UNE EN ISO 14644-6:2008. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 6: Vocabulario.

UNE-EN ISO 14644-7:2005. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 7: Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, minientornos) (ISO 14644-7:2004)

UNE-EN ISO 14644-8:2007. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 8: Clasificación de la contaminación molecular transportada por el aire. (ISO 14644-8:2006)

<sup>41</sup> Esta norma tiene 5 partes:

UNE-EN 1822-2:2010. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 2: Producción de aerosol, aparatos de medición, estadísticas de contaje de partículas.

UNE-EN 1822-3:2010. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 3: Ensayo de medio filtrante plano.

UNE-EN 1822-4:2001. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 4: Ensayo de estanquidad de la célula filtrante (método de exploración).

UNE-EN 1822-5:2001. Filtros absolutos (HEPA y ULPA). Parte 5: Medida de la eficacia de la célula filtrante.

UNE 100030:2005 IN. Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones. El RITE la contempla en el IT 1.2.4.1.3.4 Maquinaria frigorífica enfriada por agua o condensador evaporativo.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. RITE. Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio. BOE nº 207 del 29 de agosto de 2007.

### **NORMATIVA INTERNACIONAL**

En la Tabla 7 se recoge un resumen de los límites que normativas y estándares de algunos países europeos y americanos establecen en cuanto a velocidad del aire, temperatura, humedad relativa, renovaciones hora, posibilidad de recircular el aire, diferencia de presión entre locales anexos y tipo de filtros. En la última fila se añade lo que establece la norma UNE 100713:2005 para facilitar la comparación.

### **DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. ISBN 1-931862-26-5, 2003.

NHS Estates, Health Technical Memorandum 2025, Design considerations. Ventilation in healthcare premises, ISBN 0-11-321752-8, London, 1998. (o su equivalente: Scottish Health Technical Memorandum 2025 Part 2 Design considerations. Ventilation in healthcare premises v2.0 Junio, 2001)

Ministerio de Sanidad y Consumo. Subdirección General de Obras, Instalaciones y Suministros. "Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos" ISBN: 84-351-0221-1, INSALUD, Secretaría General, Madrid, 1996

Osakidetza. Departamento de Sanidad. Gobierno. "Recomendaciones para la minimización de los riesgos microbiológicos asociados a las infraestructuras hospitalarias de Osakidetza" 2ª Edición, 2009.



**Tabla 7. Resumen de normativa y estándares europeos y americanos sobre climatización y ventilación en quirófanos [22].**

Estándar	Tipo de cirugía	Velocidad del aire (m/s)	Temperatura de diseño (°C)	Humedad relativa (%)	Min. nº de intercambios de aire exterior por hora	Mini. nº de intercambios de aire total	Recirculación de aire en la habitación	Presión en relación con áreas adyacentes	Eficiencia de filtros
Brasil [5]	I		19-24	45-60	15	25		P	75-84/70-89/99.97
	II		19-24	45-60	15	15		P	75-84/70-89 (min.)
	C		22-26	45-60	15	15		P	75-84/70-89/99.97(rec.)
ASHRAE [2]			17-27	45-55	15	15	Si	P <sup>(*)</sup>	25 / 90 / 99.97
			17-27		5	25	Opc.	P	25 / 90 / 99.97
ASHRAE [4]	C							P	40-50 / 90-95
	B							P	40-50 / 90-95
	A		20-23.9	30 - 60	4	20	No		45-50 / 99.97
HVAC [2]	I		20 - 23.9	30-60	5	25	No	P	
CDC [9]			20 - 23	30-60	3	15	No	P	99.97
AIA [1]			20 - 23	30-60	3	15	No	P	99.97
Francia [14]			20 - 25	40-60					70-80 / 80-90 / 99.95
Holanda [10]			21±3						40-60 / 80-90 / >95 / 99.95
Alemania [12]			18-24 y 27	50					85 / 99.95 / 99.995
Alemania y Suiza [41]		0.2	21	30-50					80-90 / >95 / 85 ó 95
British Medical Council [30]			23±3	40-60		10		+25Pa	99.97
Singapur y HTM [35]			17-27	50-60				Si	80-90 / 99.97
			15-25	40-60					
España	A y B		22 - 26	45-55	>63 3l/s	>2 0	O p .	P	70-80; E>98; y 99.95 ó 99.995

## ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN DE SALAS LIMPIAS

El Federal Standard 209E (Tabla 8) ha sido durante mucho tiempo la única norma que definía los niveles de clasificación de las habitaciones limpias por lo que ha sido muy utilizada a nivel internacional. La norma vigente actualmente y que la sustituye es la UNE-EN ISO 14644-1 (Tabla 9). Para facilitar la adaptación a la nueva norma en la Tabla 10 se muestran las equivalencias entre ambas.

**Tabla 8. Clasificación de salas estériles según la antigua norma Federal Standard 209E.**

SI	Clase		Número máximo de partículas por m <sup>3</sup> aire.				
	Inglés		0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	5,0 µm
M 1			350	75.7	30.9	10.0	--
M 1.5	1		1.240	265	106	35.3	--
M 2			3.500	757	309	100	--
M 2.5	10		12.400	2.650	1060	353	--
M 3			35.000	7.570	3090	1.000	--
M 3.5	100		--	26.500	10600	3.530	--
M 4			--	75.700	30900	10.000	--
M 4.5	1000		--	--	--	35.300	247
M 5			--	--	--	100.000	618
M 5.5	10000		--	--	--	353.000	2.470
M 6			--	--	--	1.000.000	6.180
M 6.5	100000		--	--	--	3.350.000	24.700
M 7			--	--	--	10.000.000	61.800

**Tabla 9. Clase de partículas contenidas en el aire para salas limpias según la norma vigente UNE-EN ISO 14644-1.**

Nº de ISO	Valor máximo de partículas por m <sup>3</sup> de aire.					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1.000	237	102	35	8	
4	10.000	2.370	1.020	352	83	
5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
7				352.000	83.200	2.930
8				3.520.000	832.000	29.300
9				35.200.000	8.320.000	293.000

**Tabla 10. Equivalencias entre las normas Federal Standard 209E y UNE-EN ISO 14644-1.**

UNE-EN ISO 14644-1	Federal Standard 209E	
	Inglés	SI
1		
2		
3	1	M1.5
4	10	M2.5
5	100	M3.5
6	1.000	M4.5
7	10.000	M5.5
8	100.000	M6.5
9		

## ZONAS DE OCUPACIÓN

Para establecer las condiciones de confort en una habitación de hospitalización se definen dos zonas: la “zona ocupada” y la “zona ocupada paciente”

### ZONA OCUPADA PACIENTE (ZOP)

Es la zona habitual de reposo del paciente y donde éste suele pasar la mayor parte del tiempo. Comprende las zonas próximas a las camas, sus límites se encuentran definidos en la Figura 10 para una habitación doble y en la Figura 11 para una individual. **No se encuentra el origen de la referencia.**

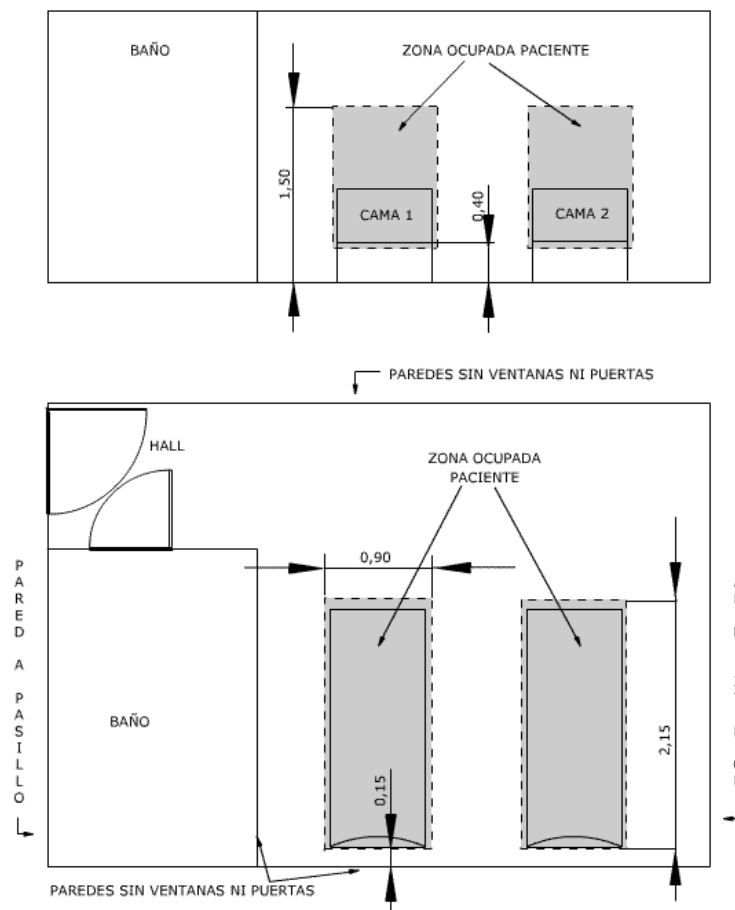


Figura 10. Alzado y planta de una habitación doble indicando los límites de la zona ocupada paciente (cotas en metros)

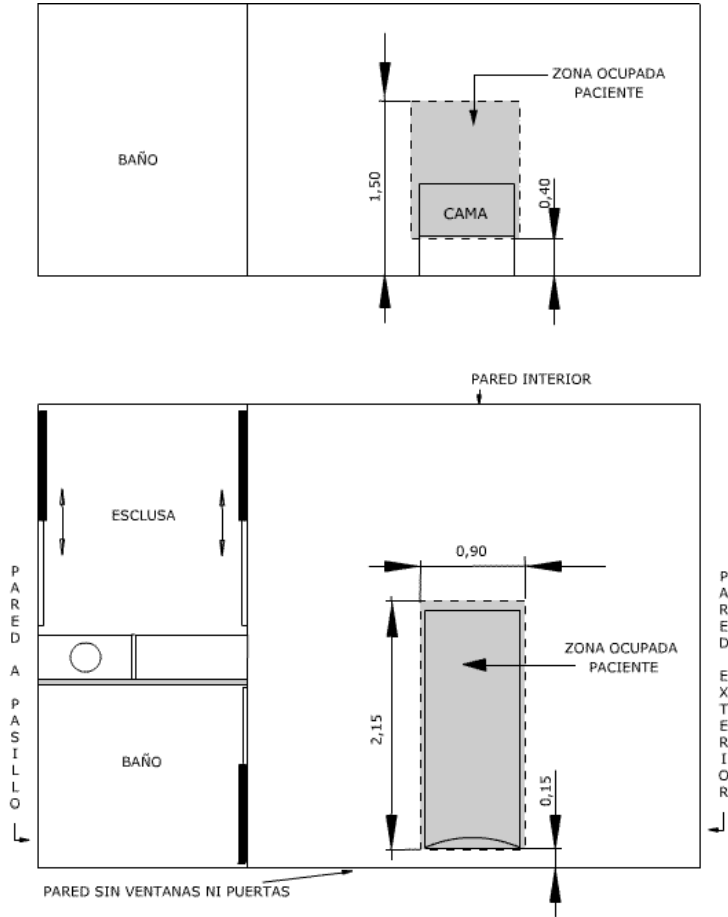


Figura 11. Alzado y planta de una habitación individual indicando los límites de la zona ocupada paciente (cotas en metros)

## ZONA OCUPADA (ZO)

Engloba tanto a la zona de visitas como a la zona de reposo del paciente. Sus límites son: a 50 cm de paredes exteriores, a 40 cm de paredes interiores ó 15 cm si se trata de la pared donde va la cabecera y a 10 cm del suelo, con una altura de 190 cm. Sus límites se encuentran definidos en la Figura 12 para una habitación doble y en la Figura 13 para una individual.

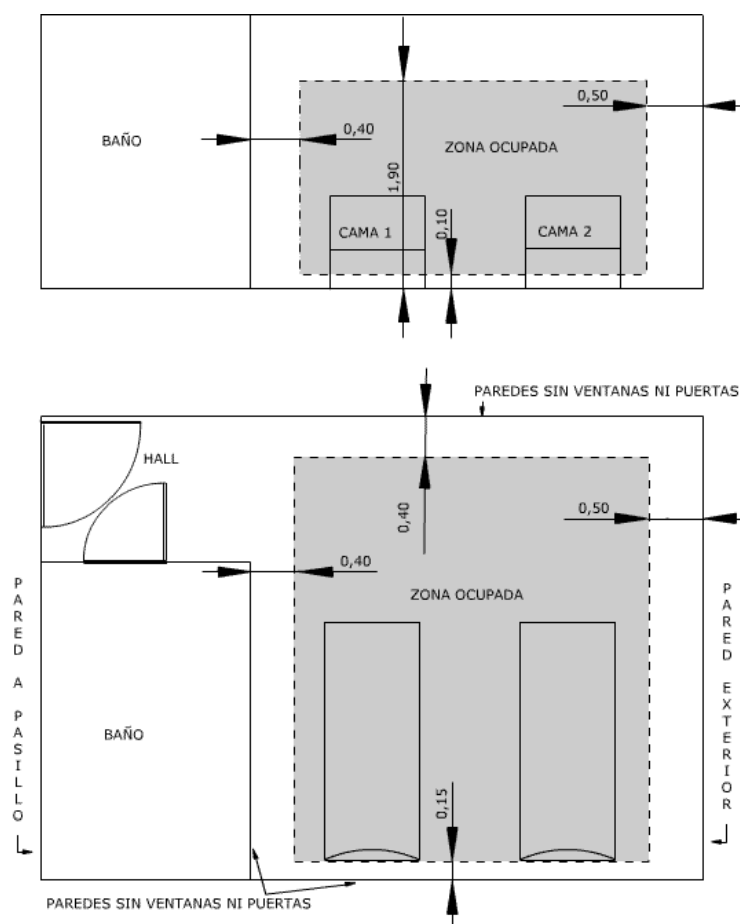


Figura 12. Alzado y planta de una habitación doble indicando los límites de la zona ocupada (cotas en metros)

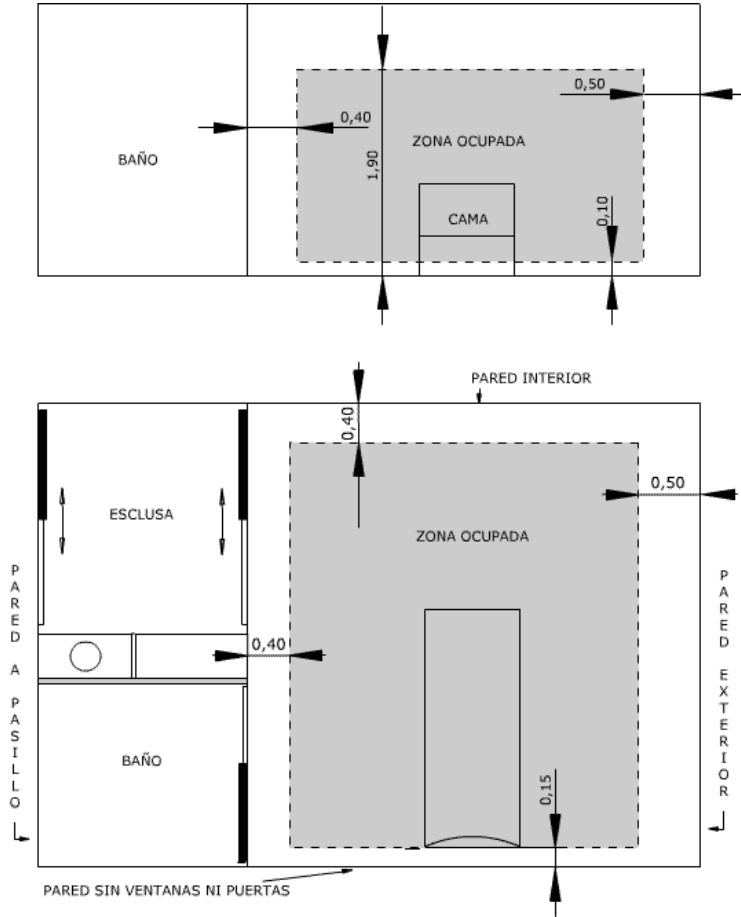


Figura 13. Alzado y planta de una habitación individual indicando los límites de la zona ocupada (cotas en metros)

## **PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA**

### **MEDIDA DE LA DIFERENCIA DE PRESIONES**

Se utilizará un manómetro de presión diferencial calibrado en el rango de  $\pm 15$  Pa. Un terminal se colocará en el interior de la habitación y otro en la esclusa.

### **MEDIDA DE LAS RENOVACIONES HORA**

Existen diversos métodos para determinar las renovaciones hora. A continuación se indican los más precisos:

Mediante gases trazadores. Se basa en diluir en la habitación un gas trazador en concentraciones inocuas y a partir de la evolución temporal de la concentración en la extracción determinar el nº de RH.

Medidores turbina. Se basa en medir el caudal de aire en las rejillas de extracción. Para ello se utiliza un dispositivo en forma de embudo, la sección de mayor diámetro debe cubrir por completo a la rejilla y ajustar bien con la pared. En la sección de menor diámetro hay un sensor que mide la velocidad. Con este dato y conocido el área de la sección se calcula el caudal.

### **MEDIDA DE LA VELOCIDAD**

Debido a las bajas velocidades que deben existir tanto en la zona ocupada como en la zona ocupada paciente, el dispositivo que mejor se adapta para medir la velocidad es el anemómetro de hilo caliente, preferiblemente de tipo omnidireccional.

Por las bajas velocidades a medir, se desaconseja el empleo de medidores de tipo hélice o turbina o los tubos de Pitot para medir en ZO o ZOP, que resultan adecuados sólo para medidas en difusores y rejillas.



## PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO

### PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DOBLE

En primer lugar se fija el número de habitaciones a inspeccionar. Para ello en la Tabla 11 se entra con la cantidad total de habitaciones del mismo tipo y se localiza la letra de código.

Con la letra obtenida se consulta la Tabla 12 en donde se obtiene el número de habitaciones para la primera muestra  $n_1$ , para la segunda muestra  $n_2$ , el número de aceptación  $A_c$  y el número de rechazo  $R_e$ . La elección de las habitaciones debe ser al azar.

Una vez fijado el número de habitaciones a inspeccionar la metodología a seguir sería la indicada en la Figura 14.

**Tabla 11. Elección de la letra de código**

Cantidad de habitaciones			Letra de código
2	a	8	A
9	a	15	B
16	a	25	C
26	a	50	D
51	a	90	E
91	a	150	F
151	a	280	G
281	a	500	H
501	a	1.200	J
1.201	a	3.200	K
3.201	a	10.000	L
10.001	a	35.000	M
35.001	a	150.000	N
150.001	a	500.000	P
500.001	a	más	Q

Tabla 12. Muestreo doble

Letra de código	Muestra	Cantidad de habitaciones a inspeccionar	Cantidad de habitaciones acumuladas entre las dos muestras	Nivel de calidad aceptable del 4% (Inspección rigurosa)	
				Ac	Re
A					
B	$n_1$	2	2		
	$n_2$	2	4		
C	$n_1$	3	3		?
	$n_2$	3	6		
D	$n_1$	5	5		
	$n_2$	5	10		
E	$n_1$	8	8		
	$n_2$	8	16		
F	$n_1$	13	13	0	2
	$n_2$	13	26	1	2
G	$n_1$	20	20	0	3
	$n_2$	20	40	3	4
H	$n_1$	32	32	1	4
	$n_2$	32	64	4	5
J	$n_1$	50	50	2	5
	$n_2$	50	100	6	7
K	$n_1$	80	80	3	7
	$n_2$	80	160	11	12
L	$n_1$	125	125	3	10
	$n_2$	125	250	15	16
M	$n_1$	200	200	6	14
	$n_2$	200	400	23	24
N	$n_1$	315	315		
	$n_2$	315	630		
P	$n_1$	500	500		
	$n_2$	500	1000		
Q	$n_1$	800	800		
	$n_2$	800	1600		

↓ Usar el plan de muestreo indicado debajo de la flecha. Si el tamaño de muestra es igual o excede el tamaño del lote, hacer inspección del 100%.

↑ Usar el plan de muestreo indicado encima de la flecha.

- Utilizar el plan de muestreo simple, Tabla 13 (con la posibilidad de utilizar el plan de muestreo doble inmediato disponible)

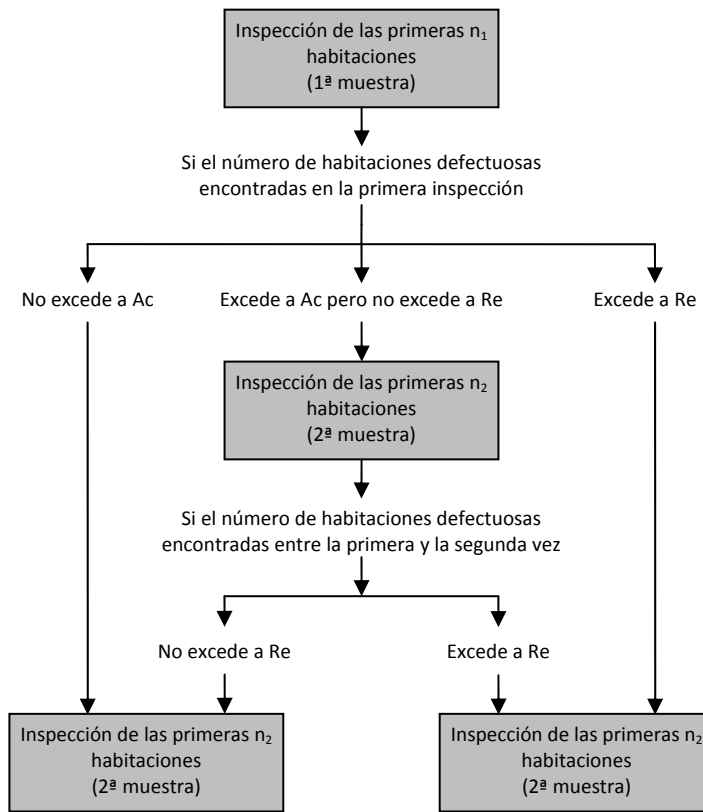


Figura 14. Diagrama de muestreo doble

## PROCEDIMIENTO DE MUESTREO SIMPLE

Tabla 13. Muestreo simple

Letra de código	Cantidad de habitaciones a inspeccionar	Nivel de calidad aceptable del 4% (Inspección rigurosa)	
		Ac	Re
A	2		
B	3		
C	5	0	1
D	8		
E	13		
F	20	1	2
G	32	2	3
H	50	3	4
J	80	5	6
K	125	8	9
L	200	12	13
M	315	18	19
N	500		
P	800		
Q	1250		

**Notas:**

- ⇓ Usar el plan de muestreo indicado debajo de la flecha. Si el tamaño de muestra es igual o excede el tamaño del lote, hacer inspección del 100%.
- ⇑ Usar el plan de muestreo indicado encima de la flecha.