

GUIA DE BUENAS PRACTICAS PARA LA SEGURIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DEL AREA QUIRURGICA

Hacia una estrategia de sostenibilidad energética en el Sector Salud

Barcelona, octubre de 2012

Autores y colaboradores

Pilar Boixareu Gomà (Servei Català de la Salut)

Maria Cristina Borbón Ribera (Departament de Salut)

Francisco García-Moreno Charlez (Servei Català de la Salut)

Joaquim Llevot Pelejà (Hospital Clínic)

Felipe López Casado (Hospital Clínic)

Rubén Moragues Pastor (Hospital de la Santa Creu i Sant Pau)

Raúl Oriol Romero (Hospital Clínic)

Rafel Padrós Selma (Hospital de la Santa Creu i Sant Pau)

Noèlia Poyatos Ventura (Hospital de la Santa Creu i Sant Pau)

Montserrat Sallés Creus (Hospital Clínic)

Joan Vila-Masana Portabella (Hospital Clínic)

INDICE

Introducción	4
1 Diseño de quirófanos	5
1.1 Estructura y adecuado funcionamiento de los quirófanos	5
1.1.1 Estructura física de los quirófanos	5
1.1.2 Espacios del área quirúrgica	6
1.1.3 Estructura funcional del área quirúrgica	7
1.1.4 Materiales a utilizar en las áreas limpias	8
1.2 Clasificación de quirófanos	9
1.2.1 Características ambientales de los quirófanos	9
1.3 Parámetros de diseño para cada clasificación	11
1.3.1 Temperatura	11
1.3.2 Humedad	11
1.3.3 Nivel acústico	11
1.3.4 Presión	11
1.4 Renovaciones de aire exterior y recirculaciones	12
1.4.1 Movimientos de aire, aire exterior y velocidad	12
1.4.2 Filtrado	14
1.5 Parámetros de funcionamiento en modo espera	14
2. Gestión técnica de las instalaciones	15
2.1 Condiciones de utilización, operación, limpieza y espera (stand by)	15
2.1.1 Quirófanos en servicio	15
2.1.2 Quirófanos en modo espera	16
2.1.3 Quirófanos fuera de servicio	19
2.2 Gestión de los parámetros	20
2.2.1 Intervenciones manuales	20
2.2.2 Intervenciones por gestión programada	20
2.3 Cambio de estado	21
2.3.1 Programado	21
2.3.2 Urgente	21
2.4 Otras medidas que pueden favorecer el ahorro	22
2.4.1 Programación de limpieza	22
2.4.2 Optimización del uso de quirófanos	22

3 Mantenimiento y control en quirófanos	23
3.1 Operaciones de control	23
3.1.1 Control de parámetros	23
3.1.2 Validaciones	25
3.2 Operaciones de mantenimiento	30
3.2.1 Instalación eléctrica	30
3.2.2 Instalación de climatización	31
3.2.3 Agua fría consumo humano (AFCH) y agua caliente sanitaria (ACS)	31
3.2.4 Instalaciones de gases	31
3.2.5 Revisión mecánica y carpintería	31
3.3 Protocolos de actuación	32
Anexos	33
Anexo 1 Encuesta	34
Anexo 2 Movimientos de aire a quirófanos	35
Anexo 3 Extracción de gases contaminantes	37

INTRODUCCION

La guía que tenéis en vuestras manos surgió con la voluntad de recoger y sistematizar la experiencia y el conocimiento de muchos profesionales del sector con relación al diseño, gestión y mantenimiento del área quirúrgica.

El objeto es, por una parte, establecer recomendaciones para que cualquiera de los centros que integran la red hospitalaria, independientemente de su dimensión y nivel de sofisticación tecnológica, pueda realizar una gestión de las instalaciones más segura y eficiente de sus quirófanos y, por otra, estructurar un conocimiento que también pueda servir de guía y orientación en el diseño de futuras instalaciones.

Agradecemos a todos los profesionales que han hecho posible la elaboración de esta guía aportando sus conocimientos que serán compartidos por el conjunto de los profesionales del sector de la salud.

1. Diseño de quirófanos

1.1 Estructura y adecuado funcionamiento de los quirófanos

1.1.1 Estructura física de los quirófanos

Los condicionantes principales a tener en cuenta a la hora de diseñar o reestructurar un área quirúrgica, dado el gran número de soluciones y tipologías a utilizar, son los siguientes:

Ubicación en el centro sanitario

Un aspecto fundamental en la protección del área quirúrgica es su ubicación dentro del centro sanitario. Es esencial la cuestión del aislamiento y la situación fuera de las circulaciones generales y, en consecuencia, de las áreas de mayor movimiento de personas y material.

Acceso y circulación dentro del área quirúrgica

Las circulaciones y la descripción de los circuitos tanto de acceso como internos establecidos son fundamentales para la buena organización funcional del área quirúrgica y deben asegurar que en ningún caso se podrá acceder desde la parte sucia a la limpia evitando las barreras previas o filtros de acceso. La relación de circulaciones de un área quirúrgica, y que puede tener connotaciones diferentes según su diseño específico, es la siguiente:

Circuito de pacientes

- *Circuito de paciente hospitalizado:* Es el que obliga a un sistema de barrera en el acceso para llegar a la zona limpia del área (sea mediante un transfer o simplemente una barrera que impide la entrada del medio de transporte del paciente y de las personas que lo acompañan) y para acceder a la salida.
- *Circuito de paciente ambulatorio:* Comporta la necesidad de vestuarios para pacientes ambulatorios que actúen como barrera para el paciente que llega por sus propios medios desde su domicilio a esta zona restringida.
- *Circuito de paciente de urgencias:* De iguales características que el del paciente hospitalizado. El carácter de urgencia puede obligar, excepcionalmente, a disponer de un acceso directo o vías especiales y que, en cualquier caso, deberán tener las condiciones del transfer general.

Circuito del personal

- *Circuito de personal asistencial:* Se realizará siempre a través del vestuario, con la obligatoriedad de usar indumentaria especial y disponiendo de un sistema de barrera para el cambio de calzado.
- *Circuito de personal de mantenimiento:* El acceso a las áreas de instalaciones para llevar cabo el mantenimiento preventivo y las eventuales reparaciones necesarias se hará a través de las zonas sucias y sin interrumpir el normal funcionamiento del área.
- *Circuito de personal de limpieza:* El acceso a la limpieza y desinfección de los quirófanos se realizará desde las zonas sucias, empezando siempre por los espacios con mayor grado de asepsia y acabando por los de menor.

Circuito de material

- *Circuito de material limpio*: El material fungible accederá desde el exterior del área a través de un sistema de barrera que permita el traspaso del material y, en ningún caso, el medio de transporte con que ha llegado desde el exterior. Tanto la ropa como el instrumental estéril tendrán una circulación diferenciada desde el almacén de material estéril o la central de esterilización para acceder al área quirúrgica. La situación ideal sería que los almacenes estériles estuviesen en la vertical del bloque quirúrgico para poder acceder con montacargas específicos o en emplazamientos anexos mediante el correspondiente transfer.
- *Circuito del material sucio*: Toda la actividad para el tratamiento del material sucio y contaminado se realizará en las zonas sucias. Así mismo, la evacuación del material sucio se realizará a través del pasillo sucio, diferenciado de cualquier posible acceso de material al área.

Circuito de acompañantes

En el caso que la reanimación postquirúrgica se encuentre dentro de la zona limpia, el acompañante entrará en esta sala a través de un acceso con un transfer que posibilite el cambio de ropa.

1.1.2 Espacios a contemplar en un área quirúrgica

Dentro del área quirúrgica, y desde el punto de vista del control de contaminación, es necesario diferenciar las zonas siguientes:

Zona limpia

Incluye los espacios correspondientes a las salas de operaciones y espacios de soporte directo (núcleo aséptico), que deben contar con unas determinadas condiciones de asepsia:

- Salas de operaciones
- Espacio para el lavado de manos quirúrgico
- Espacios de recepción y almacenamiento de material estéril
- Espacios para la inducción anestésica del paciente
- Espacios para el estacionamiento de literas internas
- Área de control de entradas y salidas
- Espacio para la supervisión de enfermería
- Sala de trabajo para el personal
- Almacén de material fungible
- Almacén de aparatos

Zona restringida

Corresponde al área de servicios accesibles al personal y al paciente hasta el núcleo aséptico:

- Secretaría del bloque
- Despacho de dirección o coordinación
- Sala de reuniones
- Sala de descanso del personal
- Sala de yesos (Traumatología)
- Sala de reanimación postquirúrgica*
- Control de enfermería*
- Local de limpieza*

**Estos espacios corresponderán a un área limpia en caso de que la reanimación postquirúrgica se encuentre dentro del área quirúrgica.*

Zona sucia interna

Está destinada a los espacios de tratamiento y evacuación de material sucio y contaminado, e incluye los espacios siguientes:

- Espacios de recepción y almacenaje de material sucio
- Soporte de la sala de reanimación postquirúrgica
- Espacio de limpieza de material especial
- Espacio de preparación de piezas anatómicas procedente de los quirófanos
- Espacio para el mantenimiento de aparatos
- Local de limpieza

Zona externa

Incluye todos los espacios externos del bloque hasta el filtro de ingreso:

- Recepción del paciente
- Espacios para el estacionamiento de literas o camas externas
- Recepción/secretaría para el paciente ambulatorio
- Sala de espera del paciente ambulatorio
- Vestuario del paciente ambulatorio
- Sala de espera para acompañantes
- Sanitarios para acompañantes
- Despacho para la información de acompañantes
- Vestuario de personal
- Local de limpieza

En el supuesto que el circuito de cirugía ambulatoria tenga un funcionamiento independiente del área quirúrgica general, se deben duplicar todas las áreas y establecer los circuitos y filtros restrictivos como los de las áreas quirúrgicas convencionales.

1.1.3 Estructuración funcional del área quirúrgica

La disposición de los espacios se realizará de tal manera que los circuitos de limpio y sucio no se crucen nunca.

Es recomendable que los posibles traspasos entre áreas limpias/sucias se realicen a través de esclusas o compuertas, asegurando que no se puedan abrir simultáneamente las de entrada y salida. Las banquetas, u otros sistemas de barrera física, se deberían utilizar dentro de una esclusa, diferenciando siempre el paso de personal y de material.

El número de oberturas entre espacios de diferentes zonas se debería minimizar en la medida de lo posible. En este sentido, es recomendable disponer de un único acceso al área quirúrgica.

Conviene asegurar la separación, dentro de los vestuarios, del personal que entra y sale del área quirúrgica. Esto se puede conseguir por medio de recorridos físicamente separados de entrada y salida.

La organización de las dependencias del área quirúrgica debe estar diseñada de forma que se acceda progresivamente desde las zonas menos limpias a las más limpias.

Paralelamente al esquema adoptado por esta área, debe disponer de unas instrucciones permanentes de funcionamiento de acuerdo con el planteamiento adoptado.

Es recomendable minimizar el número de dependencias de soporte y administrativas dentro del núcleo aséptico del área estéril. A estos efectos, se debe considerar la situación en las zonas externas.

La evacuación del material sucio al exterior del área no deberá alterar las condiciones de máxima asepsia y se realizará sin cruzar las áreas limpias.

Las áreas destinadas a tratamientos diversos con sedación, que en ocasiones se anexan al bloque quirúrgico, no pueden tener accesos independientes si tienen conexión interior con el área quirúrgica.

1.1.4 Materiales a utilizar en las áreas limpias

Paredes

Los materiales de acabados utilizados deben ser lisos, sin irregularidades en la superficie, sin fisuras, tan continuos como sea posible y minimizando al máximo el número de juntas con el objeto de reducir la acumulación de partículas o microorganismos y facilitar la limpieza de la manera más efectiva posible.

Se procurará una adecuada solución de entrega entre paramentos, tanto en la unión entre paredes como en la unión de estas con el suelo, y, a ser posible, los rincones y cantos deberán estar redondeados.

Todos los elementos que se instalen en la pared estarán encastados (negatoscopios, enchufes, vitrinas, paneles, etc.) evitando los salientes, los estantes y armarios.

Los materiales deben ser impermeables y resistentes a la repetida y frecuente aplicación de productos de limpieza, los ácidos u otros agentes desinfectantes.

Se evitara los materiales de revestimiento fibrosos (maderas y fibras); en caso de ser utilizados, deberían recibir un tratamiento para evitar la contaminación por partículas.

Se minimizará tanto como sea posible el número de puertas al quirófano. La entrega de material deberá realizarse mediante ventanas-guillotina.

Pavimentos

Deben ser resistentes al uso, al impacto y a la abrasión, de fácil limpieza, tan continuos como sea posible y que cumplan las exigencias legales de conductividad.

Los materiales deben ser impermeables y resistentes a la repetida y frecuente aplicación de productos de limpieza, los ácidos u otros agentes desinfectantes, así como a determinados productos utilizados en las intervenciones quirúrgicas (Betadine, Topionic, etc.).

Techos

Serán continuos y el acabado de la superficie liso para permitir una fácil limpieza. Además, serán herméticos y sellados convenientemente para evitar la contaminación procedente del espacio situado encima de ellos. No se permitirá el registro ni la accesibilidad de estos espacios desde el interior del quirófano.

1.2 Clasificación de los quirófanos

1.2.1 Características ambientales de los quirófanos

Los quirófanos son salas que han de disponer de un ambiente limpio y de unos niveles de confort que faciliten el desarrollo de las actividades de los profesionales, de ahí la importancia de su control.

Los parámetros que están regulados en la reglamentación vigente son:

- Humedad
- Temperatura
- Ventilación mediante la aportación de aire exterior
- Ruido
- Velocidad del aire
- Presión
- Número de partículas

Estos factores, además de incidir en el confort, constituyen una parte importante de la asepsia del ambiente, ya que afectan también a la transmisión aérea de las infecciones. La transmisión de algunas infecciones puede estar favorecida por unas inadecuadas condiciones de humedad o temperatura.

Actualmente, con la utilización de los sistemas de flujo laminar o unidireccional, que requieren unos movimientos de aire importantes, se plantea la necesidad de recircular el aire, ya que el gasto energético con una renovación del aire del 100% de aire exterior sería excesivo. Se debe entender por renovaciones las aportaciones de aire exterior y como movimientos la cantidad de veces que el volumen de aire total del quirófano pasa por los filtros terminales.

Es necesario que la tasa de movimientos sea suficiente para eliminar la contaminación de partículas que se producen en el quirófano durante el acto quirúrgico.

Las bacterias, virus y hongos responsables de las infecciones no se transmiten normalmente por el aire si no tienen un vehículo de transporte, a saber: partículas sólidas o líquidas en suspensión. Por tanto, a menos partículas, menos posibilidad de contaminación microbiana, aunque hasta la fecha no se ha establecido una correlación estadística entre el contenido de partículas en el ambiente y las infecciones quirúrgicas.

En un quirófano, las partículas provienen mayoritariamente del interior ya que las existentes en el aire exterior son retenidas antes de entrar mediante el filtraje, en un porcentaje cercano al 100%. Las existentes en el interior provienen del personal de quirófano, del paciente y de los elementos que se introducen. Únicamente podrían ser eliminadas mediante un cambio total de aire, cosa imposible de conseguir técnicamente, o mediante un proceso de filtrado en continuo, similar al que se realiza con el aire procedente del exterior.

Los procesos para eliminar parcialmente las partículas producidas en el interior son básicamente dos:

- Por desplazamiento (flujo unidireccional)
- Per dilución (flujo turbulento)

La definición de los tipos de quirófano, según las características del equipamiento ambiental de que disponen, se ha hecho en tres categorías, teniendo en cuenta la complejidad técnica e instrumental de las intervenciones, la susceptibilidad de los pacientes atendidos y la duración de la intervención, entre otros aspectos fundamentales que configuran el riesgo de infección, además de los estudios científicos sobre la materia.

Clasificación básica de los quirófanos

Clase A. Quirófanos de alta tecnología

Destinados a:

- Trasplantes de corazón, pulmón e hígado
- Cirugía cardíaca extracorpórea y de aorta
- Cirugía ortopédica de prótesis

Clase B. Quirófanos convencionales, de urgencias y de cirugía mayor ambulatoria

Destinados al resto de intervenciones quirúrgicas.

Clase C. Quirófanos de cirugía menor ambulatoria y salas de partos

Destinados a intervenciones ambulatorias, partos y endoscopias.

La actual norma UNE-EN ISO 14644-1:2000, *Salas limpias y locales anexos*, define el concepto de sala limpia: “Sala en la que la concentración de partículas en suspensión en el aire posee una gestión específica, y que ha sido construida y es utilizada para minimizar la introducción, producción y retención de partículas en su interior, y en la que son gestionados de forma adecuada otros parámetros pertinentes, como la temperatura, la humedad y la presión”.

Dado que no existen normativas de obligado cumplimiento respecto de las condiciones específicas de asepsia y confort que debe tener un quirófano, ambas relacionadas, y que la anterior definición de sala limpia se corresponde con sus necesidades, se recomienda que los quirófanos tengan la asimilación de clase, según la norma UNE 100713:2005, *Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales*.

La recomendación concreta es la siguiente:

- Quirófanos clase A Clasificación ISO clase 5
 Clasificación ISO clase 6
- Quirófanos clase B Clasificación ISO clase 7
- Quirófanos clase C Clasificación ISO clase 8

Esta contrastación de clase se deberá establecer en el estado que la norma define como instalación en reposo (“at rest”), es decir, con la instalación completa, con los equipos de producción instalados y en funcionamiento, pero sin personal presente.

Los parámetros para el cálculo técnico de las instalaciones de aire acondicionado están definidos en diversas normas UNE y tienen por objeto conseguir unas condiciones estables dentro de los locales, independientemente de las condiciones exteriores.

Se debe entender el no cumplimiento de los parámetros y de sus tolerancias como una incapacidad del sistema para responder a unas condiciones climatológicas anormales y no como resultado de un fallo del propio sistema.

Los valores recomendados, dentro de sus tolerancias, se deberán mantener en la zona ocupada o campo operatorio, definida en el Reglamento de instalaciones térmicas de edificios (RITE). Se recomienda que la toma de las medidas para la clasificación ISO se realice en la zona del campo operatorio, que es la que interesa que esté libre de partículas.

A continuación se recomienda, para cada uno de los parámetros que intervienen en el clima de los quirófanos, los valores y las tolerancias admisibles.

1.3 Parámetros de diseño para cada clasificación

1.3.1 Temperatura

Se debe determinar mediante ensayos el rango de temperaturas de confort, tanto en condiciones de invierno como de verano. Determinan el rango de confort las condiciones climatológicas del ambiente con las que el porcentaje más grande de personas sometidas a estas pruebas han notado una sensación de completo bienestar.

Las líneas del máximo bienestar, que son reflejo de la media de la prueba, se sitúan con una humedad relativa (HR) del 50%, con 21°C en invierno y 24°C en verano. La diferencia entre verano e invierno la determina básicamente el contraste con la temperatura exterior.

Dadas las condiciones climáticas de España, y teniendo en cuenta el tipo de funcionamiento de los quirófanos, se recomienda que la temperatura tenga el valor de 21°C (-1°C y +3°C).

Esta temperatura debe ser mantenida durante todo el tiempo de actividad del quirófano.

Ocasionalmente, para determinadas intervenciones, se pueden requerir temperaturas inferiores (alrededor de 17°C) mediante sistemas de expansión directa, siempre ubicados en el climatizador del quirófano, nunca en la sala de operaciones.

1.3.2 Humedad

La humedad relativa de confort, determinado también mediante ensayos, se sitúa entre el 30% y el 70%, y se considera el valor más idóneo el 50%. Se recomienda que para los quirófanos de clase A y B tenga el valor de 50% \pm 10%. Para los quirófanos de clase C se puede admitir 50% (-20% y +10%). Estos valores tendrán que mantenerse dentro de las tolerancias durante todo el tiempo de actividad del quirófano.

1.3.3 Nivel de ruido

Para todas las tipologías (A, B y C) se recomienda el mismo nivel máximo de 40 dB A y siempre inferiores a 35 dB A en las zonas de recuperación.

1.3.4 Presión

En la zona quirúrgica, se debe mantener un riguroso escalonamiento de la presión de las salas, de manera que el movimiento de aire se produzca de la zona más limpia a la menos limpia.

Los valores mínimos propuestos entre los quirófanos y otros locales limpios serán:

- Quirófanos de clase A > +10Pa
- Quirófanos de clase B > +10Pa
- Quirófanos de clase C > +5 Pa

Estos valores se incrementarán, en la medida que sea necesario, entre un quirófano y un pasillo sucio. Es decir, entre una zona clasificada y otra sin clasificar.

1.4 Renovaciones de aire exterior y recirculaciones

Para el diseño de sistemas de climatización de los quirófanos, se debe diferenciar entre aportación de aire exterior o caudal de aire exterior, y caudal recirculado, que es el 100% del aire que pasa por el climatizador, que incluye el caudal de aire exterior y el del propio quirófano.

1.4.1 Movimientos de aire, aire exterior y velocidad

Estos parámetros están muy relacionados con el diseño técnico necesario para obtener la clase solicitada. De todas formas, es necesario dar unos parámetros que orienten en el diseño, ya que estos serán siempre superiores o iguales a los establecidos como obligatorios en la norma UNE 100713-2005.

Quirófanos de clase A

Los quirófanos clase A pueden tener una clasificación ISO 5, correspondiente a la clase 100 de la norma americana *Federal Standard*, y ISO 6, correspondiente a la clase 1.000 de la mencionada norma, en la zona de intervención o campo operatorio. Se permite una clasificación inferior para el resto del quirófano.

Quirófanos ISO 5

El sistema de flujo laminar es el recomendado para estos tipos de quirófanos. Es aconsejable tener bajo el campo operatorio un caudal de recirculación de 80 movimientos/hora con una velocidad máxima del aire a salida de difusor de 0,2 m/s.

La aportación mínima de aire exterior será 1.200 m³/h, y la diferencia se hará con aire recirculado, que cumplirá obligatoriamente los parámetros siguientes:

- El aire será del propio quirófano y únicamente de este, y por tanto habrá un sistema de tratamiento de aire único
- El aire recirculado será tratado igualmente que el aire exterior por el mismo climatizador.
- Debe existir un control microbiológico

Quirófanos ISO 6

Estos quirófanos funcionaran con flujo turbulento, con un caudal de recirculación aconsejable de 40 movimientos/hora, de los cuales, como mínimo, 1.200 m³/h serán de aire exterior, que cumplirá obligatoriamente los parámetros siguientes:

- El aire será del propio quirófano y únicamente de este, y por tanto habrá un sistema de tratamiento de aire único
- El aire recirculado será tratado igualmente que el aire exterior por el mismo climatizador.
- Debe existir un control microbiológico

La velocidad residual del aire en la zona de ocupación o campo operatorio definida anteriormente será entre 0,2 y 0,3m/s.

Quirófanos clase B

Los quirófanos clase B tendrán una clasificación ISO 7, correspondiente a la clase 10.000 de la norma americana *Federal Standard* y, para conseguirla, el sistema de difusión de aire recomendado es el flujo turbulento.

El caudal de recirculación aconsejable será, como mínimo de 25 movimientos/hora, de los cuales, como mínimo, 1.200 m³/h serán de aire exterior, que cumplirá obligatoriamente los parámetros siguientes:

- El aire será del propio quirófano y únicamente de este, y por tanto habrá un sistema de tratamiento de aire único
- El aire recirculado será tratado igualmente que el aire exterior por el mismo climatizador.
- Debe existir un control microbiológico

La velocidad del aire en la zona de ocupación, definida en estas recomendaciones, será de 0,2 y 0,3 m/s.

Quirófanos clase C

Los quirófanos clase C tendrán una clasificación ISO 8, correspondiente a la clase 100.000 de la norma americana *Federal Standard* y, para conseguirla, el sistema recomendado es el flujo turbulento.

El caudal de recirculación será, como mínimo, de 15 movimientos/hora, de los cuales, como mínimo, 1.200 m³/h serán de aire exterior.

La velocidad del aire en la zona de ocupación, definida en estas recomendaciones, será entre 0,2 y 0,3 m/s.

Resumen de las renovaciones de aire exterior y recirculaciones

Como renovación, y tal y como se especifica en el punto 6.6.2 de la norma UNE 100713:2005 y en la UNE-EN ISO 14644-1:2000, se pueden considerar las condiciones mínimas nominales para quirófanos en servicio siguientes:

Clasificación del quirófano UNE 100713	Clasificación ISO 14644	Flujo	Caudal mínimo de aire exterior	Grado de contaminación μs	Concentración relativa máxima admisible ESI	Caudal mínimo de aire de impulsión en movimiento 2400x μs / ESI	Recirculaciones por hora mínimas/recomendables	Velocidad del aire a la salida del difusor
Clase A	5	Laminar	1.200	1	2/3	3.600	20/80	0,2 m/s
Clase A	6	Turbulento	1.200	1	2/3	3.600	20/40	0,2-0,3 m/s
Clase B	7	Turbulento	1.200	1	1	2.400	20/25	0,2-0,3 m/s
Clase C	8	Turbulento	1.200	1	-	2.400	15/15	0,2-0,3 m/s

Aunque con las tres etapas de filtración se obtiene una buena calidad de aire sin microorganismos, se ha de impulsar un caudal mínimo de aire exterior de 1.200 m³/h para mantener una concentración de gases anestésicos por debajo de los límites recomendados. La norma UNE 100713:2005 indica que con un caudal de aire exterior de 1.200 m³/h la concentración se mantiene por debajo de 0,4 ppm (Ver Anexo 1)

El caudal de aire de impulsión deberá de ser el mayor entre el resultante del cálculo de la carga térmica y el caudal mínimo citado anteriormente.

1.4.2 Filtrado

Como se ha señalado anteriormente, el nivel de filtrado tiene que ser diferente según la clase de quirófano. Una cuestión muy importante a la hora de ejecutar obras, reformas u operaciones de cambio de filtros es la verificación de la estanqueidad.

Quirófanos de clase A

Se recomienda disponer, como mínimo, de tres niveles de filtrado, en las dos tipologías definidas, flujo laminar zonal y flujo turbulento, equipados con filtros de la siguiente categoría:

- Prefiltro EU4
- Filtro de salida de climatizador EU9
- Filtro final en el recinto de quirófano H-14-U15

La recomendación de filtros U15 (ULPA: *ultra low particulate air*), se tendrá en cuenta, en el caso de necesidad de aire muy limpio en el espacio de la zona de actividad quirúrgica.

Quirófanos clase B

Se recomienda disponer, como mínimo, de tres niveles de filtrado, equipados con filtros de la siguiente categoría:

- Prefiltro EU4
- Filtro de salida de climatizador EU9
- Filtro final en el recinto de quirófano H13

Quirófanos clase C

Se recomienda disponer, como mínimo, de dos niveles de filtrado, equipados con filtros de la siguiente categoría:

- Prefiltro EU4
- Filtro de salida de climatizador EU9

1.5 Parámetros de funcionamiento en modo espera

Para disminuir el gasto energético que supone mantener las condiciones de funcionamiento de las zonas quirúrgicas, se recomienda reducir las durante los períodos de espera (Ver apartado 2.1.2 *Quirófanos en modo espera*).

En estos períodos se recomienda reducir el número de renovaciones/hora de los quirófanos y cerrar la aportación de aire exterior, dejando que la temperatura oscile entre los 15°C y 26°C para que de esta manera, y en función de la humedad, evitar que se produzcan condensaciones y problemas con los materiales de los acabados. Siempre se tendrá que mantener una sobrepresión mínima de 6 Pa.

Por otra parte, se recomienda disponer de una planificación esmerada de las operaciones para pasar del modo de espera al de operaciones con 30 minutos de antelación y poder, de esta manera, conseguir las condiciones de funcionamiento óptimas para el acto quirúrgico.

2. Gestión técnica de las instalaciones

2.1 Condiciones de utilización, operación, limpieza y espera (*stand by*)

Las condiciones de uso de los quirófanos son: funcionamiento normal (servicio), espera (*stand by*) y fuera de servicio.

A continuación se detallan los parámetros para cada una de las situaciones citadas.

Es fundamental la planificación y la coordinación con el área asistencial del personal responsable del cambio de funcionamiento del quirófano.

Se recomienda realizar la planificación de los paros de corta y, si es posible, de larga duración, a principios de año, intentando ejecutarlas durante los períodos de vacaciones. Así mismo, se recomienda confirmar con dos semanas de antelación que no habrá cambios en la programación prevista para los días en que los quirófanos permanezcan sin actividad.

La definición de los parámetros dependerá del estado de cada instalación, de la ubicación geográfica, de las condiciones meteorológicas, etc. Por tanto, los valores que aquí se indican serán genéricos y se deberán adaptar a cada área quirúrgica o quirófano en concreto.

Se deben diferenciar los conceptos de caudal recirculado y de caudal de aire exterior. El caudal recirculado de aire es el número de veces que un mismo volumen de aire se mueve dentro de un espacio. En cambio el caudal de aire exterior hace referencia al número de veces que se cambia este volumen de aire para introducir un volumen de aire exterior.

2.1.1 Quirófanos en servicio

Los quirófanos se consideran en servicio cuando están en el estado de funcionamiento normal de intervención quirúrgica, limpieza o preparación. En los mantenimientos periódicos propuestos en el punto 3.2 *Operaciones de mantenimiento*, la instalación se podría situar en posición de espera ya que posteriormente se deberá realizar una limpieza.

Se deberán considerar aquellos parámetros que se especifiquen en las normativas aplicables en función de la clase de quirófano y la calidad ambiental del aire. En la Tabla 5 de la norma UNE100713:2005 se indican las exigencias de climatización para el área quirúrgica:

Zona quirófano	Clase de local	Caudal mínimo de aire exterior m ³ (h/m ²)	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	HR %	Presión sonora máxima dB (A)
Quirófanos tipos A y B, incluidos urgencias y partos	I	1.200 m ³ /h	22	26	45-55	40
Pasillos, almacén, material estéril, entrada y salida	I	15	22	26	45-55	40
Sala de despertar	I	15	22	26	45-55	35
Otros locales	I	15	22	26	45-55	40

De acuerdo con la norma UNE 100713:2005, los quirófanos quedan clasificados como locales tipo 1 (local con exigencias muy elevadas) y para la limpieza del aire de partículas sólidas y líquidas de estos locales, incluyendo microorganismos, requieren los niveles de filtración siguientes:

Etapa de filtración	Nivel de filtración	Clase de filtro	Normativa
Pre filtro	1º	EU4	UNE-EN779
Filtro de alta eficacia	2º	EU9	UNE-EN779
Filtro absoluto o de alta eficiencia	3º	H13 o H14	UNE-EN1822-1

Según la norma UNE 100713:2005, la clase de filtro absoluto o de alta eficiencia mínimo es H13

El filtro absoluto o de alta eficiencia estará ubicado en los difusores de impulsión del techo del quirófano.

La instalación de acondicionamiento de aire tiene que dar cumplimiento a las cuatro condiciones siguientes:

- Limitación del nivel de gérmenes en el aire en las áreas con necesidad de protección especial, la llamada zona de protección, constituida por la zona de operaciones o campo operatorio y las mesas de instrumental
- Asegurar la circulación del caudal de aire necesario entre los diferentes locales
- La limitación de la concentración de los gases anestésicos y otras sustancias
- El cumplimiento de las condiciones ambientales exigidas en cada momento (compensación de las cargas de calor y eliminación de las sustancias contaminantes)

Respecto del caudal de aire, en la norma citada se indica que para quirófanos con altas exigencias en cuanto a la presencia de gérmenes, es necesario impulsar un caudal mínimo de 2.400 m³/h en el caso de estar dotados de sistemas de difusión por mezcla de aire.

2.1.2 Quirófanos en modo espera

Se considera que un quirófano está en modo espera cuando acaban las intervenciones quirúrgicas programadas para ese día y no se volverá a utilizar en un espacio de tiempo prolongado, por ejemplo de las 15h a las 8h del día siguiente. En esta situación no tiene sentido mantenerlo en unas condiciones que comporten un alto consumo de energía.

Por este motivo, fuera de la jornada laboral y con el objeto de ahorrar energía, se mantendrán las condiciones interiores con unos parámetros próximos a los del ambiente exterior, limitándolos exclusivamente para evitar situaciones de riesgo como condensaciones y bajas o altas temperaturas.

Estas condiciones afectan relativamente al funcionamiento del servicio quirúrgico en caso de necesidad urgente de disponer del quirófano. Es decir, las instalaciones deben estar diseñadas para que el tiempo de recuperación del ambiente de la sala sea suficientemente rápido para poder disponer del quirófano en las condiciones de régimen de servicio. Se recomienda que pueda alcanzar el régimen normal de funcionamiento en 30 minutos.

Es necesario dejar claro que las instalaciones no se paran si no que se baja el rendimiento para mantener unas condiciones mínimas. De esta manera, se consiguen dos cosas importantes: se mantiene la esterilidad del ambiente y se reduce sustancialmente el consumo.

Estas condiciones se consiguen aplicando el apartado 6.7.1 de la norma UNE 100713:2005, en el que se indica que:

- Se deben mantener en sobrepresión el interior de la sala en relación con las zonas anexas
- Se debe mantener la velocidad mínima de 2 m/s en la impulsión de aire, cuando el tercer nivel de filtración no se encuentra en el difusor de la sala. En el caso que el filtro de tercer nivel se encuentre en el mismo difusor, sólo se debe impulsar y extraer el caudal de aire necesario para mantener la circulación de aire hacia los locales anexas
- Es necesario que tanto el conducto de impulsión como el de retorno estén equipados de compuertas herméticas para evitar que, en caso que se paren las instalaciones, se produzca circulación de aire entre los conductos. Así mismo, las comunicaciones entre el quirófano y las salas anexas también han de disponer de accesos cerrados herméticamente

Los períodos de limpieza y mantenimiento en los locales de clase 1 se consideran como tiempos operativos. El paro de las instalaciones de acondicionamiento de aire es únicamente admisible para realizar trabajos urgentes de mantenimiento y reparación, y han de limitarse al tiempo mínimo imprescindible para llevarlas a cabo.

La instalación se debe preparar para que, en caso de fallo del ventilador de impulsión, se desconecte automáticamente el ventilador de retorno para evitar una inversión del flujo de aire procedente de las salas colindantes.

El coste del consumo eléctrico del ventilador es inferior al coste del consumo eléctrico de la climatización. A parte de esto, comporta la disminución del caudal de aire de filtrado, provocando una mayor duración de los filtros HEPA (*High efficiency particulate air*).

Parámetros

Los parámetros a controlar en esta situación serán:

Caudal

El consumo de los ventiladores para mantener los caudales prescritos dentro de los quirófanos en las condiciones de servicio, sin ser una de las variables cuantitativamente importantes dentro de la factura energética, no es una cantidad despreciable.

Es recomendable disponer de elementos de regulación de caudal de rápido accionamiento (variadores de frecuencia) para poder reducir este consumo en modo espera.

Con todo, es necesario mantener un cierto movimiento de aire que evite contaminaciones, tal como se indica en el punto *Límites de seguridad. Contaminaciones (sobrepresión mínima)*.

Es necesario un caudal mínimo para mantener una velocidad de 2m/s o bien un diferencial de presión mínimo de 6Pa, según la norma UNE 171340:2012, *Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales*.

Sobrepresiones

En función de la clase de quirófano, la sobrepresión se regulará a la baja o al alza. Se recomienda mantener un diferencial de presión positivo mínimo de 6Pa entre el interior y el exterior del quirófano, tal como se indica en la norma UNE 141340:2012. De ninguna manera, en modo espera, se podrá eliminar la consigna de sobrepresión, ya que se estaría permitiendo la entrada de agentes microbiológicos. Esto supondría tener que iniciar un proceso de desinfección, validación y análisis de pruebas microbiológicas del quirófano en cuestión, cosa que comportaría tenerlo fuera de servicio durante unas dos semanas.

Para alcanzar estos valores se recomienda reducir al máximo la extracción de manera que con una impulsión mínima se consiga la sobrepresión.

Humedad

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad relativa (HR) es el porcentaje entre la humedad que contiene el aire y la máxima humedad que puede contener a una temperatura determinada.

Mantener la humedad relativa en las condiciones de servicio (45-55% HR, según la norma UNE 100713:2005), requiere un elevado consumo energético, ya sea deshumedeciendo a base de enfriar el aire o humectando con equipos generadores de vapor, generalmente eléctricos.

Por este motivo, en condiciones de espera se recomienda no limitar en exceso el margen de humedades dentro de la sala, teniendo siempre presentes los límites de seguridad que se exponen en el punto *Límites de seguridad. Humedad*.

Un factor importante a considerar es la ubicación geográfica del quirófano en cuestión, ya que una ciudad costera no tiene las mismas condiciones meteorológicas que una ciudad de interior. En consecuencia, se deberán adaptar las consignas a las condiciones ambientales de la zona en que se encuentre.

Temperatura

Si con el modo de funcionamiento normal estarán prefijadas unas consignas de temperatura máxima y mínima sobre las que se regulará el funcionamiento del climatizador correspondiente, en el modo espera se ampliará el margen de estas consignas. El objetivo es que la temperatura del interior del quirófano venga dada por la temperatura ambiente del exterior. Como en el caso de la humedad, para este parámetro será necesario tener en cuenta la ubicación geográfica y, por tanto, las condiciones ambientales exteriores.

De todas formas, se recomienda que el margen de las consignas de temperatura máxima y mínima sea suficientemente amplio como para que no se deba dar la orden de activar el climatizador.

A la hora de establecer unas condiciones mínimas de temperatura, se deberán tener en cuenta que sean superiores al valor mínimo recomendado para las condiciones de uso de los materiales interiores.

Iluminación

Una vez activado el modo espera, cosa que supone que no debe entrar nadie al interior del quirófano, es aconsejable reducir la iluminación, si es posible totalmente. De esta manera, además del ahorro energético, se inhibe la entrada de personas por error al interior del quirófano.

En el caso de disponer de telegestión de iluminación en el quirófano, se puede plantear la programación horaria del paro, si el sistema lo permite, con el objeto de hacerla automática.

Límites de seguridad

Temperaturas extremas

Si se fijan unos valores de temperatura “sin límites”, se está permitiendo que el interior del quirófano tenga una temperatura no regulada hacia el exterior. Si ésta es mucho más baja o alta que las condiciones normales, la recuperación de la temperatura en el momento en que se active el modo de funcionamiento normal será más lenta.

Se deberán tener en cuenta las condiciones meteorológicas exteriores y la ubicación geográfica, con el objeto de evitar el punto de rocío en condiciones de espera.

Se deberán tener presentes las características técnicas del material de construcción y del equipamiento del quirófano, ya que, por el hecho de someterlas a gradientes térmicos muy extremos, pueden acusar fatiga térmica o deteriorarse.

Humedad

Se recomienda que, para favorecer el ahorro energético, el control de la humedad sea libre por encima del punto de rocío (el punto de rocío o temperatura de rocío es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire).

A pesar que para favorecer al máximo el ahorro energético sea necesario dejar los parámetros de la humedad relativa interior sin control, es decir, condicionada a los niveles exteriores, es necesario tener muy presente el riesgo de condensaciones interiores.

Una superficie interior fría expuesta a un aire caliente y húmedo puede provocar condensaciones superficiales no deseables a efectos de mantener las mejores condiciones higiénicas del espacio estéril.

Esto hace necesario el hecho de tener que controlar el factor humedad en determinadas épocas del año, deshumidificando en modo espera o marcando niveles límite de temperatura interior que minimicen el riesgo de condensación.

Contaminaciones (sobrepresión mínima)

Se debe garantizar una sobrepresión mínima para evitar que entren en el ambiente quirúrgico microorganismos infecciosos que puedan comportar consecuencias graves si no se realiza un proceso de desinfección, validación y muestreo de partículas microbiológicas antes de una intervención. Para evitar este riesgo, se recomienda mantener un mínimo de 6Pa de sobrepresión en el interior de la sala respecto al espacio anexo, tal como se describe en la norma UNE 171340:2012.

En este modo de funcionamiento, se debe asegurar el mantenimiento de la sobrepresión con el objeto que el flujo de aire sea desde el interior hacia el exterior de la sala. Se aconseja no abrir las puertas y, por tanto, no permitir tampoco el acceso de personal ni de equipos en el interior para evitar el riesgo de contaminaciones, tal como recomienda la norma UNE 171340:2012. Tampoco se pueden realizar operaciones de mantenimiento puntuales que requieran validaciones posteriores.

Es conveniente informar al personal del área quirúrgica de las condiciones de cada quirófano y, si es posible, señalar el estado en que se encuentra el interior.

Tiempo de recuperación

Con el objeto de programar el horario de funcionamiento, se deberá conocer el tiempo de recuperación de los equipos que permitirá pasar del modo espera al de funcionamiento normal, que dependerá de las instalaciones del quirófano.

En este sentido, se recomienda que las instalaciones permitan que este tiempo sea el mínimo posible (se recomienda 30 minutos). De esta manera, se podrá disponer de un horario más amplio en modo de ahorro y, en caso que se necesite una reactivación de un quirófano con carácter de urgencia, se reducirá el tiempo de espera para conseguir las condiciones idóneas de uso.

A pesar que la concentración de contaminante químico debe de situarse por debajo del límite de condiciones normales de funcionamiento, se debería verificar el tiempo de eliminación a niveles de detección, de acuerdo con el Anexo 2, para garantizar el valor inicial cercano a cero para la siguiente jornada.

2.1.3 Quirófanos fuera de servicio

Los motivos del paro del quirófano pueden ser diversos: estacionales o por disminución de la actividad, reparaciones, remodelaciones, revisiones periódicas de las instalaciones, etc. Este paro debe estar programado conjuntamente con el área asistencial.

En el caso de paros estacionales y remodelaciones, se recomienda poner fuera de servicio la instalación de climatización del quirófano.

En el caso que se realicen obras en el quirófano, con otro en servicio contiguo, se recomienda mantener en servicio el retorno para crear un ambiente en depresión, evitando así que un ambiente sucio pueda traspasar al ambiente limpio del quirófano en servicio.

Durante la ejecución de cualquier trabajo de mantenimiento y/o reforma interior, es imprescindible tener especial cuidado con la correspondiente señalización ubicada en la puerta, los circuitos de acceso y las medidas higiénicas a adoptar.

Todas estas actuaciones requieren una intervención de limpieza y/o validación. En este momento se deberá retornar la climatización a las condiciones normales de funcionamiento, como mínimo en relación al caudal. Por limpieza, se entiende la limpieza prequirúrgica, no la limpieza de obra.

Antes de poder retomar la actividad, se deberá someter el quirófano objeto de la intervención a los procedimientos descritos en la norma UNE 171340:2012.

Aprovechando los paros, un vez al año se debe hacer un control higienista, como indica la norma UNE 100713:2005. Este control se basa en:

- Verificación de estanqueidad de los filtros, los conductos y el climatizador
- Recuento de partículas
- Recuento de la concentración de microorganismos en el aire
- Comprobación del sentido de circulación del aire

Se debe tener en cuenta los requerimientos indicados en la norma UNE 171340:2012

Antes de poder retomar la actividad, se necesario que el quirófano, en función de la intervención que se ha ejecutado, pase las validaciones prescritas en el punto 3.1.2 *Validaciones*

2.2 Gestión de los parámetros

2.2.1 Intervenciones manuales

En caso de no disponer de un sistema de instalaciones telegestionado, será necesario hacer manualmente todas las intervenciones a realizar para aplicar el modo espera. Con todo es aconsejable realizarlas manualmente en caso de no disponer de una gran cantidad de quirófanos o bien en ocasiones puntuales.

También se debe tener en cuenta que tiene que poder acceder con facilidad a todos aquellos elementos en los que se necesite actuar.

Si se tiene que cambiar el régimen diariamente, es recomendable disponer de un protocolo propio y de personal fijo formado que se responsabilice de la actuación. Es importante enfatizar en este punto, ya que en caso de error o fallo las condiciones interiores del quirófano no serán las que corresponden y en algunos casos podría comportar graves consecuencias.

2.2.2 Intervenciones por gestión programada

Es recomendable disponer de un sistema de gestión de las instalaciones que facilite y optimice el cambio de régimen de funcionamiento normal a espera, a pesar del coste que comporta. El sistema de control se puede diseñar en función de las necesidades de cada usuario, ya sea a nivel de todo el hospital o más focalizado en las zonas que más interesan. Este último facilita la gestión y programación de las instalaciones que más convengan.

En el caso de disponer de un horario o de un calendario de intervenciones programadas, se debería incorporar al sistema de gestión, de forma que actúe sobre las instalaciones.

Los parámetros modificables pueden ser muchos, en función del sistema que se disponga o se contrate. Para los tres regímenes inicialmente planteados, se aconseja disponer al menos de los siguientes parámetros manipulables:

- En relación con las instalaciones mecánicas:
 - Caudal de aire
 - Humedad
 - Temperatura
 - Sobrepresión
 - Velocidad
 - Estado de los filtros
 - Aportación de aire exterior
- En relación con las instalaciones eléctricas:
 - Iluminación

Para facilitar el cambio de estado, se pueden fijar los valores de los parámetros según el modo de funcionamiento y asignarlo al horario o calendario programado.

Se recomienda disponer de un indicador de las condiciones de estado interior de fácil visualización desde el exterior, mediante señales luminosas que indiquen en color verde el modo de funcionamiento y en color rojo el modo de espera.

2.3 Cambio de estado

2.3.1 Programado

Se aconseja realizar la programación de los horarios de intervenciones quirúrgicas a un año vista. En esta previsión, se incluirán los períodos de vacaciones con el objeto de programar y confirmar las actuaciones de mantenimiento de cada quirófano. Así mismo, deberá determinar si el paro debe ser corto o largo. Una vez confirmado el calendario, si se dispone de un sistema de gestión que lo permita, se puede implementar el calendario y hacer un seguimiento periódico para verificar su correcto funcionamiento.

El hecho de no disponer de un sistema de gestión no tiene por qué limitar las actuaciones a realizar. En este caso, se debe prever un protocolo propio, ser muy riguroso en el seguimiento del calendario y activar los procesos necesarios para cambiar de estado. Es importante enfatizar en este punto, ya que en caso de error o fallo, las condiciones interiores del quirófano no serán las que corresponden y en algunos casos podría comportar graves consecuencias.

2.3.2 Urgente

En caso de necesidad, como puede ser una urgencia, se puede cambiar el estado de espera de un quirófano por el estado en servicio o en condiciones normales. Con este cambio se deberían poder conseguir las condiciones habituales de la sala en un tiempo mínimo, tal como se expone en el punto *Límites de seguridad. Tiempo de recuperación*, ya sea actuando manualmente o través del sistema de gestión de instalaciones.

Esta situación no será factible en el caso que un quirófano esté parado completamente, dado que previamente ha de pasar el proceso de validación que se ha explicado anteriormente.

2.4 Otras medidas que pueden favorecer el ahorro

Es recomendable disponer de un plan de ahorro en el que todas las partes implicadas en el proceso de trabajo de un quirófano estén integradas.

Para elaborar el plan se aconseja tener en cuenta el proceso siguiente:

- *Implicación:* Es necesario que desde el inicio todas las partes implicadas (área asistencial, limpieza, mantenimiento, etc.) estén implicadas con las medidas de ahorro, de manera que puedan colaborar.
- *Diagnóstico y medida:* Es necesario elaborar, conjuntamente con las partes implicadas, un diagnóstico del funcionamiento del área quirúrgica y obtener los resultados de las medidas de los parámetros técnicos a valorar.
- *Análisis:* Una vez obtenido el diagnóstico de la instalación, se debe analizar hasta que punto se pueden aplicar medidas de ahorro energético así como determinar el grado de actuaciones que se pueden realizar y, si es posible, estimar el consumo antes de aplicar el plan de ahorro para poder diferenciar el resultado una vez implementado.
- *Planificación:* Es importante planificar cual es el mejor momento para implementar los cambios que se efectúen, teniendo en cuenta la opinión de las áreas afectadas. Será necesario considerar también que, inicialmente, es recomendable un período de pruebas para verificar el funcionamiento del cambio de estado.
- *Comunicación:* Este es uno de los puntos más importantes para que el proceso de implementación del plan energético tenga éxito y se inicia una vez se conoce la planificación de las medidas a aplicar. Con todo, es un punto que se debe mantener en las fases siguientes con el objeto que todo el personal implicado continúe trabajando en él.
- *Ejecución:* Una vez están implicadas las personas, de acuerdo con la planificación establecida y previa comunicación, es el momento de implementar las medidas de ahorro.
- *Formación:* El proceso de formación será diferente según la responsabilidad de cada equipo (mantenimiento, área asistencial, etc.). Es muy importante que todo el personal del área quirúrgica conozca el funcionamiento del ámbito en el que trabaja.
- *Motivación:* Un factor a tener en cuenta para obtener buenos resultados de ahorro es que todas las personas implicadas, directa o indirectamente, estén motivadas. Hacerlas partícipes del ahorro conseguido ayuda a poder promover nuevas medidas.

2.4.1 Programación de la limpieza

Para optimizar el tiempo del modo espera, es importante que todas las partes implicadas en el área quirúrgica participen en el ajuste horario. El equipo de limpieza es una de ellas. Es necesario que, a medida que se finalice la última intervención quirúrgica en cada uno de los quirófanos, se inicie el proceso de limpieza. Así, el cambio de régimen se podrá realizar antes.

2.4.2 Optimización del uso de los quirófanos

En lo relativo al área asistencial, se aconseja organizar las intervenciones quirúrgicas de tal manera que se optimice el tiempo de ocupación de los quirófanos, coordinadamente con el equipo de limpieza, y en la medida de lo posible.

3. Mantenimiento y controles en quirófanos

3.1 Operaciones de control

Controles que afecten a la calidad del aire

De acuerdo con la norma UNE 100713:2005, es necesaria una limpieza de los elementos y equipos de las instalaciones de acondicionamiento de aire y del resto de aparatos, prestando especial atención al correcto funcionamiento de los filtros. La periodicidad de las inspecciones tiene que ser suficiente para permitir la detección y eliminar cualquier indicio de defecto o mal funcionamiento.

El estado de los filtros se puede determinar por la caída de presión en el propio filtro o por la medida del caudal de aire. Los quirófanos pueden disponer tanto de un sistema de climatización completamente automatizado como de manual. En los primeros, un sistema de gestión centralizado debería permitir controlar todos los parámetros: presión diferencial de los filtros, caudal de aire exterior y caudal de aportación a quirófano. En el caso de los controlados manualmente, se recomienda hacer periódicamente un control de caudal de aire exterior y de aire impulsado a quirófano, midiendo velocidades con un anemómetro, por ejemplo. Esta periodicidad debería ser, como mínimo, trimestral.

Una vez al año, como mínimo, se debe verificar la estanqueidad de la junta de los filtros absolutos y la ausencia de fugas (3 puntos por unidad) a través del filtro con un conteo de partículas, como establece el punto 11.2 y B.2 de la norma UNE 100713:2005.

Como mínimo, una vez al año, una empresa externa homologada en el control de "salas blancas", tal como se establece en la norma UNE 171340:2012, debe preparar un informe en el que se verifique todos los parámetros que afecten la seguridad del quirófano: caudales, presión diferencial, temperatura, humedad, test de estanqueidad de filtros (esta operación se debería realizar cada vez que se cambian los filtros absolutos).

Se recomienda hacer un control de contaminantes químicos como mínimo una vez al año. Obviamente, estos controles se tienen que realizar en condiciones de funcionamiento del quirófano y se debería escoger aquella intervención que fuese representativa de las que se realicen en el quirófano objeto de control.

Dentro de las áreas quirúrgicas, los quirófanos de trasplantes, cardiovasculares, prótesis, neurocirugía y oftalmología son áreas de muy alto riesgo, 3NF (HEPA) y requieren un flujo unidireccional. Los quirófanos de cirugía convencional y cesáreas, pasillos, almacenes estériles y almacenes de esterilización son áreas de alto riesgo y es necesario un flujo de mezcla de alto nivel de filtración, 3NF (HEPA). Para el resto de zonas del área quirúrgica, se aplicaran requisitos de filtración medios, con la garantía de calidad de aire IDA 1.

3.1.1 Controles de parámetros

Permanentes

Controles ambientales permanentes

Se recomienda que cada quirófano disponga de control de temperatura, humedad y sobrepresión. Estos parámetros se pueden monitorizar en el panel quirúrgico, de manera que siempre sea visible para el personal que este trabajando. Es conveniente que estos parámetros se monitoricen en el sistema de gestión centralizada del hospital y queden registrados los valores, de esta forma en caso de que hubiese alguna contaminación o infección en algún paciente se podrían comprobar las condiciones en las cuales se realizó la intervención. Si es este el caso, se facilita la

programación de consignas, los horarios de funcionamiento del quirófano y la gestión de posibles alarmas en el momento que se sobrepasa alguno de los márgenes de las consignas de funcionamiento.

Lógicamente, y independientemente de estos parámetros, es necesario asegurar las condiciones idóneas para la actividad y detectar anomalías.

Programados periódicamente

Controles ambientales periódicos

Según la norma UNE 171340:2012, las validaciones a realizar en salas de ambiente controlado, los organismos que las realizan, los parámetros a tener en cuenta y los criterios adoptados, tienen que ser los siguientes:

Sala de ambiente controlado	Validación previa a puesta en marcha	Validación post mantenimiento (incluidos cambios de filtro)	Validación anual "en reposo"
Organismo de validación	Externo	Externo o interno	Externo
Parámetros ambientales	T° y HR% Microbiología Partículas clasificación Ruido	T° y HR% Microbiología Partículas clasificación Ruido	T° y HR% Microbiología Partículas clasificación Ruido
Parámetros de instalación	Presión diferencial Validación colocación filtro absoluto Caudales y renovaciones/h Sentido del flujo del aire Análisis de configuración del flujo del aire Recuperación de la sala	Presión diferencial Clasificación del quirófano Según el alcance de la reforma	Presión diferencial Validación colocación filtro absoluto Caudales y renovaciones/h Sentido del flujo del aire Ensayo de recuperación de la sala
Condiciones técnicas de la tabla A.1 de la norma UNE 100713			
Condiciones higiénicas de la norma UNE 100012			

Controles de microbiología

Quando: Las muestras microbiológicas se deben tomar, como mínimo, en los casos siguientes:

- En la puesta en marcha.
- En el caso de detectarse una anomalía.
- Cuando se han realizado obras en la proximidad del quirófano.
- Cuando lo establezca la norma de acuerdo con la clasificación asignada al quirófano.
- Las que determine el higienista en función del nivel de riesgo de la sala y actividad.

Donde: Los puntos de toma serán:

- A 50 cm de la rejilla de impulsión.
- En el centro del quirófano, a 1 metro de altura del suelo.

Cómo: Los procedimientos para la toma de muestras son, como mínimo tres:

- Por impacto sobre el medio sólido.
- 500 litros caudal de 0,5 a 1,5 l/s.
- Placa *Petri* o *Rodac*.

Número de muestras: Se recomienda un mínimo de dos muestras por punto.

Medios de cultivo: Se consideran dos tipos de medios:

- Floritura y levaduras (Agar Rosa Bengala o Agar Sabouraud y Dextrosa Cloranfenicol).
- Flora total aerobia mesófila (Agar base TSA + lecitina + Tween).

La periodicidad mínima recomendada de los controles es la siguiente:

		Periodicidad mínima recomendada						Condiciones en los que también se debería actuar
		Diaria	Semanal	Mensual	Bimensual	Anual	Otras	
Ambientales	Temperatura	X						
	Humedad relativa	X						
	Sobrepresión	X						Si se para el sistema
	Microbiología			X	*			Se realizará semanalmente: En la puesta en marcha del quirófano, en caso de detectarse una anomalía o cuando se han realizado obras en la proximidad del quirófano
	Partículas					X		
	Ruido					X		Cuando el mantenimiento sea post-validación
Otros	Presión diferencial		X					
	Caudal					X		
	Renovaciones					X		Si se para el sistema
	Sentido del flujo de aire	X						
	Integración de los filtros absolutos					X		
	Clasificación del quirófano					X		
	Configuración del flujo del aire						X**	Cuando se modifique la estructura del quirófano
	Estado de los gases medicinales						X	Cambio de manguitos según la caducidad
	Monitores de aislamiento		X					
	Funcionamiento de las puertas		X					
	Mantenimiento preventivo del sistema de climatización						X	
	Equipamiento propio del quirófano (torreta, carros, etc.)		X					

*Para quirófanos clase C, los controles microbiológicos se pueden efectuar bimensualmente

**Para quirófanos clase B y C, la configuración del flujo del aire se puede revisar cada 4 años

Controles de partículas

Según la norma UNE 171340:2012, los realizará una empresa externa, excepto si se trata de una validación post-operaciones de mantenimiento, caso en que también los podrá llevar a cabo el personal interno.

Control químico

En función del grado del contaminante que se utilice en el quirófano, como puede ser el anestésico, se recomienda programar controles químicos para verificar la toxicidad en el ambiente, al menos una vez al año.

Extraordinarios

En caso de paro con pérdida de sobrepresión, se deberán comprobar los parámetros para verificar y restablecer las condiciones idóneas.

Será siempre el higienista quien indicará el tipo de control que será necesario hacer en cada caso así como quien determinará el momento idóneo para restablecer la actividad.

3.1.2 Validaciones

Las salas de ambiente controlado deberán tener en cuenta las condiciones técnicas de la Tabla A1 de la norma UNE 100713:2005 y las condiciones higiénicas de la norma UNE 100012:2005 *Higienización de sistemas de climatización*.

Se definen dos tipos de parámetros: los parámetros ambientales y los parámetros de la instalación. La validación de estos parámetros se debe hacer previamente a la puesta en marcha, en el post-mantenimiento (incluido el cambio de filtros) y en una valoración en reposo anual. Se entiende por reposo el estado del quirófano en modo operación y el equipamiento instalado pero sin personal.

Las validaciones tienen que realizarse por un organismo de validación externo en todos los casos, excepto en la validación post-mantenimiento (incluido el cambio de filtros) que se puede hacer por un organismo interno.

Los parámetros ambientales que se tiene que verificar en cada una de las validaciones citadas son la temperatura, la humedad relativa, la microbiología y la clasificación de partículas y el nivel de ruido.

Los parámetros de la instalación a verificar en la puesta en marcha son: la presión diferencial, la validación de la colocación del filtro absoluto, los caudales y las renovaciones/hora, el sentido del flujo del aire, el análisis de la configuración del flujo del aire y la recuperación de la sala.

Los parámetros de la instalación objeto de control en las acciones post-mantenimiento (incluido el cambio de filtros) son la presión diferencial, la clasificación del quirófano y otras en función de la magnitud de la intervención.

Para la validación anual en reposo, los parámetros de la instalación a verificar son: la presión diferencial, la validación la colocación del filtro absoluto, los caudales y las renovaciones/hora, el sentido del flujo del aire y el ensayo de recuperación de la sala.

Ensayos de los parámetros de las instalaciones

La metodología para comprobar los niveles idóneos de cada parámetro, se tiene que basar en la realización de los correspondientes ensayos.

Validación de los filtros HEPA

El ensayo se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 14644-3:2006 *Salas limpias y locales anexos controlados*, y el apartado 10.2, pruebas de recepción técnica de la norma UNE 100713:2005.

En los filtros HEPA figurará la fecha de colocación y se deberá disponer del correspondiente certificado.

En los filtros absolutos se deberá verificar la ausencia de fugas a través de su conjunto así como a través de la junta de estanqueidad. Para su comprobación tienen que realizarse los ensayos siguientes:

- Comprobación de la ausencia de fugas a través del material filtrante antes de montar el filtro (fabricante)
- Comprobación de estanqueidad a través de la junta (presurización del dispositivo), según el anexo B2 de la norma UNE 100713:2005.
- Comprobación de la ausencia de fugas a través del material filtrante y de la junta de estanqueidad mediante el contaje de partículas una vez montado el filtro, según el anexo B” de la norma UNE 100713:2005.

Integridad de los filtros HEPA

EL ensayo se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 14644-3:2006 o las IEST-RP (*Institute of Environmental Sciences and Technology-Recommended Practices*) de la FDA (*Food and Drug Administration*).

Para los filtros H-12/14 (eficiencia de filtración del 99,99%), la concentración en la cara limpia del filtro no tiene que ser superior a un 0,01% de la concentración antes del filtro.

Para los filtros H-11, la concentración en la cara limpia ha de ser menor o igual a 0,1% de la detectada antes del filtro. Para el filtro H-10 (eficacia del 95%), la concentración detectada en la cara limpia del filtro ha de ser un 5% inferior a la de antes del filtro.

Caudal y verificación del flujo

Se procederá al cálculo del caudal de aire aportado al quirófano, tanto de aire exterior como del total.

Se verificará el flujo de aire para comprobar la existencia de la sobrepresión o depresión de las salas respecto de los espacios adyacentes. Esta comprobación se deberá realizar con los caudales de aire nominal y con los caudales de aire reducidos establecidos fuera de las horas de funcionamiento.

Recuperación de la sala

Se deberá realizar un ensayo de cinética de descontaminación de partículas.

Dependiendo de la instalación de que se disponga, es necesario programar al menos una vez al año un paro de los quirófanos para hacer la revisión técnica y la validación para verificar la clasificación.

Una buena época para planificar las intervenciones técnicas suele ser el verano, cuando la actividad disminuye y, si se dispone de más de un quirófano, se puede programar dejando siempre alguno en funcionamiento.

Validaciones de todo el sistema

Para realizar una correcta validación de los quirófanos, se deberá cumplir los requisitos siguientes:

Norma UNE 100713:2005

- La repetición anual de los análisis higiénicos, de acuerdo con el anexo B2 de esta norma.
- El conteo de partículas y la medida de microorganismos contenidos en el ambiente después de la sustitución de cada una de las células filtrantes de 3r nivel de filtración. El conteo se realizará directamente del aire de impulsión, en salas con ambiente de clase I, realizando como mínimo 3 muestras de cada una de las salidas.
- La presencia del higienista después de reparaciones que puedan tener posibles efectos de carácter higiénico.

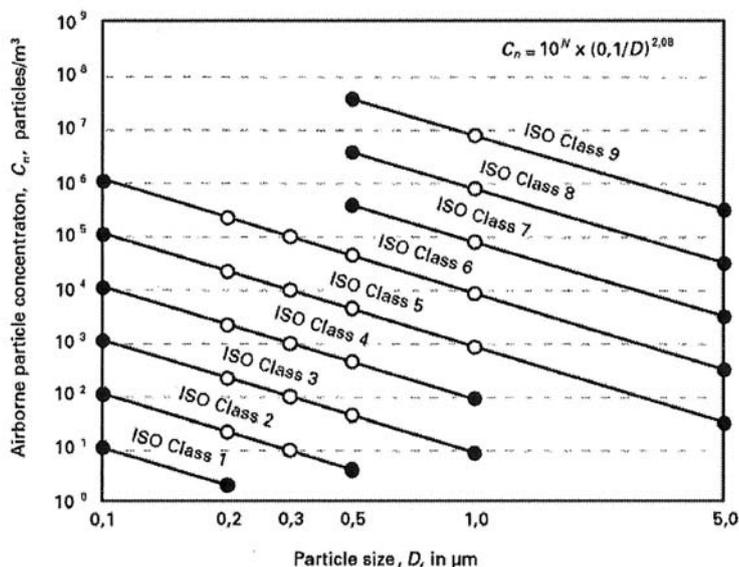
En los tres casos es necesario incluir los análisis microbiológicos.

- Norma UNE-EN-ISO:14644-2:2006, *Salas limpias y locales anexos controlados*:

Table 1 — Selected airborne particulate cleanliness classes for cleanrooms and clean zones

ISO classification number (N)	Maximum concentration limits (particles/m ³ of air) for particles equal to and larger than the considered sizes shown below (concentration limits are calculated in accordance with equation (1) in 3.2)					
	0,1 μm	0,2 μm	0,3 μm	0,5 μm	1 μm	5 μm
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1 000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10 000	2 370	1 020	352	83	
ISO Class 5	100 000	23 700	10 200	3 520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
ISO Class 7				352 000	83 200	2 930
ISO Class 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9				35 200 000	8 320 000	293 000

NOTE: Uncertainties related to the measurement process require that concentration data with no more than three significant figures be used in determining the classification level



Propuesta de planificación de validación de un quirófano:

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
Repasos	■													
Pruebas funcionales		■												
Limpieza fina			■											
Reposo				■										
Validación					■									
Desinfección						■								
Toma de muestras microbiológicas								■						
Obtención de resultados de las muestras microbiológicas												■		

En esta propuesta de validación se reservan dos días para repasos, pruebas funcionales y trabajos que se planifiquen a nivel de mantenimiento, como por ejemplo el cambio de filtros absolutos.

Limpieza fina

Previamente a la validación de partículas, y con el objeto de limpiar la posible suciedad que se haya podido generar durante los dos días previos, es necesario hacer una limpieza a fondo del quirófano.

Reposo

El día de reposo entre la limpieza fina y la validación se necesita porque las partículas del propio quirófano se distribuyan por el interior según la circulación del aire.

Validación

Los parámetros a medir son:

- *Presión diferencial*: Verificación de la capacidad de la instalación para mantener el diferencial de presión requerida hacia las salas y espacios adyacentes.
- *Nivel de luminosidad*: Se supone que se realiza en las pruebas funcionales de mantenimiento. A pesar de que no es un factor imprescindible para la validación del quirófano, es aconsejable medirlo para tener una referencia a modo informativo.
- *Nivel de ruido*: Comprobación del nivel acústico, en cumplimiento de los requerimientos de la norma UNE 100713:2005.
- *Nivel de humedad relativa*: Verificación del mantenimiento del nivel de temperatura relativa del aire según el valor prefijado.
- *Caudales de aire y renovaciones/hora*: Medida de los caudales de aire a través de los filtros terminales o difusores y retornos, y las renovaciones del aire de la sala por hora.
- *Integridad de los filtros HEPA*: Análisis de las posibles fugas potenciales de cada filtro para la detección de fugas de partículas hacia la sala del quirófano.
- *Clasificación de la sala*: En función del nivel de partículas detectado, y de acuerdo con lo que indica la norma UNE-EN-ISO 14644-1:2000, se obtendrá el valor ISO de la sala.

Ensayos de los parámetros ambientales

La metodología para comprobar los niveles idóneos de cada parámetro, se tienen que basar en la realización de los correspondientes ensayos:

Temperatura y humedad

Las exigencias de climatización de los hospitales quedan reflejados en la tabla 1 de la norma UNE 100713:2005.

El sensor de temperatura será termistor o similar y el de humedad relativa será capacitivo de película o similar. El campo de trabajo para los instrumentos será de 5°C a 40°C para el sensor de temperatura y del 20% al 80% para el sensor de humedad. El tiempo de estabilización será de 120seg para la temperatura y de 20seg para la humedad relativa.

Se tomarán, como mínimo, muestras en dos puntos por cada 500 m² o menos, separados dentro de la zona que se quiere controlar cerca de los elementos importantes (mesa de quirófano). La altura del muestreo será entre 0,6 y 1,2 m. Estos puntos deberán estar alejados de los focos de frío y calor anormales (equipos, radiación solar, etc.) y evitando alterar las lecturas por la presencia de personas demasiado cercanas. Los controles se repetirán dos veces como mínimo en cada punto de muestreo.

Los datos se presentaran en un listado identificando los puntos de muestreo. Para el cálculo del valor medio, si hay valores fuera del rango indicado por temperatura y presión, se deben tomar los valores límite. Se consideran puntos no conformes cuando la media de las tomas efectuadas se encuentra fuera del rango indicado en la tabla 5 de la norma 100713:2005. Debido a la incerteza del ensayo, se acepta un 4% para la temperatura y un 5% para la humedad relativa.

Microbiología

Este ensayo se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 14698-1/2:2004 *Salas limpias y ambientes controlados asociados. Control de la Biocontaminación*.

El objeto de este ensayo es determinar la posible presencia de microorganismos en el ambiente, cuantificando el número e identificando posibles especies patógenas. Los parámetros a determinar son la flora aerobia mesófila total y la flora fúngica. La sala ha de estar en reposo y sin actividad antes de iniciar el muestreo.

El caudal del muestreador seleccionado será de 0,5l y se captará un volumen de 100l de una sola vez o 500l en dos tomas. Se utilizarán placas tipo *Petri* y/o *Rodac*. Una de las placas se tomará en el área crítica a proteger (sobre la mesa de quirófano o campo operatorio).

Los criterios de valoración de los resultados serán los siguientes:

Clasificación	Valor	Parámetros
Ambiente muy limpio ISO 5 – ISO 6	<10 uf/m ³	Anaerobios Mesófilos totales
Ambiente limpio ISO 7	10-100 uf/m ³	Anaerobios Mesófilos totales
Ambiente aceptable ISO 8	100-200 uf/m ³	Anaerobios Mesófilos totales
Admisible	0 uf/m ³	Hongos: Aspergillus, Rhizopus, Mucor, Scedosporium

Clasificación de las salas de ambiente controlado

El ensayo se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 14644-3:2006 y el apartado 10.2 de la norma UNE 100713:2005 (solamente para zonas que se corresponden a clase 1, es decir, que dispongan de tres etapas de filtraje y la última con filtro absoluto o HEPA).

El objetivo del ensayo es clasificar las salas por el número y medida de las partículas, con la finalidad de determinar la limpieza del aire. Se determinará el número de partículas entre 0,3 µm y 10 µm.

Las muestras han de realizarse a la altura de la mesa del quirófano y en su entorno.

Los datos se presentaran en un listado relacionándolas con la identificación del filtro objeto del muestreo.

Los criterios de valoración exigidos son los que se indican en la tabla siguiente:

Clasificación	Tipos de salas
ISO 5 – ISO 6	Quirófanos clase A o alta tecnología y áreas de muy alto riesgo
ISO 7	Quirófanos clase B y áreas de alto riesgo
ISO 8	Quirófanos clase C y áreas de riesgo intermedio

Ruido ambiental

Las exigencias de ruido quedan reflejadas en la tabla 5 de la norma UNE 100713:2005

Se tomarán muestras en el ambiente del quirófano para confirmar que los niveles de ruido no excedan de los relacionados en la tabla 5. Las medidas se realizaran en un minuto en dBA.

3.2 Operaciones de mantenimiento

Control de las instalaciones

Se debería realizar un mantenimiento periódico trimestral del estado del sistema de climatización, instalación eléctrica, gases medicinales, tomas de extracción de gases anestésicos, mecánica, carpintería, obra civil, etc. Estas intervenciones se realizaran con la vestimenta específica de quirófano y una vez acabadas, será necesario hacer una limpieza.

3.2.1 Instalación eléctrica

Para un correcto mantenimiento, se realizarán las operaciones siguientes:

- Revisión del transformador y monitores de aislamiento.
- Verificación del SAI o baterías, de la lámpara quirúrgica y de los enchufes alimentados.
- Revisión y reajuste de los bornes del cuadro eléctrico.
- Revisión de las conexiones equipotenciales y de la tierra eléctrica.
- Revisión y cambio de luminarias y elementos deteriorados.

- Revisión, por mantenimiento autorizado, de la instalación eléctrica de acuerdo con el Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT).
- Revisión por Entidad de Inspección y Control en la periodicidad establecida por la REBT.

3.2.2 Instalación de climatización

Será necesario disponer de certificado anual descrito en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE), emitido por un mantenedor autorizado.

Para un correcto mantenimiento, se realizarán las operaciones siguientes:

- Limpieza y revisión del humidificador y el deshumidificador
- Climatizador
 - Cambio de filtros
 - Limpieza extrema de baterías de los climatizadores (si es posible)
 - Verificación de las válvulas motorizadas
 - Verificación del motor
 - Verificación del intercambiador
 - Medida de caudales en caso de no disponer de gestión centralizada
- Revisión de conductos y tuberías
 - Pérdidas de agua, aislantes en conductos, si es posible.

3.2.3 Agua fría para el consumo humano (AFCH) y agua caliente sanitaria (ACS)

Para un correcto mantenimiento, se verificarán y limpiarán los grifos e instalaciones, de acuerdo con el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, y el Decreto 325/2004, de 27 de julio, mediante el cual se establecen las condiciones higienicosanitarias para la prevención y el control de la legionelosis.

3.2.4 Instalación de gases

Para un correcto mantenimiento, se realizarán las operaciones siguientes:

- Prueba de estanqueidad de gases medicinales de las instalaciones y tomas de gases (incluidas las columnas) y sustitución de los elementos deteriorados.
- Pruebas de cruzamiento de tuberías.
- Verificación de las extracciones de gases anestésicos (EGA).

3.2.5 Revisión mecánica y carpintería

Para un correcto mantenimiento, se realizarán las operaciones siguientes:

- Revisión y/o sustitución de las ruedas de las mesas de quirófano y de los elementos rodantes en general.
- Revisión de los elementos mecánicos, puertas, etc.
- Revisión general de la carpintería de las zonas adyacentes al quirófano.

El tiempo entre estas intervenciones y la utilización del quirófano debería ser de 8 horas, después de las cuales habría circulado por el quirófano, como mínimo, 9.600 m³ (8 X 1.200 m³) de aire exterior.

Se recomienda planificar todas aquellas operaciones previstas a principios de año con el objeto de coordinar las afectaciones con el área asistencial con suficiente antelación.

3.3 Protocolos de actuación

Se recomienda seguir el siguiente protocolo para cualquier tipo de operación de mantenimiento:

- Identificación de las operaciones de mantenimiento
- Planificación de las tareas
- Comunicación al personal del área quirúrgica
- Ejecución de las actuaciones

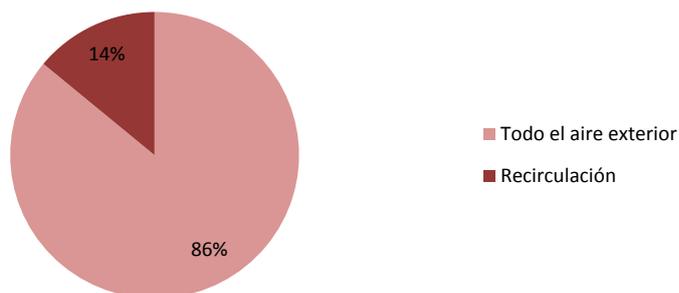
La periodificación y la duración de los procesos de este protocolo variarán en función de si se trata de una operación preventiva o substitutiva, o si se trata de una operación correctiva. En este último caso, puede requerir un menor tiempo de actuación.

ANEXOS

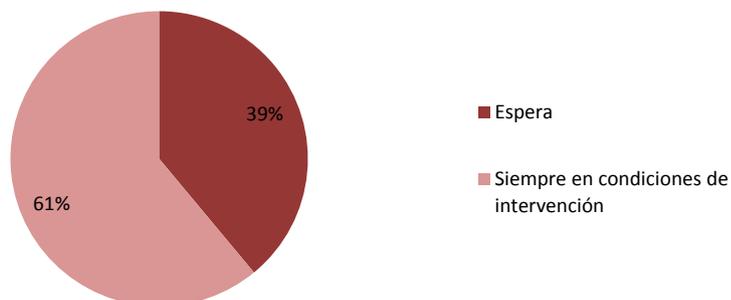
Anexo 1 – Encuesta

Encuesta sobre 195 quirófanos, realizada entre los meses de junio y octubre de 2012

Porcentaje de quirófanos que trabajan con recirculación de aire:



Porcentaje de quirófanos que trabajan en modo espera:



Anexo 2 – Movimientos de aire en el quirófano

Justificación de la renovación del aire de los quirófanos

Se entiende por renovación del aire del quirófano el caudal de aire exterior aportado en el quirófano (m^3h^{-1}). Se entiende por recirculación del aire el caudal de aire (m^3h^{-1}) que, extraído del quirófano, es devuelto nuevamente a la sección de filtración.

Así, en el caso de la renovación del aire, se está aportando al quirófano un aire cuya calidad (concentración de contaminantes ambientales, temperatura, humedad, etc.) dependerá de la zona de captación y sobre el que se deberá actuar de manera rigurosa para convertirlo en aire reglamentariamente correcto (ODA/IDA), de acuerdo con el Reglamento de instalaciones térmicas de edificios (RITE).

En el caso de la recirculación del aire, se dispone de un aire previamente acondicionado tanto desde el punto de vista térmico como de filtración de partículas externas que se retorna a la etapa de filtración a efectos de disminuir gradualmente la presencia de partículas en suspensión.

En condiciones ideales, en que la presencia de contaminantes químicos fuese nula, la recirculación del aire permitiría garantizar unas condiciones ambientales óptimas para las intervenciones quirúrgicas. Es únicamente el hecho de la presencia de estos contaminantes químicos lo que obliga a hacer la aportación de aire exterior para mantener los niveles de concentración de los contaminantes químicos (gases anestésicos) por debajo de los límites recomendados por las reglamentaciones y/o recomendaciones.

La variación de la concentración de contaminación en función del tiempo vendrá dada por la ecuación diferencial siguiente:

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{A}{V} - \left(\frac{q}{V}\right)C(t)$$

Donde:

$C(t)$ es la concentración en función del tiempo en mgm^{-3}

A es la tasa de aportación de contaminante en $mg h^{-1}$

V es el volumen del recinto donde se produce la contaminación en m^3

Q es el caudal de extracción en m^3h^{-1}

Esta ecuación pone de manifiesto que la variación de la concentración de contaminación en función del tiempo depende de la tasa de aportación (A) y del caudal de extracción.

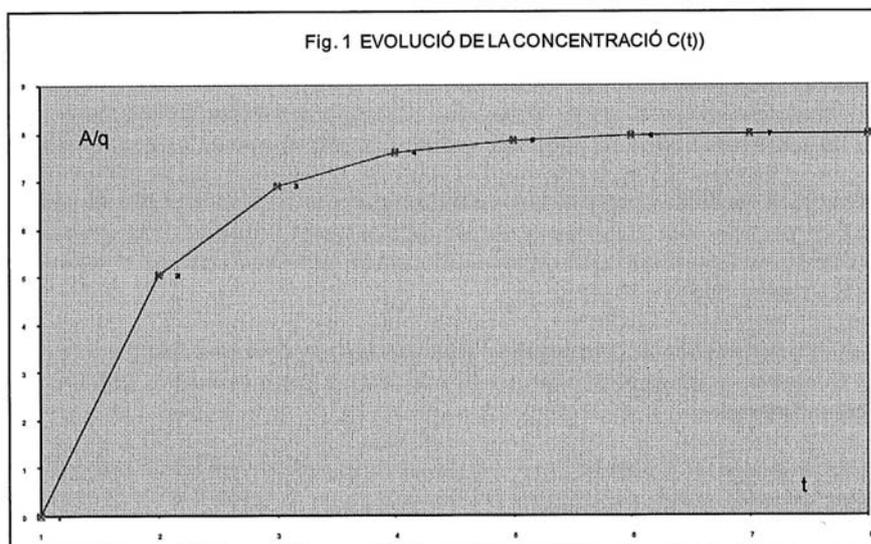
La resolución de la ecuación indicada proporciona la expresión siguiente:

$$C(t) = \frac{A}{q} \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{q}{V}t\right)\right) \right) + C(0) \exp\left(-\left(\frac{q}{V}t\right)\right)$$

$C(0)$ es la concentración inicial (para $t=0$) de contaminación que se tomará como cero (concentración de gases anestésicos al inicio de las intervenciones) y, por tanto, la anterior expresión se reduce a la siguiente:

$$C(t) = \frac{A}{q} \left(1 - \exp - \left(\frac{q}{V} t \right) \right)$$

Y que representa el gráfico siguiente (Fig. 1):



Para tiempos no excesivamente largos, la expresión 3 se convierte en:

$$C = \frac{A}{q}$$

Es decir, la concentración de contaminación en equilibrio (C independiente de t), es el cociente entre la tasa de aportación de contaminante (mg h^{-1}) y el caudal de extracción ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$). Si esta concentración de contaminante coincide con el límite máximo permitido para 8 horas de trabajo (L) el caudal de ventilación (q) tiene que ser el valor mínimo de aire exterior a aportar.

$$q_{\min} = A/L$$

Optimización (Análisis Coste-Beneficio) al margen, el resto de aire a mover en el quirófano para garantizar una determinada calidad ambiental, debería de ser recirculado.

Es necesario ver que en equilibrio, conocido el límite (L) y para una tasa de aportación de contaminante A, el valor de q_{\min} queda cuantificado. El número de renovaciones/hora que históricamente se ha usado técnicamente es incorrecto. Para este q_{\min} , que es un valor matemático y real, el número de renovaciones/hora dependerá del volumen del quirófano, pero lo que interesa realmente es el caudal que mantiene el nivel de contaminación por debajo del límite y este caudal es único e independiente del volumen del quirófano.

Anexo 3 – Extracción de gases contaminantes

Extracción de gases contaminantes. Recuperación química de los quirófanos

La evolución de la contaminación química en el quirófano, una vez desaparece la fuente contaminante, viene dada por la expresión siguiente:

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\left(\frac{q}{V}\right)C(t)$$

Donde:

C(t) es la concentración en función del tiempo en mgm^{-3}

V es el volumen del recinto donde se produce la contaminación en m^3

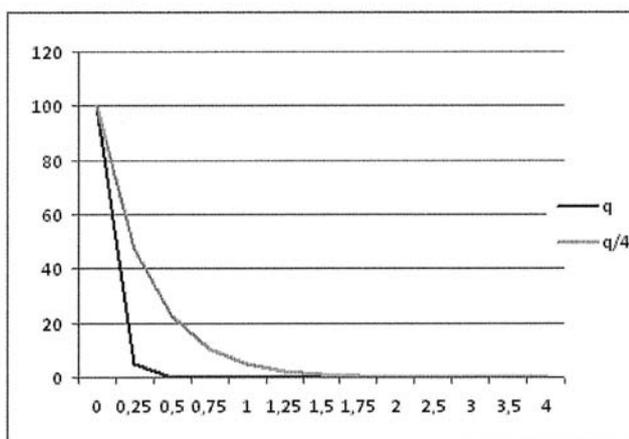
Q es el caudal de extracción en m^3h^{-1}

Esta ecuación pone de manifiesto que la variación de la concentración de contaminación en función del tiempo depende del caudal de extracción.

La resolución de la ecuación indicada proporciona la expresión siguiente:

$$C(t) = C(0)\exp - \left(\frac{q}{V}\right)t$$

C(0) es la concentración inicial (para t=0) de contaminación que correspondería a la que hay en el quirófano una vez acabada la actividad (siempre inferior o igual al límite recomendado para cada contaminante). La gráfica siguiente representa la evolución en función del tiempo (h), del contaminante en un quirófano de 100 m^3 con un caudal de aire exterior de $1.200 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, y con un caudal de $300 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ (q/4) simulando condiciones de espera. Para la contaminación inicial C(0) se ha tomado el valor de 100.



Estas curvas muestran el tiempo de recuperación del quirófano desde el punto de vista de los contaminantes químicos.