

## II. ARQUITECTURA Y CONDICIONES AMBIENTALES

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Para una mejor comprensión de cómo evolucionó la seguridad en el quirófano, y a su vez prever algunas fallas más frecuentes en la programación de los bloques quirúrgicos, por carencia de conocimientos históricos sobre sus orígenes, se hará una breve síntesis sobre los comienzos de las salas de operaciones.

Es sabido que los primeros cirujanos fueron los barberos; por consiguiente los primeros quirófanos, obligadamente fueron las barberías, o bien los locales de casas de familia donde estos improvisados desarrollaban sus trabajos. Recién durante el reinado de Luis XVI en Francia, se presentó el célebre informe elaborado por la Academia de Ciencias de Francia en los años previos a la Revolución y que llevaba el nombre de informe Rapport Tenon en mérito al cirujano que lo redactara. En este trabajo se especificaban las primeras condiciones que debía reunir un anfiteatro anatómico. Tanto es así que podemos leer: la sala de operaciones debe estar embaldosada e iluminada con luz proveniente del norte, procediendo del alto y de costado. Las puertas serán anchas para permitir el paso de una camilla, se elevarán en todo alrededor las gradas en anfiteatro para los alumnos, habrá una fuerte baranda de hierro, ya que el entusiasmo de los alumnos por ver operar, no debe significar una molestia para el que está operando<sup>4</sup>.

Sin métodos anestésicos perfeccionados, con desconocimiento de la asepsia y en un medio tan especial como fueron aquellas salas de operaciones, tienen asidero las palabras del cirujano James Y. Simpson (1811-1870)<sup>12</sup>: "el hombre que yace sobre una mesa de operaciones corre más peligro de muerte que un soldado inglés en la batalla de Waterloo".

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, la sala de operaciones sale del anonimato para configurar en el planteo hospitalario un organismo con características propias. La aplicación de sustancias anestésicas más seguras a partir de 1842, las teorías antisépticas de Joseph Lister (1827-1912)<sup>18</sup>, coinciden con la construcción de grandes hospitales en Inglaterra, y constituyeron en esa época los grandes progresos en cirugía y en el concepto de quirófano. La obtención de una asepsia más rigurosa se tuvo a partir de las experiencias de Pasteur (1822-1894). Hacia fines del siglo XIX, cien años después del Rapport Tenon, se establecieron nuevas premisas para la construcción de quirófanos, que con ligeras variantes, son totalmente actuales.

En los años finiseculares era propia la realización de pabellones separados. Es que la higiene moderna, en sus inicios, suponía la más esmerada introducción de una

frontera atmosférica contra los contagios de las llamadas enfermedades de hospital. Aún persistían los conceptos por los cuales el aire era el portador de gérmenes patógenos, aunque Köch, con anterioridad, había demostrado que las infecciones obedecían a una transmisión por contacto y no por aire. Otras desventajas eran métodos deficientes de calefacción, iluminación artificial (gas natural, arco voltaico, etc.), ventilación forzada y los inconvenientes ocasionados por los grandes ventanales (limpieza y condensación). Todos estos puntos negativos recién pudieron solucionarse con la incorporación de luces artificiales confiables y más recientemente con el aire acondicionado.

El bloque quirúrgico de 1946, proyectado por el Servicio Federal de la Salud de los Estados Unidos de América<sup>12</sup>, inicia la moderna arquitectura quirúrgica. No obstante plantea soluciones hoy desechadas, tenía una circulación central que enlazaba totalmente los diferentes locales destinados a las intervenciones (depósitos, enfermería, lavabos de manos, sanitarios, quirófanos, etc.). La circulación central única será abolida en las propuestas más complejas de los años venideros.

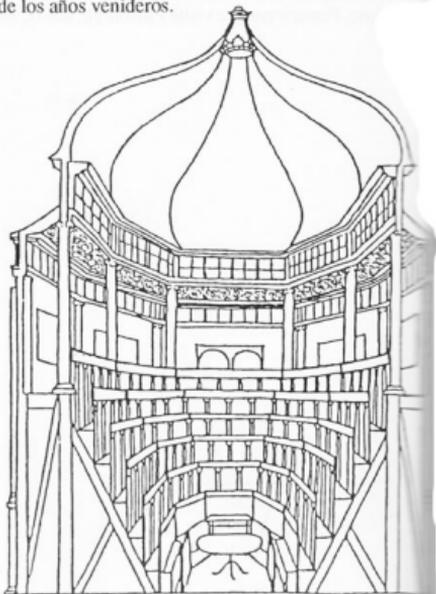


Figura 1.- Anfiteatro en la escuela médica de la Universidad de Upsala

Todo cambio de actitud frente a un problema determinado obliga a recurrir a una especie de criticismo, base de análisis de esta problemática en los últimos años. Las condiciones donde se debe desenvolver el proyecto de los quirófanos futuros están en paulatina y permanente complementación con las nuevas técnicas quirúrgicas y aparataje al servicio de pacientes y profesionales.

#### DEFINICIÓN ACTUAL

Definimos como bloque o grupo quirúrgico al conjunto de locales de cualquier uso o dimensión relacionados con las intervenciones quirúrgicas o que se destinan a ellas (salas de apoyo, depósitos, enfermerías quirófanos, etc.) Las salas locales o áreas tienen límites estrictos, con entradas y salidas perfectamente determinadas. Como otra condición complementaria se verifican condiciones de limpieza y asepsia diferenciadas del resto del hospital.

#### Relaciones funcionales y circulaciones

A los efectos de delimitar la amplitud del trabajo a ser desarrollado, se circunscribió a las relaciones del bloque o grupo quirúrgico y de sus partes, con el resto del hospital.

Las relaciones funcionales del bloque quirúrgico con el resto del establecimiento se definen a partir de la necesidad de contar con rápidos accesos a los servicios que más se relacionan a él. Esto quiere decir que las áreas de Terapia Intensiva, Medicina de Urgencia, Laboratorio, Diagnóstico por Imagen, Esterilización, Farmacia, y Hemoterapia, deben ubicarse en las cercanías de los quirófanos garantizando traslados ágiles y seguros, con medios alternativos (ascensores, escaleras y/o rampas).<sup>12-15</sup>

Respecto al bloque en sí mismo, la premisa fundamental es definir o establecer rutas de circulación de personal, pacientes, materiales, etc., precisas, rectas y de amplitud suficiente para su uso.

Se cuidarán los radios de las curvas para que no interpequen estos desplazamientos. Si bien las circulaciones dependen del cuerpo arquitectónico adoptado, conviene diseñar las mismas de forma tal que el sentido del tránsito sea en una sola dirección, para evitar desandar el camino efectuado con materiales y/o personas que contactan áreas consideradas limpias.

En el sentido inverso, o sea cuando el material sea llevado, evitar la contaminación al pasar por áreas consideradas sucias.

Desde lo más simple de tener un solo pasillo central circulante, hasta la adopción más criteriosa de la doble circulación para elementos usados, se deben colocar las soluciones arquitectónicas adecuadas para que se cumplan las condiciones de tránsito, a pesar de olvidos, malos hábitos



Figura 2.- Bloque de Cirugía y su vinculación

Como los tipos y calidad de las circulaciones dependen del cuerpo arquitectónico adoptado, se puede aproximar a una tipología ideal, al acotar las opciones de ingresos y egresos y al determinar que se debe pasar, indefectiblemente, por determinados lugares antes de ingresar al área quirúrgica en sí misma.

Para ejemplificar esta idea, comencemos por identificar las posibles entradas. No es conveniente que existan más de dos, a saber: acceso de pacientes/materiales y acceso de personal (médicos, enfermeras, mucamas, etc.) La entrada de pacientes y materiales limpios se efectuará por la esclusa de transferencia diseñada a tal efecto. Esto es cierto si tomamos como válido el principio de que el servicio de esterilización no debe encontrarse dentro del área quirúrgica, sino ser vecino de ella con independencia funcional.

Una vez ingresado el paciente al bloque, éste deberá ser llevado a la sala de preanestesia, donde se realizarán los controles de identidad, y preparación para la inminente intervención. De allí pasará al pasillo limpio de circulación de accesos y al quirófano propiamente dicho.

El personal ingresará por los vestuarios correspondientes a los diferentes sectores. Se dividirán en ambos sexos y contarán con lavamanos, duchas y sanitarios. Allí se cambiarán la ropa de calle por el ambo apropiado, gorro y barbijo. Inmediatamente a la salida del vestuario se ubicará un local tipo esclusa, en donde se colocará las botas y a continuación ingresará al pasillo limpio. Los profesionales intervinientes accederán también a través de sus vestuarios por similar camino, para llegar al sector de lavado de manos y luego al quirófano.

La sala de operaciones recibe permanentemente abastecimientos de otras áreas como enfermería, laboratorios, esterilización, depósitos, etc.. El ingreso al local deberá efectuarse por un solo lado con puertas del tipo vaivén, claramente señaladas como entrada limpia, procurando

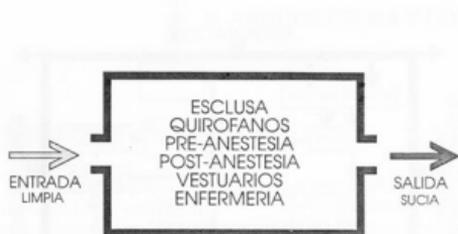


Gráfico 2.- Circulación en un sentido

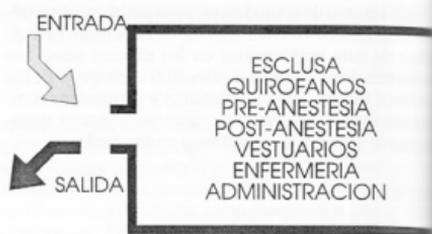


Gráfico 3.-Circulación desaconsejable

que la sistemática de trabajo cubra la mayoría de los imponderables, limitando el ingreso y egreso de personas durante el tiempo de la operación. Una vez finalizada la intervención, la salida de los materiales y personas deberá realizarse por una abertura independiente o bien por la misma pero cumpliendo lo sugerido precedentemente. Es claramente importante restringir la circulación de personas dentro del recinto<sup>16</sup>

Terminada la intervención el paciente, el personal médico y de enfermería deben salir por la parte posterior del quirófano hacia el pasillo de salida que lo conducirá a la sala de pos-anestesia para su recuperación; el personal volverá al vestuario por el pasillo de baja asepsia, en donde de ser necesario reiniciará nuevamente la norma de ingreso. Los desechos serán sacados del área quirúrgica e ingresarán en los circuitos de basura propios del hospital utilizando una salida especial.

La salida del paciente del bloque quirúrgico se realiza por otra vía que lo guiará a cuidados intensivos o a su sala de internación. Para clarificar las circulaciones debemos diferenciar tres zonas de limpieza o asepsia:

**Baja:** esclusa de entrada y de salida, vestuarios de personal, local o de preanestesia, depósitos, oficinas y pasillo de salida sucio.

**Media:** pasillo de circulación de acceso a quirófanos, lavado de manos, laboratorio, depósito de materiales.

**Alta:** quirófano propiamente dicho.

#### CONDICIONES AMBIENTALES

Muchas pueden ser las alternativas. Para una mejor comprensión y detalle, se puede dividir en:

- acondicionamiento físico (muros, cielorraso, pisos, etc.);
- acondicionamiento climático (aire acondicionado, humedad ambiente, etc.);
- acondicionamiento de infraestructura (instalación

eléctrica, instalación contra incendios, sistemas de alarmas médicas, instalación de obras sanitarias, red de agua fría y caliente) y

d) sistema de recolección de residuos y materiales usados.

Todas estas opciones parten de la premisa fundamental que dentro de los límites del área quirúrgica rigen condiciones higiénicas especiales, que no son las usuales del resto del hospital. Además, se da por descontado que las prevenciones que se puedan tomar para asegurar asepsia en estos locales no tiene contrapartida en costos, que todo lo que se gaste en mantener la limpieza y cuidados especiales, redundará en economías importantes a notar en otros servicios del hospital. Es sabido que los gastos que demandan los tratamientos de las infecciones originadas en los quirófanos, superan holgadamente los costos de instalación y mantenimiento de condiciones ambientales especiales. Además, los pacientes que ingresan al bloque quirúrgico, conllevan un riesgo físico y psicológico importante.

Antes de pasar al análisis de estas condiciones ambientales debemos hacer la salvedad que las mismas se relacionan con la realidad económica de nuestro país, por eso que, salvo en casos extremadamente puntuales como pueden ser los quirófanos super especializados para intervenciones de alta complejidad, las sugerencias son de índole general y aplicables a la mayoría de los locales operatorios dentro de un marco que relacione los costos de instalación y mantenimiento, los beneficios eventuales y la accesibilidad a los equipos y materiales, tener necesidad de importaciones costosas hechas "una única vez", que luego no tienen continuidad en el tiempo y que lleva a una degradación de las infraestructuras por cantidad de añadidos, arreglos y falta de piezas de recambio originales.

De lo expuesto podemos concluir que la premisa fundamental pasa por la elección de materiales y equipos que cumplan con las siguientes pautas que:

- 1) en lo posible sean de producción nacional; si no

que tenga representantes en el país con acreditada responsabilidad;

2) cumplan con las normas en vigencia en cuanto a estandarización y control de calidad, aprobadas por organismos nacionales competentes;

3) tengan una trayectoria y permanencia en el mercado que asegure la provisión de repuestos y servicios de mantenimiento oficiales;

4) hayan sido instalados y probados en condiciones e instalaciones similares, pudiendo recabar las informaciones pertinentes sobre el desempeño, tanto de los equipos como de sus representantes. Además una vez colocados y en funcionamiento, a la instalación se le deberá exigir un tiempo de garantía que permita probar los elementos en todas las condiciones posibles, especialmente en las más desfavorables;

5) conjuntamente con la puesta en marcha de los elementos, se entregue al Servicio de Mantenimiento del Hospital los manuales de servicio y despiece correspondientes.

Analizaremos a continuación las condiciones ambientales más importantes que hacen a la seguridad dentro del quirófano.

#### Acondicionamiento Físico

Como se pudo apreciar, estos ambientes han pasado por todos los formatos y características a lo largo de su evolución<sup>4</sup>. En la actualidad es casi universal el cuerpo rectangular o cuadrado. Como característica más saliente del actual diseño podemos citar la total ausencia de ángulos vivos, salientes o nichos que entorpezcan la limpieza del ambiente.

Esto es válido particularmente para el encuentro de cielorrasos, pisos/muros, muros/muros entre sí. En estos lugares se colocan piezas de terminación redondeadas o gargantas sanitarias de amplio radio de curvatura.

En lo posible se evitará la colocación de mesadas dentro del local; de ser precisas se sugiere que sean de material natural pulido de color oscuro y parejo, sin rebordes, alfileres o pilares de apoyo, o bien de acero inoxidable.

Teniendo en cuenta las particularidades de los métodos de limpieza que se aplican dentro del área quirúrgica y en especial en el quirófano, todos los materiales a emplear en la construcción deben tener como característica esencial la resistencia ante la acción de agentes limpiadores como el bicarbonato de sodio, el glutaraldehído, detergentes, etc.. Teniendo a este concepto la necesidad de simplificar el ambiente, actualmente se utilizan las pinturas epóxicas en muros y cielorrasos o bien materiales resistentes al agua.

Los pisos de granito reconstituido o con materiales sintéticos resistentes a los corrosivos y al calor en placas grandes deben cubrir toda la superficie. Las puertas de

acceso y/o salida del bloque tendrán carpinterías con protecciones metálicas o fibra; de ello dependerá la duración de las placas o bisagras.

No son recomendadas las puertas de aluminio, ya que por su misma construcción (perfilera) tienen multitud de ángulos, encastes, etc. Además no son las que más soportan el uso, perdiendo al poco tiempo su escuadra.

Por otra parte, los mecanismos de cierre automático por medio de pistones hidráulicos de piso suelen perder efectividad por filtraciones de agua o leña que afectan el mecanismo oxidando la caja y los ejes. La misma reflexión cabría hacerla para los brazos de cierre superiores, su mayor facilidad de mantenimiento o reposición los hacen más aceptables.

#### Acondicionamiento climático

La conveniencia de la climatización del bloque quirúrgico en general, y del local quirófono en particular, vista la variedad y multitud de estudios realizados sobre el particular, exime de enumerar las extensas razones por las cuales este hecho, antiguamente visto como lujoso, se ha convertido hoy en indispensable. Para resumir las ventajas que este acondicionamiento brinda, basta decir que al adoptarlo se obtienen los siguientes beneficios inmediatos:

- reducción del riesgo de infección;
- control del grado higrométrico. Impide la desecación de los tejidos y la producción de la electricidad estática, que podría ocasionar la explosión del gas de anestesia y
- asegura al máximo el "confort" del equipo quirúrgico<sup>1</sup>.

Históricamente la calefacción del aire dentro del quirófono se lograba por medio de radiadores de hierro fundido calentados por agua o vapor. La refrigeración se lograba aumentando la altura de los cielorrasos. Estos métodos rudimentarios todavía se pueden apreciar en algunos hospitales centenarios. Pero en la mayoría de los centros quirúrgicos actuales, en especial en países con gran desarrollo tecnológico, el acondicionamiento centralizado por medio de calefactores y/o enfriadores de aire ya tienen muchos años de vigencia, y por lo tanto, las variaciones posteriores mejoradas son de gran importancia con respecto al original. Estos sistemas, mucho más avanzados tecnológicamente, son los que analizaremos.

En general las condiciones ambientales que deben satisfacer los sistemas de acondicionamiento de aire del bloque quirúrgico son:

- proveer dentro del quirófono un mínimo de 20 renovaciones del total del volumen de aire por hora, de los cuales 4 deben ser de aire fresco.
- establecer una humedad relativa de 50/55 % constante y variable a voluntad.
- establecer una temperatura constante y variable a voluntad durante todo el tiempo de 20/25 grados cen-

- tígrados (con picos máximos y mínimos acordes a las prestaciones de lo equipos instalados)
- 4) los equipos deben tener una capacidad tal, que sean capaces de proveer 100% de aire exterior climatizado y filtrado, sin tener necesidad de reciclaje del aire inyectado.
  - 5) los equipos, especialmente los forzadores y/o ventiladores, deben ser capaces de vencer la contrapresión producida por las etapas de filtrado del aire, previa a su inyección. Además la presión generada por éstos debe ser suficiente para mantener una presión positiva mínima de 1 mm ca (columna de agua) medido en cualquier sector del local
  - 6) preventivamente se deben proyectar las instalaciones de forma tal que, por duplicación o sobredimensionamiento de las mismas se asegure la permanente asistencia de la ventilación forzada <sup>2-10</sup>.

Expuestas las condiciones que deben cumplir los equipos e instalaciones, si se verifican estas regulaciones, tendremos dentro del ámbito objeto de análisis, condiciones climatológicas predeterminadas y constantes, hasta tanto se varíen los parámetros colocados por defecto.

Si bien lo expuesto precedentemente deja poco margen de maniobra a la hora de diseñar el sistema de aire acondicionado para el bloque quirúrgico, es conveniente expresar ciertas razones por las cuales, algunas variables, a primera vista injustas, se convierten en plenamente justificadas. Esto ocurre, por ejemplo cuando planteamos la necesidad de la inyección de 100% de aire exterior, sin recibir ninguna proporción de aire tratado como ocurre en la mayoría de las instalaciones comerciales o domiciliarias importantes. El reciclaje del aire tratado, si bien ayudaría a bajar los costos de la energía consumida, por otro lado haría elevarse el costo de reposición de los filtros, con el agravante de que ciertos gérmenes patógenos presentes en el aire reciclado en concentraciones mayores a las existentes en el aire exterior, no son detenidos por los filtros en una proporción deseable <sup>6</sup>. Otra de las condiciones es aquella que obliga a los equipos a proveer una "presurización" positiva dentro del bloque quirúrgico. Esta regla debe entenderse como necesaria de brindar distintos niveles de "presurización" desde la más importante dentro del quirófano, hasta la descompresión en los pasillos de salida de material contaminado. Estudiando un diagrama de presiones dentro de un partido concéntrico, veremos que el aire debe circular a partir de la sala de operaciones hacia el exterior llevado por distintos cambios en las presiones de los pasillos de circulación <sup>9</sup>.

Un tema especial dentro del rubro acondicionamiento de aire, lo merece las distintas etapas de filtrado. Dado el alto costo de los filtros de alta eficiencia (Hepa-Ashrae 85-95%) es imperioso protegerlos de la mejor manera posible. Conviene instalar etapas de pre-filtrado o filtrado primario compuestas de filtro tipo J-12 (Ashrae 35%), para evitar la llegada al filtro Hepa de partículas de polvo, etc.. Estos

filtros, debido a su bajo costo son altamente recomendables para instalarlos en la toma de aire exterior y en la salida de la rejilla de contrapresión. Estas dos bocas deben estar situadas lo más alto posible en relación al suelo y orientarán en el sentido que evite al máximo los vientos dominantes y las turbulencias. Como complemento a esta etapa primaria se colocarán las protecciones estáticas recomendadas (rejillas anti-pájaros, mosquiteros, etc) <sup>8</sup>.

El sistema de humidificación debe ser capaz de mantener por defecto una humedad relativa ambiente de 50%. Los controles de esta variable deben ser programados de modo que en ningún caso pueda disminuirse del 50% de humedad hidrométrica, mínimo para evitar riesgos de explosión de gases anestésicos y desecación de tejidos. Es comúnmente aceptado que el máximo para el confort se aproxima al 60% de humedad relativa. La humidificación puede realizarse por:

- a) pulverización: debe llevarse a cabo antes de los filtros absolutos para retener los gérmenes que se puedan desarrollar en el agua. Con este sistema la duración de las instalaciones se reduce.
- b) vapor de Agua: Consiste en inyectar vapor de agua para no reintroducir ninguna impureza <sup>1</sup>.

Mucha ha sido la variación de los sistemas de acondicionamiento; a medida que se desarrollaban nuevas técnicas quirúrgicas, fueron cambiando las necesidades de las exigencias con respecto al aire acondicionado. Pasamos a continuación, revista a los sistemas más aceptados:

1) *sistema tradicional*: esta instalación cumple con los requisitos de humedad, renovaciones horarias, presión de aire, y confiabilidad. La ventaja fundamental radica en el bajo costo inicial y de mantenimiento. El filtro es colocado a la salida de la tubería de inyección es fácilmente removible. Respecto a los inconvenientes debemos destacar los mayores dentro del rubro turbulencias y cantidad

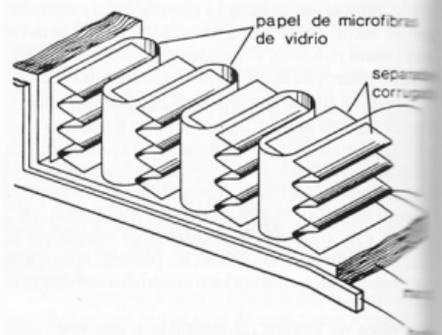


Figura 2.- Filtro HEPA

renovaciones horarias. A mayor cantidad de renovaciones, mayor es la velocidad del aire inyectado y en consecuencia aumentan en proporción directa las turbulencias producidas dentro de los locales. Estas manifestaciones adquieren particular importancia si el área servida es quirófano. Sin embargo el sistema de climatización convencional es eficiente lo comparamos con lo que sucede si no existe ningún tipo de ventilación en un quirófano.

El sistema de flujo laminar: se creó para superar los inconvenientes del flujo turbulento. El principio consiste en impulsar aire a través de rejillas que orientan el flujo para láminas paralelas. Estas láminas se desplazan a velocidad constante (0.35/0.50 m/seg.) y se rehacen después de haber chocado con un obstáculo, a una distancia igual a dos veces y media la amplitud del obstáculo. Las corrientes turbulentas se evitan gracias a velocidades de renovación relativamente lentas <sup>1-6</sup>.

El flujo laminar puede ser horizontal o vertical. El flujo laminar horizontal puede ser parcial o total. En el primero de los casos, el aire es impulsado desde un panel cuyas dimensiones corresponden, más o menos, al área de evolución del equipo quirúrgico. Los flancos del panel están protegidos por cortinas transparentes suaves o rígidas cuya longitud abarca también la zona en la que se mueve el campo quirúrgico. El aire es capturado por medio de espacios acondicionados entre las cortinas y la cara trasera del panel de impulsión. Este sistema horizontal cuenta con una variante que es inscribir la totalidad del panel de impulsión en una de las paredes del quirófano y recoger el aire en el muro opuesto. Las ventajas del flujo laminar horizontal es que evita la deposición de partículas y gérmenes sobre el campo operatorio, al producir un arrastre constante. Entre los inconvenientes, citaremos el hecho de que se invade como mínimo una de las paredes del quirófano (aparato de impulsión) y también que si los miembros del equipo quirúrgico proyectan su sombra sobre el campo

operatorio, éste queda situado en una zona no laminarizada. La cantidad de aire renovado en estas dos variantes alcanza a 135 vol/hora para una sala de 100 m<sup>3</sup> <sup>1</sup>.

El flujo laminar vertical consta de un panel impulsor de aire colocado en el techo y su ventaja es, respecto a las anteriores variaciones, que nadie puede situarse entre el flujo de aire y el campo operatorio. Los inconvenientes de este sistema lo constituyen la sombra que proyecta la lámpara cialítica y existe además la posibilidad de que las partículas emitidas por los miembros del equipo quirúrgico que trabajan directamente sobre la herida, sean atraídas hacia ésta; por ello se recomienda el uso de escafandras. La cantidad de aire renovado de acuerdo a este método puede variar entre 150-500 vol/hora para un local de 100 m<sup>3</sup>.

Los estudios efectuados por Lidwell <sup>8</sup> sobre aerobiocontaminación de diferentes quirófanos con flujo tradicional y otros con diferentes sistemas de flujo horizontal y vertical, demostraron que aquellos locales que cuentan con flujo laminar vertical con escafandras se contaminan menos de 1 partícula que da nacimiento a una colonia por metro cúbico; en aquéllos en que se utiliza sistema de aire tradicional turbulento se detectaron más de 100 pnc./m<sup>3</sup> (nacimiento de colonias por partículas).

Siempre dentro de los sistemas de flujo laminar, existen diversos sub-tipos con variantes adecuadas a las diferentes especialidades quirúrgicas que allí se pueden desarrollar, es así que podemos mencionar como exponentes de estos dichos la cúpula de Charnley (flujo unidireccional), cúpula de Weber y techo de Allander. Todas estas instalaciones tienen como base los mismos principios del flujo laminar vertical y se diferencian entre sí por las distintas posiciones de las cortinas, rejas de salida o de impulsión.

El llamado "sistema Jaubert" es una instalación de reciente diseño y menos costosa que las descritas anteriormente. Aplica un flujo unidireccional vertical sobre una superficie de 12 m<sup>2</sup> que corresponde al área requerida para el equipo quirúrgico y la mesa de operaciones. Dado que la mayor concentración de gérmenes se verifica a nivel del campo operatorio, este sistema concentra su climatización en esa zona. Aplica una tasa de renovación de 50 vol/hora, obteniendo un grado de aerobiocontaminación inferior a 5 pnc/m<sup>3</sup> después de 30 minutos de funcionamiento y posterior a una intensa contaminación humana accidental del orden de 1000 pnc/m<sup>3</sup>. Es decir que consigue una descontaminación superior al 99%. Este método recicla 44 vol/hora de aire, incorporando 6 vol/hora de aire exterior, por lo tanto no estaría permitida su utilización en quirófanos generales con 100% de aire exterior según lo dispuesto por la Resolución 2385 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación <sup>8</sup>, pero sí se podría construir para quirófanos menos complejos utilizados en cirugías ambulatorias.

Como párrafo final debemos aclarar que, si bien los beneficios del uso de sistema de flujo laminar relacionados con la aerocontaminación de quirófanos son importantes,



- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| 1 entrada de aire exterior | 4 prefiltros         |
| 2 filtros HEPA             | 5 cortinas plásticas |
| 3 ventilador               | 6 retorno            |

Figura 3.- Flujo Laminar

se deben considerar los costos derivados de su operación e instalación, fundamentalmente lo relacionado con el recambio de los filtros Hepa de alto costo y los locales destinados a la instalación de los equipos. Estos locales deben ser insonorizados y con altísimos requerimientos de aislaciones mecánicas para cortar las vibraciones de los ventiladores, forzadores, etc.; por lo tanto, la decisión final de la colocación de este sistema debe ser tomada en conjunto por un equipo multidisciplinario (médicos, arquitectos, mantenimiento y finanzas) <sup>6</sup>.

#### *Acondicionamiento de infraestructura:*

Se mencionan las condiciones que deben reunir las diferentes instalaciones (eléctricas, de agua, de obras sanitarias y de gases médicos) para cumplir los parámetros de seguridad dentro del bloque quirúrgico y del quirófano en particular.

**Instalación eléctrica:** Es conocida la importancia y el auge de los aparatos de apoyo médico y del paciente, abastecidos por energía eléctrica. La dependencia del paciente y las decisiones del personal dentro del quirófano, cada día están más relacionadas con la aparatología médica. Desde la misma mesa de operaciones y la máquina de anestesia hasta el cauterizador y los resucitadores cardíacos son accionados por medio de electricidad; la provisión de este fluido debe quedar garantizada para los aparatos que, en el momento de la intervención, suplanten a las funciones normales del paciente. Una vez que tomamos conciencia de la importancia capital de esta instalación, se estudian los mejores métodos para que el riesgo de falla sea mínimo <sup>19</sup>.

Como condición fundamental, debemos considerar que el bloque quirúrgico debe estar alimentado por medio de dos acometidas independientes desde los tableros generales del hospital, con la posibilidad en todo momento de cambiar la línea ante un fallo no programado. Estos abastecimientos deben arribar a un tablero general del bloque, el cual a su vez alimentará tableros seccionales y sub-seccionales; este criterio de compartimentación se basa en la necesidad de que los corto-circuitos provocados o accidentales sean detenidos lo antes posible con el menor compromiso para el resto de la instalación. A su vez se deben hacer independientes las prestaciones, como ser la iluminación general, sistema de aire acondicionado, toma-corriente de pasillos y vestuarios, etc.

Llegada la alimentación al tablero sub-seccional del quirófano, ésta debe ser derivada a distintos circuitos dentro del local. Es así que tendremos circuitos diferenciados para la iluminación ambiental, la iluminación del campo operatorio, el brazo o columna de gases anestésicos, los toma-corriente de pared, los toma de la máquina de anestesia y para el equipo de rayos X portátil.

Estos circuitos deben estar bien señalizados por medio de luces testigos de entrada y salida, de forma tal que ante el corte de uno de ellos, inmediatamente se determine el lugar de la falla.

La ubicación de los distintos tableros será determinada en el proyecto previo. Como regla general el tablero principal de alimentación será colocado en la estación de enfermería, o en algún lugar equivalente con una permanente vigilancia. Los seccionales se pueden instalar en lugares de paso y aledaños a los sectores que sirven de acceso a los sub-seccionales, aquéllos que comandan los circuitos de los quirófanos, serán colocados inmediatamente antes de la puerta de entrada al local, pero se recomienda, no ubicarse dentro del quirófano.

Cumplidos estos pasos que corresponden al proyecto, conviene recordar que si la instalación se realiza de acuerdo con las normas en vigencia, la mayoría de los riesgos inherentes, se habrán obviado. En resumidas cuentas debemos considerar que los materiales a utilizar deben ser fabricados de acuerdo con las normas IRAM.

Los cables serán antillama y de colores diferentes para su mejor identificación. Del proyecto se desprenderán las capacidades de los distintos sistemas de cortes, pero cuidará de que se respeten los amperajes de las bobinas termomagnéticas y fusibles con el lógico fin de no sobrecargar las líneas y evitar accidentes. Una de las líneas se destinará exclusivamente para monitoreo y/o cualquier otro aparato de control del paciente. Esta, llamada línea "limpia", contará con media y baja tensión y descargará el cable forrado a una jabalina independiente del resto de los circuitos para, de esta manera, aislarlo totalmente y evitar posibles interferencias de equipos conectados a otras líneas, ya que estos aparatos de control son muy sensibles.

Un punto importante a tener en cuenta es la conexión a tierra de la totalidad de la instalación por medio de jabalinas de cobre hincadas hasta la primera napa de agua o bien por medio de cualquiera de los sistemas usuales de transmisión a tierra (campos, láminas, enrejados, etc.). Esta polarización debe ser controlada periódicamente por medio de aparatos de medición competentes. Una solución política a poner en práctica sería con dos o tres jabalinas a las cuales descargar las posibles pérdidas.

**Instalación contra incendios:** En un hospital, este tipo de siniestros ocurren con alguna frecuencia, como en cualquier edificio. Un incendio es potencialmente muy peligroso, no sólo por el riesgo del fuego en sí mismo, sino por la evacuación de pacientes que consecuentemente pudiera realizarse <sup>7</sup>.

Dentro de un centro quirúrgico, uno de los sitios donde obviamente puede producirse un incendio, es el quirófano. No es común ni está contemplando estadísticamente que allí se produce, es particularmente peligroso. Debemos tener en cuenta que casi la totalidad del equipamiento dentro de la sala de operaciones es eléctrico y a esto deben sumarse

los gases anestésicos que pueden estar en suspensión y que son altamente inflamables y explosivos, si bien las nuevas mezclas vaporizadas son menos peligrosas que las usadas antiguamente<sup>5</sup>.

Dos puntos muy importantes a tener en cuenta, son el control previo y el mantenimiento preventivo del sistema de electricidad del quirófano y de la totalidad de equipamiento eléctrico, monitores, máquina de anestesia, sistema central de gases, etc.

Un paciente anestesiado, es totalmente dependiente. Si se produce un incendio dentro del centro quirúrgico, es probable que se lo pueda evacuar siempre y cuando las instalaciones lo permitan. Pero si el siniestro se declara dentro del quirófano específicamente, la evacuación corre un riesgo de poner en peligro su vida. Un modo de ayudar en esta peligrosa evacuación, es poseer el sistema de monitoreo del paciente a baterías (dual), para poder conmutarlo mientras se los traslada a un sitio seguro<sup>7</sup>.

De todos modos, pocos hospitales en nuestro país cuentan con una sistemática a aplicar en casos de siniestro; los contados los lugares en donde se han instalados matafuegos o mangueras, ni hablar de detectores de humo o "smoklers".

Por otra parte, y en el caso de que existan los matafuegos, es muy poco el personal entrenado para su uso. Como decíamos, un incendio dentro de un quirófano es poco probable que se produzca, pero en el caso de que así sea, las consecuencias suelen ser desastrosas, por lo tanto se debe contar a toda costa el síndrome de "a mi no me va ocurrir" producir en consecuencia<sup>7</sup>.

Los pasos que aventarían los riesgos de un incendio dentro del grupo quirúrgico, y en especial, en el quirófano son:

- a) establecer una sistemática de incendio y siniestros, de práctica y cumplimiento obligatorio;
- b) control periódico y preventivo de todas las conexiones eléctricas, ya sean tableros, toma-corriente, puestas en tierra, etc.;
- c) control preventivo de las conexiones y de las mangueras de gases médicos, tanto a su salida de los brazos y/o columnas como la entrada a la máquina de anestesia;
- d) disminuir los lugares de estacionamiento prolongado de mapa, ya sea mientras se utiliza el centro quirúrgico o bien mientras éste se halla desocupado;
- e) ubicar y mantener la cantidad de matafuegos y detectores de humo necesarios, para que sean accionados por el personal hasta tanto concurren las brigadas contra incendio del propio hospital<sup>5</sup>.

Como dato estadístico podemos mencionar el estudio realizado en Estados Unidos entre 1971 y 1984 sobre un total de 7078 siniestros; al grupo quirúrgico le correspondió el 0,22% de incidencia dentro del total. Como se

observa, si bien el porcentaje es bajo, sin duda existe y debe ser considerado.

**Sistemas de gases médicos:** es casi imposible pensar, en este momento, un quirófano que no esté servido por un sistema centralizado de gases médicos. Se puede disentir en la conveniencia de los sistemas de acople rápido o en la colocación de brazos articulados o columnas de techo; el hecho incontrastable es que conjuntamente con el acondicionamiento ambiental, fueron estos dos incorporaciones, desde el punto de vista arquitectónico, que revolucionaron el ámbito quirúrgico. Recordemos a los tubos de acero dentro del local o el permanente tránsito de los mismos golpeando paredes o pisos. Además la permanente vigilia de reposición. Hoy en día estos trastornos fueron superados y reemplazados por otros, pero que no interfirieron básicamente con el desarrollo de la intervención.

La instalación de un sistema OVAC (oxígeno, vacío y aire comprimido) central tiene sus particulares requerimientos. Más allá de las previsiones de agua en abundancia, electricidad o ventilaciones, lo fundamental radica en la duplicación de equipos, capaces de suplantar en forma inmediata la falla de alguno en funcionamiento. Con respecto a la instalación de la misma, conviene controlarla con empresas del ramo, las cuales ejecutarán el cálculo de diámetros, recorridos, etc. Un punto importante, y que ha traído más de un inconveniente, es encargar el trabajo a quien no tiene experiencia comprobable en instalaciones similares.

En canto a la cañería en sí misma, debemos cuidar de que aquellas que abastezcan oxígeno y aire comprimido sean realizadas en cobre 99% puro, soldadas con plata y probadas a presión constante durante 24 horas previo a su habilitación. Es conveniente que antes de librarlas al servicio sean limpiadas con gas inerte; con respecto a otros gases, como óxido nitroso, valen las mismas consideraciones hechas precedentemente. Para el vacío es conveniente que la cañería se ejecute en hierro galvanizado roscado<sup>22</sup>.

**Instalación de obras sanitarias, redes de agua fría y caliente:** Si bien tiene la misma fundamental importancia que la provisión eléctrica o el acondicionamiento ambiental, poco es lo que se puede recomendar, más allá de lo reglamentado y de uso corriente en las instalaciones existentes. Baste decir que el abastecimiento de agua potable, fría o caliente, debe garantizarse por medio de dobles acometidas, con duplicidad de calentadores, mantenidos en forma constante y concienzuda. Los diámetros de los caños de alimentación y de distribución deben sobredimensionarse de forma tal que permitan el uso simultáneo de varias canillas surtidoras a la vez, sin que por ello disminuya el caudal o la temperatura<sup>27</sup>.

Respecto a la evacuación de las aguas servidas a través del sistema primario y secundario debe efectuarse por

medio de cañerías aprobadas de hierro fundido o P.V.C. reforzado sistema 3,2 mm., recomendándose éstas últimas, para el caso de que fueran instaladas bajo tierra. Los accesorios interpuestos para acceso de inspecciones o limpieza deben verse de forma tal que las tapas soporten la apertura y cierre de las mismas en forma reiterada, sin necesidad de sellado especial o con materiales agregados. Las rejillas de piso para evacuación de agua producto de baldeado o limpieza serán colocadas fuera de los quirófanos, pero aledaños a ellos, serán provistas de tapas con bisagras de cierre hermético por medio de juntas de neopreno. Además se colocarán rejillas de acero inoxidable para detener el paso de residuos que por negligencia no hubiesen sido levantados por los encargados de la etapa anterior de limpieza <sup>22</sup>.

Todas las cañerías deben hacerse de forma tal que los tramos no sean excesivamente largos o con conexiones a ramal, salvo que sean del sistema secundario o estrictamente indispensable. Todas estas redes, es conveniente que descarguen a cámaras de inspección fuera del ámbito del bloque o bien en el caso de que se localizaran en planta alta, prever la colocación de caños cámaras a intervalos regulares

#### *Sistema de recolección de residuos y materiales usados:*

La parte arquitectónica le cabe la responsabilidad de proveer los lugares adecuados para el depósito transitorio de los desechos, producto del trabajo ejecutado. Si bien los residuos no deberán permanecer dentro del ámbito quirúrgico, es un hecho de que por necesidades de personal o bien de recorridos, éstos deben depositarse en espacios adecuados hasta tanto los recolecten <sup>21</sup>.

#### *Servicio de mantenimiento:*

Si bien podemos coincidir en que es exagerado dotar al bloque quirúrgico de un servicio de mantenimiento propio, también debemos pensar que dentro de la estructura de prestaciones del servicio hospitalario de mantenimiento, la parte asignada a esta zona debe ser, forzosamente, considerada como de alta prioridad por los riesgos que afronta un paciente durante una intervención quirúrgica.

El nombre "servicio de mantenimiento", no siempre responde a la realidad. En la mayoría de los hospitales argentinos se trata de simples cuadrillas de operarios, que con mucha buena voluntad, tratan de adaptarse a la mayor ingerencia de la electrónica y la computación dentro de su área específica. En contados casos estos departamentos tienen el rango de "servicios" dentro del organigrama institucional. Al no contar con esta prerrogativa, a todas luces necesaria, no pueden plantear sus necesidades como planificar, crear, perfeccionar y elaborar presupuestos a las

autoridades correspondientes sin antes pasar por instancias intermedias a cargo de personal especializado en el tema y que por lo tanto no pueden valorar en toda su dimensión el problema planteado. Esta dificultad trae aparejada una autoridad a cargo del mantenimiento, normalmente, que tenga título profesional, o bien que no sea el más conveniente para el puesto. De lo expuesto se desprende que la medida que se solucionen estos problemas se puede mejorar las performances de los servicios de mantenimiento. Conjuntamente podemos mencionar otros inconvenientes, como ser la falta crónica de presupuestos, la capacitación de los operarios fruto de la falta de incentivos y la obsolescencia de muchas instalaciones, que permanentemente presentan fallas producto de su propia vida útil.

Planteado el problema, veamos ahora en una situación ideal, cómo se podría instrumentar un mantenimiento adecuado y económicamente realista del bloque quirúrgico. Como hemos dicho, el componente electrónico y computarizado va adquiriendo a pasos agigantados, una importancia que lo hace merecedor de un departamento específico para ocuparse de él. Siempre dentro de la hipótesis que referimos a mantenimiento preventivo y no correctivo, la mayoría de los casos. No se puede esperar a que quemen las lámparas scialíticas para cambiarlas; por lo tanto la base primordial del buen mantenimiento pasa por dos aspectos: operarios técnicos capacitados para supervisión y un inventario detallado de lo que se debe mantener.

El planeamiento de las operaciones debe ser efectuado por personal profesional y contratado en lo posible, servicios oficiales o a empresas especialistas en los diferentes rubros, todos ellos inspeccionados por el personal propio. Nada de esto impedirá que se produzcan fallas programadas, y para esas eventualidades, es que se debe contar con la presencia de agentes de la institución capaces de solucionar la inmediatez del inconveniente. Es por eso que se sugieren guardias, similares a las guardias médicas que garanticen la presencia de técnicos entrenados. No es necesario demostrar en este trabajo las ventajas económicas del mantenimiento preventivo y de la capacitación de personal a cargo del mismo. Específicamente en el quirófano se deben cuidar tres provisiones:

- electricidad: tanto de baja como media tensión deben ser garantizadas al 100% por medio de dobles acometidas, contactores automáticos de cambio, entrada propietaria de grupos electrógenos propios, sistemas de baterías (UPS) y puestas a tierras adecuadas. Todos estos elementos deben verificarse en forma periódica probando su funcionamiento ante fallos simulados, entrenando al personal de quirófanos en la reacción ante las dificultades más comunes.
- gases médicos centrales: dada la difusión que ha tenido estos equipamientos, se sugiere efectuar la limpieza de los acoples y frascos en forma periódica, independientemente de la efectuada por el personal de quirófanos. Dado que estas redes tienen un compo-

te mecánico (compresores, bombas, etc.) es conveniente tener los manuales de mantenimiento del fabricante y obrar en consecuencia, ateniéndose estrictamente a sus instrucciones. Normalmente cuentan con alarmas que detectan alta o baja presión en la cañería y es normal también que el personal de quirófanos no les preste la debida atención o las apague. Si se tiene la precaución de verificar las presiones antes de las acometidas y colocar los reguladores respectivos en las cañerías maestras, las alarmas cumplirán efectivamente su labor y deben ser atendidas en consecuencia, ya que detectan fallas propias del bloque quirúrgico, sin interferencias externas.

- 4. acondicionamiento de aire: debido a la multiplicidad de elementos integrantes del sistema (compresores, bombas, calderas, filtros, válvulas, etc.) lo más seguro es tener una persona encargada de la verificación de éste que avisará al superior respectivo sobre posibles roturas, tiempos de cambio de filtros, etc. Además este empleado será el encargado de la limpieza y orden dentro de las salas de máquinas, ya que este lugar es propenso a usarse como depósito alternativo.

#### CONCLUSIÓN

Hemos visto la enorme cantidad de factores que hacen

a la seguridad de un quirófano y que dependen de la arquitectura o de la ingeniería.

Desde el tamaño de las puertas hasta la protección contra incendios o la altura a que se deben colocar los lavados de manos, está estudiada y hasta en algunos casos reglamentada, pero toda estas precauciones sólo ayudan al resultado general.

Si bien una circulación interna fluida o una excelente tasa de renovaciones de aire horarias impiden la infección de la herida quirúrgica, todo se relativiza frente al comportamiento humano durante su permanencia en el sector.

La arquitectura y la ingeniería pueden, por medio de barreras arquitectónicas, recordarle al usuario la obligatoriedad o conveniencia de adoptar medidas de higiene y seguridad más estrictas que las habituales en el resto del hospital, pero de ninguna manera estas trabas son infranqueables para un espíritu dispuesto.

En resumidas cuentas, del comportamiento y sistemas empleados por el personal médico, técnico y de enfermería dependen en gran medida que la estadística referida a la infección de la herida quirúrgica se mantenga dentro de los parámetros internacionalmente aceptados; el enraecimiento del ambiente por gases anestésicos, el papel correspondiente a las construcciones e instalaciones, complementa y colabora a que las condiciones en que se desarrollan los trabajos sean más seguras y confortables.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Cottini, A.: *El Hospital-Programación arquitectónica - Universidad de Mendoza - Facultad de Arquitectura y Urbanismo* 1982, Cap. 6 págs. 167-203.
2. Covo, M.: *Filtración de aire en la industria farmoquímica, investigación y hospitales*. Ed. Revista Industria Farmacéutica. Cap. VI-VII-VIII - Págs. 28-42 - Cap. XV-XVI. Págs. 81-94.
3. Dalvarade J. U. y Fernández M. L.: *Seguridad e higiene hospitalaria - Acciones Sanitarias para su saneamiento* - Ed. Panamericana 1988, Bs. As.
4. Hodge B. and Thompson J. F.: *Noise pollution in the operating theatre* - Lancet; 1990; 335: 891-893.
5. Lemme, J. C.: *Instalaciones aplicadas en los edificios - Combustibles, gas y biogas* - Ed. El Atenedo - 2ª Edición 1985 Bs. As.
6. Martí Viudes.: *La contaminación del aire y riesgo de infección en el hospital*. Asociación Española de Ingeniería y Arquitectura Hospitalaria. Serie Monografías (vol.3). 22-39.
7. Mc Quarrie D., Glover J. L. and Olson M. M.: *Laminar airflow systems Issues surrounding their effectiveness*. AORN Jour. 1990; 51; 1035-1046
8. Methal J. C.: *Servicios de Ingeniería y mantenimiento en los países en desarrollo Organización Mundial de la Salud: Criterios de planificación y diseño de instalaciones de atención de la salud en países en desarrollo* 1986 Vol. 4
9. Moxon M. A.: *Fire in the operating theatre*. Evacuation preplanning may save lives Anaesthesia. 1986; 41: 543-546.
10. *Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires - Resolución 534 - Normas de uso obligatorio para el manipuleo de residuos hospitalarios* - Rev. Equipamiento hospitalario - 1991; 36; 25-26.
11. Nieman M.: *Shaw A. and Railton. R.: Electrical distribution boards in the operating theatre* - Anaesthesia 1988, 584-586.
12. *Proposed rules of the state of Florida. Department of Health and Rehabilitate Services* - Office of Plans and Construction 1991, 2-12, 65-74.
13. *Sanatorio Mitre. Revista Summa - Colección Temática* - 1986; 3; 16-23.
14. Saravi F.: *Seguridad eléctrica* - Rev. Asoc. Méd. Argent. 1988; 101: 36-38.
15. Sartorio A.: *El grupo quirúrgico, distintos planteos arquitectónicos* - Asociación Argentina de Arquitectura e Inge-

- nería Hospitalaria*, págs. 1-9.
16. Sánchez Vázquez.: *La protección contra incendios en los hospitales - 9º Congreso Internacional de Ingeniería y Arquitectura Hospitalaria* - Barcelona 1986, 22-23.
  17. Sterling E. M.: *Quality of air in hospitals - 9º Congreso Internacional de Ingeniería y Arquitectura Hospitalaria* - Barcelona 1986; 66-76.
  18. Suárez Boedo, D. y Knoblovitz P.: *Equipamiento hospitalario -Experiencias de un grupo de investigación - Congreso Latinoamericano de la A.A.A.I.H.* 1990; 1-34.
  19. Yañez, E.: *Hospitales de seguridad social. Ed. Limusa - Edición (1986)*, Cap. 15 - págs. 91-101.
  20. Lemme J. C.: *Obras sanitarias - servicios contra incendios* -Ed. El Ateneo - 4º Edición 1984; Bs. As.
  21. Ratcliffe S.: *Emergency power in hospitals* - International Hospital Federation Official Yearbook 1987; 355-356.