

4.- INSTALACIONES

4.1.- Instalaciones eléctricas.

Una instalación eléctrica se compone principalmente de dos elementos principales, la instalación de enlace a la red y la instalación interior.

La instalación de enlace, son todos aquellos elementos que dan servicio y tensión a la instalación interior. Como norma general la instalación de enlace ya estará creada previamente a la construcción de la sala limpia. Esto es debido a que, como ya hemos nombrado con anterioridad, la sala limpia suele ubicarse en un recinto o edificio previo que tendrá sus propias instalaciones. Además la instalación de enlace se ubica fuera de la sala limpia, por lo que no forma parte de todos aquellos elementos ubicados en su interior y a los cuales debemos prestarles una especial atención por afectar directamente a la sala.

Por todo esto, vamos solamente a nombrar los elementos de los que suele estar compuesta una instalación de enlace a la red eléctrica.

- Instalación de enlace.
 - o Centro de transformación.
 - o Caja general de protección.
 - o Equipo de medida.
 - o Línea general de alimentación.
 - o Derivación individual de la línea general.

La instalación interior, son todos aquellos elementos eléctricos, que dan servicio directamente a la sala limpia, desde la caja general de protección ubicada en la instalación de enlace hasta cada uno de los mecanismos, tomas de corriente, luminarias, etc que se ubican ya en el interior de la sala.

Prescripciones de carácter general

A la sala limpia, considerando su parte eléctrica, le afecta la normativa ITC-BT-28, la cual es una Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. En la cual se establecen las

condiciones para locales de pública concurrencia, como locales de espectáculos y actividades recreativas, locales de reunión, trabajo y usos sanitarios.

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan.

- Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.

- Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

- En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.

- Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

- Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

- Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.

Después de ver las prescripciones de carácter general que debe de cumplir una instalación eléctrica. Pasamos ahora a dar una serie de normas y medidas que se deben cumplir en cada uno de los elementos que componen una instalación interior.

- A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omipolares, para cada zona independiente de la sala.

Conductores

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen a la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo

justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos. Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional. Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Sección conductores fase (mm²)	Sección conductores protección (mm²)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

Tabla 17: Relación entre secciones de fase y sus protecciones.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan. Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.

- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.

-Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

Equilibrado de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

<u>Tensión nominal instalación</u>	<u>Tensión ensayo corriente continua (V)</u>	<u>Resistencia de aislamiento (MW)</u>
MBTS o MBTP	250	³ 0,25
≤ 500 V	500	³ 0,50
> 500 V	1000	³ 1,00

MBTS: Muy Baja Tensión de Seguridad

MBTP: Muy Baja Tensión de Protección

Tabla 18: Relación entre tensiones y resistencias de aislamiento.

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

Conexiones

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión.

Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

Coincidencia con otras instalaciones

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada. En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

Conductores aislados bajo tubos protectores

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21 (Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión), así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.

- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.

- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no

estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

-Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

-Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

-En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

-Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

-No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.

- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.

- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

-En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

-Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

-En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, armados, provistos de aislamiento y cubierta.

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

-Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.

-Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.

-Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.

-Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.

-Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.

-Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.

-Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V, con cubierta de protección. Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción totalmente contruidos con materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120 como mínimo.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

Conductores aislados bajo canales protectoras

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como

interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos. Las canales protectoras para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

Alumbrado de emergencia

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos. El alumbrado

de emergencia se puede dividir en tres grupos según a la zona a la que dan servicio:

Alumbrado de evacuación.

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux. En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40. El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Alumbrado ambiente o anti-pánico.

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

El alumbrado ambiente o anti-pánico deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Alumbrado de zonas de alto riesgo.

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.

Otras instalaciones eléctricas

Todas las prescripciones dadas anteriormente serán de aplicación en todas las instalaciones eléctricas que se pudieran ubicar en una sala limpia, a saber:

- La instalación de megafonía e intercomunicaciones.
- El control de accesos.
- La instalación de protección contra incendios.
- La instalación de voz y datos.

4.2.- Instalación de filtrado de aire.

Elementos de una instalación de filtrado de aire

UTA (Unidad de Tratamiento de Aire)

La preparación de aire (tratamiento y control de la filtración, temperatura, humedad absoluta y relativa) se procesa a través de la UTA (Unidad de Tratamiento de Aire). Cada sistema/zona tiene su correspondiente e independiente UTA, y esto es debido a que al recircular el aire de una zona con una clasificación determinada, este no se puede mezclar con otra zona de una clasificación diferente, pues resultaría perjudicada la más restrictiva.

Formadas por diversas secciones, cada una especializada en funciones de proceso concretas, estas máquinas son compactas y modulares, específicamente dimensionadas para cada aplicación.

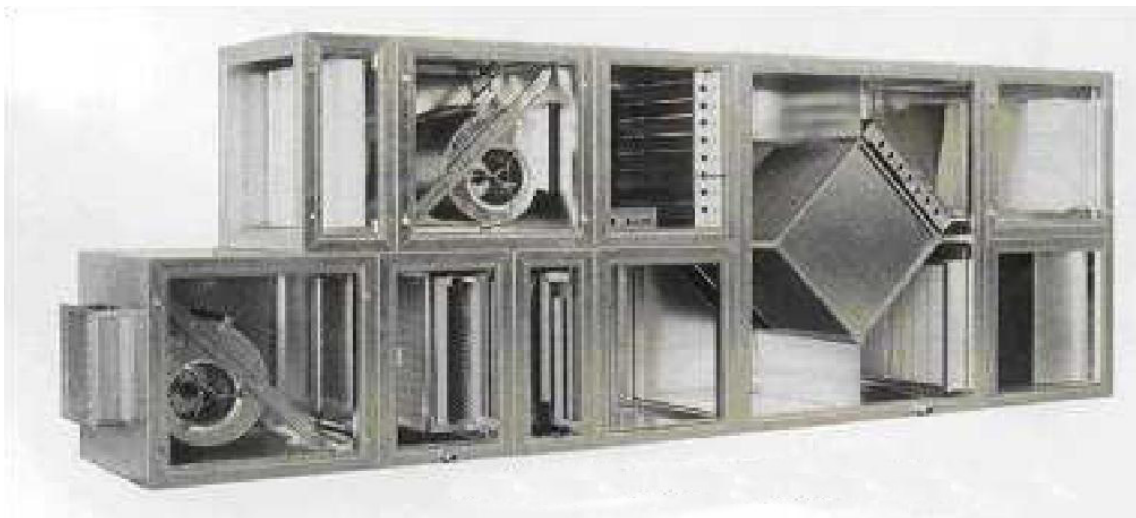


Imagen : Unidad de Tratamiento de Aire descubierta por uno de sus lados.

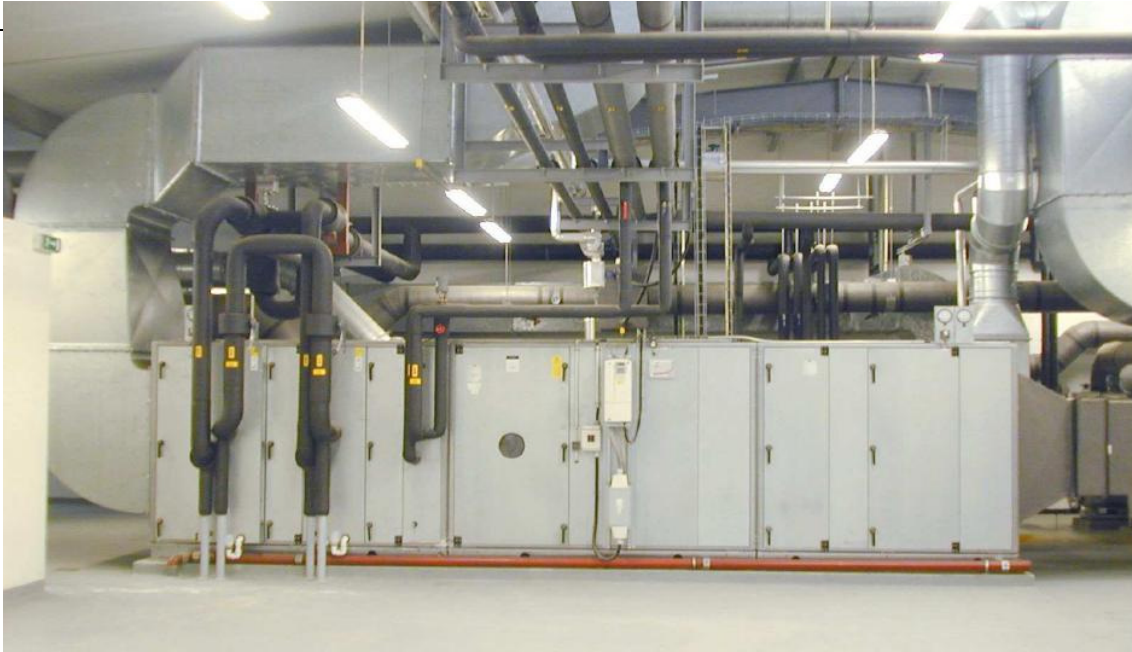


Imagen : Unidad de Tratamiento de Aire conectada a los conductos de impulsión y retorno.

Humidificador

El proceso de humidificación se consigue a través de un humidificador de aire por vapor. Normalmente se conecta un generador de vapor sin presión. Este aparato trabaja según el principio de calentamiento por resistencia y en consecuencia es adecuado para funcionar con agua industrial, agua desalinizada y agua descalcificada, en función de las necesidades. La producción de vapor se debe de regular sin escalonamientos de 0 a 100% por medio de un sistema de regulación automático, el cual inyecta al conducto de impulsión humedad mediante una lanza de vapor o un sistema similar.

Conductos

El aire tratado es transportado mediante una red compuesta por conductos rectangulares y circulares, dependiendo del volumen de aire y restricciones físicas de la Obra. El dimensionamiento de la red estará optimizado para llevar el volumen de aire con una velocidad y pérdida de carga (presión) adecuadas a los diferentes puntos de inyección en el interior de la sala. Los conductos estarán contruidos en acero galvanizado o materiales similares que no desprendan ningún tipo de partícula a lo largo

de su vida útil. En tramos donde exista peligro de condensación; por ejemplo, en la impulsión (justo después de la UTA) o en la inyección (en la zona próxima a los filtros o difusores) los conductos se aislarán en todo su recorrido con un material aislante del espesor adecuado para cada situación, el cual ya vendrá montado de fábrica.

La red de conductos deberá de cumplir con la estricta norma europea DW/142 (Specification for Sheet Metal Ductwork), Estanqueidad Clase B, aplicable a sistemas de presión estática media (1.000 Pa positivos -- 750 Pa negativos) y la norma EUROVENT Document 2/2 (Air Leakage in Ductwork), según la cual dicta que el caudal máximo de aire que puede perderse en la red de conductos es:

$$L = 0,009 \times p^{0,65}$$

donde,

L : pérdida máx. de aire (litros, por seg. por m² superficie de conducto)

p : presión diferencial (Pa)

Cualquier conducto rectangular deberá presentar una rigidez y estanqueidad excepcionales. Asimismo, las juntas entre conductos deberán revisarse periódicamente.



Imagen: Conducto rectangular con junta visto por dentro y por fuera.

En los conductos circulares de diámetros inferiores a 355mm se utilizarán accesorios con una junta de estanqueidad interna. Mientras que

para diámetros superiores se podrá utilizar un sistema mediante bridas de unión y cierre. Las bridas de unión (que tendrán una junta de estanqueidad incorporada) se introducirán dentro del conducto y vendrán posteriormente soldadas.

En la impulsión del aire se debe de instalar conducto flexible desde el colector o ramal hasta el plenum o difusor. La red de distribución de aire se deberá diseñar minimizando la longitud de este conducto flexible por razones energéticas, ya que tiene una considerable pérdida de carga. Asimismo, la instalación se debería diseñar para que el conducto flexible tuviera una directriz únicamente vertical, esto es que los conducto o ramales de la instalación, lleguen justo encima del punto de difusión del aire. En cualquier caso, y salvo raras excepciones, el conducto flexible no debería exceder del metro de longitud.

El sistema de soportación de las redes de conductos se realizará con acero galvanizado o un material que no sea incompatible con el de los conductos, mediante carriles de montaje, varillas y accesorios, no siendo aceptable en ningún caso el uso del alambre o similar. Debido a las particularidades de cada sala, el sistema de soportación estará personalizado para cada proyecto. No obstante, cabe añadir que los conductos rectangulares sin aislar se apoyarán sobre carriles de montaje con gomas anti-vibratorias para cancelar las pequeñas vibraciones que los sistemas de climatización pudieran generar; igualmente, los conductos circulares sin aislar se soportarán con abrazaderas de acero con goma.

Filtros

Una sala blanca utiliza unos filtros de aire que son mucho más eficientes que los utilizados en una instalación convencional. Estos filtros consiguen eliminar del aire entorno al 99% de las partículas mayores a 0,3 μm que pasan por ellos. Existen dos tipos principales de filtros de aire, uno de ellos es conocido como filtros de alta eficiencia o HEPA del inglés High Efficiency Particle Air, y otros llamados ULPA (Ultra Low Penetration Air). Estos últimos poseen una mayor eficiencia que los anteriores.

Los ULPA, se utilizan en la fabricación microelectrónica y en industrias similares. La mayoría de las salas blancas utilizan los filtros HEPA o ULPA, pero en los niveles más bajos de las salas blancas no resultan esenciales. Por ejemplo, en un ISO clase 8 (Clase 100.000), el uso de los filtros tipo bolsa, con una eficiencia cercana al 90% contra partículas $\geq 0,5 \mu\text{m}$, suelen ser usados a menudo.

A diferencia de los sistemas de aire acondicionado situados en oficinas y zonas similares, en los cuales los filtros se colocan inmediatamente después de la instalación de aire acondicionado y el aire filtrado es distribuido por los conductos de aire a los difusores de aire de suministro, los filtros HEPA o ULPA están instalados en el punto donde el aire se descarga en el ambiente. Se realiza así, porque las partículas pueden ser inducidas a los conductos de suministro de aire, o salirse de las superficies del conducto y por lo tanto, pasar a la sala.



Foto: Filtros HEPA distribuidos en una sala limpia con un flujo laminar.

Además, con esta solución, se puede crear un sistema de reparto de la presión sobre el filtro, mediante el uso de una campana o plenum. Este plenum abarca íntegramente el filtro y generalmente es de acero inoxidable. La dinámica que consigue repartir uniformemente el filtrado del aire es la siguiente: En los plenum aparece una presión dinámica, que al encontrarse con la resistencia del filtro, hace que se convierta en una presión estática. De esta forma se crea un reparto uniforme del aire a través del filtro. Asimismo, el plenum, junto con un dispositivo medidor de la presión, sirve como herramienta para determinar el grado de saturación del filtro, ayudando así a un mejor mantenimiento de la sala.



Imagen: Plenum tipo para colocación de filtro en su parte inferior y de tubo flexible en su parte superior.

Sólo en los niveles más bajos de salas limpias, como una ISO de clase 8 (Clase 100.000) o inferior, los filtros se sitúan en la posición tradicional, justo después de la climatizadora.

Existen tres grandes categorías de filtros de aire:

-Filtros de aire de fibras finas: Estos filtros utilizan medias filtrantes cuyas fibras tienen un diámetro lo suficientemente pequeño como para permitir la intercepción eficaz de partículas submicrónicas sin atracción electrostática. La media de fibras finas se compone a menudo de fibras de vidrio o PTFE.

-Filtros de aire con media de fibras espesas: Estos filtros utilizan medias filtrantes cuyas fibras tienen un diámetro que no permite,

normalmente, detener eficazmente las partículas submicrónicas. Para detener estas partículas con más eficacia, la media se carga electrostáticamente para permitir una atracción electrostática de las partículas. Las medias de fibras espesas tienen a menudo fibras sintéticas.

-Filtros de aire electrónicos: Estos filtros necesitan una fuente de energía externa. Los filtros cargan las partículas en una primera planta y a menudo utilizan un conjunto de láminas paralelas sobre las cuales las partículas se recolectan en una segunda planta. Una lámina con una carga opuesta atrae las partículas cargadas. Normalmente, estas láminas deben lavarse para que el filtro conserve su máxima eficacia.

Parámetros que definen una instalación de filtrado de aire

El pretender conseguir un determinado grado de limpieza en un ambiente determinado condicionará: la potencia de las climatizadora/s, la cantidad de filtros, la disposición de los mismos, el caudal de aire, etc. Por tanto, los aspectos que vamos a comentar a continuación son de vital importancia para la instalación de aire.

El grado de pureza del aire interior

Este parámetro, que ya hemos visto en el punto 1. Introducción, define la instalación de aire en gran medida, ya que el número de partículas que existan en el aire de una sala limpia define su clase, y por tanto las actividades y procesos que se puedan realizar en ella. Se deberá por tanto, crear la instalación de aire en función de la clase de sala limpia que se necesite.

Clase	Número de partículas por m ³ según tamaño					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
ISO 1	10	2	-	-	-	-
ISO 2	100	24	10	4	-	-
ISO 3	1.000	237	102	35	8	-
ISO 4	10.000	2.370	1.020	352	83	-
ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29
ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO 7				352.000	83.200	2.930
ISO 8				3.520.000	832.000	29.300
ISO 9				35.200.000	8.3200.000	293.000

Tabla 3: Clasificación de las salas limpias según la ISO 14644-1.

Volumen/caudal de aire

Para entender mejor la calidad del aire con el que debe de trabajar una sala limpia, pongamos como ejemplo una habitación con una instalación común de aire acondicionado, como una oficina o una tienda de pequeño tamaño. Esta habitación conseguiría un rendimiento óptimo en cuanto a confort, cuando la instalación suministre del orden 2 a 10 renovaciones de aire por hora. Esto quiere decir, que en el periodo de tiempo de una hora, la instalación renovará de 2 a 10 veces el volumen de aire que contiene la sala.

En contraste, una instalación de filtrado de aire de una sala blanca turbulento ventilada suele moverse en el ámbito de entre 10 a 100 renovaciones de aire por hora. Estas renovaciones de aire se hacen necesarias para diluir la contaminación dispersada en el ambiente de la sala y reducirla a un nivel de concentración especificado en las normas que rigen las salas limpias.

Las salas limpias requieren grandes cantidades de aire, que van en función del tamaño de las mismas, y de la clasificación que se les exige. Además del volumen de aire necesario, este aire acondicionado (en el sentido literal de la palabra, ya que este aire no debe de estar condicionado por ningún elemento externo) requiere una calidad y un nivel de filtrado muy alto. Para asegurar un diseño económico, resulta esencial que se cree un circuito de aire que este en constante filtrado, sería nefasto crear un sistema que tomara íntegramente el aire exterior y lo filtrara por completo al interior de la sala. Sin embargo, también es necesario proporcionar aire

fresco del exterior para proporcionar un ambiente óptimo para la salud del personal que trabaja en la sala limpia y para presurizar a la sala limpia de la contaminación exterior. Es común que las instalaciones de filtrado de aire aporten del suministro total de aire entre un 2% y un 10% de aire fresco del exterior de la sala. No obstante, puede ocurrir que determinadas salas limpias que requieran una mayor hermeticidad, bajen este porcentaje a valores entorno al 1%. En contraposición, si la extracción de aire para su filtración del interior de la sala, viene condicionada por la existencia de maquinaria o procesos que producen contaminación, entonces, el porcentaje de aire fresco deberá de ser aumentado para compensar este hecho.

Al diseñar un sistema de ventilación de una habitación como una oficina, es necesario calcular la cantidad de aire necesaria para mantener el cuarto fresco, lo que depende del calor generado en la sala. En salas blancas es muy común encontrar que el equipo de producción produce grandes cantidades de calor. Por ello no es raro encontrar que el cálculo de la cantidad de aire necesaria para enfriar el ambiente es similar al requerido para alcanzar el nivel óptimo de aire limpio. La cantidad de cambios de aire por hora son una manera bastante común de expresar la dilución del aire en la habitación y dar una indicación del grado de limpieza de la sala. Es más, el grado de limpieza del aire de una sala limpia turbulento ventilada depende directa y principalmente del volumen de aire que es aportado a la sala en un determinado periodo de tiempo.

Existen ciertos casos, en los cuales el caudal de aire que aporta la instalación de filtrado debe de variar para evitar que se cree un aumento en la concentración de partículas en el interior de la sala, a saber:

- (a) hay más personas en la sala limpia,
- (b) se prevé una mayor actividad de las personas,
- (c) las prendas de vestir que se van a utilizar en un momento concreto para la sala blanca son menos eficaces en la prevención dispersión de la contaminación

(d) se prevé un aumento en la contaminación procedente de la maquinaria y los procesos.

Para calcular una aproximación del grado de limpieza que presenta una sala limpia turbulento-ventilada podemos utilizar la siguiente expresión:

$$\text{Concentración del aire (count/m}^3\text{)} = \frac{\text{Número de partículas (o bacterias) generadas por minuto en la sala}}{\text{Volumen de aire suministrado (m}^3\text{ / min)}}$$

Cabe resaltar que esta ecuación no puede ser utilizada en una sala limpia con un sistema de flujo unidireccional (donde el aire fluye en corrientes unidireccionales), ya que la ecuación supone que el aire de la habitación está completamente mezclado. Además, se debe de tener en cuenta que esta ecuación considera que el aire suministrado está libre de contaminación, lo cual es cierto con una excepción, aquellas partículas excesivamente pequeñas para ser filtradas por los filtros de alta eficiencia, pero esto no afecta al cálculo ya que este es completamente estimativo.

Ciertas investigaciones han demostrado que una persona por minuto, puede generar al moverse con prendas de vestir básicas para salas blancas, tales como delantales o batas de laboratorio, cerca de:

- 2×10^6 partículas $\geq 0,5 \mu\text{m}$
- alrededor de 300.000 partículas $\geq 5,0 \mu\text{m}$
- 160 microbios (que a su vez llevan partículas)

No obstante, si el personal utiliza ropa de tejidos adecuados y va correctamente equipado (bata, botas, guantes, gorro, etc.) la generación media de partículas por minuto se reduce a:

- 1×10^6 partículas $\geq 0,5 \mu\text{m}$
- 150 000 partículas $\geq 5,0 \mu\text{m}$
- 16 microbios (que a su vez llevan partículas)

Como podemos observar, el número de partículas dispersadas, de ir correctamente a vestido a no hacerlo, desciende en un 50%. Si nos centramos en la cantidad de microbios introducidos este porcentaje llega al 90%. Sin duda estas cifras deben ser tenidas en cuenta. Si bien es cierto, esto varía de persona a persona y según las situaciones que concurran en la sala (velocidad de trabajo, método...). En cuanto a la generación de partículas que produce la maquinaria utilizada en las salas blancas, esta gira en torno a algunos millones de partículas de tamaño $\geq 0,5 \mu\text{m}$ por minuto. Sin embargo, existe una gran disparidad en los datos, ya que varían en función del tipo y el fabricante, deberemos pues, informarnos correctamente a la hora de diseñar la instalación, de la maquinaria que se va a utilizar en la sala.

Mediante el uso de la ecuación anterior y las tasas de dispersión en el aire, de maquinaria y personal, es posible obtener una estimación bastante fiable de la calidad del aire de una sala limpia turbulento ventilada.

Temperatura

La temperatura puede ser diferente dependiendo del proceso a realizar, del producto o de las personas que van a utilizar la zona.

Suele ser el proceso el que determina el rango de temperaturas de trabajo y por tanto, la temperatura más adecuada para el entorno, según el producto a fabricar o manipular condiciona la temperatura de la sala o en el caso en que la vestimenta del personal sea muy pesada y pueda generar calor a los operarios.

Mantener temperaturas bajas y tolerancias pequeñas exige un sobre dimensionamiento del equipo térmico y necesita de una instalación de control y regulación muy sensible a pequeñas variaciones de carga térmica. También es necesario que las condiciones climáticas exteriores no influyan en la carga térmica del local, por lo que es usual la colocación de salas blancas en el interior de otras salas donde la temperatura sea prácticamente constante y del uso de materiales con gran aislamiento térmico.

Humedad

El parámetro de humedad dependerá también del proceso y del producto y no tanto del personal.

Debe evitarse la condensación en el interior de la zona, según el proceso y el producto podemos necesitar valores de humedad fuera de los rangos comunes de entre 45-65%, por ejemplo en la fabricación y manipulación de productos higroscópicos, efervescentes, etc. También se debe tener en cuenta que valores bajos de humedad, inferiores al 40% pueden causar problemas de electricidad estática y problemas de salud para el personal.

Presión

Una sala limpia siempre debe de tener una presión relativa superior a la del espacio contiguo que sea de una clasificación inferior, esto incluye por supuesto al ambiente exterior. Una instalación de filtrado de aire deberá de crear la presión suficiente para evitar que hayan partículas que puedan migrar del exterior al interior de la sala.

Para comprender las razones por las que es tan importante controlar la presión en la sala, podemos referirnos al gráfico que se muestra a continuación en el que la presión en la sala se compara con la concentración de partículas; en el período diurno, la sobrepresión es menor (5 Pa) que durante la noche, que es, aproximadamente, 17 Pa, creando una valor de partículas 1.000 veces superior ($\phi \geq 0,01$ (m) (experiencia presentada por Donald L. Tolliver de Motorola, en el Simposio R3 celebrado en 1989).

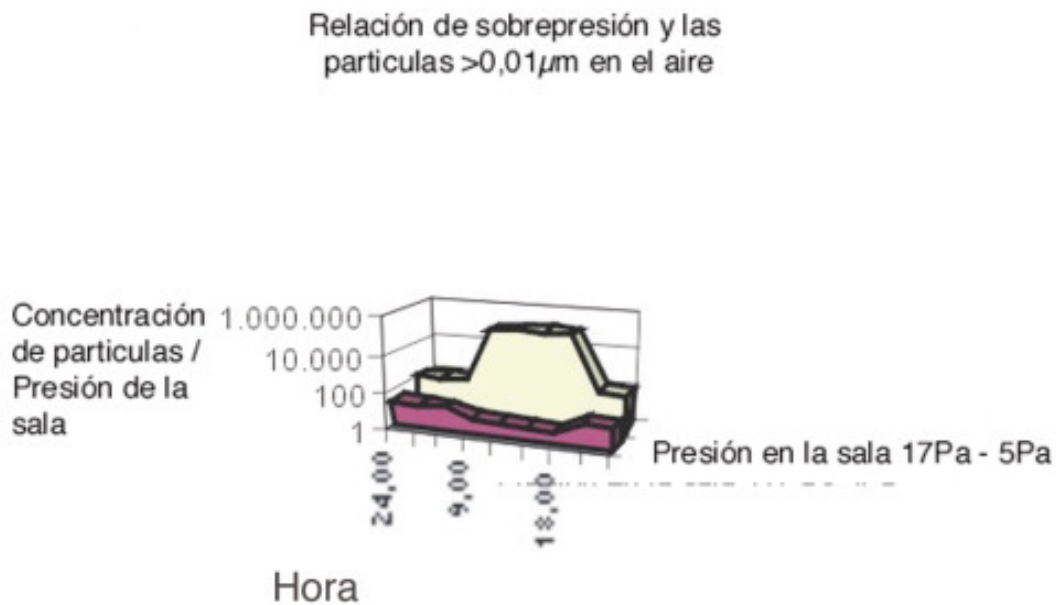


Gráfico: Gráfico que relaciona la presión en la sala con la concentración de partículas y el horario.

En términos generales, una diferencia de presión entre una sala limpia y el aire ambiente de 15Pa es suficiente para eliminar la migración de partículas. Cuando hay dos espacios contiguos, el espacio que deba ser más limpio tiene que mantener una diferencia de presión aproximada de +15 Pa con respecto a la zona contigua. Incrementos análogos son aplicables a cada una de las salas sucesivas, siempre y cuando estas tengan algún punto constructivo en común (puerta, ventana, pared). Por ejemplo en tres salas limpias:

$$P_{ISO3} > P_{ISO5} > P_{ISO8}$$

El máximo valor de presión estática debe ser de 45 Pa para evitar problemas mecánicos con la estructura de obra civil (falsos techos y resistencia de las paredes divisorias). La alta presión puede crear también ruido cuando se producen fugas de aire a alta velocidad en la sala limpia a través de muchas pequeñas aberturas. Además, el gradiente de presión en exceso de 25 Pa puede dificultar la apertura y cierre de las puertas. En caso de dos salas del mismo nivel de limpieza y contiguas, la diferencia de

presión podría ser 7 Pa en lugar de 15 Pa, situando la sala más crítica a mayor presión que la otra. En las salas consideradas críticas, se prevé un sistema de control de presión con registros automáticos: esto es necesario cuando se instalan en la vía de evacuación filtros cerrados con la rejilla de retorno/ evacuación. El valor de referencia del gradiente de presión ha sido asentado y reflejado en las normas para salas limpias como se indica a continuación, en la Tabla IV. La presurización de una sala se realiza equilibrando los caudales de aire de suministro y retorno para que haya una sobrepresión o una infrapresión; la diferencia entre los caudales de aire de suministro y retorno constituye la fuga encontrada en la sala. Esta fuga tiene lugar por las puertas, escotillas u otras aberturas (la boca del túnel de esterilización, o aberturas en las cintas transportadoras); se puede estimar el caudal de fugas aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = A \times a \sqrt{A_p}$$

Siendo:

- Q: caudal de fuga, m³/s
- A: área de fuga, m²
- A_p: presión diferencial, Pa
- a: coeficiente de descarga (0,87)

Como valor de referencia para la fuga de aire a través de una puerta con una diferencia de presión de 15 Pa se consideran 35 m³/h por cada grieta lineal de puerta.

Visualización de Presiones

Para facilitar el control de las presiones se instalará un sistema completo de manómetros diferenciales para visualizar la presión diferencial in-situ de cada sala presurizada. Los manómetros estarán empotrados en el panel por encima de la puerta de entrada de cada sala. La función principal de estos instrumentos es la permitir una monitorización visual sobre el status de presurización de cada local o zona antes del ingreso en el mismo, es decir, de abrir la puerta y poder crear una entrada de partículas porque no exista una diferencia de presión positiva a favor de sala más restrictiva.

El manómetro se puede sustituir por un transmisor digital a partir del cual no sólo se visualiza dicha presión diferencial sino que además, su valor quedará registrado por los sistemas de regulación y supervisión.



Imagen: Manómetro que indica la diferencia de presión entre una sala y otra contigua.

Flujo de aire

La forma en que el aire circula por el interior de una sala limpia es de vital importancia para conseguir el estándar de limpieza para el que fue diseñada. Es tal la importancia, que en el lenguaje especializado a las salas limpias se las diferencia por su tipo de flujo de aire.

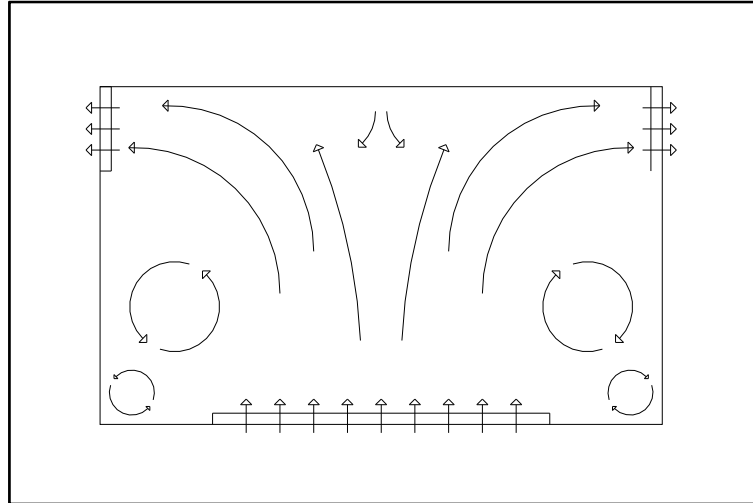
Pasamos pues a diferenciar los distintos sistemas de flujo de aire con los que se puede diseñar una sala limpia y sus principales características:

Flujo multidireccional o turbulento ventiladas.

Los principios de ventilación de salas blancas con un régimen de aire turbulento son, para que nos entendamos, similares a los encontrados en la mayoría de las habitaciones con aire acondicionado como oficinas, tiendas o grandes superficies, donde el aire es suministrado por una planta de aire acondicionado a través de difusores en el techo.

Este tipo de salas blancas se llaman 'turbulento ventiladas' porque el régimen de aire, que es filtrado por la instalación, no tienen ningún patrón lineal fijo al pasar por la sala limpia. La diferencia con una sala limpia de

flujo unidireccional o laminar, es precisamente en que el mismo aire, al pasar por la sala, sí que sigue un patrón lineal-laminar constante, evitando así que se formen remolinos o perturbaciones que permitan la acumulación de partículas. Es tal la importancia de esta diferencia que, que una sala blanca sea o no unidireccional acaba resultando su apellido.



Esquema: Circulación del aire por una sala limpia turbulento ventilada.

Como hemos comentado anteriormente, una sala limpia de régimen ventilado, es bastante similar en su concepto, a una instalación de aire de una oficina o centro comercial. No obstante, es claro que existen ciertos matices. A saber:

- El volumen de suministro de aire es mucho mayor.
- Existen filtros de alta eficiencia los cuales no tienen parangón con cualquier filtro utilizado en una instalación convencional.
- El movimiento constante del aire dentro de la sala limpia ayuda a la eliminación de la contaminación.
- Una sala limpia está siempre en una presión superior a la del exterior de la misma, o a la de otra sala limpia con una menor pureza de aire.
- Los materiales de construcción y acabados de la instalación son de una mayor calidad, que los de cualquier instalación convencional.

Si bien es cierto que siempre es necesaria una estricta disciplina en cuanto a la vestimenta y el movimiento de los usuarios en el interior de la

sala, en el caso del régimen turbulento esa disciplina todavía es mayor. La misma idea es válida para la limpieza y el mantenimiento de los locales. En el flujo multidireccional se trata de diluir la contaminación interior mediante la aportación de aire limpio, independientemente de hacia dónde circule este.

Un punto muy importante en una sala limpia turbulento ventilada son los difusores y las rejillas de extracción de aire. La elección correcta en el tipo, número y ubicación de las mismas, son un punto muy importante en una sala limpia turbulento ventilado. Es posible suministrar el aire de una sala limpia con, o sin, un difusor. Los difusores de aire se utilizan en cualquier instalación de aire acondicionado y muchas habitaciones situado en el suministro de aire entra en una habitación, sino que están diseñados para minimizar el proyecto causada por velocidades de aire de alta y asegurar una buena mezcla de aire.

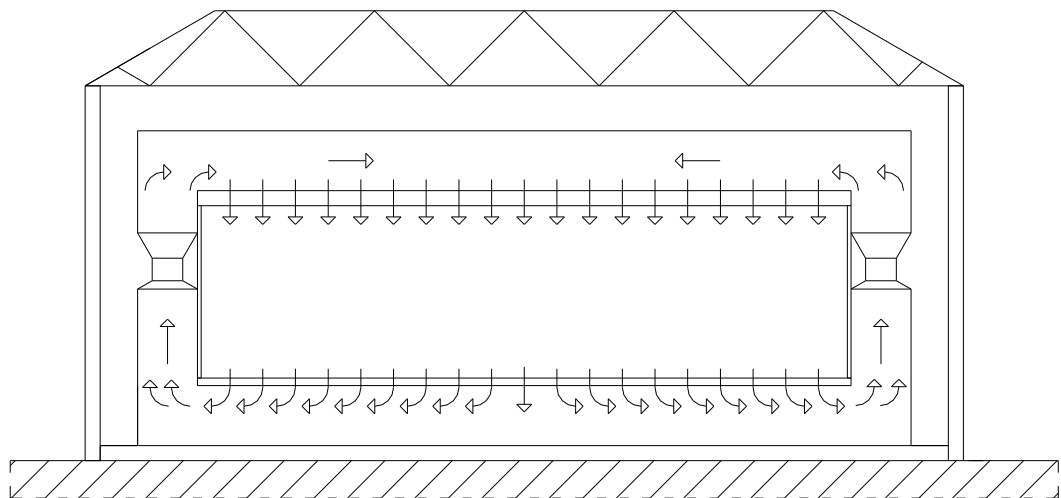
En algunas salas blancas convencional ventilado, los difusores no se utilizan y el suministro de aire es lanzado hacia abajo, directamente del filtro de aire a la sala blanca. Este método se elige para obtener un flujo unidireccional y buenas condiciones de control de la contaminación en el filtro.

No obstante, el uso de difusores es más recomendable en las salas blancas turbulento ventiladas, ya que en este tipo de salas se trata de conseguir que el aire se mezcle de la mejor manera posible. Si existe alguna zona de trabajo crítica que requiera un filtrado mayor, entonces se deben de utilizar armarios de flujo unidireccional o estaciones de trabajo en estos puntos determinados.

Flujo unidireccional

En estos sistemas el aire es introducido por un cerramiento a velocidad baja y constante, recorriendo uniformemente toda la sala y siendo extraído por el cerramiento opuesto. En la realidad el barrido no es totalmente uniforme por la existencia en la sala de equipamiento y personas, pero las

trayectorias del aire en el interior de la sala son predecibles con aceptable exactitud, con lo que se garantiza la no contaminación de los componentes o productos de fabricación. El recorrido que siguen las capas de aire se diseña de forma que la contaminación producida en el interior sea evacuada sin que se produzca diseminación en la sala y sin que alcance a los componentes de fabricación o a los productos terminados. El flujo unidireccional se utiliza en salas blancas que requieren muy baja concentración de partículas o bacterias. En el flujo unidireccional la reducida velocidad del aire (alrededor de 0,3 a 0,4 m/s) propicia la deposición de partículas por los remolinos que se producen como consecuencia de la existencia de obstáculos no aerodinámicos en los contornos o un mobiliario en la sala. Velocidades menores que 0,3 m/s no son suficientes para el transporte de partículas y velocidades mayores que 0,6 m/s provocan turbulencias y no aportan mejoras en el transporte de las partículas hacia la extracción del aire del local.



Esquema: Circulación del aire por una sala limpia de flujo laminar.

Mediante este tipo de sala limpia la contaminación producida por el personal y los procesos puede ser inmediatamente retirada por este flujo de aire, mientras que en el sistema de ventilación turbulento esto no ocurre así, ya que se basa en la mezcla del aire. En una habitación vacía y sin obstrucciones, la contaminación puede ser eliminada rápidamente por la velocidad del aire. Sin embargo, en una sala limpia existen máquinas que

causan obstrucciones al flujo de aire, así como el personal que transita por ella. Estas situaciones causan obstrucciones y cortes que pueden causar que el flujo unidireccional pase a convertirse en un flujo turbulento. En estas situaciones, se debe de prever una velocidad de aire mayor (de 0,3 m/s a 0,5 m/s), para “romper” las posibles turbulencias que se puedan crear, de forma que el aire pueda fluir con normalidad en un flujo unidireccional independientemente del obstáculo con que se encuentre.

Los cambios de aire por hora están relacionados con el volumen de la sala, por ejemplo, altura y superficie. El aire suministrado a las salas de flujo unidireccional es mucho mayor, del orden de 10 a 100 veces, que el de un ambiente turbulento ventilado. La instalación de filtrado de aire de estas salas limpias, será por tanto mucho más cara de construir y de ejecutar, debido a la potencia y dimensiones de los equipos.

En función de la entrada y salida del aire las salas limpias con flujo unidireccional se clasifican de la siguiente manera:

Flujo unidireccional vertical.

Esta tipología posee ventajas tales como que si la contaminación se produce en la parte baja del local, el aire que entra al ser limpio no posee contaminantes y por tanto no perjudica al proceso de fabricación. La idea que prevalece en este caso es que la dirección del aire debe ser de zona no contaminada a zona contaminada. Posee el inconveniente de que el porcentaje de planta ocupado por el equipamiento interno de la sala es mayor que el que se produce en vertical o en direcciones inclinadas. Esta solución teóricamente y con la sala vacía es la más ventajosa y dependerá del porcentaje de planta usado el que se pueda emplear o no.

Flujo unidireccional horizontal

En este tipo la entrada de aire se realiza por una pared y la extracción se realiza por la pared opuesta. En este tipo de flujo la generación de contaminantes próxima a la entrada supone la contaminación posterior de elementos de fabricación o productos terminados. Este tipo de flujo está

indicado cuando las fases más exigentes del proceso de fabricación se sitúan próximas a la entrada de aire y las menos exigentes y las más productoras de contaminantes aguas abajo en la dirección del flujo. Este tipo de dirección de flujo tiene aplicación en los hospitales y fundamentalmente en habitaciones en donde son tratados pacientes muy susceptibles o infecciosos. En ellos el paciente es colocado junto a la entrada de aire mientras que el personal de atención se coloca en el retorno del aire. Este sistema también es común encontrarlo en diversas aplicaciones industriales.

Flujo unidireccional inclinado

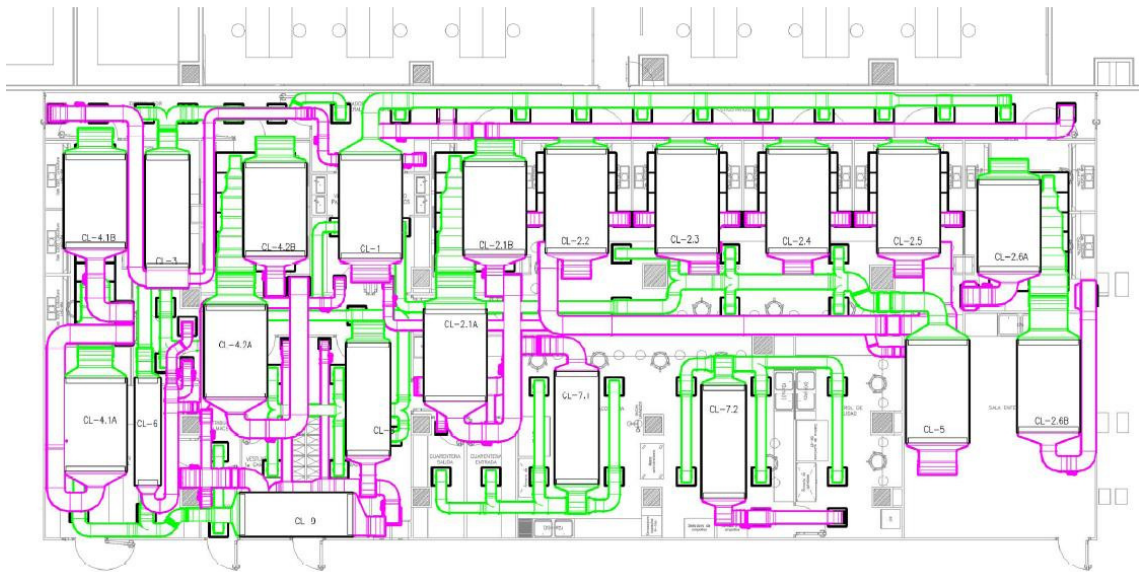
Son aquellas en las que la entrada de aire se realiza por el techo y por una pared lateral y se extrae por suelo y por la otra pared lateral. Con este sistema se trata de conseguir que pequeñas partículas que surgen del proceso en las salas de fabricación y los virus y bacterias que se generan en las salas operatorias tengan contrarrestado su efecto de ascensión por efecto de la componente vertical del aire de entrada. También hay salas de flujo mixto. Son de flujo multidireccional y en ellas existen zonas que exigen menor densidad de contaminantes. Las zonas más exigentes son aisladas del entorno y son tratadas como salas de flujo unidireccional. Esta solución mixta se adopta con frecuencia frente a las salas unidireccionales por su menor coste de inversión, de explotación y de mantenimiento.

Consideraciones de diseño y funcionamiento

Considerando la actual normativa y bajo el punto de vista de las exigencias de la sala limpia y respecto a la instalación de aire, consideramos que se han de tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Dividir la sala siempre que sea posible en sectores de clase diferente. Conociendo bien el proceso suele ser casi siempre posible dividir la sala en zonas de diferentes exigencias. De esta división se deducirá la dirección de los flujos de aire y por tanto los puntos de evacuación, también se intentará separar las clases interponiendo esclusas con función de puertas

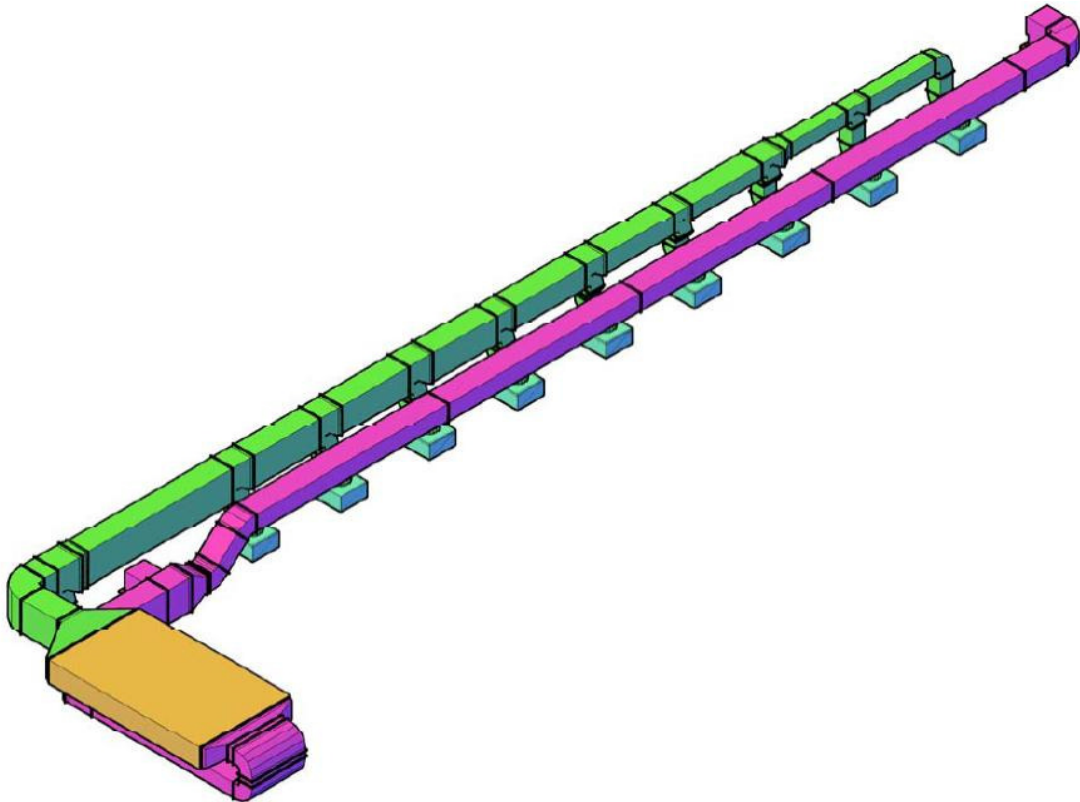
enclavadas para no comunicar clasificaciones diferentes ni zonas críticas.



Planta: Planta general con cada una de las unidades de tratamiento de aire por sectores de la sala limpia.

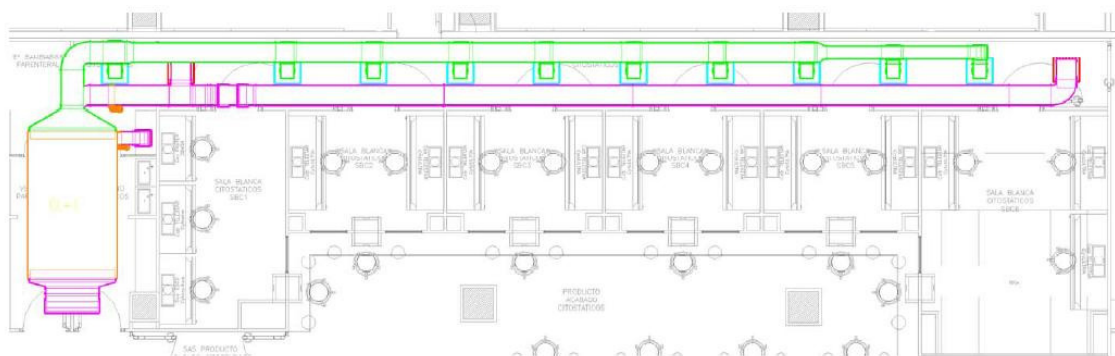
Cada zona deberá de tener su propio equipo de tratamiento de aire, para evitar así mezclar aire de diferentes clasificaciones.

Como veremos a continuación, un solo equipo puede tratar dos espacios, siempre y cuando estos tengan la misma clasificación. O dos equipos pueden tratar el mismo espacio por necesidades de potencia y caudal de aire. Sea como fuere siempre se debe de cumplir que el aire filtrado no se mezcle con zonas de distinta clasificación en ningún momento.

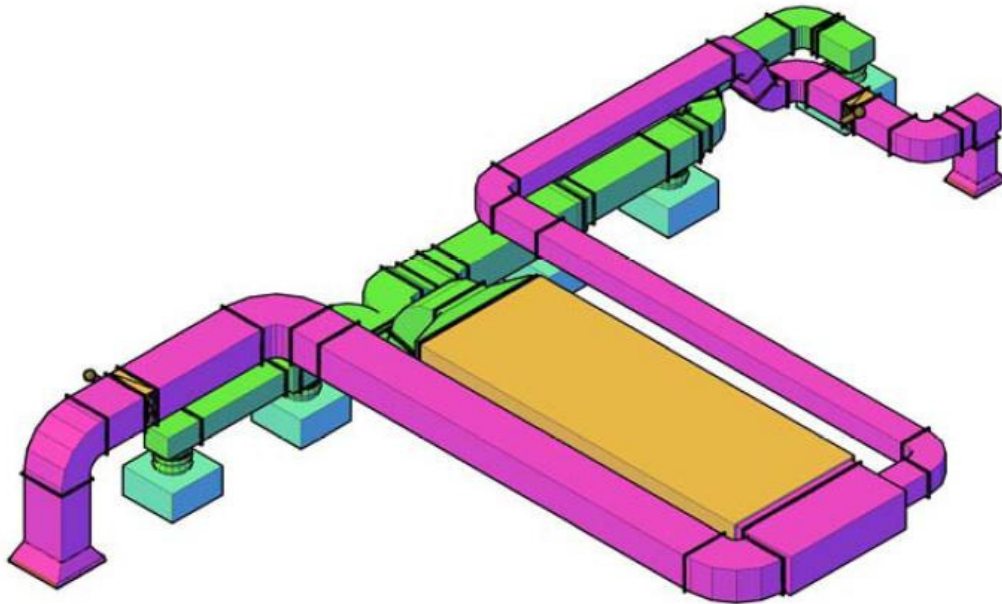


Volumetría: Esquema de instalación de tratamiento de aire.

Como se observa en el presente esquema y volumetría, un solo equipo trata el aire de una larga estancia. No suele ser recomendable, a menos que sea expresamente necesario, el crear conductos extremadamente largos, debido a las pérdidas de carga que esto puede acarrear. No obstante, existen casos en los que se puede hacer una excepción, como en pasillos o zonas previas a la sala limpias.

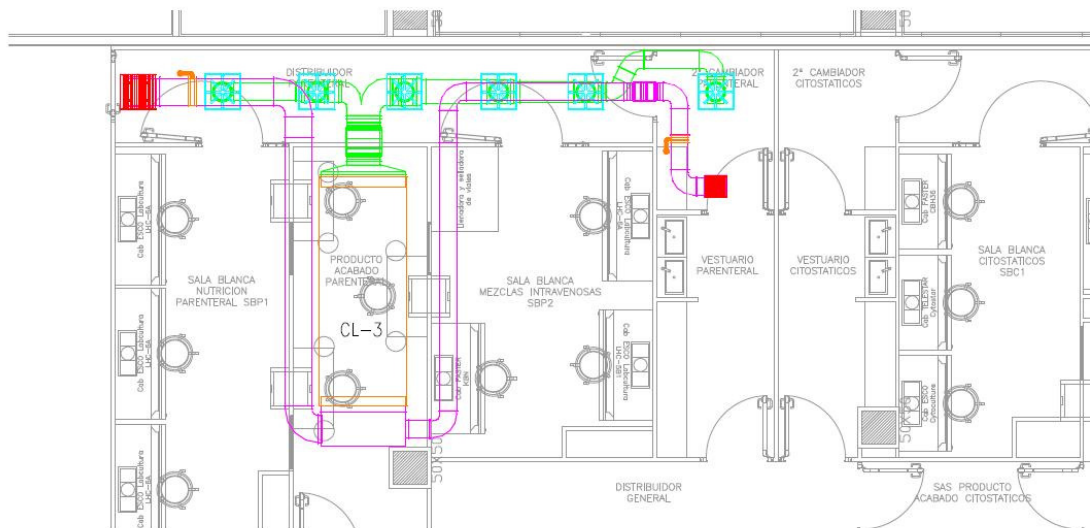


Planta: Planta de un equipo de tratamiento de aire.

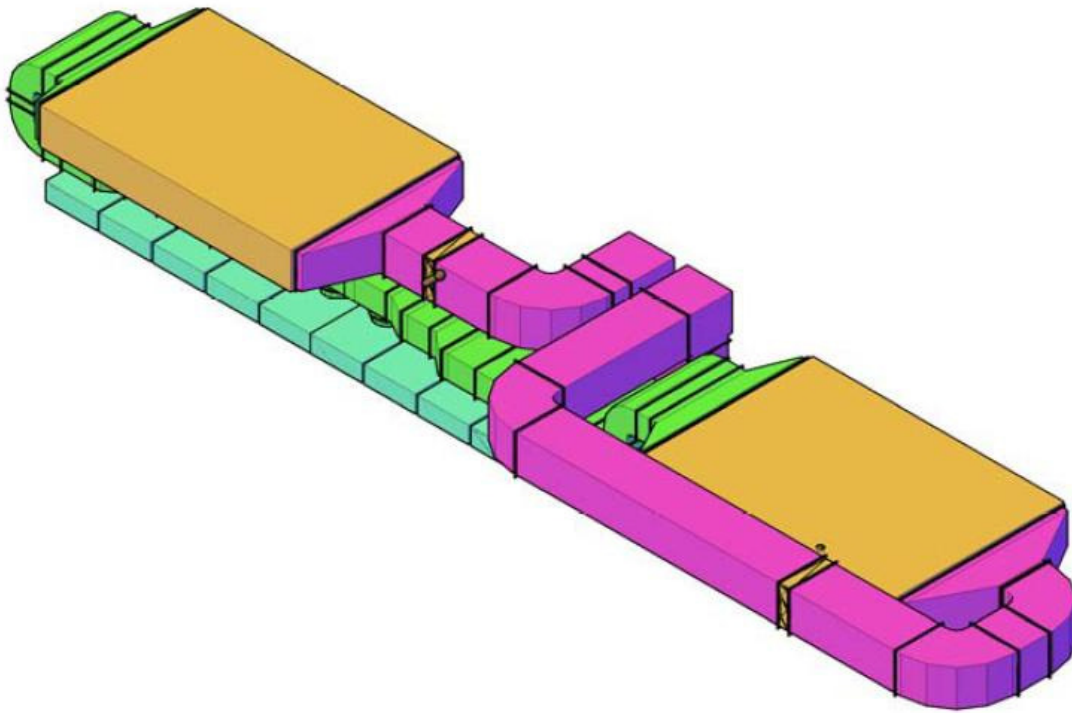


Volumetría: Esquema de instalación de tratamiento de aire.

En el presente esquema un solo equipo trata dos estancias diferenciadas, pero que tienen una misma clasificación ISO. Los retornos deben de ser diferenciados, por si se cerrara una de las zonas y la otra siguiera funcionando.

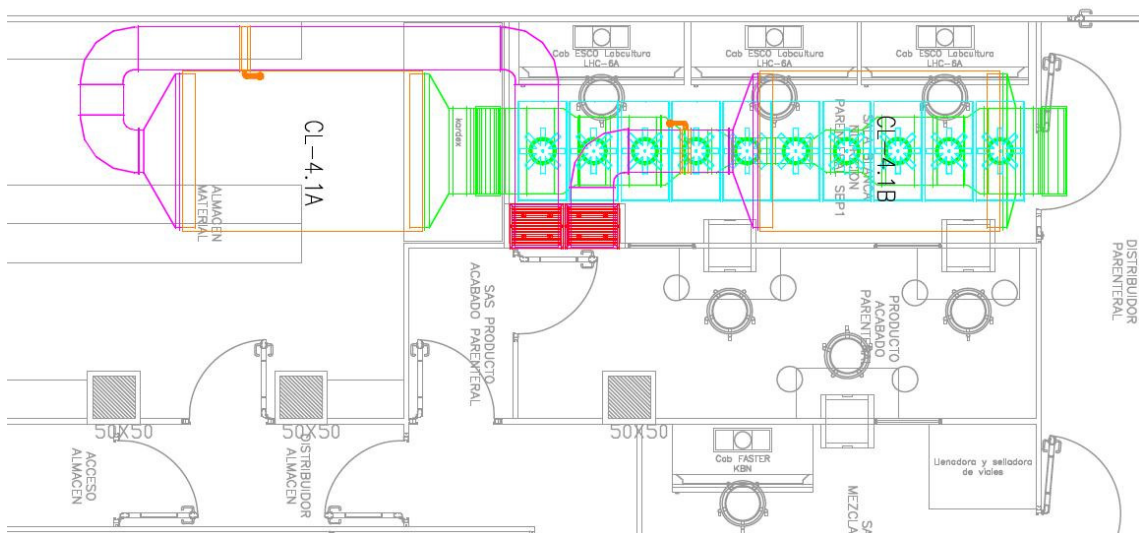


Planta: Una unidad de tratamiento de aire filtra dos estancias.



Volumetría: Esquema de instalación de tratamiento de aire.

En este esquema, dos unidades de tratamiento de aire filtran el aire de una misma estancia. Al tratarse de una zona con un nivel de partículas muy bajo se requiere una gran potencia sólo salvable con varios equipos.

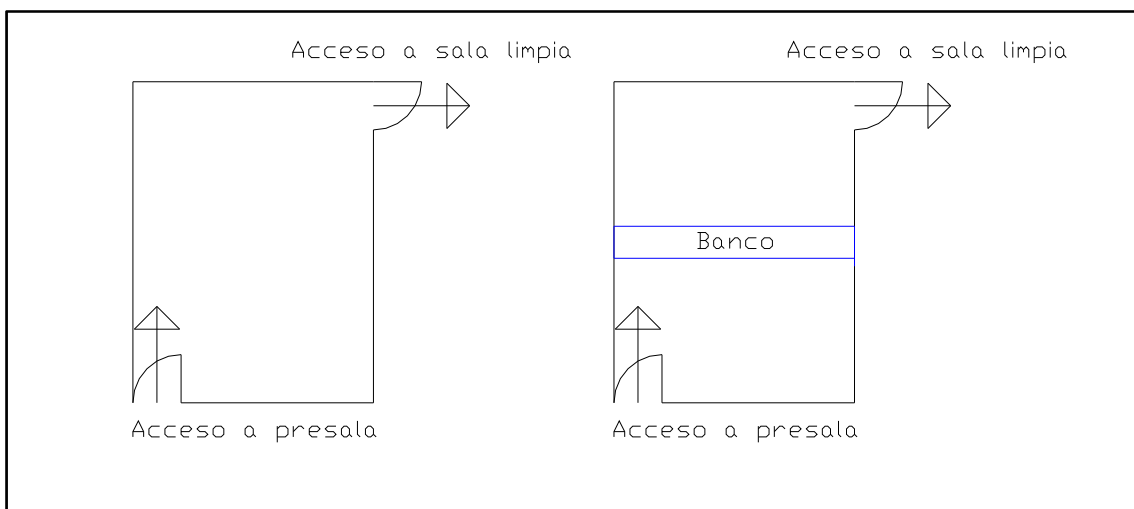


Planta: Planta de dos unidades tratado el mismo local.

2. Analizar la compatibilidad de las direcciones de flujo diseñadas con la distribución de equipos, herramientas y personas que los utilizan. Generalmente difiere bastante el flujo de aire de una sala vacía y de la misma sala en operación.

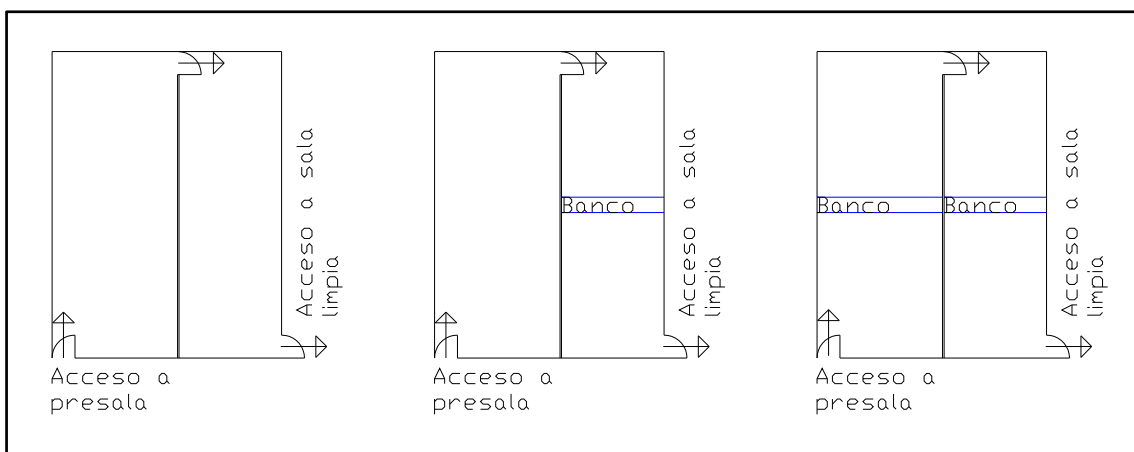
3. Analizar detenidamente el número, tamaño y vida de las partículas que desprenden los materiales usados en los cerramientos.

4. Analizar detenidamente el vestuario de las personas del interior de las zonas. Así como la necesidad o no de una sala previa.



Esquema: Esquema básico de una presala simple.

La existencia de una sala previa a la sala limpia siempre es recomendable, así como la existencia de un banco continuo de aluminio que separe la estancia en dos mitades. De esta forma, el personal tiene conocimiento que una vez pase el banco debe de ir correctamente vestido.



Esquema: Esquemas básicos de varias presalas dobles.

Las presalas pueden ser dobles, e incluso estar separadas por un pasillo. De forma, que en cada una de ellas se realice una acción previa a la entrada de la sala: retirada de objetos personales, vestuario básico, vestuario completo...

5. Estudio ergonómico de la actividad de las personas y número máximo de las mismas compatible con el mantenimiento de la clase.

6. Estudio del potencial electrostático de los materiales de la sala, de los del producto de fabricación, de los métodos para reducir la electricidad estática hasta cifras que sean compatibles con el proceso y la seguridad de las personas.

7. Formación del personal y control de la salud física de los mismos.

8. Validación de lo diseñado mediante métodos analógicos.

9. Disciplina en el desplazamiento de personas limitando al máximo el acceso a zonas de clase baja.

10. Conocer las necesidades de temperatura y humedad relativa del aire exterior y sobre todo del aire interior requerido.

Para finalizar, en las siguientes tablas vamos a dar una serie de parámetros de diseño y funcionamiento en función del tipo de sala limpia y clase que pretendamos diseñar.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO PARA SALAS LIMPIAS DE FLUJO DE AIRE LAMINAR		
<u>CLASE</u>	<u>ISO 3 y 4</u>	<u>ISO 5</u>
m ² /persona	40	30
Vestimenta específica requerida	Completa	Completa
Grado de actividad	Mínima	Mínimo
Equipo en la sala	Mínimo	Mínimo
Mantenimiento (limpieza)	Meticuloso	Meticuloso
Presurización	15 Pa	15 Pa
Cambios de aire por hora	600 – 700	600
Vestíbulo de entrada	Sí	Sí
Entradas de aire filtrado (en % de la superficie del techo)	90 – 100 %	90 %
Localización de las entradas de aire a la sala	Techo	Techo
Velocidad terminal en las entradas de aire limpio	0,45 m/s	0,45 m/s
Localización de los retornos	Suelo	Suelo
Filtros		
Primera etapa (prefiltros)	30 % de retención	30 % de retención
Segunda etapa (prefiltros)	95 % de retención	90 % de retención
Filtros finales	Min 99,9995% (Clase 4)	Min. 99,999%
	Min 99,999995% (Clase 3)	Min. 99,999%
Recuento de partículas	A diario	Semanalmente

Tabla: Consideraciones de diseño salas limpias de flujo laminar.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO PARA SALAS LIMPIAS TURBULENTO VENTILADAS			
<u>CLASE</u>	<u>ISO 6 o inferior</u>		
Tamaño de la sala aprox. (m ²)	100	300	500
Proporciones L/A	Estrecha	3/1	2/1
Altura (m)	Min. 3	Min. 2,7	Min. 2,25
m ² /persona	20	10	5
Vestimenta específica requerida	Completa	Básica	Básica
Grado de actividad	Sedentaria	Mov. ocasional	Act. constante
Equipo en la sala	Mínimo	30% de la superf.	50% superf.
Mantenimiento (limpieza)	Meticuloso	Meticuloso sólo en zonas críticas	Limpieza general
Presurización	10-15 Pa	10-15 Pa	5-10 Pa
Cambios de aire por hora	40 – 120	20 - 40	10 - 20
Vestíbulo de entrada	Sí	Pequeño	Ninguno
Entradas de aire filtrado (en % de la superficie del techo)	20 – 50 %	10 - 20 %	5 – 10 %
Localización de las entradas de aire a la sala	Techo	Techo	Techo o pared
Velocidad terminal en las entradas de aire limpio	0,30 - 0,45 m/s	0,15 - 0,45 m/s	0,15 - 0,45 m/s
Localización de los retornos	Suelo/zócalos	Bajos en pared	Pared
Filtros			
Primera etapa (prefiltros)	30 % de retención	80 % de retención	80 % de retención
Segunda etapa (prefiltros)	90 % de retención	70 - 90 % de retención	70 - 90 % de retención

Filtros finales	Min. 99,99 %	Min. 99,9 %	Min. 94 %
Recuento de partículas	Mensualmente	Mensualmente	Cada 4 meses

Tabla: Consideraciones de diseño salas limpias turbulento ventiladas.

4.3. – Otras instalaciones.

En una sala limpia, existirán otras instalaciones además de las principales (eléctrica y de filtrado de aire). Estas instalaciones variarán en función del uso que se le vaya a dar a la sala limpia, y pueden ser:

- Gases medicinales.
- Gases peligrosos.
- Suministro de agua ultrapura.
- Evacuación de residuos.
- Detección de gases peligrosos.
- Detección de incendios (especiales).
- Extinción de incendios (casos muy particulares).

Decimos que las instalaciones de detección de incendios son especiales porque se situarán debajo del suelo técnico de la sala, y esto es debido a que el aire circula en sentido inverso al natural, y por lo tanto, el humo, en caso de producirse también lo hará.

La instalación de extinción de incendios no es una instalación como tal en una sala limpia, sino que los extintores, bie's, sprinkler's, etc. se suelen ubicar en el exterior de la sala, y nunca en el interior, pues perjudicarían notablemente el ambiente limpio de la misma.

Estas instalaciones y el resto que hemos nombrado en este apartado son instalaciones que requieren un grado de especialización muy particular. De hecho, ya en obras de poca entidad es común la subcontratación de las mismas a empresas especializadas. Es por ello que no nos compete en el presente proyecto el tratar en profundidad las mismas, pero sí, al menos, conocer de su existencia.