

Sistema de gases médicos: una guía práctica para el diseño

Ernesto Godofredo Girón ¹

Resumen

Por su importancia los Sistema de Gases Médicos (SGM) deben ser instalados tomando en cuenta que todos sus componentes sean diseñados de acuerdo con criterios, estándares y normas de diseño, con el fin de tener la certeza de que las instalaciones que suministran los gases médicos sean eficientes, seguras y que protejan la vida de las personas. En el presente artículo se propone una guía de diseño, la cual en cada uno de los pasos, describe las acciones que se desarrollarán, de tal modo que sirva como una referencia ordenada y orientativa a los profesionales de la ingeniería que se dedican al diseño de sistemas de gases médicos.

Palabras clave

Diseño, red de gases, servicios clínicos.

Abstract

Because of its importance, the Medical Gas System (EMS) must be installed taking into account that all its components are designed according to criteria, according to standards and design standards, to be sure that facilities that provide medical gases are efficient, secure and protect the lives of people. This article proposes a design guide, which, in each of the steps, describes the actions to develop, thereby serving as a reference and guidance to engineering professionals engaged in the design of medical gas systems.

Keywords

Design, gas network, clinical services.

1. Introducción

El sistema de gases médicos (SGM) de un hospital es conceptualizado como una instalación vital, ya que resulta ser una instalación sumamente importante y su presencia en áreas donde se atienden pacientes críticamente enfermos es fundamental, necesaria y prioritaria. Debido a la importancia que tienen los sistemas de gases médicos, en el proceso de dar soporte de vida a las personas, es básico que todos los componentes del sistema sean diseñados de acuerdo con criterios, estándares y normas de diseño, con el fin de tener la certeza que las instalaciones

que suministran los gases médicos sean eficientes, seguras y que proteja la vida de las personas.

A efectos de facilitar el ordenamiento de las ideas y productos a obtener en el proceso de diseño, se ha estructurado una guía de diseño, la cual, en cada uno de los pasos, describe las acciones que se desarrollarán, de tal modo que sirva como una referencia ordenada y orientativa a los profesionales de la ingeniería que se dedican al diseño de sistemas de gases médicos. Para este caso, las etapas principales de la guía de diseño que se describen y se toman en cuenta son las siguientes: consideraciones

1. El autor es Máster en Gestión de la Calidad, Decano de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco (godo@udb.edu.sv).
Fecha de recepción: 11/10/2011; Fecha de aceptación: 29/10/2011.

del diseño, definir e integrar el equipo de diseño, disponer de planos arquitectónicos, definir las necesidades clínicas de uso de gases médicos, cuantificar el número de tomas y su respectivo caudal, analizar la ubicación física de la fuente de gases médicos, analizar el sistema de las tuberías, dimensionar el sistema, elaboración de catálogo de características técnicas, evaluación de tecnologías y elaboración de memoria de diseño.

La cantidad de gases de uso médico es amplia, pero en este artículo, la referencia se hará únicamente al oxígeno, óxido nítrico, aire comprimido y vacío.

2. Guía de diseño

En esta guía, se especifican las características de cada una de las etapas que la componen, describiendo de manera práctica, los aspectos a considerar y los resultados a obtener.

2.1 Consideraciones del diseño

Estas consideraciones definen los aspectos genéricos tomados en cuenta cuando se diseña un sistema de gases médicos. Usualmente, el diseño se ubica en las tres situaciones siguientes:

- a) **Se construirá un hospital nuevo.** Es decir, el diseño de la red de gases, está integrada en el diseño de todo el hospital. Aparentemente en esta tipificación, relativamente, el diseño se vuelve menos complicado, porque en teoría se dispone de todas las facilidades necesarias y las limitantes de implementación se reducen.
- b) **Se tiene el hospital, pero no se tiene un sistema central de gases.** Cuando se presenta esta situación, el proceso de diseño se complica un poco, ya que se tiene una edificación que ya está construida y sobre esta se tendrá que instalar la red de gases. Será necesario hacer todas las visitas de campo necesarias, para utilizar el mejor criterio de diseño de acuerdo con la distribución arquitectónica y tipo de edificación de la instalación de salud.
- c) **Se tiene el hospital y se ampliará el sistema de gases médicos.** Para el proceso de diseño, esta tipificación resulta más complicada, ya que se debe de considerar en primera instancia, el sistema actual de suministro de gases médicos,

verificar su demanda y en base a ello tomar decisiones acertadas. Lo complicado de este diseño es que el sistema de gases médicos, ya está en funcionamiento y supliendo necesidades en áreas donde se tienen a pacientes críticamente enfermos. En esta consideración existen dos posibles soluciones: la primera de ellas es que se diseñe una red completamente nueva e independiente de la que está en uso y que sirva para atender las nuevas necesidades y la segunda y más complicada, es que a la red actual se le hagan las modificaciones necesarias, tanto en la fuente, la distribución como en las salidas de utilización de los gases. Para este segundo caso habrá que diseñar un plan de contingencia para el día de la puesta en funcionamiento de todo el sistema.

2.2 Definir e integrar equipo de diseño

El éxito del proceso de diseño de un sistema de gases médicos se fundamenta en la designación del personal técnico y clave para formar el equipo de trabajo, que para este caso se le denomina el equipo de diseño. Generalmente, se recomienda que existan profesionales con el siguiente perfil: médico planificador, médico director, ingeniero biomédico, administrador, arquitecto, consultor, si aplicara, y otras profesionales según la necesidad. En el caso de otros profesionales, se refiere al proceso de definición de necesidades de gases de áreas específicas, por ejemplo, cuando se definen para salas de operaciones, cuidados intensivos entre otros.

2.3 Disponer de Planos Arquitectónicos

Sumamente vital para el proceso de diseño del sistema de gases, es la disposición de los planos arquitectónicos del hospital, ya que sobre ellos se trazará la ubicación de las fuentes de gases, las redes de distribución, la localización de los tomas (salidas) de gases y los flujos anticipados de cada gas que circulará por todo el sistema. En cualquiera de las consideraciones de los casos de diseño de los gases, siempre será importante disponer de planos actualizados, preferentemente en una escala de 1:200. Si se requiere mayor detalle de ciertas áreas específicas se pueden utilizar escalas de 1:100 y 1:50

2.4 Definir necesidades clínicas de uso de gases médicos

La definición de las necesidades de uso de gases médicos en cada área de atención de pacientes, debe ser establecida en primera instancia en función de lo definido en el modelo de gestión del hospital, ya que de este se derivará los servicios clínicos en los cuales se requerirá la utilización de cada uno de los gases médicos; en segunda instancia se debe considerar la opinión del personal clínico con experiencia en la utilización de gases, para que en base a sus buenas prácticas clínicas, sugieran los servicios médicos donde se debe utilizar gases médicos. Según las etapas de planificación hospitalaria, específicamente en la referida a los estudios previos, se deben analizar las necesidades actuales y futuras de gases en un proyecto de diseño.

Para determinar las necesidades de gases médicos, el equipo de diseño es el que debe convocar al personal profesional y clínico que los pueda asesorar en la definición de estas necesidades.

2.5 Cuantificar el número de tomas y su respectivo caudal

Una vez que se han establecido y cuantificado las necesidades clínicas y las localizaciones hospitalarias, donde se requerirá el uso de los gases médicos, se debe establecer el número adecuado de cada uno de los tomas de gases, como también el caudal respectivo que debe circular por cada toma servido.

Para ello, se recomienda la utilización de normas, estándares o criterios definidos por organizaciones disminuye y el factor de uso es inferior al 100%.

especializadas en el diseño y dimensionamiento de sistemas de gases médicos, tales como la NFPA 99 (National Fire Protection Association), IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social, Chemetron Medical División, entre otras.

Usualmente estas organizaciones definen el número de tomas de gases, ya sea por cama o por cuarto, según sea el concepto de utilización de determinada localización hospitalaria (ejemplo: Sala de operaciones y la unidad de cuidados intensivos).

Para la planificación de caudales, se recomienda considerar el crecimiento programado de tecnologías médicas, que necesitarán gases médicos en los procesos de utilización con los pacientes. A manera de ejemplo, se muestran las tablas 1, 2 y 3, en las cuales se describen el número de tomas por localización clínica.

En la tabla 1 se muestran datos de la NFPA, en la cual especifica el número de tomas de vacío por cuarto para las localizaciones anestésicas, entendiéndose por cuarto y en este caso las salas de operaciones, ya sean destinadas para cirugía mayor, cirugía menor o emergencia. En esta misma tabla se especifican tomas por cama, como es el caso de localizaciones destinadas a hospedar a pacientes con cuidados agudos (críticos). Adicionalmente esta tabla agrega una categorización de tomas tipo "A" y tomas tipo "B", la cual está relacionada con el concepto de criticidad y factor de demanda del gas. Es decir que los tomas tipo "A", son consideradas para aquellas localizaciones donde se atenderán a pacientes críticamente enfermos y para los cuales usualmente se les definen un porcentaje de utilización del 100%, mientras que los tomas tipo "B", son definidos para aquellas localizaciones donde el grado de criticidad

Tabla 1. Número mínimo de entradas de vacío por servicio clínico.

| LOCALIZACIÓN | NÚMERO MÍNIMO DE ENTRADAS | GRUPO DE USO |
|-----------------------------------|---------------------------|--------------|
| Localizaciones anestésicas | | |
| Salas de operación | 2 por cuarto | A |
| Cistoscopia | 3 por cuarto | A |
| Partos | 3 por cuarto | A |
| Procedimientos especiales | 3 por cuarto | A |

| LOCALIZACIÓN | NÚMERO MÍNIMO DE ENTRADAS | GRUPO DE USO |
|--|---------------------------|--------------|
| Otras localizaciones anestésicas | 3 por cuarto | A |
| Localizaciones de cuidados agudos (Localizaciones no anestésicos) | | |
| Cuarto de recuperación | 3 por cama | |
| UCI(no cardíacas) | 3 por cama | A |
| Procedimientos especiales | 2 por cuarto | A |
| Cuartos de emergencia | 1 por cama | A |
| Cuartos de emergencia para trauma mayor | 3 por cama | A |
| UCI cardíaca(Unidad de Cuidados Coronarios) | 2 por cama | A |
| Laboratorio de cateterismo | 2 por cuarto | B |
| Cuartos de Escisión quirúrgica | 1 por cuarto | B |
| Unidad de diálisis | 1 / 2 por cama | B |
| Salas de Partos | 2 por cuarto | B |

En la tabla 2 y 3, se muestran datos que utiliza el IMSS. La tabla 2 sirve para determinar el número de tomas de oxígeno por localización clínica, mientras que la tabla 3, es utilizada para determinar el caudal de los

gases por cantidad de número de tomas. Por ejemplo, si en una red de gases se determina que se utilizarán 10 tomas, el total de litros para el sistema debe de calcularse para un flujo de 336 litros por minuto.

Tabla 2. Salidas de oxígeno por localización clínica.

| LOCAL | SALIDAS DE O ₂ | SALIDAS DE N ₂ O |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Quirófanos | 2 por sala | 2 por sala |
| Recuperación | 1 por cama | |
| UCI | 1 por cama | |
| Labor de parto | 1 por cama | |
| Trabajo de parto | 1 por cama | |
| Quirófano de Gineco-Obstetricia | 2 por sala | 2 por sala |

Tabla 3. Caudal en función del número de salidas.

| Gastos de oxígeno y aire comprimido en litros por minuto, en función el número de salidas | |
|---|----------------------------|
| NO. DE SALIDAS | GASTO EN LITROS POR MINUTO |
| 1 | 100 |
| 2 | 148 |
| 3 | 181 |
| 4 | 210 |
| 5 | 237 |
| 6 | 261 |
| 7 | 283 |
| 8 | 302 |
| 9 | 320 |
| 10 | 336 |
| 11 | 350 |

Además de los criterios expuestos anteriormente, existen otros que han sido establecidos por empresas que se dedican a vender dispositivos para el sistema de gases médicos, como la Chemetron Medical Division Allied Health Care Products Inc, la cual establece un flujo de 20 lpm (litros por minuto) por salida y además deja como sugerido un factor de uso del 50%, es decir, que un diseñador aplicando el criterio de esta empresa, podría establecer un caudal de 10 lpm por salida.

2.6 Analizar la ubicación de las fuentes de gases médicos

Sin importar si el hospital tiene una construcción horizontal o vertical, es sumamente importante dedicar un tiempo al análisis de la ubicación de las diferentes fuentes de gases médicos, ya que se debe de respetar algunos criterios sobre seguridad, accesibilidad y vulnerabilidad. Para ello se mencionan los siguientes criterios de diseño que se deben tener en cuenta:

2.6.1 Gases no inflamables (Cualquier cantidad; en almacenaje, conectada o ambas)

- Las fuentes de calor en los lugares destinados al almacenaje, deben ser protegidas o ubicadas de tal modo que los cilindros o gases comprimidos no deben ser calentados al punto de activación de los mecanismos de seguridad. En ningún caso la temperatura de los cilindros debe exceder los 130°F (54°C).
- Se deben suministrar áreas adecuadas para el almacenaje de cilindros de los sistemas de suministro de los gases incluyendo la ubicación de su respectivo manifold de gases. Tales áreas deben ser construidas con materiales de construcción, los cuales tengan una resistencia al fuego de al menos 1 hora y estas áreas no deben de comunicar directamente con áreas anestésicas.
- La instalación eléctrica en las áreas de almacenaje o los espacios para el manifold para gases médicos no inflamables debe cumplir con las regulaciones de la NFPA 70, tales como la ubicación de los toma corrientes e interruptores, los cuales deben ser instalados en ubicaciones fijas y a no menos de 152 cm (5 pies) arriba del nivel de piso terminado como una precaución contra su daño físico.
- Los sistemas de suministro de gases médicos o mezclas de esos gases teniendo capacidades totales

(conectadas y en almacenaje) que no excedan las cantidades de 85 m³ deben estar localizadas en el exterior, en un área usada solamente para este propósito.

- Instalaciones para el almacenamiento que están en el exterior, pero adyacentes a una pared del edificio, debe estar de acuerdo con la NFPA 50 (estándar for bulk oxygen systems at consumer sites).
- Las fuentes (compresores) de aire médico y de vacío, pueden estar en el mismo local, pero deben estar ubicadas separadamente del sistema de gases del paciente (oxígeno y óxido nitroso) suministrado por cilindros. Los compresores de aire deben ser instalados en un área designada para equipo mecánico, adecuadamente ventilada y con los servicios requeridos. La fuente de oxígeno y óxido nitroso pueden estar en el mismo local.
- Paredes, pisos, cielos, techos, puertas, acabados interiores, estantes, y soportes en las ubicaciones inflamables deben ser construidos de materiales no combustibles o de combustión limitada.

2.6.2 Requisitos adicionales de almacenaje para gases no inflamables para capacidades mayores a 3000 pies³ (85 m³)

- Sistemas de suministro de oxígeno o localizaciones de almacenaje teniendo una capacidad total de 20000 pies³ (566m³) o más, incluyendo reservas no conectadas, deben de cumplir con normativas tales como la NFPA 50.
- Sistemas de suministro de óxido nitroso o localizaciones de almacenaje teniendo una capacidad total o mayor a 3200 lb (1452Kg) (28000pie³) (793m³) o más, incluyendo reservas no conectadas en el sitio, deben de cumplir con estándares como los definidos por la Asociación Americana de Gases Comprimidos. (panfleto n°G-8.1, de la CGA-Compressed Gas Association).
- Las paredes, pisos y cielos de las localizaciones para sistemas de suministro de más de 3000 pie³(85m³) de capacidad total (conectada y almacenada), que separan el área de almacenaje de las otras instalaciones en un edificio, deben de tener una resistencia al fuego al menos de una hora.
- Las áreas para sistemas de suministro de más de 3000 pie³ (85 m³) de capacidad total (conectada y en almacenaje) deben ser ventiladas hacia el

exterior por un sistema de ventilación mecánica dedicado o por ventilación natural. Si se usa la ventilación natural, la abertura o aberturas de la ventilación debe tener un mínimo de área libre total de 72 pul² (0.05m²).

Para gases no inflamables con capacidad de almacenaje menor de 3000 p3 (85 m³) las puertas para tales áreas deben ser suministradas con aberturas tipo persiana y que tengan un mínimo de área libre total de 72 pul² (0.05m²). Donde las puertas de las áreas de los sistemas de suministro abran hacia un corredor de acceso de salida, las aberturas tipo persiana no deben ser usadas.

2.7 Analizar sistema de distribución

En el diseño de gases médicos, según la NFPA 99, el sistema de distribución comprende: manifold, tuberías, válvulas /controles, salidas /terminales, alarmas. Para el caso de diseño estrictamente de las tuberías se considera que existen tres clases generales de tubería:

- a. Línea principal: Aquellas tubería que conectan la fuente (bombas, receptores etc.) a las elevaciones (riser o derivaciones) o ramales o ambas.
- b. Elevaciones (risers). Las tuberías verticales que conectan la línea principal con las líneas ramales en los diferentes niveles de la instalación. El mismo concepto se utiliza si es un hospital horizontal es decir, que este tipo de tubería conecta la línea principal con la línea ramal.
- c. Línea ramal (Lateral): Aquellas secciones o porciones de tuberías de vacío que sirve a un cuarto o grupo de cuartos de la misma instalación.

Las siguientes son algunas consideraciones a tomar en cuenta en el diseño del sistema de distribución:

- a. El requisito del nivel de sonido para paneles de alarmas debe ser ajustados a 80 db y medidos a una distancia de tres pies (1 metro).
- b. Todos los paneles de alarmas, local, de área y maestra, para sistema de gases médicos deben suministrar lo siguiente:
 - Indicadores visuales separados para condición monitoreada.
 - Indicación audible cancelable de una condición de alarma.
 - Un medio para indicar visualmente una falla

de los visualizadores (lámpara o LED).

- c. Un sistema de alarma maestra será suministrada para monitorear la operación y condición de la fuente de suministro, la reserva (si hubiera) y la presión de las líneas principales de todos los sistemas de gases médicos.
- d. El sistema de la alarma maestra consistirá en dos o más paneles de alarma localizados en dos ubicaciones separadas. Un panel será localizado en el área principal de trabajo del responsable por el mantenimiento del sistema de gases médicos y el otro, será localizado en un lugar de vigilancia continua durante las horas de trabajo de la instalación de salud (Telefonía, vigilancia).
- e. Cada panel de alarma maestra incluirá indicadores visuales para algunas condiciones como las siguientes:
 - Cambio de posición de operación de los bancos de cilindros.
 - Cuando el suministro de unos gases se reduce al suministro promedio de un día.
 - Cuando la presión en la línea principal aumenta o disminuye el 20% de la presión normal de operación.
- f. En el caso de las alarmas de área, considerar algunos criterios como los siguientes:
 - Deben ser suministradas para cada sistema de tuberías de gas médico, suministrando áreas anestésicas y otras áreas de cuidados críticos y de soporte de vida, tales como recuperación post anestésica, unidades de cuidados intensivos, unidades de cuidados coronarios.
 - Los paneles de alarmas de área serán localizados en las estaciones de enfermería u otra ubicación donde tenga personas responsables de la vigilancia.
 - Las alarmas de área indicarán si la presión en la línea local aumenta o disminuye el 20% de la presión normal de línea.
- g. Para las alarmas locales, considerar algunos criterios como los siguientes:
 - Colocarlas en las localizaciones anestésicas. El requisito es que se ubiquen en la estación existente dentro de quirófanos, pero no en el quirófano mismo.
 - Que indique: retardo en la operación de compresores, alto nivel de agua en el receptor, alto nivel de agua en los separadores, alta descarga de la temperatura del aire, altos

niveles de monóxido de carbono, retardo en la operación de la bomba de vacío.

- Indicar cuando el punto de rocío de la presión de línea es superior a 39°F (3.9°C).
- Indicar cuando el monóxido de carbono para aire médico, excede de 10ppm.

h. Con respecto a otros componentes del sistema de distribución se mencionan algunos criterios de diseño:

- El rango de la escala de los medidores análogos de presión positiva, será de tal construcción y diseño que las lecturas normales se puedan leer al 50% de media escala. El rango de los medidores digitales no debe ser mayor que dos veces la presión de trabajo. La exactitud de los medidores de presión utilizados para prueba será del 1% (Plena escala).
- Las válvulas de corte de gas deben ser accesibles, solamente para el personal autorizado e instaladas en paneles para válvulas con ventanas franqueables o removibles, para permitir el acceso y la operación manual de las válvulas.
- La válvula de la fuente, deben ser colocadas en la salida inmediata de la fuente de suministro para permitir que esta fuente, incluyendo los accesorios (tales como secadores de aire, reguladores finales de línea) sean aislados del sistemas de tuberías. Esta válvula debe estar localizada aguas arriba de la válvula de corte de la línea principal y localizada en la vecindad del equipo de suministro. Debe ser etiquetada “válvula de la fuente”.
- La válvula principal debe controlar la línea principal de suministro y debe estar localizada de tal manera que sea accesible solo al personal autorizado en una emergencia. Esta válvula debe estar localizada aguas abajo de la válvula de la fuente y fuera del cuarto de suministro.
- Cada elevación que sale de la línea principal debe estar prevista con una válvula de corte adyacente a la conexión de la elevación. Estas deberán de permanecer accesibles y no deben ser obstruidas.
- Las salidas no deben ser alimentadas directamente desde una elevación a menos que una válvula de corte de control (válvula de zona) esté instalada entre el elevador y

la salida con una pared interviniendo entre la válvula y la salida. Cada rama lateral que sirve cuartos de pacientes debe estar provista con válvulas de corte que controle el flujo de gas hacia el cuarto. Además, esta válvula no debe afectar al suministro de otros cuartos. Un medidor de presión debe ser instalado aguas abajo de cada válvula de zona.

- Las válvulas de servicio deben ser colocadas donde las ramas laterales salgan del elevador antes de cualquier ensamble de panel de válvulas de zona en esa rama. Solamente una válvula debe ser requerida para cada rama saliendo de un elevador sin importar de cuántos paneles de válvula de zona son instalados en ese lateral.
 - Se puede permitir válvulas de corte, tipo “in line” para efectos de mantenimiento, modificación o ampliación.
- i. Con respecto a las salidas o tomas de gases, se mencionan algunos criterios para su ubicación en el sistema de distribución:
- Cuando se instalen los tomas, es una buena práctica considerar el espacio que existe sobre ellos, como también la distancia entre ellas, ya que los equipos utilizados en terapia por vacío y oxígeno, frecuentemente tienen una altura mínima de 7 pulgadas (0.18m). Además, las salidas instaladas directamente bajo las luces de cabecera o debajo de los gabinetes, podrían causar que estas no se utilicen por una inadecuada instalación.
 - Similarmente muchos colectores (Recipientes o botes) de succión de uso actualmente tienen un diámetro mínimo de 7 pulgadas (0.18 m).
 - Cada salida de una estación ya sea roscada o no intercambiable de acople rápido, debe ser de un gas específico y debe consistir de una válvula primaria y secundaria (o ensambladas). La secundaria debe cerrar automáticamente para parar el flujo cuando la primaria es removida o quitada. Estas salidas deben ser tipo DISS.
 - Las salidas en los cuartos de los pacientes deben ser localizada a una altura adecuada sobre el nivel del piso, de tal modo de evitar el daño físico al equipo conectado a la salida.

- j. A efectos de consideración de las presiones de operación y códigos de colores de algunos gases de uso médico, se adjunta la tabla 4 como una guía.

Tabla 4. Presiones de operaciones y código de colores para gases.

| GAS DE SERVICIO | ABREVIACIÓN | COLORES(FONDO/ TEXTO) | PRESIÓN ESTÁNDAR |
|---|-----------------------------------|--|---|
| Aire médico | | Amarillos / Negro | 50 psig +5/-0 (345 Kpa + 35/ -0) |
| Bióxido de carbón | CO ₂ | Gris/ Negro o Gris /Blanco | 345 Kpa + 35/ -0 (50 psig+5/-0) |
| Nitrógeno | N ₂ o HPN ₂ | Negro /Blanco | 160psig +25 / -0(1145Kpa + 173/-0) |
| Óxido Nitroso | N ₂ O | Azul /Blanco | 50 psig +5/-0 (345 Kpa + 35/ -0) |
| Oxígeno | O ₂ | Verde /Blanco o Blanco /Verde | 50 psig +5/-0 (345 Kpa + 35/ -0) |
| Vacío Quirúrgico | | Blanco /Negro | 15 “ Hg a 30 “ hg(380 mm Hg a 760 mmhg) |
| Disposición de desperdicio de gases anestésicos | WAGD | Violeta / Blanco | Varía con el tipo de sistema |
| Aire no médico | | Amarillo tira diagonal blanca / Negro enmarcado | Ninguno |
| Vacío no Médico | | Blanco tira diagonal Negra / Negro enmarcado | Ninguno |
| Aire de laboratorio | | Tablero ajedrez amarillo y Blanco/ Negro | Ninguno |
| Vacío de laboratorio | | Tablero de ajedrez Blanco y Negro /Enmarcado negro | Ninguno |

- k. Entre los criterios de diseño para uso de materiales para tuberías, se mencionan algunos de ellos:

- La tubería para uso médico debe ser tipo K o L, de diseño duro (ASTM B819, esta es identificada por las marcas OXY, MED, OXY/MED, OXY /ACR, ACR / MED en verde para K o azul para la L).
- Los sistemas ramales y principales deben ser tuberías con un diámetro nominal no menor de 1/2”.
- Los tubos instalados en la fábrica para la extensión de salidas de gases no se permite que tenga una extensión mayor de 8 pulgadas, (desde el cuerpo de la salida) y se permite que sea de 3/ 8 de pulgada de diámetro externo (1/4 de pulgada de diámetro nominal).
- Las conexiones para los medidores e interruptores y conexiones para los paneles

de alarmas deben ser permitidas que tengan un diámetro externo de ¼ de pulgada de diámetro externo (1/8 de pulgada diámetro nominal).

- Para sistemas operados para presiones entre 200 y 300 psig se debe usar cobre tipo K ASTM B819 (ASTM: American Society for Testing Materials).
- l. En la Instalación de tuberías, se deben de considerar los siguientes criterios:
- Las tuberías deben tener soportes que las sujeten a la construcción del hospital. Los sujetadores para cobre deben tener un adecuado acabado de este material u otra protección contra la corrosión galvánica. En localizaciones potencialmente húmedas, los sujetadores o soportes del tubo de cobre deben estar cubiertos de un plástico o con un aislamiento que proteja al tubo. La máxima distancia entre los soportes debe ser como se indica en la tabla 5.

Tabla 5. Distancia entre de soportes de tubería.

| DIAMETRO DE LA TUBERÍA | DISTANCIA DEL SOPORTE |
|--|---|
| ¼ " (0.635 cm) nominal | 6 pies (1.52m) |
| 3/8"(0.953cm) nominal | 6 pies (1.83 m) |
| 1/2 " (1.27 cm) nominal | 6 pies (1.83 m) |
| 3/4 " (1.91cn) nominal | 7 pies (2.13 m) |
| 1" (2.54cm) nominal | 8 pies (2.44 m) |
| 1 ¼(3.175 cm) nominal | 9 pies (2.74 m) |
| 1 1/2 (3.81cm)nominal y de mayor diámetro | 10 pies(3.05 m) |
| Derivaciones verticales, todas las medidas | Cada piso, pero no exceder de 15 pies(4.57 m) |

m. Específicamente para los sistemas de vacío, se debe considerar los siguientes criterios de diseño:

- La fuente de vacío central debe consistir de 2 o más bombas que funcionen alternativamente o simultáneamente en función de la demanda (bombas múltiples). En el caso que una bomba de vacío falle, la otra bomba debe ser dimensionada para mantener el vacío requerido al 100% de la demanda local. Para actividades de mantenimiento cada bomba debe tener una válvula de corte para aislarla del sistema de tuberías y de otras bombas.
- Los receptores (Chimbos) deben ser instalados siempre sin importar la dimensión del vacío, ya que sin ellos se causaría excesivo ciclado de la bomba. Deben ser diseñados para resistir 29.92 pulgadas de mercurio. Se debe suministrar un método para drenar el receptor de sustancias que podrían acumularse.
- El escape de la bomba de vacío debe ser ubicado en el exterior, de modo que minimice los riesgos de ruido y contaminación al hospital y su ambiente. El escape debe ser ubicado lejos de cualquier puerta, ventana, entrada de aire o aberturas en edificios con una particular atención para separar los niveles de entrada y descarga.

n. Las tuberías para el sistema de vacío deben cumplir con los siguientes criterios

- Todas las tuberías deben ser construidas de material resistente a la corrosión tales como: tubo de cobre para agua tipo K, L, M, (ASTM B88), tubo de cobre ACR (ASTM B280), tubo de cobre para gas médico (ASTM B819),

tubo de acero inoxidable, tubería de acero galvanizada (tamaño mínimo de 1 1/ 2 pulgada)(ASTM 53)(roscada o con flange), se puede usar tubería roscada pero debe cumplir con las normas ANSI BI.20.1.

- En las líneas principales o ramales, la dimensión mínima no debe ser menor a 7/ 8" de diámetro externo (¾" nominal), las conexiones a entradas individuales de vacío no debe ser menor a 5/ 8" de diámetro externo(1/2" nominal) a excepción del tubo unido inmediatamente al cuerpo de la entrada de la estación, la cual puede ser de 1/2 " de diámetro externo (3/8" nominal) siempre que no se extienda más de 8" de longitud. Las conexiones a los manómetros, interruptores de alarma y conexiones de paneles de alarma, será permitido a ser de ¼" de diámetro externo (1/8" tamaño nominal).

2.8 Dimensionar el sistema

La dimensión del sistema de gases médicos, depende de la consolidación de necesidades clínicas de los gases, ya que en base a estas se determina la máxima demanda de gases que dicho sistema pueda suministrar a la organización de salud sujeta del diseño. Esta etapa del diseño tiene las siguientes 9 sub etapas: codificar las tuberías sobre el plano arquitectónico, establecer longitudes de tuberías, definir factor de seguridad de tuberías, cuantificar caudales por tomas de gases médicos, definir caudales por cada tubería, establecer diámetros mínimos de tuberías, calcular las pérdidas de presión,

establecer la máxima demanda del sistema y la definición de características técnicas y de suministro de la fuente.

2.8.1 Codificar las tuberías sobre el plano arquitectónico

Para la codificación las tuberías, se debe de disponer de los planos en la escala de 1:200 y sobre este trazar la distribución mecánica. Un ejemplo de esta

distribución mecánica se ha representado en la figura 1. Tomando de base la distribución mecánica se elabora una matriz donde estén indicados los tramos, diámetros seleccionados, perdidas de presión, etc., a efectos de llevar un control de los datos calculados. Un ejemplo se presenta en la tabla 6.

Tabla 6. Matriz para codificar las tuberías.

| MÉTODO | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|---|-----------------|--|--|--|
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| Sección de tuberías | Longitud medida (Pies) | Longitud Efectiva (B x 1.5) | Presión del sistema al inicio de la sección (Psi) | Caída de presión disponible (E-N) | Número de salidas por sección. | Caudal por sección (F x 10) (LPM). | Factor de uso (%) | Ajuste de flujo (GxH/100) (LPM) | Flujo mínimo por rama (LPM) | Flujo de sección usando el caudal más alto de columna I o J | Diámetro (pulg) | Pérdida de presión para 100 pies de tubería (Psi/Pies) | Pérdidas de presión por sección (CxM/100) (Psi). | Presión del sistema al final de cada sección (D-N) (PSI) |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

2.8.2 Establecer longitudes de tuberías

Para establecer la longitud de las tuberías, se parte de la distribución mecánica de los gases, la cual se ha elaborado tomando de base el plano arquitectónico. Para determinar la longitud de la tubería se recomienda medir directamente en el plano a escala y dar una tolerancia del 15% sobre la medida original, por ejemplo, si se toma de referencia la figura 1, en el tramo 1-2 de la tubería principal, se tiene una longitud del 105 pies, luego con el factor

de tolerancia del 15 % se tiene una longitud para posteriores cálculos de 121 pies. Según las buenas prácticas de los diseñadores, se puede dar hasta un 50 % de tolerancia. Todo este cálculo servirá para determinar la cantidad total de tubería de cobre, como también para los respectivos cálculos de pérdidas de presión por cada uno de los tramos.

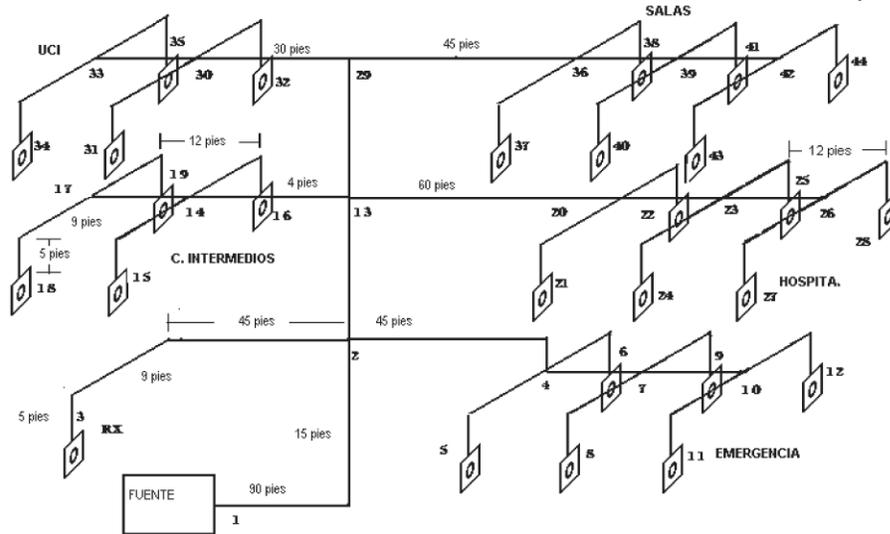


Figura 1. Distribución mecánica de tubería.

2.8.3 Definir Factor de Seguridad de tuberías

La definición del factor de seguridad de las tuberías es importante, ya que ello permite realizar un buen diseño en cuanto al cálculo de las pérdidas de presión ocasionadas por el mismo diámetro de la tubería, su longitud, como también por los accesorios que se utilizarán, tales como codos, uniones tipo t, camisas entre otros. Usualmente para el cálculo de las pérdidas de presión ocasionadas por los accesorios se utilizan tablas, pero para el caso práctico de esta guía, a cada tramo de tubería se le agregará un factor del 20% al 25%, el cual compensa las pérdidas antes mencionadas.

2.8.4 Cuantificar caudales por tomas de gases médicos

Para cuantificar el caudal de gas médico a entregar por cada uno de los tomas, se recomienda tomar las sugerencias que hacen ciertos organismos que se dedican a vender productos relacionados, o a normar y diseñar instalaciones. Las tablas 7 y 8 muestran el caudal por toma para el aire comprimido.

Tabla 7. Caudales de aire comprimido por toma.

| LOCALIZACIONES ANESTÉSICA | UNIDAD | CUARTO SCFM(LPM) | FACTOR DE USO EN % |
|-----------------------------------|-----------|------------------|--------------------|
| Cirugía especial y cardiovascular | — | 0.5 (14) | 100 |
| Cirugía mayor y ortopédica | — | 0.5 (14) | 100 |
| Cirugía menor | — | 0.5 (14) | 75 |
| Cirugía de emergencia | — | 0.5 (14) | 25 |
| Radiología | — | 0.5 (14) | 10 |
| Cateterismo cardíaco | — | 0.5 (14) | 10 |
| Endoscopía | — | 0.5 (14) | 10 |
| Ventiladores | 3.5 (100) | — | 100 |
| Sala de partos | — | 0.5 (14) | 100 |

Tabla 8. Designación del caudal por toma para aire comprimido.

| ÁREA | POR CUARTO | POR SALIDA | FACTOR DE USO (%) |
|-------------------------|------------|------------|-------------------|
| Salas operaciones | 0.5 (14) | --- | 100 |
| Cuarto de recuperación | 2.0 (60) | --- | 50 |
| UCI | 2.0 (60) | --- | 50 |
| Reparaciones de equipos | --- | 0.5 (14) | 10 |
| Medicinas | 2.0 (60) | --- | 50 |

2.9 Definir caudales por cada tubería

Después de determinar el caudal por cada uno de los tomas, se procede a determinar el máximo caudal de un gas determinado que circulará por cada de una las diferentes tipos de tubería (principal, derivador o ramal). Como ejemplo, se considerará que se calculará el caudal de aire comprimido que circulará por el segmento de tubería 29-36 de la figura 1. También se definirá que las salas que alimentan dicho tramo son utilizadas para cirugía mayor. Basándose en la información de la tabla 8, se observa que por cada toma se tendrá un caudal de 14 lpm, significando que para el segmento 29-36 circulará un caudal máximo de 84 lpm, considerando un factor de uso es del 100%.

El Factor de uso, debe de entenderse como la probabilidad de que los tomas se utilicen de manera interrumpida durante un horario definido de atención de pacientes. Para este caso se entenderá que si las salas de operaciones funcionarán en un horario de 12 horas diarias, los 6 tomas estarán suministrando el máximo caudal durante ese periodo de tiempo de

manera ininterrumpida

2.10 Establecer diámetros mínimos de tuberías

La determinación de los diámetros de las tuberías están en función del caudal que circulará por cada una de ellas y su respectiva definición y establecimiento, resulta sumamente importante en la determinación de la máxima pérdida de presión permitida y la consecuente eficiencia del sistema ante la máxima demanda pico de un determinado gas. En este proceso la dimensión de los diámetros de las tuberías, la NFPA 99, define unos diámetros mínimos de tuberías a respetar, sin importar si en el proceso de cálculo se determinan diámetros menores. Esta definición de diámetros mínimos permite disponer de otro medio de seguridad de un sistema vital como es el de los gases médicos. Estos diámetros mínimos están representados en la tabla 9.

Tabla 9. Diámetros mínimos para las tuberías de gases médicos.

| Diámetros Mínimos Requeridos por la NFPA 99 | |
|---|-----------------|
| GAS | DIÁMETRO MÍNIMO |
| Oxígeno | 1/2" |
| Aire comprimido | 1/2" |
| Óxido nitroso | 1/2" |
| Vacío | 3/4" |

2.11 Calcular las pérdidas de presión

El cálculo de las pérdidas de presión, permite de manera significativa, poder prever la eficiencia probable de funcionamiento de un sistema de gases médicos. En este proceso de cálculo de pérdidas de presión para cada uno de los gases, existe un valor máximo que es permisible. Este valor se especifica en la tabla 10.

Para determinar la máxima pérdidas de presión de un sistema de gases específico, se tiene que determinar

la pérdida específica por cada uno de los tramos establecidos en el esquema mecánico (figura1), además el cálculo de las pérdidas de presión de cada uno de los tramos debe de empezar desde la fuente hasta la salida más lejana. Basándose en la tabla 10, si se estuviera calculando la máxima pérdida de presión para el oxígeno, esta no debe ser mayor a 5psi en la salida más lejana, para una presión de operación del mismo sistema de 55 psig.

Tabla10. *Pérdidas de presión pro cada gas.*

| SUMINISTRO | PRESIÓN DE SALIDA A LOS SERVICIOS | CAÍDA DE PRESIÓN DEL SISTEMA |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Oxígeno | 50 a 55 PSI | < 5 PSI |
| Óxido nitroso | 50 a 55 PSI | < 5 PSI |
| Aire comprimido | 50 a 55 PSI | < 5 PSI |
| Vacío | 15 Pulg. Hg | < 4 Pulg. Hg o 3 Pul Hg |

Existen varios métodos para calcular las pérdidas de presión, como ejemplo se tiene la formula de Darcy-Weisback, la regla de cálculo de Chemtrón médica División, tablas de Beacon Medaes entre otros.

En la tabla 11, se muestra un listado de valores de pérdidas de presión por cada 100 pies para un sistema de oxígeno en función del caudal. Como ejemplo del uso de esta tabla, al calcular las pérdidas de presión para el segmento 29-39 de la figura 1 y teniendo como datos adicionales un caudal de 20 lpm por salida, se tiene un caudal pico por dicho segmento de 120 lpm. Para calcular las pérdidas se sigue de la siguiente manera:

- Se ubica en la columna de LPM, el máximo caudal pico del segmento 29-36, que para este ejemplo es 120 lpm.
- Luego se determina el diámetro de tubería a utilizar para dicho segmento. En este caso se tomará un diámetro de 1/2". Se pudiera tomar otro diámetro de tubería.

- Posteriormente, se determina la pérdida de presión para 100 pies. Esta corresponde a la intersección de 120 lpm con el valor de la columna de 1/2", el cual corresponde a una pérdida de presión de 0.274 psig.
- Dado que el segmento 29-36 tiene una longitud de 45 pies, se tiene que calcular la pérdida de presión para este tramo específico. Considerando el valor determinado en el literal c, este se divide entre 100 pies y se multiplica por 45 pies dando una pérdida final de presión para este tramo de 0.1233 psig.

Si se quiere calcular las pérdidas de presión de toda la red definida en la figura 1, se tiene que proceder tal como se ha descrito anteriormente y las pérdidas de presión resultante por cada segmento se tienen que sumar y el total no debe de sobrepasar los 5psig (por ser oxígeno). El inicio de los cálculos de las pérdidas de presión debe iniciar desde la fuente de alimentación.

Tabla 11. Pérdidas de presión para 100 pie de tubería para oxígeno.

| PM | SCFM | 1/2" | 3/4" | |
|-----|------|-------|-------|-------|
| 10 | 0.35 | 0.004 | 0 | |
| 20 | 0.71 | 0.013 | 0.003 | |
| 30 | 1.06 | 0.025 | 0.005 | |
| 40 | 1.41 | 0.041 | 0.008 | |
| 50 | 1.77 | 0.060 | 0.012 | |
| 60 | 2.12 | 0.082 | 0.016 | |
| 70 | 2.47 | 0.107 | 0.021 | |
| 80 | 2.82 | 0.135 | 0.026 | |
| 90 | 3.18 | 0.166 | 0.032 | |
| 100 | 3.53 | 0.199 | 0.039 | |
| 120 | 2.24 | 0.274 | 0.053 | |
| 140 | 4.94 | 0.359 | 0.069 | |
| 160 | 5.65 | 0.454 | 0.087 | |
| 180 | 6.36 | 0.558 | 0.107 | 1" |
| 200 | 7.06 | 0.672 | 0.129 | 0.033 |
| 220 | 7.77 | 0.795 | 0.153 | 0.039 |
| 240 | 8.47 | 0.927 | 0.178 | 0.045 |
| 260 | 9.18 | 1.068 | 0.205 | 0.052 |
| 280 | 9.89 | 1.218 | 0.233 | 0.059 |

2.12 Establecer la máxima demanda del sistema

Establecer la máxima demanda del sistema, consiste en determinar el máximo caudal que será suministrado por la fuente de cada uno de los gases. Para ello lo que se tiene que hacer es lo siguiente:

- Establecer el caudal a suministrar por cada una de las salidas, considerando el porcentaje de uso de acuerdo con los criterios de diseño mencionados anteriormente.
- Sumar el caudal por cada uno de los segmentos de tubería.
- Hacer la sumatoria de todos los caudales determinados para cada uno de los segmentos.

Basándose en lo anterior y considerando el ejemplo de la figura 1, la demanda máxima que la fuente de oxígeno debe suministrar es de 540 lpm. En este ejemplo se considera que cada uno de las salidas proporcionará un caudal de 20lpm (y con un factor de uso del 100%)

Si la fuente proporcionara vacío, se puede considerar los criterios recomendados por Chemteron Médico División, los cuales son los siguientes:

- Tomar un caudal de 1 scfm (28.32 lpm) para cada sala de operación y otras localizaciones anestésicas.
- Considerar 0.5 scfm para otros cuartos
- Luego proceder como en el caso de oxígeno.

Se recomienda que el lector lea el procedimiento de diseño utilizado para el vacío por la NFPA 99 y explicado en el apéndice C.

Posterior a la definición de la máxima demanda pico de cada uno de los gases, lo que sigue es la determinación de las características técnicas principales de las fuentes.

2.13 Definición de características técnicas y de suministro de la fuente

En este paso de la guía de diseño se describen los pasos a seguir para determinar las características técnicas de cada uno de las fuentes, especificando aquellos aspectos que no se han mencionado en los pasos anteriores.

1.1.1. Fuente de Oxígeno

Los pasos a desarrollar para dimensionar la fuente de oxígeno son los mismos, teniendo la precaución de que cuando se dimensionen el tipo de depósitos de la fuente (gas o líquido), se tenga en cuenta la eficiencia de suministro de caudal de cada uno de ellos.

- Determinar máxima demanda.
- Cálculo de número de cilindros o el dimensionamiento de la fuente de Oxígeno líquido. Se recomienda que los cilindros de la fuente sean

tipo G o H de 224 pies cúbicos (6900 litros para el H). En el caso del oxido nitroso el cilindro tipo H, tiene una capacidad de 15800 litros.

- c. Calculo de la calidad y cantidad de dispositivos de seguridad.
- d. Diseño de la fuente.

Considerando el caso de la figura 1 y tomando en cuenta que el sistema demandará un consumo de 540 lpm y asumiendo que la fuente trabajará 12 horas, se deduce que la fuente debe tener una capacidad de poder suministrar un total de 388800 litros en el horario de trabajo especificado.

Para determinar el número de cilindro tipo H que debe de tener la fuente, se divide el caudal a suministrar en las 12 horas entre 6900 litros que es la capacidad de cada cilindro. En este caso, se necesita un total de 56 cilindros. Esta cantidad equivale a lo que los diseñadores le llaman un banco de gases.

Considerando que los gases son sistemas vitales,

se debe de diseñar una fuente dual, es decir que la fuente debe tener dos bancos, los que según la NFPA 99, se les llama banco primario y secundario.

Según los datos anteriores, la cantidad de cilindros a colocar son bastantes y ellos demandarán de un espacio físico necesario acorde a las medidas de seguridad. Usualmente en diseño de fuentes por medio de cilindros gaseosos, no debe de sobrepasar de 16 cilindros por banco y en este caso se tienen 56. El diseñador ante estos resultados debe buscar mejores alternativas, siendo una de las mas recomendadas la del oxígeno líquido. En el caso del oxígeno líquido, se tiene una mayor eficiencia de productividad ya que un litro de oxígeno líquido puede proporcionar 860 litros de oxígeno gaseoso.

Considerando los cálculos anteriores se recomienda que se instale una fuente como la que se describe en la figura 2. Esta fuente además de tener un banco primario y un secundario, también dispone de un sistema de reserva

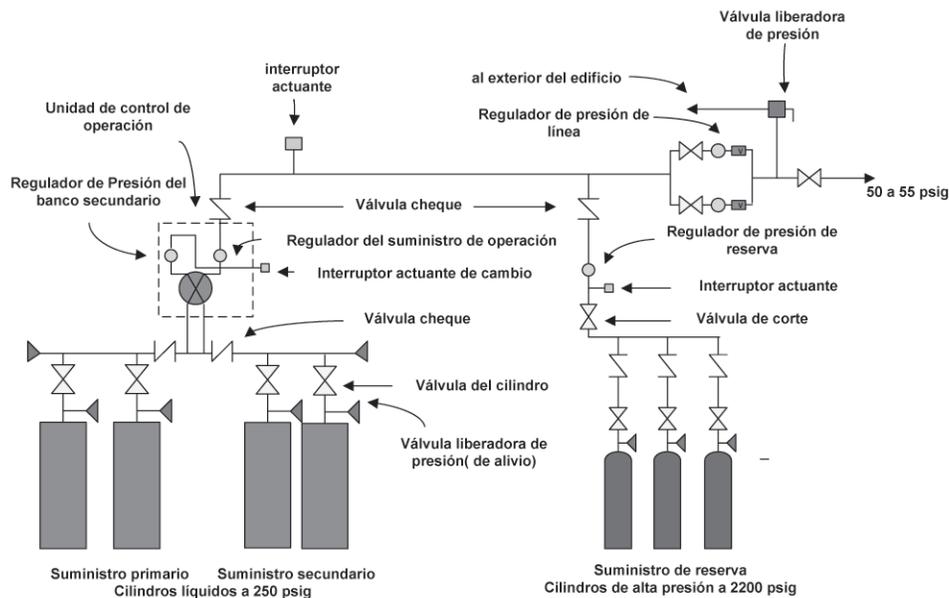


Figura 2. Fuente de oxígeno.

1.1.2. Fuente de aire comprimido

Para el dimensionamiento de la fuente de aire comprimido se deben de considerar los siguientes pasos:

- a. Determinar máxima demanda
La demanda máxima esperada se determina

siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el oxígeno.

- b. Uso de Factor de corrección
El caudal de suministro de los sistemas de aire comprimido tiende a reducirse, cuando se instalan en localizaciones con alturas diferente a

la del nivel del mar, por ello se vuelve necesario que el caudal máximo sea ajustado y así compensar la pérdida por altura. Para corregir la pérdida de caudal por la altura, existen

muchas tablas con valores de corrección, para este caso se recomienda los valores que utiliza la organización Beacon Medaes, la cual se describe en la tabla 12.

Tabla 12. Tabla de factores de corrección.

| COMPENSACIÓN POR ALTITUD | | |
|--|----------------------------|--|
| ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR (PIES) | PRESIÓN BAROMÉTRICA | FACTOR DE CORRECCIÓN (SCFM) |
| | | OPERACIÓN DE COMPRESOR A 100 PSIG |
| 0 | 29.92" Hg | 1 |
| 1 | 28.86" Hg | 1.01 |
| 2000 | 27.82" Hg | 1.03 |
| 3000 | 26.82" Hg | 1.05 |
| 4000 | 25.84" Hg | 1.06 |
| 5000 | 24.90" Hg | 1.08 |
| 6000 | 23.98" Hg | 1.1 |
| 7000 | 23.09" Hg | 1.12 |
| 8000 | 22.23" Hg | 1.15 |
| 9000 | 21.39" Hg | 1.17 |
| 10000 | 20.58" Hg | 1.19 |

Por ejemplo, suponga que se está diseñando un sistema de aire comprimido para un hospital que está a 3000 pies sobre el nivel del mar y que el compresor de aire comprimido debe de suministrar una demanda pico de 20 scfm. Al compensar este caudal por la altura, el nuevo caudal debe ser igual a 20 scfm multiplicado por 1.05, que equivale a 21 scfm.

c. Cálculo de la potencia del motor

Una vez se ha compensado por la altura, se debe proceder a dimensionar la potencia del compresor, para ello se pueden utilizar datos como los que se mencionan en la tabla 13.

Tabla 13. Potencia del compresor de aire comprimido.

| Selección del Sistema de Aire Comprimido, para un sistema Duplex de capacidad de 50 PSIG (un solo compresor) | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|
| CÓDIGO DEL FABRICANTE | MODULAR SISTEMA DEL MÓDULO | TANK | CABALLOS DE POTENCIA | SCFM POR COMPRESOR |
| | | SIZE (GAL) | | |
| X1 | Y1 | 80 | 1 | 4.1 |
| X2 | Y2 | 80 | 2 | 7.8 |
| X2 | Y3 | 80 | 3 | 12.3 |
| X4 | Y4 | 80 | 5 | 20.2 |
| X5 | Y5 | 120 | 7.5 | 32 |
| X6 | Y6 | 120 | 10 | 39 |

De acuerdo con el valor del ejemplo de 21 scfm la potencia más próxima es 5 HP, pero por criterios de seguridad se recomienda utilizar un compresor de 7.5, el cual suministra un caudal de 32 scfm.

d. Dimensionamiento del receptor de aire
 Nótese que de la misma tabla 13, se deduce la capacidad del depósito recolector de aire comprimido, que para este caso corresponde a un tanque con una capacidad de 120 litros.

e. Dimensionamiento de Tubería de succión de aire
 Para el dimensionamiento de la tubería de succión del aire ambiente, se debe de considerar la distancia a la cual se tendrá la toma de aire, en función de minimizar la entrada de componentes contaminantes al sistema, también la potencia del compresor función del máximo caudal suministrado.

Tabla 14. Diámetros de tubería de aire comprimido.

| PLANTA DE AIRE DUPLEX MODULAR | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| POTENCIA (HP) | LONGITUD DE LA TUBERÍA EN PIES | | | | | | | | | | | |
| | 25 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| 7.5 | 2 | 2 | 2 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 10 | 2 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| 15 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 3 | 3 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 4 | 4 | 4 |
| 20 | 2.5 | 3 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Como ejemplo se asumirá que la entrada del aire al compresor estará a una distancia de 100 metros, además que se requiere un compresor de 7.5 hp. Luego utilizando los datos de la tabla 14, se estima que el diámetro de la tubería tiene que ser de 2.5 pulgadas, lo cual corresponde a la intercepción de los datos de 7.5 hp y 100 metros de longitud.

f. Calculo de la calidad y cantidad de dispositivos de seguridad
 Considerando todos los aspectos anteriores se recomienda que la fuente contenga todos los dispositivos que se mencionan en la figura 3, cuyos elementos principales han sido calculados según lo explicado en los pasos anteriores.

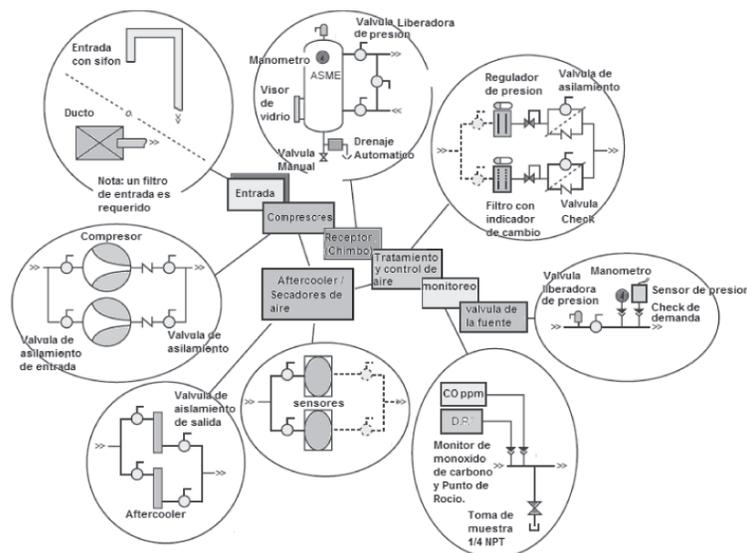


Figura 3. Componentes de la fuente de aire comprimido.

1.1.3. Fuente de Vacío

Para determinar la fuente de vacío se deben considerar los siguientes pasos:

- a. Determinar máxima demanda
La demanda máxima esperada se determina siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el oxígeno.
- b. Uso de Factor de corrección
El caudal de suministro de los sistemas de

vacío tiende a reducirse, cuando se instalan en localizaciones que tienen alturas diferente a la del mar, por ello se vuelve necesario que el caudal máximo sea ajustado y así compensar la pérdida por altura. Para corregir la pérdida de caudal por la altura existen muchas fuentes de tablas de referencia, según la tendencia del diseñador y la tecnología de uso, sin embargo para este caso se recomienda los valores que utiliza la organización Beacon Medaes, la cual se describe en la tabla 15.

Tabla 15. *Tabla de factores de corrección.*

| ALTITUD | PRESIÓN BAROMÉTRICA NORMAL | MULTIPLICADOR USADO |
|---------|----------------------------|------------------------|
| PIES | (PULGADAS DE MERCURIO) | PARA UN SCFM REQUERIDO |
| 0 | 29.92”Hg(760 mm Hg) | 1 |
| 500 | 29.39”Hg(760 mm Hg) | 1.02 |
| 1000 | 28.36”Hg(747mm Hg) | 1.04 |
| 1500 | 28.33”Hg(733mm Hg) | 1.06 |
| 2000 | 27.82”Hg(707 mm Hg) | 1.08 |
| 2500 | 27.32”Hg(694 mm Hg) | 1.1 |
| 3000 | 26.82”Hg(681 mm Hg) | 1.12 |
| 3500 | 26.33”Hg(669 mm Hg) | 1.14 |
| 4000 | 25.84 Hg(656 mm Hg) | 1.16 |
| 5000 | 24.90 Hg(633mm Hg) | 1.2 |
| 6000 | 23.98”Hg(609 mm Hg) | 1.25 |
| 7000 | 23.09”Hg(587 mm Hg) | 1.3 |
| 8000 | 22.23”Hg(565 mm Hg) | 1.35 |
| 9000 | 21.39”Hg(543 mm Hg) | 1.4 |
| 10000 | 20.58”Hg(523 mm Hg) | 1.45 |

Por ejemplo, suponga que se está diseñando un sistema de vacío para un hospital que está a 3000 pies sobre el nivel del mar y que el compresor del sistema de vacío debe de suministrar una demanda pico de 21 scfm, al compensar este caudal por la altura, el nuevo caudal debe ser igual a 21 scfm multiplicado por 1.12, que equivale a 24 scfm.

- c. Cálculo de la potencia del motor
Una vez se ha compensado por la altura, el caudal que se debe de suministrar se debe proceder a dimensionar la potencia del compresor, para ello se pueden utilizar datos como los que se mencionan en la tabla 16.

Tabla 16. Potencia del compresor de aire comprimido

| NÚMERO DEL FABRICANTE | PUMP | CAPACIDAD DE LA PLANTA (NFPA) | CAPACIDAD DE UNA BOMBA (NFPA) SCFM @ 19" HG. | TAMAÑO RECEPTOR (GALONES) |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------|
| | CABALLOS DE FUERZA DEL MOTOR | SCFM @ 19" HG. SIN BOMBA DE RETARDO | | |
| X1 | 1 | 5.0. | 5.0. | 80 |
| X2 | 1.5 | 6.4 | 6.4 | 80 |
| X2 | 2 | 9.3 | 9.3 | 80 |
| X4 | 3 | 12.9 | 12.9 | 120 |
| X5 | 5 | 20 | 20 | 120 |
| X6 | 7.5 | 40.8 | 40.8 | 200 |
| x7 | 10 | 60.4 | 60.4 | 200 |

De acuerdo con el valor del ejemplo de 24 scfm, la potencia más próxima es 5 HP (20scfm), pero el sistema quedará muy sub dimensionado y si se selecciona la potencia inmediata de 7.5 (40.8), quedará sobre dimensionada. En este caso lo que se debe de hacer es buscar nuevas alternativas con otros fabricantes de compresores de vacío.

- d. Dimensionamiento de la capacidad del colector de vacío
 Nótese que de la misma tabla 16 se deduce la capacidad del depósito recolector de vacío, que para este caso corresponde a un depósito con una capacidad de 120 y 200 litros respectivamente. Usualmente para deducir la capacidad del depósito colector de vacío, se puede dimensionar

considerando el 20 % 0 25% de los lpm que el compresor suministrará al sistema.

- e. Dimensionamiento de Tubería de succión de aire
 Para el dimensionamiento de la tubería de descarga de vacío al ambiente, se debe considerar la distancia a la cual se hará la descarga. Como ejemplo, se asumirá que la descarga del compresor estará a una distancia de 150 metros y que se dispone de un compresor de 7.5 hp y utilizando los datos de la tabla 17, se estima que el diámetro de la tubería tiene que ser de 3 pulgadas, lo cual corresponde a la intercepción de los datos de 7.5 hp y 150 metros de longitud.

Tabla 17. Diámetros de tubería de succión.

| PLANTA DE VACÍO MÉDICO DUPLEX | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| POTENCIA DE LA BOMBA (HP) | TUBERÍA DE ESCAPE | LONGITUD TOTAL DE LA TUBERÍA (PIES) | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.75" | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.5 | 1.25" | 2 | 2 | 2 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 1.25" | 2 | 2 | 2 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 1.25" | 2 | 2 | 2 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | 1.25" | 2 | 2 | 2 | 2.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 7.5 | 2.0" | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 10 | 2.0" | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 15 | 3.0" | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 25 | 3.0" | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 |

- f. Cálculo de la calidad y cantidad de dispositivos de seguridad. Considerando todos los aspectos anteriores se recomienda que la fuente contenga todos los

dispositivos que se mencionan en la figura 4, cuyos elementos principales han sido calculados según lo explicado en los pasos anteriores.

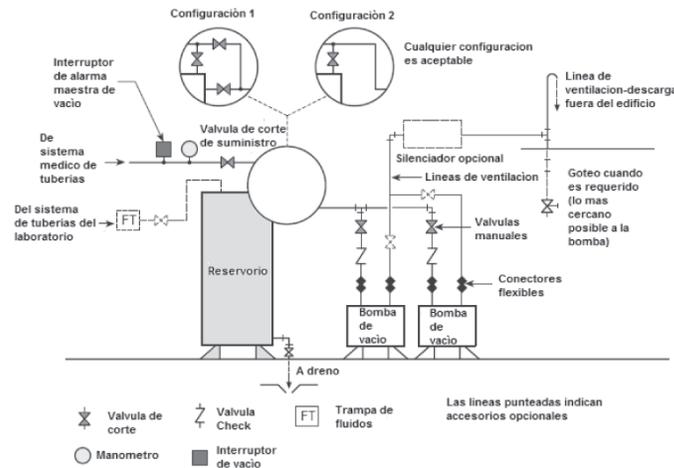


Figura 4. Componentes de la fuente de aire comprimido.

1.1.4. Elaboración de catálogo de características técnicas

El catálogo de características técnicas es un documento indispensable en el proceso de diseño, ya que este comprenderá la descripción de todas las características técnicas del sistema de gases

médicos a implementar. Estas características técnicas deben ser el consolidado de todos los atributos aplicados en el diseño y las cuales se pueden agrupar en función de la composición del sistema de gases médicos. En la tabla 18 se muestran un ejemplo de algunas de las características técnicas del sistema de aire comprimido.

Tabla 18. Ejemplo de Características técnicas del sistema de gases médicos.

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS |
|--|
| Fuente |
| Compresores Duplex libres de aceite de 10 HP cada uno. |
| El voltaje del compresor 208, 230. |
| Presión de Salida 50 Psi. |
| Que soporte una demanda de 1950 litros por minuto. |
| Sensor de CO |
| Temperatura de 1.6°C en el punto de rocío a 50 psi |
| El reservorio debe ser de 120 galones. |
| El filtro de entrada debe ser de 0.5 micrones. |
| La entrada de aire debe ser de diámetro de 2pulgadas. |
| Distribución |
| Paneles de control. |
| Válvulas de corte |
| La tubería debe ser tipo K de cobre |
| Utilización |
| Tomas tipo Ohmeda |

1.1.5. Evaluación de tecnologías

Para la evaluación de las tecnologías de los sistemas de gases médicos se toma en cuenta la descripción de las características técnicas definidas en el catálogo. En base a estas características se hace un pre análisis de las tecnologías disponibles en el mercado, con el fin de poder tener una idea de la disponibilidad de

cada uno de los dispositivos que se utilizarán en el diseño mismo de cada uno de los sistemas.

Se recomienda el sistema de evaluación por pesos, según se ha utilizado en el trabajo de graduación: “Análisis del Sistema Actual y propuesta de diseño del sistema de gases médicos del Hospital Nacional Juan José Fernández”, el cual se toma de base para presentar la información en la tabla 19.

Tabla 19. Tabla con valoración de características técnicas por método de pesos.

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | VALORACIÓN | PESO DEL EVALUADOR/ TOTAL DEL PESO DE LO EVALUADO | | | |
|---|------------|---|-------------|------------|-------------|
| | | MARCA 1 | | MARCA 2 | |
| | VCT | PET | TPC | PET | TPC |
| FUENTE | | | | | |
| Alimentación eléctrica del manifold (110-220Vac, 60Hz) | 10 | 10 | 100 | 10 | 100 |
| Forma de control del panel de control del manifold electrónica | 15 | 15 | 225 | 15 | 225 |
| Indicadores del panel de control (5 o más indicadores led) | 10 | 10 | 100 | 8 | 80 |
| Monitoreo de presión de línea | 20 | 20 | 400 | 20 | 400 |
| Medición continua de presión central | 15 | 15 | 225 | 15 | 225 |
| Tipos de unidades de medición. | 5 | 5 | 25 | 5 | 25 |
| Cola de cochino | 5 | 5 | 25 | 5 | 25 |
| Válvula check | 5 | 5 | 25 | 5 | 25 |
| Regulador Dual de línea | 10 | 10 | 100 | 10 | 100 |
| Tipo de conmutación de banco automática | 15 | 15 | 225 | 15 | 225 |
| Reguladores de línea duplex | 15 | 15 | 225 | 15 | 225 |
| Norma de fabricación NFPA | 15 | 15 | 225 | 15 | 225 |
| Válvula de alivio | 20 | 20 | 400 | 20 | 400 |
| Configuración de suministro (oxígeno líquido- oxígeno a alta presión) | 20 | 0 | 0 | 20 | 400 |
| Capacidad de flujo de Oxígeno | 20 | 20 | 400 | 20 | 400 |
| DISTRIBUCIÓN | | | | | |
| Tubería tipo K | 15 | 15 | 225 | 15 | 225 |
| Válvulas de corte | 15 | 15 | 225 | 15 | 225 |
| Alarmas de presión | 20 | 20 | 400 | 20 | 400 |
| UTILIZACIÓN | | | | | |
| Tomas tipo Ohmeda | 10 | 10 | 100 | 10 | 100 |
| TOTAL | 260 | 240 | 3650 | 258 | 4030 |

En la tabla 19, además de la descripción de algunas características técnicas, se han evaluado las marcas 1 y 2 y a cada una de las características se les ha dado una valoración referencia (VCT). Además las marcas son evaluadas de manera individual, para el ello el evaluador da una ponderación de valoración a la característica técnica (PET), en función del cumplimiento total o parcial de dicha característica. Posteriormente, se totaliza el valor ganado por cada una de las características técnicas (TPC). Este valor ganado resulta de multiplicar el PET por la VCT.

1.1.6. Elaboración de Memoria de Diseño

La Memoria de Cálculo, es el informe final que elabora el responsable del equipo de diseño en función de todos los procedimientos y actividades de diseño desarrolladas. Esta Memoria debe contener la descripción de las decisiones tomadas en cada una de las fases del diseño e incorporar recomendaciones del mismo equipo, respecto a los procesos posteriores del diseño, los cuales pudieran ser el proceso de licitación, adquisición y gestión de las tecnologías.

3. Referencias bibliográficas

NFPA 99. *Health Care Facilities Hand Book*.

Escalante Marroquín, Humberto Antonio; Pleitez Vásquez, Pedro; Fernández Cornejo, José Ángel (2010). *Análisis del Sistema Actual y propuesta de diseño del sistema de gases médicos del Hospital Nacional Juan José Fernández*. Universidad Don Bosco (Trabajo de Graduación).

Manuel Barquin. Dirección de Hospitales.

Amico Corporation. Medical gas outlet operation, maintenance and installation manual.

Inframedica. Instalaciones Médicas.

Caja Panameña del Seguro Social. Procedimiento para el suministro de cilindros con oxígeno médico a pacientes ambulatorios no 124-95.

SIMI Bioingeniería. Instalaciones y equipos medicinales.

Norgren. Aire Comprimido, La guía Norgren para el Tratamiento del Aire.

Cerropure. Hoja técnica de cobre de cerropure. Citado del URL: www.cerroflow.com

.....
Cómo citar este artículo:

GIRÓN, Ernesto Godofredo. "Sistema de gases médicos: una guía práctica para el diseño". Innovación. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco. Diciembre de 2011 – Mayo de 2012, Año 2, No. 3. pp. 5-26. ISSN 2221-1136.