

# Evaluación de la seguridad y confiabilidad de las redes de gases médicos aplicando la norma NFPA 99

Ernesto Godofredo Girón<sup>1</sup>

## Resumen

La red de gases médicos en los sistemas de salud es considerada como una instalación vital, debido a que el servicio que presta es sumamente importante para mantener con vida a las personas que en su proceso de tratamiento necesitan el soporte de este tipo de gases. Es debido a esto que la red de gases médicos debe ser diseñada e instalada de acuerdo a las normas y estándares de diseño, de tal modo que esta sea eficiente, confiable y segura. El presente artículo aborda la evaluación de la seguridad y confiabilidad de las redes de gases médicos aplicando la norma NFPA 99.

## Palabras clave

Norma NFPA 99, red de gases médicos.

## Abstract

The medical gas network in health systems is considered a vital installation, because the service provided is extremely important to keep alive the persons that need the support of such gases during their treatment process. Because of this, the medical gas network should be designed and installed according to the design standards, so that this networks become reliable, efficient and safe. This article deals with the evaluation of the safety and reliability of medical gas networks applying NFPA 99 standards.

## Keywords

NFPA 99 standards, medical gas network.

## 1. Introducción

La red de gases médicos en los sistemas de salud es considerada como una instalación vital, debido que el servicio que presta es sumamente importante para mantener con vida a las personas que en su proceso de tratamiento necesitan la asistencia con este tipo de gases.

Debido a la tipificación de vital de la red de gases médicos es que en el proceso de planificación de hospitales se debe de tener muy en cuenta que esta red debe ser diseñada e instalada de acuerdo a las

normas y estándares de diseño, de tal modo que esta sea eficiente, confiable y segura.

En este artículo el concepto de gases médicos se refiere exclusivamente al oxígeno, oxido nitroso, aire comprimido y vacío, ya que normalmente en los sistemas de salud estos gases son los más utilizados en los procesos de dar asistencia médica a los pacientes, especialmente en las tareas críticas; también se hace una referencia a la descripción de términos técnicos, los cuales son muy utilizados en los procesos de diseño de este tipo de instalaciones.

1. El autor es Máster en Gestión de la Calidad, Decano de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco, El Salvador. (godo@udb.edu.sv)

Fecha de recepción: 17/11/2012; Fecha de aceptación: 25/11/2012.

En general las normas, estándares de calidad, entre otros, son el resultado de buenas prácticas que han sido recopilados por instituciones dedicadas al diseño, regulación, instalación y mantenimiento de este tipo de tecnologías, tales como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), la Asociación Nacional Americana de Protección contra Incendios (NFPA), Chemetrom Corporation, Beacon Medaes, entre otros.

Específicamente para esta investigación se tomó de base el capítulo 4, Sistemas de gases y vacío, de la NFPA 99 (Health Care Facilities), cuyos contenidos (normas, códigos, estándares, guías, entre otros), siguen un proceso aprobado por el Instituto Nacional Americano de estándares (ANSI: American National Estándar Institute).

## 2. Planteamiento del problema

El trabajo de investigación se formuló tomando de referencia el contenido de la asignatura de Diseño de Sistemas Hospitalarios, haciendo énfasis en la temática concerniente a la unidad II: Diseño de sistemas y su funcionamiento (sistemas de gases médicos y vacíos). El tema se planteó con el objetivo de evaluar el cumplimiento de los criterios de diseño que se han utilizado en la construcción de cuatro sistemas

de gases médicos en similar cantidad de hospitales de la red nacional de hospitales de El Salvador, con el fin de valorar la seguridad y confiabilidad de dichos sistemas.

Para la investigación, se tomó de base todos los códigos y estándares descritos en el capítulo 4: Sistemas de gases y vacío de la NFPA 99 (Health Care Facilities), los cuales fueron transformados en protocolos de evaluación (ver Tablas 9 a la 12), estableciendo un peso para cada uno de estos criterios.

Adicionalmente se diseñó un método para consolidar las valoraciones dadas a cada uno de los criterios de diseño, estableciendo una escala de evaluación cuantitativa y cualitativa, en base al criterio del autor. Esta escala de valoración ha servido de referencia para definir el nivel de cumplimiento de las cuatro instalaciones de gases médicos evaluadas con respecto a los criterios de diseño que se definen en la NFPA 99.

En el proceso de investigación, tanto en el diseño de los protocolos, visita de campo, como en la evaluación de resultados, participaron los estudiantes de la cátedra de Diseño de Sistemas Hospitalarios (ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Estudiantes de la cátedra de Diseño de Sistemas Hospitalarios.

Carnet	Nombre
AD040525	Amaya Díaz, Herbert Luis
AT070203	Ancheta Tobar, Edgar Ernesto
AE080195	Ascencio Escamilla, Karla Elideth
CS070565	Cabrera Segura, Roberto Enrique
CR070335	Carabantes Ruiz, Oswaldo Antonio
CC070283	Chinchilla Calzadilla, Saúl Edgardo
HL061173	Hernández López, Gabriela Margarita
JJ080254	Jaimes, David Francisco
MD080140	Martínez Díaz, Karla Mariella
MR070697	Martínez Ruiz, Karla Nicole
MC070022	Méndez Cruz, Jennifer Pamela
MV050420	Menjivar Vargas, Douglas Alberto
MA071288	Moran Arrivillaga, Celin
RR080374	Ramírez Ruiz, Rafael Ernesto
RC080190	Ramos Carranza, Alexis Armando
RP070187	Rivera Paredes, Luis Alfredo
RM010686	Rosales Martínez, Miguel Ángel

### 3. Terminología

En las diferentes fases de un proyecto enfocado en la planificación, diseño, construcción, supervisión, evaluación de riesgos y mantenimiento de un sistema de gases médicos, se utilizan términos netamente técnicos, relacionados con el dimensionamiento de estos sistemas. Entre los más utilizados se mencionan los siguientes:

*SCFM (Estándar cubic feet per minute).* Pies cúbicos por minuto estándar. La unidad utilizada para expresar la medida del volumen de un gas fluyendo a condiciones estándar (temperatura de 20° C y la presión de una atmósfera).

*Sistema de alarmas de área.* Es un sistema de precaución que muestra una señal audible y visual para el monitoreo de gases médicos, los cuales sirven a una área específica. Muchas veces es llamada alarma de zona y es confundida con la llamada alarma local.

*Sistema de alarma local.* Es un sistema de advertencia que provee señales audibles y visuales para monitorear el funcionamiento de los equipos que suministran los sistemas de gases médicos, en el lugar donde se ubica la fuente y compresores; es decir, donde se encuentran ubicados los cilindros, depósitos, panel de control y compresores de aire y vacío.

*Sistema Máster de alarma.* Es un sistema de advertencia que suministra señales audibles y visuales para el monitoreo de gases médicos y vacío, consistente de paneles de alarmas y dispositivos de control asociados (que son accionados, por ejemplo presostatos, interruptores, entre otros).

*Sistema de oxígeno tipo BULK.* Es un ensamble de equipos tales como los cilindros o depósitos

almacenadores de oxígeno, reguladores de presión, dispositivos de seguridad por exceso de presión, vaporizadores, manifolds y tuberías de interconexión que tiene la capacidad de almacenaje de más de 20,000 pies cúbicos de oxígeno (566m<sup>3</sup>), incluyendo reservas no conectadas y disponibles en el lugar (normalmente donde se almacena el oxígeno). El sistema tipo BULK termina en el punto donde el oxígeno y la presión de servicio entra a la línea principal de suministro. Los depósitos de oxígeno pueden ser estacionarios o móviles y el oxígeno puede ser almacenado como gas o líquido. Usualmente la presión de operación en las fuentes es de 2,200 psig, si son cilindros de oxígeno gaseoso y de 200 psig, si son depósitos de oxígeno líquido.

*Sistema de oxido nitroso tipo BULK.* Es un ensamble de equipos (como los de oxígeno) que tiene la capacidad de almacenaje de más de 3,200 lbs. (1,452kg) y aproximadamente 28,000 pie cúbicos (793 metros cúbicos) de N<sub>2</sub>O. En el caso de los cilindros de oxido nitroso gaseoso, tienen una capacidad de 745 psig.

*Cilindro.* Un tanque de suministro, que puede contener gases o mezclas de gases a presiones que pueden ser superiores a 2,200 psig (13.8 Kpa).

*Container.* Es un deposito aislado y al vacío a baja presión, el cual contiene gases en forma líquida.

*DISS (Diameter Indexed Safety System).* Es un conector de gas médico del tipo roscado, que cumple con las especificaciones de la CGA V-5. Este es un conector del tipo no intercambiable para uso en baja presión para aplicaciones en gases médicos. El límite de presión es hasta 200 psig.

*Aire medico.* Es el aire suministrado por cilindros, depósitos tipo BULK o compresores de aire médico y que cumplen con las características mencionadas en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Características del aire de uso médico.

Concepto	Descripción
Aire médico	Aire tipo USP (Farmacopea de Estados Unidos)
Hidrocarburos líquidos totales	No detectable
Hidrocarburos gaseoso totales	Menor de 25 ppm
Presión del punto de rocío a 50 psig	Menor de 39 ° F o 4 ° C
Partículas permanentes	5 mg /m <sup>3</sup> a presión atmosférica normal de tamaño de un micrón o más grande

*Oxígeno líquido.* Es el oxígeno que existe a temperaturas criogénicas, aproximadamente a  $-184.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $300^{\circ}\text{F}$ ) a presión atmosférica. Mantiene todas las características del gaseoso, pero además, cuando calienta a la temperatura ambiente y a la presión atmosférica, se evapora y se expande para llenar un volumen de 860 veces su volumen líquido.

*Tubería.* Hay tres clases generales de tubería.

a) *Línea principal.* Son aquellas partes del sistema que conectan la fuente (bombas, chimbos, etc.) a las tuberías derivadoras (elevadores) o tuberías ramales o ambas.

b) *Líneas derivadoras, elevadoras (risers).* Son aquellas tuberías verticales, las cuales se conectan en derivación de 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 conecta la línea principal con la línea ramal.

c) *Línea ramal (lateral).* Son aquellas secciones o porciones del sistema de tuberías que sirve a un cuarto o grupo de cuartos de la misma instalación.

*Presión de trabajo.* Es una presión que no excede los 200 psig. Usualmente es una presión de trabajo en las tuberías de 50 a 50 psig, la cual es convencional ya que los equipos de gases médicos son generalmente diseñados y calibrados para el uso a esta presión.

*Suministro de operación.* Es la porción del sistema de suministro que normalmente alimenta los sistemas de tuberías. El suministro de operación consiste de uno primario o uno primario y secundario.

a) *Suministro Primario.* Es la porción del equipo que está realmente suministrando el sistema.

b) *Suministro Secundario.* Cuando existiera, es un suministro que automáticamente alimenta al sistema cuando el suministro primario llega a terminarse. Esta es una operación que normalmente realiza el equipo. El término secundario no debe de ser confundido con el término de suministro de reserva. El suministro

de reserva es usado solamente en el caso de falla de ambos suministros (primario y secundario).

*Suministro de reserva.* Cuando exista, es la porción del equipo de suministro que automáticamente provee al sistema en caso de falla del suministro de operación. El suministro de reserva solamente funciona en una emergencia y no como un procedimiento normal de operación.

*Estación de salida.* Es un punto de salida (de entrega) de gas en un sistema de distribución de gas médico el cual el usuario conecta o desconecta al utilizar un equipo o sistema que utilice un gas.

*Sistema de vacío nivel 1.* Es un sistema consistente de un equipo central que produce vacío con presión y controles de operación, válvulas de corte, sistemas de alarmas, manómetros y redes de tuberías extendiéndose hacia y terminando con las salidas en ubicaciones donde la succión del paciente pudiera ser requerida (de uso exclusivo para pacientes).

*Manifold (conexión múltiple).* Es un dispositivo para conectar las salidas de uno o más cilindros de gas al sistema central de tuberías de un gas específico.

*Sistema de gases nivel 1.* Es un sistema centralizado y todos los requisitos de este nivel son de mayor seguridad y es de aplicación en instalaciones hospitalarias, para uso exclusivo de pacientes (incluye los sistemas de vacío para uso con pacientes). Si se instalara un sistema WAGD debe cumplir los requisitos del nivel.

#### **4. Normas y estándares aplicados al diseño de gases médicos según la NFPA 99**

A efectos de dimensionar los diferentes criterios de diseño que se describen en la norma NFPA 99, el sistema de gases médicos, se entiende como los dispositivos, instrumentos y equipos que se dividen en tres componentes: la fuente, la distribución y la utilización.

Las normas, estándares y conceptos que se mencionan en este apartado y relacionados con los tres componentes del sistema de gases médicos, tienen un alcance, según se especifica a continuación:

a) Sistemas de gases médicos no inflamables con presiones de operación inferiores a 300 psig (2,068 Kpa).

b) Sistemas de gases inflamables y no inflamables para uso en laboratorios.

c) Sistemas de vacío usados dentro de las instalaciones dedicadas al cuidado de la salud.

d) Sistemas de disposición de gases anestésicos residuales (WAGD, Waste Anesthetic Gas Disposal).

e) Dispositivos, accesorios o ensamblajes de fábrica que son destinados para la conexión de sistemas de gases médicos, vacío y WAGD. Por ejemplo los paneles de control de gases médicos.

f) Aplica a otros gases médicos tales como nitrógeno, CO<sub>2</sub>, oxido etileno, hidrogeno, helio, acetileno y vacío.

g) No aplica a los sistemas portátiles de gases comprimidos.

En general, el capítulo 4, referido a los sistemas de gases y vacío comprende la naturaleza de los gases, sistemas de gases centralizados nivel 1, sistemas de gases centralizados nivel 2, sistemas centralizados nivel 3 y el sistema centralizado nivel 4.

En este apartado se mencionan solamente aquellos atributos que este autor considera los más relevantes del sistema de gases nivel 1, los cuales se describen a continuación.

#### **4.1 Descripción de criterios para la fuente y la distribución**

##### **Administración de cilindros y depósitos (Terminos)**

Los cilindros en uso y almacenados deben estar individualmente asegurados y ubicados de tal manera de prevenir fallas o de volverlos inseguros.

a) Los cilindros o contenedores de suministro deben ser construidos, probados y mantenidos de acuerdo con las especificaciones y regulaciones del departamento de transporte de los Estados

Unidos (DOT) (Formalmente Comisión de Comercio Interestatal de los Estados Unidos).

b) El contenido de los cilindros debe ser identificado a través de etiquetas que se adhieren a ellos, en la cual se denominen los componentes y sus proporciones. Las etiquetas deben ser impresas de acuerdo con el panfleto CGA C-4 (Compressed Gas Association).

c) El contenido de los cilindros y depósitos debe ser identificado por la lectura de las etiquetas antes de su uso. Las etiquetas no deben ser estropeadas, alteradas o removidas.

#### **Requisitos de almacenaje**

Los requisitos de almacenaje (ubicación, construcción y disposición) para los cilindros que se utilizan con los sistemas centrales se han organizado de acuerdo a las siguientes categorías:

a) Gases no inflamables (cualquier cantidad, en almacenaje, conectada o ambas).

b) Requisitos adicionales de almacenaje para gases no inflamables para capacidades mayores a 3,000 pies<sup>3</sup> (85 m<sup>3</sup>).

c) Requisitos de almacenamiento para gases no inflamables, para capacidades menores de 3,000 p3 (85m3).

#### **Gases no inflamables**

Los siguientes aspectos aplican a cualquier cantidad de gases, ya sean que esté conectada, almacenada o en ambas condiciones:

a) Las fuentes de calor en localizaciones de 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 integral. En ningún caso la temperatura de los cilindros deben exceder 130° F (54° C).

b) Se deben prever áreas adecuadas para el almacenaje de cilindros de los sistemas de suministro o ubicaciones de los manifold para agentes oxidantes tales como oxígeno y oxido nitroso, las cuales deben ser construidas con

materiales con una resistencia al fuego, al menos de 1 hora y esta no debe de comunicar directamente con áreas anestésicas.

c) Se deben de tomar medidas de preventivas para asegurar, o sujetar, y así proteger a los cilindros de daño accidental por movimientos y caídas.

d) La instalación eléctrica en las áreas de almacenaje o las áreas destinadas para colocar los manifold para gases médicos no inflamables debe cumplir con las regulaciones de la NFPA 70. Los toma corrientes e interruptores deben ser instalados en ubicaciones fijas y a no menos de 152 cm (5 pies) arriba del piso, como una precaución contra su daño físico.

e) Materiales combustibles, tales como papel, cartón, plástico no deben ser almacenados o mantenidos cerca de los sistemas de suministro o de manifold conteniendo oxígeno y óxido nitroso. Los sujetadores o bases para el almacenaje de cilindros deben ser permitidos que sean contruidos de madera.

f) Cuando los cilindros no están en uso y estos tengan camisas de protección de las válvulas, ellas deben ser apretadas en forma segura.

g) Ubicación de los sistemas de suministro:

- 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 m<sup>3</sup> deben estar localizadas en el exterior, en un área usada solamente para este propósito, o en un cuarto o recinto usado solamente para este propósito situado dentro de una instalación usada para otros propósitos.

- Áreas para sistemas de suministro no deben ser utilizadas para otros propósitos de almacenamiento, los cuales no sean más que para el almacenaje de contenedores de gases no inflamables. Se puede permitir el almacenamiento de depósitos llenos o vacíos en el mismo local. Además es permisible que en las mismas áreas de oxígeno u

óxido nitroso o ambos, puedan estar otros sistemas de suministro de gases médicos no inflamables o áreas de almacenaje; sin embargo, se deben tomar las precauciones para suministrar la adecuada ventilación para disipar tales gases, de modo de evitar el desarrollo de atmósferas deficientes de oxígeno, en el caso de funcionamiento de dispositivos liberadores de presión de cilindros o del manifold.

- Los compresores de aire médico y bombas de vacío deben estar ubicados separadamente del sistema de cilindros para suministro o almacenaje de oxígeno u óxido nitroso para uso del paciente. Los compresores de aire deben ser instalados en un área designada para equipo mecánico, adecuadamente ventilada y con los servicios requeridos.

#### **Requisitos adicionales de almacenaje para gases no inflamables**

Estos requisitos aplican a capacidades mayores a 3,000 pies<sup>3</sup> (85 m<sup>3</sup>). A continuación se describen los requisitos adicionales de almacenaje para gases no inflamables:

a) Sistemas de suministro de oxígeno o localizaciones de almacenaje, los cuales tengan una capacidad total de 20,000 pies<sup>3</sup> (566m<sup>3</sup>) o más, incluyendo reservas no conectadas y que estén disponibles y en el sitio, debiendo cumplir con la NFPA50.

b) Sistemas de suministro de óxido nitroso o localizaciones de almacenaje teniendo una capacidad total o mayor a 3,200 lb. (1452Kg; 28,000pie<sup>3</sup>; 793m<sup>3</sup>) o más, incluyendo reservas no conectadas en el sitio, deben de cumplir con el panfleto de la C.G.A n°G-8.1 (Compressed Gas Association).

c) Las paredes, pisos y cielos de localizaciones para sistemas de suministro más de 3,000 pie<sup>3</sup>(85m<sup>3</sup>) de capacidad total (conectada y almacenada), que separan el área de las otras instalaciones en un edificio, deben de tener una resistencia al fuego al menos de una hora. Esto también debe de aplicar a una pared o paredes

en común, del área del sistema de suministro con un edificio que tenga otras utilidades.

d) Las áreas para sistemas de suministro de más de 3,000 pie<sup>3</sup> (85 m<sup>3</sup>) 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 pul<sup>2</sup> o 0.05m<sup>2</sup>.

e) Las puertas para localizaciones de almacenamiento para gases no inflamables para capacidades menores de 300 p3 (85m3) deben ser suministradas con aberturas tipo persiana y estas deben de tener un mínimo de área libre total de 72 pul2 (0.05m<sup>2</sup>).

### Sistema centralizado de suministro de gas

El sistema central de suministro de gas debe ser un sistema de cilindros y disponer de los equipos de suministro necesarios. Este puede tener las siguientes configuraciones:

- a) Sistema de cilindros sin sistema de reserva.
- b) Sistema de cilindros con sistema de reserva.
- c) Sistema de suministro tipo BULK, el cual puede ser del tipo instalado permanentemente o del tipo transportable.

### Sistemas de cilindros sin suministro de reserva

Este sistema se representa en la Figura 1, y sus componentes principales son los siguientes:

- a) Un sistema múltiple de cilindros (manifold), el cual debe tener dos bancos (o unidades) de cilindros que alternativamente suministren el sistema de tuberías. Cada banco debe tener un regulador de presión y cilindros conectados a un cabezal (header) común. Estos bancos deben tener un mínimo de dos cilindros, o al menos el promedio de suministro de un día. Pudiera tener mayor cantidad de cilindros si los itinerarios de entrega requiera un suministro mayor. Cuando el contenido del banco primario, ya no es suficiente para suministrar al sistema el banco secundario debe automáticamente operar para suministrar al sistema. Un interruptor actuante (presostato) debe ser conectado al panel maestro de alarmas para indicar cuándo (o justamente antes) ocurre el cambio al banco secundario.

- b) Como seguridad en caso que la válvula liberadora de presión o un cilindro individual no funcione correctamente, o de que falle una cola de cochino, se debe de instalar una válvula cheque entre cada tubería de conexión del cilindro y el cabezal para evitar pérdidas de gas de los cilindros que están multiplexados (al mismo cabezal).

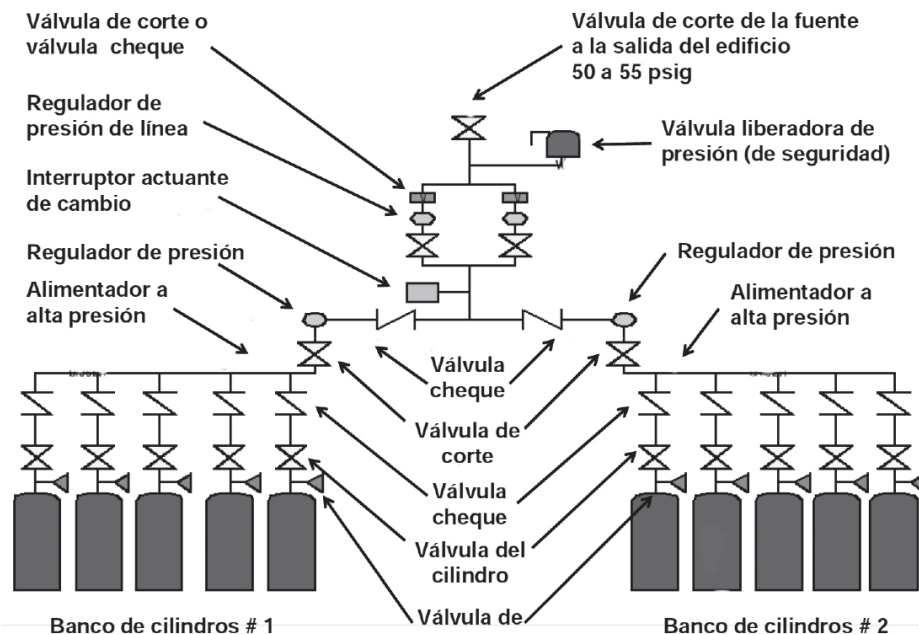


Figura 1. Componentes del sistema de cilindros sin suministro de reserva.

### Sistema de cilindros con suministro de reserva

Un sistema de suministro de cilindros, con suministro de reserva, se muestra en la Figura 2, y debe de consistir de los siguientes componentes:

- a) Un sistema primario, el cual suministra al sistema de tuberías.
- b) Un suministro secundario, el cual debe operar automáticamente cuando el suministro primario es incapaz de suministrar al sistema, ya sea por falla, falta de gas o falla en el sistema. Un interruptor actuante debe ser conectado al panel maestro de señal para indicar cuándo o justamente antes de que ocurra el cambio al banco secundario.
- c) Un suministro de reserva, el cual debe operar automáticamente cuando el suministro

primario sea incapaz de suministrar al sistema, además un interruptor actuante (normalmente un presostato o transductor de presión), el cual debe estar conectado al panel máster de señales para indicar cuándo o justamente antes de que el sistema de reserva empiece a suministrar al sistema de tuberías.

d) El suministro de reserva debe de consistir de tres o más cilindros de alta presión conectados a un manifold. En este caso se debe tener un interruptor actuante que opere el máster de señales cuando el suministro de reserva cae por debajo del suministro de un día. No se debe de usar depósitos criogénicos a baja presión, como sistema de reserva, ya que ellos pueden perder aproximadamente 3% por día por la ebullición y podría no tener suficiente gas cuando se necesite.

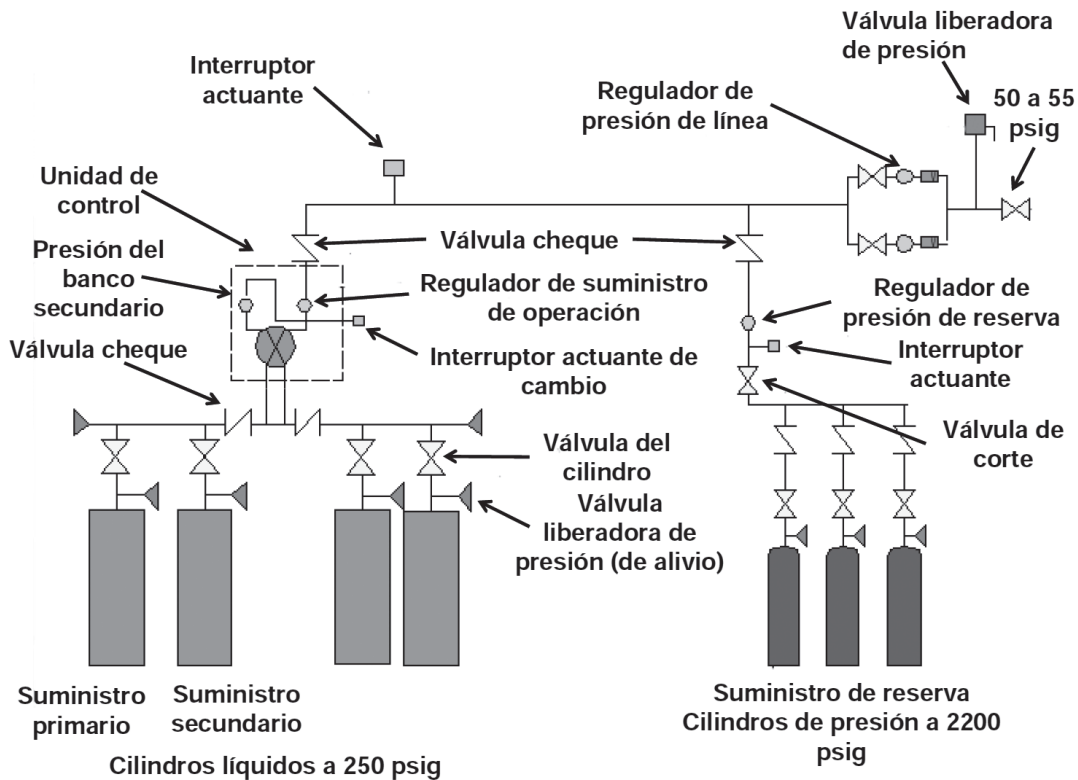


Figura 2. Componentes del sistema de cilindros con suministro de reserva.

### Sistema de suministro tipo BULK

El sistema BULK, el cual se representa en la Figura 3, consiste de dos fuentes de suministro, una de las cuales debe ser un suministro de reserva para uso

solamente en emergencia. Este sistema debe tener un interruptor actuante que accione el sistema de alarmas, para indicar cuándo (o justamente antes), el sistema de reserva comience a suministrar al sistema.



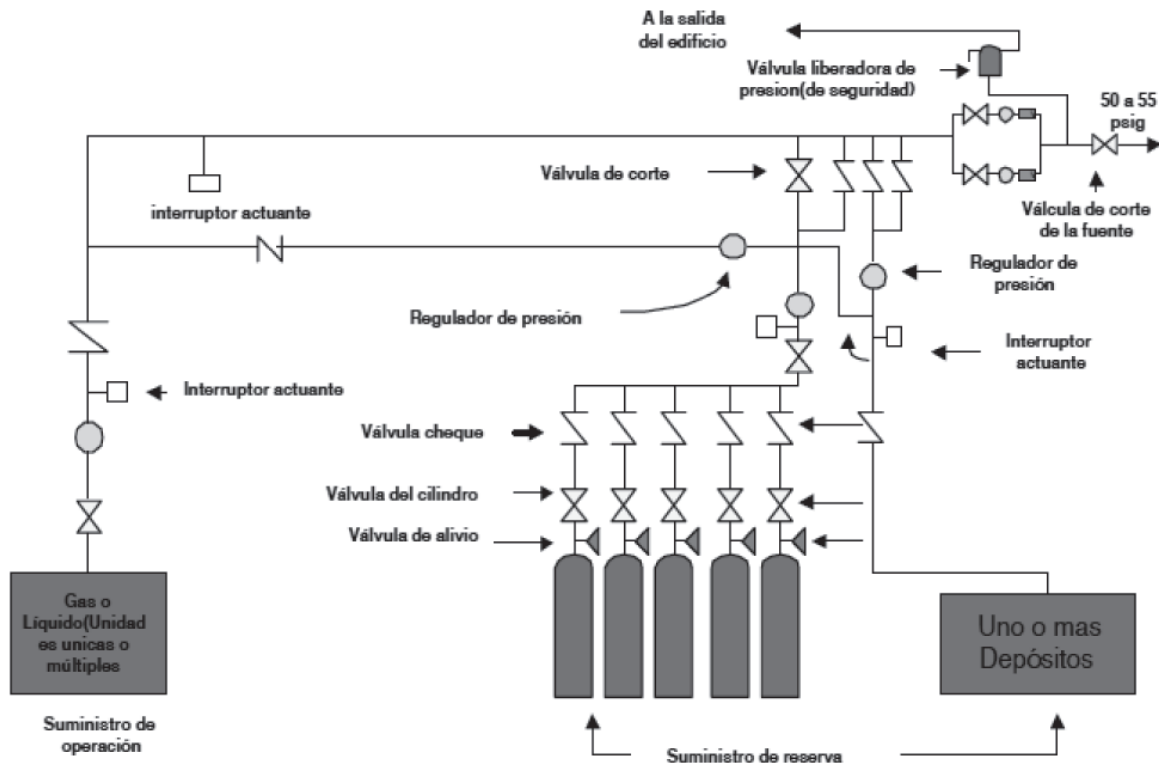


Figura 3. Componentes de un sistema tipo BULK.

Existen dos tipos de Bulk:

- Tipo alternante, con dos o más unidades, las cuales funcionan de una manera alternativa suministrando el gas al sistema de tuberías.
- Tipo continuo, con una o más unidades suministrando continuamente al sistema de tuberías, mientras otra unidad permanece con el suministro de reserva y opera solamente en caso de emergencia.

El suministro secundario y el suministro de reserva deben, cada uno, de contener al menos el suministro promedio de un día y deben de consistir de los siguientes elementos:

- Tres o más cilindros de alta presión (tipo g o h) conectados al header (alimentador de alta presión) y suministrados con un interruptor actuante, el cual debe operar el máster de alarmas cuando el suministro de reserva cae por abajo del consumo de un día (relación de presión y volumen).
- Una unidad de almacenaje de líquido criogénico usada como reserva para un sistema BULK, el cual debe ser suministrada con dos interruptores actuantes, el primero de los cuales debe operar el

máster de señales cuando el contenido de reserva es reducido al suministro promedio de un día y el segundo que opere el panel maestro de alarma, si la presión del gas disponible en la unidad de reserva es reducida por debajo de la presión requerida para funcionar adecuadamente.

### Requisitos generales para sistemas de suministro central de gases

Las tuberías de oxígeno y de aire comprimido no deben ser conectadas o usadas para otro propósito que no sea las aplicaciones en cuidados de los pacientes. Todos los gases médicos a excepción del aire comprimido deben ser ventilados al exterior, a efectos de evitar ambientes asfixiantes.

Los requisitos generales para sistemas de suministro central de gases son:

- Cilindros. Deben ser diseñados, construidos y probados de acuerdo a las normas correspondientes, por ejemplo las citadas en este artículo. Los cilindros en servicio deben ser adecuadamente fijados. Los cilindros en

almacenaje deben ser asegurados y ubicados para prevenir daños por caídas.

b) Manifolds. Deben ser de substancial construcción y de un diseño y material en función del tipo de gas y presión involucrada. Se deben de prever medios mecánicos para asegurar la conexión de los cilindros al manifold.

c) Regulador de presión. El dispositivo regulador de presión debe ser instalado en la línea principal, pero aguas arriba de la válvula liberadora de presión (válvula de seguridad). Donde se usen sistemas múltiples de tuberías para el mismo gas, a diferentes presiones de operación, se debe de suministrar por cada presión: reguladores de presión y válvulas de seguridad y de corte.

d) Válvulas de corte. Una válvula de corte operada manualmente debe ser instalada aguas arriba de cada regulador de presión y una válvula de corte o cheque debe ser instalada aguas abajo.

e) Válvulas liberadoras de presión. Cada sistema central de suministro debe tener una válvula liberadora de presión ajustada al 50% arriba de la presión normal de línea, instalada aguas abajo del regulador de presión y aguas arriba de la válvula de corte. Cuando la capacidad total del sistema de suministro sobrepase la capacidad de 3,000 pie<sup>3</sup> (85 m<sup>3</sup>) de gas, estas válvulas deben ser ventiladas al exterior (a excepción de la del aire médico).

f) Válvulas cheque. Algunos sistemas deben tener algunas válvulas cheque en la línea principal del suministro primario, conectada aguas arriba desde el punto de intersección con el suministro secundario o suministro principal de reserva, tal como se muestra en la Figura 4.

g) Reguladores finales de línea. Este tipo de reguladores deben ser dúplex con válvulas

aisladoras o colocadas en un by pass (derivación) de tres válvulas para darles servicio al regulador y sin interrumpir el servicio. Este sistema debe ser diseñado de tal modo de prevenir presiones posible entre 150 a 300 psig o más desde las tuberías de distribución.

h) Conexión de emergencia de suministro de emergencia. En el área donde se localice el suministro de oxígeno criogénico (y fuera del edificio servido), se debe incorporar al sistemas de tuberías de alimentación una entrada para conectar una fuente auxiliar temporal de suministro por situaciones de emergencia o de mantenimiento. La entrada debe estar ubicada en el exterior del edificio y debe ser instalada aguas abajo de la válvula de corte en la línea principal de suministro y debe ser controlada con las válvulas necesarias para permitir el suministro de emergencia del oxígeno y aislamiento de la tubería hacia la fuente normal de suministro. Debe ser etiquetada "entrada de emergencia de oxígeno gaseoso a baja presión". Debe tener una válvula cheque en la línea principal entre la válvula de corte de la línea principal y la conexión T y una válvula cheque entre la conexión T y la válvula de corte del suministro de emergencia. Esta configuración se muestra en la Figura 4. La conexión del suministro de oxígeno de emergencia se debe proveer con una válvula de alivio de seguridad para proteger por presiones en exceso del 50% de la presión normal de línea a los sistemas de tuberías y equipos que están aguas abajo. La entrada debe ser un conector hembra NPT (Nacional Piped Thread) dimensionada para el 100% de la demanda del sistema en la presión de gas del sistema de emergencia. La conexión de suministro de oxígeno de emergencia debe ser instalada en el edificio principal donde esté accesible todo el tiempo, durante cualquier época y bajo cualquier condición.



Los componentes del sistema de suministro de aire médico por compresor son:

a) La entrada de aire al compresor. Debe estar localizada en el exterior arriba del nivel del techo, a una distancia mínima de 10 pie (3 m) de cualquier puerta, ventana u otra entrada o apertura del edificio y una distancia mínima de 20 pies (6 m) arriba del piso. Las entradas deben ser protegidas contra la lluvia o sustancias extrañas.

b) Si se usa otra fuente (que sea igual o mejor que el aire exterior), para la entrada de aire, este debe estar disponible las 24 horas del día y los 7 días de la semana.

c) La entrada de aire debe estar localizada donde no exista contaminación de descarga de motores, ventilaciones de combustible almacenado, descargas de sistemas de vacío, entre otros.

d) Entradas de aire para compresores separados. Se deben de permitir que las entradas de aire se unan a una entrada común, previendo que tal entrada esté adecuadamente dimensionada. Donde esto sea realizado la tubería libre de entrada y conectada a un compresor que se ha quitado por acciones de mantenimiento debe ser aislado por una válvula cheque o manual o una camisa ciega, para evitar el reflujó.

e) Compresores múltiples. Dos o más compresores deben ser instalados para que sirvan (alimenten) al sistema en demanda alterna o simultánea. El o los compresores deben ser dimensionados para poder suministrar la demanda pico, aunque esté fuera de servicios el compresor de mayor capacidad.

f) Se debe de prever una señal audible y visual para indicar cuando el sistema de reserva está siendo utilizado y cuando el compresor está fuera de servicio. El compresor debe estar conectado en el sistema esencial.

g) El receptor (chimbo) debe estar equipado con una válvula de seguridad, drenaje automático, visor de vidrio y medidor de presión, y debe tener la capacidad para asegurar la operación práctica de conexión y desconexión. Debe ser resistente

a la corrosión; además debe estar conectado dentro del sistema de compresores, aguas arriba de la válvula de corte de la fuente. El receptor de aire debe estar provisto con un sistema de by pass de tres válvulas para permitir servicio sin desconectar el servicio.

h) El visor debe de permitir la inspección visual de los drenajes automáticos, para determinar si ellos están operando adecuadamente.

i) Accesorios. El sistema de compresor para aire médico debe estar equipado de filtros silenciadores de entrada del tipo seco, after coolers o secadores de aire, o ambos, un apropiado filtro de línea para las condiciones de entrada, de acuerdo al tipo de compresor, reguladores de presión, válvula liberadora de presión, arriba del 50 % de la presión normal de línea, para asegurar la entrega de aire médico.

j) El sistema secador debe ser como mínimo dúplex y con válvulas de aislamiento para permitir el servicio en caso de mantenimiento o de fallas. En condición normal de operación solamente un secador debe estar abierto al flujo del aire con la válvula del otro secador cerrado. Cada secador debe ser capaz de suministrar aire seco a la demanda pico calculada. Cada secador debe estar diseñado para suministrar aire al máximo punto de rocío de 35 °F (1.7 °C) a la demanda pico calculada. El diseño del sistema debe de prevenir la formación de agua en la línea de suministro.

k) Los enfriadores posteriores o after cooler, sin fueran requeridos, deben ser dúplex y suministrados con trampas de condensado individuales. El receptor no debe ser utilizado como un enfriador o trampa de enfriador.

l) Los filtros de línea ubicados aguas arriba de los reguladores finales de línea, deben ser dúplex con válvulas adecuadas para permitir servicio. Cada uno de los filtros debe dimensionarse para el 100% de la demanda pico calculada y deben tener una eficacia mínima del 98% a 1 micrón. Estos filtros deben ser equipados con indicadores visuales, indicando el estado de la vida del elemento del filtro.

m) Todos los reguladores finales de línea deben ser multiplexados con válvulas de aislamiento para permitir el servicio. Cada regulador debe ser dimensionado para el 100 % de la demanda calculada pico del sistema.

n) Los secadores, filtros y reguladores, deben ser previstos con válvulas de aislamiento aguas arriba y aguas abajo para permitir el servicio (ver Figura 6 y Figura 7). La práctica de operar

los sistemas de tuberías a altas presiones con reguladores de línea remotos no es permitido. El aire médico a través de las instalaciones debe ser distribuido a 50 psig (+5/-0).

o) Los sistemas de tratamiento de aire. Están compuestos de compresores, receptores y de cualquier arreglo adicional de secadores, equipos de filtración requeridos para entregar la calidad de aire médico deseada.

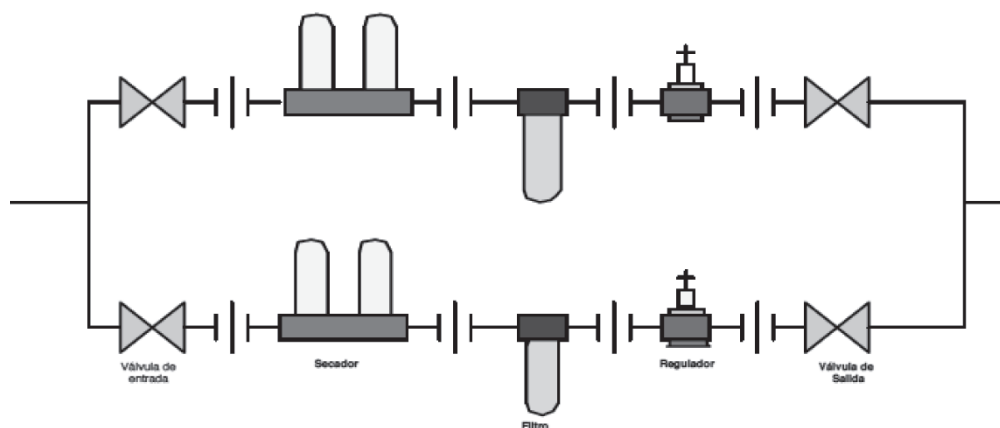


Figura 6. Sistema de conexión de secadores.

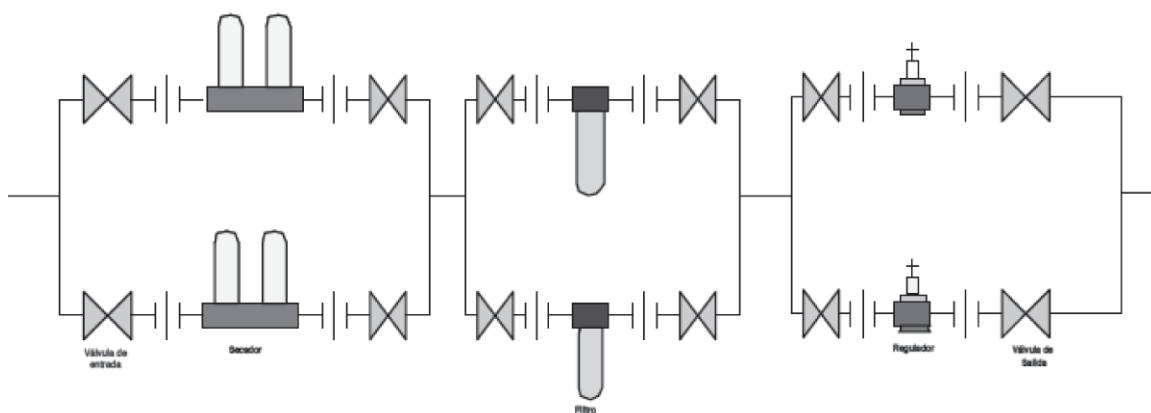


Figura 7. Sistema de conexión de secadores.

**5. Sistemas de distribución nivel 1**

Quando se habla del sistema de distribución se comprenderá el Manifold, tuberías, válvulas / controles, salidas / terminales, alarmas.

**5.1. Sistemas de advertencia de gases**

Estos sistemas deben de cumplir con los siguientes criterios:

a) El requisito del nivel de sonido para paneles de alarmas debe ser ajustado 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 de suministrar lo siguiente:

- Indicadores visuales separados para condición monitoreada.

- Indicación audible cancelable de una condición de alarma. El indicador audible debe producir un mínimo de 80 db medidos desde una distancia de 1 metro. Un medio para indicar visualmente una falla de la lámpara o del LED.

- Las alarmas de área, locales y maestras se accionarán visual o audiblemente si ocurre la condición monitoreada y si el alambrado al sensor o al interruptor es desconectado.

c) Cada alarma de área, local o maestra debe ser etiquetada para su área de vigilancia (O<sub>2</sub>, vacío, aire médico, etc.) y cuarto servido.

## 5.2. Alarma maestra

a) Un sistema de alarma maestra será suministrado 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.

b) El sistema de la rama maestra consistirá de dos o más paneles de alarma localizados en dos ubicaciones separadas. Uno será localizado en el área principal de trabajo del responsable por el mantenimiento del sistema de gases médicos y el otro será ubicado para asegurar la vigilancia continua durante las horas de trabajo de la instalación de salud (área de comunicación, vigilancia o similares).

c) Cada panel de alarma maestra incluirá indicadores visuales para cada una de las siguientes condiciones:

- Un indicador separado será suministrado para todos los sistemas suministrados por un manifold o un sistema tipo BULK tipo alternante que tiene como parte de su operación normal un cambiador de una porción del suministro de operación a otra porción. Indicará cuándo, o justo antes, este cambio ocurra.

- En donde un manifold o suministro BULK esté compuesto de una o más unidades, estas suministrarán de manera continua al

sistema de tuberías mientras la otra unidad permanece como el suministro de reserva y opera solamente en caso de emergencia.

- Cuando el contenido de la reserva es reducido al suministro promedio de un día y cuando la presión del gas disponible en la unidad de reserva es reducida debajo de la presión requerida para el adecuado funcionamiento.

- Será indicado separadamente para cada sistema de tuberías de gas médico cuando la presión en la línea principal aumente o disminuya el 20% de la presión normal de operación. El interruptor actuante para estas señales será instalado en la línea principal inmediatamente aguas abajo (en el lado de las tuberías de distribución) de la válvula de corte de la línea principal o la válvula de la fuente, si la válvula de corte de la línea principal no es requerida.

- Se debe suministrar un indicador separado de punto de rocío.

## 5.3. Alarmas de área

a) 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, entre otros.

b) Los paneles de alarmas de área serán localizados en las estaciones de enfermería u otra ubicación donde exista vigilancia responsable.

c) Las alarmas de área indicarán si la presión en la línea local aumenta o disminuye el 20% de la presión normal de línea.

## 5.4. Alarmas Locales

a) Algunas veces son colocadas en las localizaciones anestésicas. El requisito es que se ubique en la estación existente dentro de quirófanos, pero no en el quirófano mismo.

b) El punto de rocío debe ser monitoreado y se debe de colocar una alarma para indicar cuando el punto de rocío de la presión de línea es superior a 39°F (3.9°C).

c) El monóxido de carbono para aire médico debe ser monitoreado cuando excede de 10ppm.

### 5.5. Válvulas de corte

a) Válvula de la fuente. Deben ser colocadas en la salida inmediata de la fuente de suministro para permitir que la fuente de suministro, incluyendo los accesorios (tales como secadores de aire, reguladores finales de línea) sean aislados del sistemas de tuberías. La válvula de la fuente debe estar localizada aguas arriba de la válvula de corte de la línea principal y debe estar localizada en la vecindad del equipo de suministro, debidamente etiquetada con la inscripción “válvula de la fuente”.

b) Válvula principal. La línea principal de suministro debe estar provista con una válvula de corte. Esta válvula debe estar localizada aguas abajo de la válvula de la fuente y fuera del cuarto de suministro, recinto o donde la línea principal primero entre al edificio.

c) Válvula del elevador o derivador. Cada elevación que sale de la línea principal debe estar prevista con una válvula de corte adyacente a la conexión de la elevación.

d) Válvulas de zona. Las salidas no deben ser alimentadas directamente desde una elevación, a menos que una válvula de corte de control esté instalada entre el elevador y la salida, con una pared interviniendo entre la válvula y la salida. Cada rama lateral que sirva a cuartos de pacientes debe estar provista con válvulas de corte que controlen el flujo de gas hacia dicho cuarto.

e) Válvulas de servicio. Deben ser colocadas en el punto 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 cuantos paneles de válvula de zona sean instalados en esa rama lateral.

f) Válvulas in line. Se puede permitir válvulas de corte, tipo “in line”, para efectos de mantenimiento, modificación o ampliación.

### 5.6. Salida de gas (tomas)

Cuando se instalen las salidas es una buena práctica considerar el espacio que existe sobre las salidas, como también la distancia entre ellas. Ya que los equipos de terapia que utilizan vacío y oxígeno frecuentemente tienen una altura mínima de 7 pulgadas (17.5cm), las salidas instaladas directamente bajo los espacios de cabecera o debajo de los gabinetes podrían causar que las salidas no se utilicen, debido al poco espacio existente entre toma y toma.

Similarmente muchos colectores (recipientes o botes) de succión de uso actualmente tienen un diámetro mínimo de 7 pulgadas (0.18 m). Así si el oxígeno, vacío o aire, es especificado para la ubicación de la cama del paciente la mejor secuencia de instalación es oxígeno – aire- vacío. Esto permitiría que la salida de vacío y el equipo estén en un extremo y no aglutinado entre otros equipos.

Otro criterio de diseño a considerar es el número de salidas instaladas en cada localización de cama del paciente. Por ejemplo, es usualmente mejor y menos caro suministrar dos salidas de oxígeno, en vez de instalar dispositivos duales (twin devices), que se conecten en una sola salida y suministrar dos salidas.

A cada gas médico y sistema de vacío le es determinado una designación corta, color y rango de presión estándar de operación, tal como se identifica en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Designación estándar de presiones de operación y colores para sistema de gases y vacío nivel 1.

Gas de servicio	Abreviación	Colores (fondo/ texto)	Presión estándar
Aire médico		Amarillos / Negro	50 psig +5/-0 (345 Kpa + 35/ -0)
Oxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	Azul /Blanco	50 psig +5/-0 (345 Kpa + 35/ -0)
Oxígeno	O <sub>2</sub>	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)

Las salidas de gases médicos también deben de cumplir con los siguientes requerimientos:

a) 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 detener el flujo cuando la primaria es removida o quitada. Estas salidas deben ser tipo DISS.

b) Las salidas en los cuartos de los pacientes deben ser localizada a una altura sobre el nivel del piso, que sea adecuada para evitar el daño físico al equipo conectado a la salida.

### 5.7. Materiales para tuberías

a) La tubería para uso médico debe ser tipo K o L, de diseño duro (ASTM<sup>2</sup> B819<sup>3</sup>). 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 debe ser permitido de 1/4 de pulgada de diámetro externo (1/8 de pulgada diámetro nominal).

b) Para sistemas operados para presiones entre 200 y 300 psig se debe usar cobre tipo K ASTM B819.

c) Las uniones en tubos de cobre deben ser soldadas y utilizando acoples. Los Niples reductores o de adapte no deben ser utilizados para uniones soldadas. El uso de niples de poca profundidad mejora la calidad de la soldadura, sin disminuir su fuerza, particularmente en diámetros grandes que son difíciles de calentar (ver Tabla 4).

**Tabla 4.** Profundidades de los adaptadores.

Tamaño del tubo en pulgadas		Profundidad del niple o adaptador(Socket) en pulgadas	
Nominal	Diámetro externo		
1/4	3/8	0.17	3/16
3/8	1/2	0.20	13/64
1/2	5/8	0.22	7/32
3/4	7/8	0.25	1/4
1	1 1/8	0.28	9/32
1 1/4	1 3/8	0.31	5/16
1 1/2	1 5/8	0.34	11/32
2	2 1/8	0.4	13/32

2. ASTM: American Society for Testing Materials.

3. Ésta es identificada por las marcas OXY, MED, OXY/ MED, OXY /ACR, ACR / MED en verde para K o azul para la



## 5.8. Instalación de tuberías

a) Los sistemas de tuberías deben ser diseñados y dimensionados para entregar el flujo requerido a las presiones de utilización.

b) Las tuberías deben de tener soportes que las sujeten a la construcción del hospital. Los sujetadores para cobre deben de tener un adecuado acabado de cobre 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.

c) La tubería no debe ser instalada en cocinas o cuartos de tableros eléctricos o de paneles de transferencia.

d) Se podrá permitir que las tuberías de gases médicos estén localizadas en el mismo poso, canal de servicio, túnel de las líneas de gas, combustible, líneas eléctricas y líneas de vapor, siempre que el espacio esté ventilado y la temperatura ambiente no exceda los 130 °F (54 °C).

e) Mangueras y conectores flexibles, metálicos y no metálicos, no deben ser más largo que lo necesario y no deben de penetrar o ser escondidos en paredes, pisos, cielos o particiones. Estos conectores deben de tener una resistencia de trabajo para una presión mínima de 1000 psig.

**Tabla 5.** Distancia de colocación de soportes de tuberías.

Diámetro 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 " (1.91cm) 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)

## 6. Sistemas de vacío (fuente y distribución)

### 6.1. Fuente (bombas de vacío)

Las características de los componentes de la fuente son las siguientes:

a) Bombas múltiples. La fuente de vacío central debe estar conformada por dos o más bombas que operen alternativamente o simultáneamente en función de la demanda. 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. Cada bomba debe tener una válvula de corte para aislarla del sistema de tuberías y de otras bombas por mantenimiento.

b) El motor de la bomba debe tener un circuito de desconexión separada, de arranque y de protección por sobre carga.

c) Depósitos receptores (chimbos). Estos 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 dispositivo para drenar el receptor de sustancias que podrían acumularse.

d) Tuberías. Las tuberías entre las bombas de vacío, descarga, receptor y la válvula de la línea principal de vacío, pueden ser también de hierro negro ó galvanizado.

e) Ruido y vibración. Se deben de tomar las medidas necesarias para minimizar la transmisión de ruido y vibración. Se debe montar en bases diseñadas para que aíslen la vibración y se debe utilizar acoples flexibles entre la tubería y el equipo.

f) Escapes. El escape de la bomba de vacío debe ser descargado al exterior en una manera 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. Este escape debe ser protegido de la entrada de insectos, cucarachas, ratas, escombros y precipitaciones.

## 6.2. Distribución (tuberías, válvulas/controles, entradas, alarmas)

### 6.2.1. Redes de tuberías de los sistemas de vacío

a) Tuberías de redes de vacío. 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 ½ pulgada) (ASTM 53) (roscada o con flange).
- Se puede usar tubería roscada pero debe cumplir con las normas ANSI B1.20.1.

b) Dimensiones mínimas. En las líneas principales o ramales, la dimensión mínima no debe ser menor a 7/8" OD (Outer diameter. Diámetro Nominal) (¾" nominal), las conexiones a entradas individuales de vacío no debe ser menor a 5/8" OD (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". Las conexiones a los manómetros, interruptores de alarma y

conexiones de paneles de alarma será permitido a ser de ¼" de OD (1/8" tamaño nominal).

c) Soportes. La tubería debe ser sujeta a la estructura del edificio y nunca debe ser sujeta por otras tuberías o ducterías. En localizaciones potencialmente húmedas los sujetadores o soportes de tubo de cobre deben ser cubiertos de plástico (con cubierta de plástico). El máximo espaciado de soportes debe ser como se indica en la Tabla 6.

d) Acoples de tubo de cobre. Todos los acoples o niples usados para conectar tubo de cobre deben ser de cobre, bronce o latón, y diseñado especialmente para uniones soldadas, ya sea con estaño o electrodos.

e) Uniones. Si se usan acoples del tipo no permanentes como uniones, conexiones tipo valona (flare), deben ser instalados de forma accesible para inspecciones de calidad y de mantenimiento.

f) Las válvulas de corte deben ser metálicas o de un tipo que no cree una restricción del flujo mucho mayor que la que produce la tubería.

g) La tubería enterrada debe ser protegida contra la corrosión y daño físico. Las tuberías enterradas en el exterior del edificio deben ser instaladas bajo el nivel de protección por tránsito pesado. La profundidad de la capa de relleno debe ser de 36 pulgadas (91.4 cm) o como mínimo 18 pulgadas (45.7 cm), si se considera que el daño a la tubería enterrada es improbable que ocurra. Las tuberías bajo vías de acceso, o áreas de parqueo, deben ser instaladas bajo camisas o tuberías de protección. La tubería en pisos de concreto o paredes deben ser instaladas en conductos continuos.

h) Penetraciones. Cuando una tubería penetre elementos a prueba de incendios de una construcción tales paredes, divisiones, encielados, entre otros, las aberturas hechas deben ser tapadas con material a prueba de incendios.

**Tabla 6.** Espacio de soportes en base a diámetro de tuberías.

Medida (Nominal)	Medida
1/ 4 " (0.635 cm)	5 pies(1.52 m)
3/8"(0.953 cm)	6 pies(1.83 m)
1/ 2"(1.27 cm)	6 pies(1.83 m)
3/4"(1.91 cm)	7 pies (2.13 m)
1"(2.54 cm)	8 pies(2.44 m)
1¼" (horizontal) (3.175 cm)	9 pies (2.74 m)
1 1/2 y mayor (3.81 cm) y de mayor diámetro	10 pies(3.05 m)
Elevadores verticales todos los diámetros.	Cada piso, pero no excede de 15 pies (4.57 m)

### 6.2.2. Válvulas

a) Paneles de válvulas de sistemas de vacío. Los paneles deben estar permanentemente etiquetados de la siguiente forma "PRECAUCION: VÁLVULA DE VACÍO MEDICO QUIRÚRGICO, NO CIERRE EXCEPTO EN EMERGENCIA, ESTA VÁLVULA CONTROLA EL VACIO A....".

b) Las válvulas de sistema de vacío que no están en paneles, tales como en la línea principal, elevadores, o suspendidas en el cielo falso, deben ser identificadas por medio de etiquetas durables, placas, etc. Se debe indicar como: "PRECAUCION: VÁLVULA DE VACÍO MÉDICO QUIRÚRGICO, NO CIERRE EXCEPTO EN EMERGENCIA, ESTA VÁLVULA CONTROLA EL VACIO A....".

c) Válvulas de corte del sistema de vacío.

- Tipos de válvulas. Las válvulas de corte deben ser metálicas y de un tipo que no crearán una restricción del flujo mayor que la tubería a la cual ellas están conectadas.

- Válvula de corte de la fuente. Una válvula de corte debe ser instalada inmediatamente aguas arriba (En el terminal o el lado de la entrada) del tanque receptor en las cercanías del equipo de suministro.

- Válvula de línea principal. La línea de suministro principal debe ser suministrada con válvula de corte donde la línea principal entra dentro del edificio. No se requerirá este tipo de válvula si la válvula de la fuente es accesible dentro del edificio.

- Válvula de elevador. válvulas de corte deben instalarse en la base de las desviaciones verticales (derivaciones) que sirven a más de un piso.

- Válvulas de servicio. Una válvula de corte debe ser suministrada en cada piso, entre la derivación y la primera toma o entrada, para permitir el mantenimiento y las pruebas periódicas sin ocasionar interrupciones serias al edificio.

- Válvulas de zona. Se localizarán válvulas de corte en cada línea de vacío, inmediatamente afuera de cada localización de soporte de vida, cuidados críticos o anestésicos y ubicados para ser fácilmente accesible en una emergencia o mantenimiento de los terminales o tuberías dentro de la zona servida.

### 6.2.3. Tomas de entradas del sistema de vacío

a) Generalidades. Cada toma de entrada para el sistema de vacío debe ser equipado con un mecanismo de válvula del tipo no intercambiable con otros sistemas (por ejemplo oxígeno, aire comprimido), ya sea una conexión roscada o de acople rápido.

b) Conexiones roscadas. Las Válvulas con conexiones roscadas deben ser tipo DISS.

c) Válvulas cheque secundaria. Los tomas de entrada no deben de incorporar una válvula cheque secundaria.

#### 6.2.4. Sistema de alarma maestra para sistemas de vacío

Para asegurar una observación responsable y continua el panel de señales de la alarma maestra debe estar ubicada en dos localizaciones separadas, alambradas en paralelo a un único sensor, para indicar cuando el vacío en la línea principal tienen una pérdida abajo del nivel requerido. Señales audibles y no cancelables visuales deben ser instaladas en la oficina o sala principal de trabajo del responsable por el mantenimiento del sistema de vacío y para asegurar la vigilancia continua en el área del sistema de comunicación.

#### 6.2.5. Sistemas de alarma de área de sistemas de vacío

a) Las alarmas de área deben ser suministradas para localizaciones anestésicas y de cuidados críticos.

b) Paneles de alarma. Los paneles de señales audibles y visuales deben instalarse en las estaciones de enfermería.

c) Los interruptores actuantes. Los actuadores (interruptores de vacío) para señales de alarma de área debe ser ajustados para que se activen su respectiva señal de alarma (visual y audible) y abajo de 12 pulgadas de mercurios de vacío.

#### 6.2.6. Medidores de los sistemas de vacío

a) Medidor de la línea principal. Un medidor de vacío debe ser suministrado en la línea principal de vacío, adyacente al actuador para la alarma maestra. Este medidor debe estar ubicado, inmediatamente aguas arriba del terminal o entrada de la válvula de la fuente. El rango del manómetro debe permitir leer entre 12 y 19" Hg.

Los medidores deben tener un rango indicado de 0 a 30 "Hg.

b) Medidores de área. Los medidores de vacío deben ser ubicados en cada localización de señal de alarma de vacío, con este medidor conectado aguas arriba de cualquier válvula de control de área. Aquellos con rango normal deben de indicar solamente como normal entre 12 y 19" de Hg.

c) Identificación de tuberías. Las etiquetas de identificación no deben estar a más de 20 (6.1 m) pies de separación si se utilizan flechas estas deben de apuntar desde la entrada hacia el chimbo o bomba.

### 7. Protocolos de valoración

Tomando en cuenta los criterios de diseño descritos en la NFPA 99-2012, se elaboraron los protocolos de valoración y en base al objetivo del trabajo de investigación, se establecieron tres criterios de valoración:

a) Cumple el criterio de diseño, al cual se le dio una valoración del 100%.

b) No cumple el criterio de diseño, al cual se le dio una valoración del 0%.

c) No Aplica (NA), concepto que corresponde a aquellos criterios que no son aplicables a una instalación que ya está en funcionamiento. Muchos de estos se refieren a atributos a evaluar durante el proceso de instalación de la red. Estos criterios no se tomaron en cuenta en la consolidación de los resultados.

En las Tablas 7, 8, 9, 10 y 11, se muestran ejemplos de los protocolos utilizados con los criterios de diseño que se han utilizado en el proceso de valoración de los sistemas de gases médicos. A estos protocolos se les ha eliminado la columna de no aplica.

**Tabla 7.** Ejemplo de protocolo de investigación.

<b>Componente : Administración de cilindros y depósitos (termos)</b>			
<b>N°</b>	<b>Criterio</b>	<b>Cumple (100%)</b>	<b>No Cumple (0%)</b>
1	Los cilindros o contenedores de suministro deben ser construidos, probados y mantenidos de acuerdo con las especificaciones y regulaciones del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) <sup>4</sup> .		
2	El contenido de los cilindros debe ser identificado a través de etiquetas que se adhieren a ellos, en la cual se denominen los componentes y sus proporciones. Las etiquetas deben ser impresas de acuerdo con el panfleto CGA C-4 (Compressed Gas Association).		
3	El contenido de los cilindros y depósitos deben ser identificados por la lectura de las etiquetas antes de su uso. Las etiquetas no deben ser estropeadas, alteradas o removidas.		
4	Las fuentes de calor en localizaciones de 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 integral. En ningún caso la temperatura de los cilindros deben exceder 130 °F (54 °C).		
5	Se deben prever áreas adecuadas para el almacenaje de cilindros de los sistemas de suministro, las cuales deben ser construidas con materiales con una resistencia al fuego, al menos de 1 hora y esta no debe de comunicar directamente con áreas anestésicas.		
6	Los toma corrientes e interruptores deben ser instalados en ubicaciones fijas y a no menos de 152 cm. (5 pies) arriba del piso como una precaución contra su daño físico.		

**Tabla 8.** Ejemplo de protocolo de investigación.

<b>Componente: Sistema de Cilindros con Suministro de Reserva</b>			
<b>N°</b>	<b>Criterio</b>	<b>Cumple (100%)</b>	<b>No Cumple (0%)</b>
1	Un sistema primario y un secundario.		
2	Un interruptor actuante debe ser conectado al panel maestro de señal para indicar cuándo, o justamente antes, ocurra el cambio al banco secundario.		
3	Un suministro de reserva.		
4	Un interruptor actuante (normalmente un presostato o transductor de presión) debe estar conectado al panel máster de señales para indicar cuándo, o justamente antes de que, el sistema de reserva empiece a suministrar al sistema de tuberías.		
5	El suministro de reserva debe consistir de tres o más cilindros de alta presión conectados a un manifold.		
6	Debe tener un interruptor actuante que opere el máster de señales cuando el suministro de reserva cae por debajo del suministro de un día.		

---

4. Formalmente Comisión de Comercio Interestatal de los Estados Unidos.

**Tabla 9. Ejemplo de protocolo de investigación.**

<b>Componente: Requisitos generales para sistemas de suministro central de gases.</b>			
<b>N°</b>	<b>Criterio</b>	<b>Cumple (100%)</b>	<b>No Cumple (0%)</b>
1	Cilindros. Deben ser diseñados, contruidos y probados, de acuerdo a las normas tales como las mencionadas en este artículo. Los cilindros en servicio deben ser adecuadamente asegurados. Los cilindros en almacenaje deben ser asegurados y ubicados para prevenir daños por caídas.		
2	Manifolds. Deben ser de substancial construcción y de un diseño y material en función del tipo de gas y presión involucrada. Se deben de prever medios mecánicos para asegurar la conexión de los cilindros al manifold.		
3	Regulador de presión. El dispositivo regulador de presión debe ser instalado en la línea principal, pero aguas arriba de la válvula liberadora de presión (válvula de seguridad). Donde se usen sistemas múltiples de tuberías para el mismo gas, a diferentes presiones de operación, se deben de suministrar por cada presión: reguladores de presión y válvulas de seguridad y de corte.		
4	Válvulas de corte. Una válvula de corte operada manualmente debe ser instalada aguas arriba de cada regulador de presión y una válvula de corte o cheque debe ser instalada aguas abajo.		
5	Válvulas liberadoras de presión. Cada sistema central de suministro debe tener una válvula liberadora de presión ajustada al 50% arriba de la presión normal de línea, instalada aguas abajo del regulador de presión y aguas arriba de la válvula de corte.		

**Tabla 10. Ejemplo de protocolo de investigación.**

<b>Sistema de suministro de aire médico por compresor</b>			
<b>N°</b>	<b>Criterio</b>	<b>Cumple (100%)</b>	<b>No Cumple (0%)</b>
1	La entrada de aire al compresor. Debe estar localizada en el exterior arriba del nivel del techo a una distancia mínima de 10 pie (3 m) de cualquier puerta, ventana u otra entrada o apertura del edificio y una distancia mínima de 20 pies (6 m) arriba del piso.		
2	La entrada de aire debe estar localizada donde no exista contaminación de descarga de motores, ventilaciones de combustible almacenado, descargas de sistemas de vacío, entre otros.		
3	Las entradas de aire para compresores separados se deben de permitir que se unan a una entrada común, previendo que tal entrada esté adecuadamente dimensionada.		
4	Dos o más compresores deben ser usados con previsiones para la operación alternativa o simultanea dependiendo de la demanda. Cuando dos compresores son usados, cada unidad debe ser capaz de mantener el suministro de aire al sistema a la demanda pico calculada, por efectos de servicio.		
5	El receptor de aire (chimbo) debe estar equipado con una válvula de seguridad, drenaje automático, visor de vidrio y medidor de presión y debe tener la capacidad para asegurar la operación práctica de conexión y desconexión. Debe ser resistente a la corrosión y estar conectado dentro del sistema de compresores, aguas arriba de la válvula de corte de la fuente. El receptor de aire debe estar provisto con un sistema de by pass de tres válvulas para permitir servicio sin desconectar el servicio.		
6	El sistema secador debe ser como mínimo dúplex y con válvulas de aislamiento para permitir el servicio en caso de mantenimiento o de fallas. Cada secador debe estar diseñado para suministrar aire al máximo punto de rocío de 35 °F (1.7 °C) a la demanda pico calculada.		

**Tabla 11.** Ejemplo de protocolo de investigación.

<b>Materiales para tuberías de oxígeno, aire comprimido y óxido nitroso</b>			
<b>N°</b>	<b>Criterio</b>	<b>Cumple (100%)</b>	<b>No Cumple (0%)</b>
1	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).		
2	Los sistemas ramales y principales deben ser tuberías con un diámetro nominal no menor de 1/2".		
3	Los tubos instalados en la fábrica para la extensión de salidas de gases (tomas) 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).		
4	Las conexiones para los medidores e interruptores y conexiones para los paneles de alarmas debe ser permitido a ser 1/4 de pulgada de diámetro externo (1/8 de pulgada diámetro nominal).		
5	Las uniones en tubos de cobre deben ser soldadas y utilizando acoples.		

### 8. Escala de valoración

Tomando en cuenta cada uno de los atributos de los respectivos criterios de diseño de seguridad y funcionamiento que define la norma NFPA 99, se estableció una escala de valoración final (Tabla 12), con el fin de evaluar de manera total el grado de seguridad que pueda presentar una central de gases médicos, cuando está funcionando y suministrando

apoyo a las actividades clínicas, en las áreas donde se atienden a pacientes críticamente enfermos.

Para establecer la cualificación de la valoración se han definido los aspectos fundamentales de un sistema de gases médicos nivel 1, tales como que tenga sistemas duales, que tenga seguridad en casos de emergencia y que tenga sistemas que permitan el mantenimiento sin parar el suministro de gases médicos.

**Tabla 12.** Escala de valoración.

<b>Materiales para tuberías de oxígeno, aire comprimido y óxido nitroso</b>		
<b>Valoración</b>	<b>Rango de cumplimiento</b>	<b>Criterio</b>
Funcionamiento totalmente seguro	De 85 a 100%	El diseño de la instalación de gases médicos, es totalmente confiable y seguro, ya que tiene aplicado en su construcción los criterios de diseño que son fundamentales y prioritarios (sistemas duales). La instalación es segura para utilizarse en áreas donde se atienden a pacientes críticamente enfermos
Funcionamiento aceptable	De 70 a 84%	El diseño de la instalación de gases médicos, es confiable, ya que cumple con criterios de diseño que definen el funcionamiento de un sistema de gases médicos. La instalación es segura para utilizarse en áreas donde se atienden a pacientes de cuidados generales.
Funcionamiento regular	De 50 a 69 %	El Diseño de la instalación de gases médicos cumple con los criterios generales de un sistema individual (no dúplex). La instalación de gases no es segura ni confiable y no se debe de utilizar en áreas donde se atienden a pacientes de cuidados generales y cuidados generales. El sistema se puede utilizar para atender necesidades en el área de odontología o laboratorio clínico
Funcionamiento inaceptable	Menor a 50 %	El diseño de la instalación de gases médicos, no es ni confiable ni seguro, ya que no tiene aplicado en su construcción los criterios de diseño que son fundamentales y prioritarios de una instalación nivel 1.

De análisis de los protocolos mencionados los criterios de diseño que más repetencia tienen en el no cumplimiento de la NFPA 99 son los siguientes:

### 8.1. Criterios prioritarios e importantes

a) Existen centrales de gases médicos que utilizan un banco de gas criogénico, pero no tienen un banco secundario, ni sistema de reserva.

b) Existen centrales de aire comprimido que son del tipo simplex (un solo compresor).

c) Los sistemas de aire comprimido no tienen alarmas de punto de rocío.

d) La mayoría de alarmas no tienen indicadores audibles.

e) Falta de identificación de los paneles de control de los diferentes tipos de gases.

f) No existen alarmas para indicar las disminuciones o aumentos sobre el 20% de la presión de operación del sistema.

g) Algunos sistemas de vacío no poseen sistemas para alternarlos de manera manual.

h) Algunos sistemas de aire comprimido no disponen de secadores y reguladores del tipo dual.

### 8.2. Criterios no limitantes

a) El contenido de los cilindros no tienen las etiquetas que describen las respectivas características físicas de sus contenidos.

b) Las áreas de almacenaje de los cilindros de gases y de ubicación de las centrales de gases son utilizadas como bodegas de materiales, muchos de los cuales son inflamables.

c) La instalación eléctrica no cumple con algunos criterios de la NFPA 70, especialmente el referido a la ubicación de los toma corrientes, los cuales debe estar ubicados a 1.52 metros sobre el nivel de piso terminado.

d) Existen áreas de almacenaje de cilindros que sobrepasan los 85 m<sup>3</sup>, de capacidad tanto almacenada como conectada y no disponen de áreas libres de ventilación mínima de 72 pulgadas cuadradas.

e) Falta de identificación de los paneles de control de los diferentes tipos de gases.

f) Los paneles de alarmas no están ubicados en áreas de fácil acceso y control.

g) Inexistencia de válvula de corte de la línea principal.

h) No existen válvulas de corte de los derivadores o de pisos para las construcciones verticales.

i) El etiquetado de la identificación de las tuberías no cumple con el estándar de colocarla cada 6 metros.

j) Insuficiente cantidad de tomas para la utilización de los gases.

k) En algunos sistemas de aire comprimido no se dispone de visores de indicación de acumulación de agua.

l) El espaciamiento de los soportes de las tuberías están colocados fuera de los rangos permitidos.

m) Existen buses de tuberías en áreas expuestas que no tienen protección.

n) Dos hospitales en su sistema de aire comprimido no disponen de secadores duales.

o) Un hospital no dispone de reguladores de presión con el concepto dual.

p) Cuatro hospitales no tienen bien distribuidas la nomenclatura de los gases en las respectivas tuberías.

q) Dos hospitales no tiene sistemas de precaución cuando la presión de operación disminuye o sobrepasa el 20% de la presión de operación.



r) El escape del sistema de vacío está cerca de puesta de entrada y de zonas de flujos de aire limpio.

## 9. Conclusiones

Tomando en cuenta la escala de valoración se tuvo el siguiente resultado:

a) El 100% de los hospitales no cumple con la totalidad de los criterios de diseño que fueron utilizados para valorar su respectiva seguridad y confiabilidad.

b) Dos hospitales (50%) no cumplen con el criterio de tener sistemas duales en el sistema de aire comprimido. Este no cumplimiento es crítico, ya que en casos de emergencia la vida de los pacientes que necesiten del soporte de gases médicos pudiera colocarse en riesgo.

c) Un hospital (25%) no cumple con el criterio de tener una fuente central con banco secundario y sistema de reserva, considerando que dispone de un suministro de oxígeno con un tanque criogénico. Esto lo vuelve inseguro, ya que en caso de un problema en el sistema criogénico podría dejar inutilizable la red de gases médicos, sin alternativas de suministro de emergencia.

d) Cuatro hospitales (100%) no tienen sistemas de alarmas de gases que cumplan totalmente con el criterio de diseño de la modalidad audible y visual.

e) Cuatro hospitales (100%) no tienen identificadas totalmente la longitud de las tuberías de los gases.

f) Tres hospitales (75%) no tienen identificación de los paneles de control de suministro de gases.

g) Dos hospitales (50%) en su sistema de aire comprimido no disponen de secadores duales. La falta de sistemas duales podría causar falta de suministro de aire comprimido a las áreas críticas, provocando serios problemas en la atención de los pacientes.

h) Un hospital no dispone de reguladores de presión con el concepto dual.

i) Cuatro hospitales (100%) no tienen bien distribuidas la nomenclatura de los gases en las respectivas tuberías.

j) Dos hospitales no tienen sistemas de precaución (alarmas) cuando la presión de operación disminuye o sobrepasa el 20% de la presión de operación.

k) El escape del sistema de vacío está cerca de puesta de entrada y de zonas de flujos de aire limpio.

En general, aunque dos hospitales alcanzaron una valoración de funcionamiento de totalmente seguro, no cumplen con ciertos criterios que garantizan aún más la calidad, seguridad y confiabilidad del suministro de gases médicos, en áreas de atención de pacientes.

En dos hospitales, cuya valoración los categoriza como aceptables, deben de implementar planes de acción urgentes, ya que la falta de cumplir con el criterio de disponer de sistemas duales los convierte en sistemas no seguros, principalmente porque dichos sistemas son utilizados en el apoyo a procesos clínicos de atención de pacientes.

## 10. Referencias bibliográficas

Air Liquide. Specialty Gas Catalog. Citado de internet en el URL: <http://www.epaperflip.com/aglaia/viewer.aspx?docid=2252907b7653470c88ece00eeda616db&page=0>, el 24 de noviembre de 2012.

Air Liquide Santé. Catalogue Matériel Medical. Citado de internet en el URL: [http://www.cataloguesanteairliquide.fr/materiels\\_medical/#xtor=AL-19-\[Catalogue Materiels 2012/13\]-20120809-\[lien1\]-20120809](http://www.cataloguesanteairliquide.fr/materiels_medical/#xtor=AL-19-[Catalogue Materiels 2012/13]-20120809-[lien1]-20120809), el 24 de noviembre de 2012.

BeaconMedaes. mAIR Medical Air Systems. Citado de internet en el URL: <http://beaconmedaes.com/>, el 24 de noviembre de 2012.

GIRÓN, Ernesto Godofredo. "Sistema de gases médicos: una guía práctica para el diseño". Ing-novación. 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. 5-29. ISSN 2221-1136.

.....

**Cómo citar este artículo:**

GIRÓN, Ernesto Godofredo. “Evaluación de la seguridad y confiabilidad de las redes de gases médicos aplicando la norma NFPA 99”. Ing-novación. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco. Diciembre de 2012 – Mayo de 2013, Año 3, No. 5. pp. 5-30. ISSN 2221-1136.