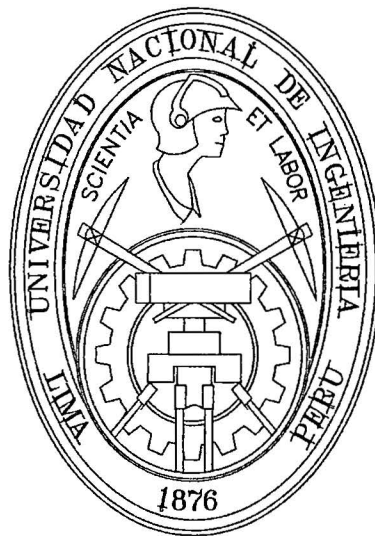


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**CRITERIOS DE DISEÑO Y CÁLCULO DE SISTEMAS
DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE GASES
MEDICINALES PARA UN HOSPITAL.**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO – ELECTRICO**

JUAN CARLOS ZELAYA CASTRO

PROMOCION 2009 – I

LIMA – PERU

2013

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
COMISIÓN DE TITULACIÓN FACULTAD DE
INGENIERÍA MECÁNICA

**CRITERIOS DE DISEÑO Y CÁLCULO DE
SISTEMAS DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN DE
GASES MEDICINALES PARA UN HOSPITAL.**

Autor : Juan Carlos Zelaya Castro.
Asesor: Ing. Fernando Dorregaray Segura.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres, quienes me brindaron un incontable esfuerzo y sacrificio, por enseñarme con amor, la virtud de la humildad y la tenacidad de jamás rendirse ante la adversidad, lo cual tendré siempre en mi corazón.

Y en especial mención dedico este trabajo a mi hermano Marco Antonio a quien quiero mucho, para quien seré siempre un amigo y hermano incondicional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi especial agradecimiento al profesor Ing. Fernando Dorregaray Segura, por su orientación, enseñanza, dedicación y confianza. Siendo a través de su conocimiento y experiencia el haber hecho posible la realización de este tema de tesis.

Agradezco también a la Facultad de Ingeniería Mecánica y sus profesores de las diferentes disciplinas de quienes aprendí de sus enseñanzas y experiencia en todos estos años en mi estancia en esta casa de estudios, la Universidad Nacional de Ingeniería.

Agradecimientos a compañeros de trabajo como Emerson Cruz, Jonathan García, Jaime Dorregaray, Luigi Huerta; quienes me brindaron su amistad y de quienes aprendí la naturaleza y ambiente de trabajo.

Amigos y compañeros de la facultad, Emerson Cruz, Richard Quispe, Jorge Goicochea, Juan Francisco Chávez, Luis Visitación, Martín Requejo, Pablo Cárdenas, Walter Andía, Mario Velarde, Manuel Huamanyauri, Julio Zubilete, Juan Tumi, Carlos Vega, Juan Carlos Villafuerte, Freddy Díaz, Danny Sánchez, Jorge Arturo Pérez, Germán Quino, Germán Enríquez, por brindarme su franca amistad y por los incontables momentos de alegría vividos y gran camaradería.

Finalmente hago mención a una persona muy especial que existe en mi vida, mi novia Karina Ortiz Lévano, quien me instó e impulsó de manera activa, brindándome su apoyo moral constante.

RESUMEN

Como consecuencia del avance y desarrollo del país y el crecimiento poblacional, se está dando la realización de diversos proyectos hospitalarios que permitan incrementar la oferta de servicios de salud, la que a su vez, da impulso al desarrollo de proyectos que consisten en el diseño integral de diversos sistemas de ingeniería relacionados con la construcción de hospitales en diversos puntos del país.

Los gases medicinales son fluidos de uso médico muy importante en el servicio normal de un hospital adecuadamente equipado. Así, los gases medicinales se constituyen en instalaciones de oxígeno, de vacío medicinal, de aire comprimido medicinal y dental e instalaciones de óxido nitroso, entre otros. También existen sistemas de aire comprimido industrial de uso alternativo.

El uso de cada uno de estos gases se distribuye a través de redes de tuberías que suministran a las diversas áreas que componen un hospital (Áreas de emergencia, unidades de cuidados intensivos, consulta externa, etc.), de acuerdo al tipo de servicio y necesidad.

Por esta razón es necesario establecer los tipos de servicios y criterios de diseño y selección de los componentes de estos sistemas, así como, las metodologías de cálculo de acuerdo a criterios técnicos y/o especificaciones indicadas en las normas nacionales e internacionales vinculadas a este campo específico.

Este trabajo de tesis desarrolla y expone criterios y metodologías en el diseño y cálculo de sistemas de suministro y distribución de gases medicinales en las instalaciones hospitalarias.

Con fines de mejor comprensión del desarrollo de este tema de tesis, se incluye también una aplicación práctica ayudándose de las herramientas necesarias, todo esto con el objetivo de definir el panorama global de un campo de aplicación de la ingeniería que se encuentra en franco desarrollo en nuestro país.

ÍNDICE

Prólogo.....	1
Capítulo I. Introducción.....	4
1.1. Alcances.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Generales.....	5
1.2.2. Específicos.....	5
Capítulo II. Gases Medicinales.....	7
2.1. Definición.....	7
2.2. Clasificación.....	7
2.2.1. Oxígeno.....	7
2.2.2. Óxido Nitroso.....	8
2.2.3. Aire Comprimido.....	10
2.2.4. Vacío Medicinal.....	10
2.2.5. Otros gases.....	10
2.2.5.1. Dióxido de Carbono.....	10
2.2.5.2. Helio líquido.....	11
2.2.5.3. Nitrógeno Medicinal.....	11
2.3. Aplicaciones y Usos.....	11
Capítulo III. Normas y Estándares.....	15
3.1. Normas Relacionadas.....	15
3.2. Alcances de las Normas.....	16

Capítulo IV. Sistemas de Suministro y Distribución.....	21
4.1. Definiciones Generales.....	21
4.2. Sistemas Centralizados.....	21
4.2.1. Ventajas de los Sistemas Centralizados.....	22
4.2.2. Componentes del Sistema.....	23
4.2.2.1. Central de Gases.....	23
4.2.2.2. Local para la central de gases.....	23
4.2.2.3. Central de Reducción.....	24
4.2.2.4. Sala de Compresión.....	24
4.2.2.5. Sistema de Tuberías para la Distribución.....	24
4.2.2.6. Reguladores de Presión Constante.....	24
4.2.2.7. Puntos de Consumo.....	24
4.2.3. Funcionamiento.....	25
4.3. Sistemas de Suministro.....	25
4.3.1. Tanque Criogénico.....	25
4.3.2. Cilindros para Líquidos Criogénicos.....	26
4.3.3. Manifolds.....	27
4.4. Sistemas de Distribución.....	27
4.3.1. Alarmas.....	27
4.3.2. Columna de Techo.....	28
4.3.3. Puestos de Toma y Caja Soporte.....	29
Capítulo V. Equipamiento.....	31
5.1. Oxígeno y Óxido Nitroso.....	31
5.1.1. Tipos de Sistemas.....	34
5.1.1.1. Tanque Criogénico.....	34
5.1.1.1.1. Características.....	34

5.1.1.1.2. Ventajas del Tanque Criogénico.....	34
5.1.1.2. Contenedor Criogénico.....	35
5.1.1.2.1. Características.....	35
5.1.1.2.2. Principales Ventajas.....	36
5.1.1.2.3. Ahorro de Gas.....	36
5.1.1.3. Cilindros Metálicos.....	36
5.1.1.3.1. Tipos de Cilindros.....	37
5.1.2. Configuración.....	38
5.2. Vacío.....	41
5.2.1. Tipos de sistema.....	42
5.2.1.1. Sistema de Vacío de Paletas.....	42
5.2.1.2. Sistema Oil-less Rotativo.....	42
5.2.1.3. Sistema Lubricante Rotativo.....	43
5.2.1.4. Sistema de Anillo Líquido.....	43
5.2.1.5. Sistema de Tornillo Rotativo.....	43
5.2.2. Configuración.....	43
5.2.2.1. Vertical.....	43
5.2.2.2. Base Montada (SPC).....	44
5.2.2.3. Punto Único de Conexión (SPC).....	44
5.2.2.4. Modular.....	44
5.2.2.5. Tanque Montado.....	45
5.2.2.6. Marco Montado.....	45
5.3. Aire Comprimido.....	46
5.3.1. Tipos de sistema.....	48
5.3.1.1. Compresores Reciprocantes Oil-less.....	49
5.3.1.2. Scroll.....	49

5.3.2. Configuración.....	49
5.3.2.1. Vertical.....	50
5.3.2.2. Punto Único de Conexión (SPC).....	50
5.3.2.3. Modular.....	50
5.3.2.4. Tanque Montado.....	50
5.3.2.5. Marco Montado.....	51
Capítulo VI. Criterios de Diseños, Cálculo y Selección.....	54
6.1. Normativa a Utilizarse.....	54
6.2. Identificación de consumos por áreas de hospital.....	54
6.3. Tamaño de Áreas Mínimas por Ambientes de las Centrales.....	55
6.3.1. Tipos de Hospitales.....	55
6.3.1.1. Por el Grado de Complejidad.....	55
6.3.1.2. Por el Número de Camas.....	56
6.3.1.3. Por el Ámbito Geográfico de Acción.....	56
6.3.2. Áreas Mínimas.....	56
6.4. Criterios de dimensionamiento de las centrales.....	56
6.4.1. Oxígeno.....	57
6.4.2. Óxido Nitroso.....	58
6.4.3. Aire Comprimido.....	59
6.4.4. Vacío.....	59
6.5. Criterios de dimensionamiento de las redes de tuberías.....	59
6.5.1. Oxígeno.....	60
6.5.2. Óxido Nitroso.....	61
6.5.3. Aire Comprimido.....	62
6.5.4. Vacío.....	63

Capítulo VII. Aplicación.....	66
7.1. Cálculo Aplicativo de un Sistema de Oxígeno.....	69
7.2. Cálculo Aplicativo de un Sistema de Óxido Nitroso.....	74
7.3. Cálculo Aplicativo de un Sistema de Aire Comprimido.....	76
7.4. Cálculo Aplicativo de un Sistema de Vacío.....	78
Capítulo VIII. Conclusiones y Recomendaciones.....	84
Bibliografía.....	87
Apéndice.....	89

LISTA DE TABLAS

Capítulo II.

Tabla 2.1. - Características del Oxígeno.....	8
Tabla 2.2. - Características del Óxido Nitroso.....	9
Tabla 2.3. - Características del Aire Comprimido.....	10

Capítulo III.

Tabla 3.1. - Categorías de Riesgo del Cuidado del Paciente.....	17
---	----

Capítulo VI.

Tabla 6.1. - Estándar de Áreas Mínimas por Ambiente en Proy. Hospitalarios.....	53
---	----

Capítulo VII.

Tabla 7.1. - Relación de Áreas de Consumo.....	68
Tabla 7.2. - Tabla de Salidas Equivalentes Oxígeno.....	69
Tabla 7.3. - Demanda Máxima Oxígeno.....	71
Tabla 7.4. - Diseño de rede de Oxígeno - Ruta Crítica.....	72
Tabla 7.5. - Demanda Máxima Óxido Nitroso.....	74
Tabla 7.6. - Diseño de rede de Óxido Nitroso - Ruta Crítica.....	75
Tabla 7.7. - Tabla de Salidas Equivalentes Aire Comprimido Medicinal.....	76
Tabla 7.8. - Demanda Máxima Aire Comprimido Medicinal.....	77
Tabla 7.9. - Diseño de rede de Aire Comprimido Medicinal - Ruta Crítica.....	77

Tabla 7.10. - Tabla de Salidas Equivalentes y Gasto de Consumo de Vacío.....	79
Tabla 7.11. - Demanda Máxima Vacío.....	81
Tabla 7.12. - Diseño de rede de Vacío - Ruta Crítica.....	81
Apéndice	
Tabla A.1. - Tuberías horizontales.....	92
Tabla A.2. - Código de colores de tuberías.....	92
Tabla A.3. - Guía de salidas murales y tipos de uso.....	93
Tabla A.4. - Gastos de oxígeno en l/min en función del número de salidas.....	96
Tabla A.5. - Dimensiones para alojar el tanque.....	102
Tabla A.6. - Salidas de laboratorio.....	107
Tabla A.7. - Gasto por tramo.....	113
Tabla A.8. - Características de Tuberías de Cobre Estándar o Nominales.....	120

LISTA DE FIGURAS

Capítulo IV.

Figura 4.1. - Esquema de Sistema de Suministro y Distribución.....	25
Figura 4.2. - Sistema de Alarma.....	28
Figura 4.3. - Puestos de Toma.....	29

Capítulo V.

Figura 5.1. - Tanque Criogénico.....	31
Figura 5.2. - Sistema de Control y Transferencia Automática (Oxígeno).....	32
Figura 5.3. - Sistema de Manifold de Emergencia (Oxígeno).....	32
Figura 5.4. - Sistema de Control y Transferencia Automática (Óxido Nitroso).....	33
Figura 5.5. - Sistema de Manifold (Óxido Nitroso).....	33
Figura 5.6. - Manifold de Cilindros sin Reserva.....	38
Figura 5.7. - Manifold de Cilindros con Reserva.....	39
Figura 5.8. - Manifold de Contenedor con Cilindro Secundario.....	39
Figura 5.9. - Manifold de Contenedor con Reserva.....	40
Figura 5.10. - Contenedor con Cilindro Secundario.....	40
Figura 5.11. - Sistema Tanque Criogénico.....	41
Figura 5.12. - Esquema Típico de Sistema de Vacío.....	42
Figura 5.13. - Configuración Vertical.....	45
Figura 5.14. - Configuración Base Montada.....	45
Figura 5.15. - Configuración SPC.....	46

Figura 5.16. - Configuración Modular.....	46
Figura 5.17. - Configuración Tanque Montado.....	46
Figura 5.18. - Equipo de Compresión de Aire Medicinal.....	48
Figura 5.19. - Sistema Dúplex de Aire Comprimido Medicinal.....	48
Figura 5.20. - Configuración Vertical.....	51
Figura 5.21. - Configuración SPC.....	51
Figura 5.22. - Configuración Modular.....	51
Figura 5.23. - Configuración Tanque Montado.....	52

Capítulo VII.

Figura 7.1. - Circuito Crítico de la red de Oxígeno.....	73
Figura 7.2. - Circuito Crítico de la red de Óxido Nitroso.....	76
Figura 7.3. - Circuito Crítico de la red de Aire Comprimido Medicinal.....	78
Figura 7.4. - Circuito Crítico de la red de Vacío.....	82

Apéndice.

Figura A.1. - Oxígeno. Para presiones de 3.87 a 3.54 kg/cm ² manométricas a nivel del mar.....	97
Figura A.2. - Óxido Nitroso. Para presiones de 3.87 a 3.54 kg/cm ² manométricas a nivel del mar.....	98
Figura A.3. - Partes de un Cilindro.....	120

NOMENCLATURA

#salas	: Cantidad de salas de operaciones y partos.
#C.B.	: Cantidad de cilindros por bancada (Óxido Nitroso).
#Días	: Cantidad de días proyectados, días.
#Op./sala	: Cantidad de operaciones por sala.
#salidas	: Cantidad de salidas de vacío.
#S _{eq}	: Cantidad de salidas equivalentes por tramo.
A.P.	: Tiempo de Abastecimiento del proveedor, días.
B.A.E.	: Número de botellas de abastecimiento en emergencia.
B.D.	: Cantidad de botellas por día.
C _{TOTAL}	: Consumo total de óxido nitroso en salas de operaciones y parto, m ³ .
C _{Bomba}	: Capacidad mínima de operación de las bombas de vacío, SCFM.
C _{Compresor}	: Capacidad mínima de operación de los compresores, SCFM.
C.B.	: Capacidades estándar de botella o cilindro (10 m ³).
C.D.	: Consumo diario, m ³ .
C.D. (gas)	: Volumen de gas consumo por día, m ³ .
C.G.	: Consumo de Oxígeno gaseoso, m ³ .
C.T./sala	: Consumo total de óxido nitroso por sala, L.
C.T.	: Volumen total del tanque de almacenamiento, gal.
Consumo	: Consumo en L/min.
D	: Diámetro de tubería, m.
F.S.	: Factor de simultaneidad.

- Gasto_{Acum}** : Gasto acumulado por tramo, L/min.
- L_{eq}** : Longitud equivalente, m.
- L_{real}** : Longitud real, m.
- Perd_{100m}** : Pérdida de presión por 100m, kg/cm².
- Perd_{Tramo}** : Pérdida de presión por tramo, kg/cm².
- Perd_{Acum}** : Pérdidas acumuladas.
- Reposición** : Tiempo de reposición, días.
- T_{USO}** : Tiempo de uso, horas.
- TS_{eq}** : Total de salidas equivalentes.
- T_{Operación}** : Tiempo de operación considerado, h.
- T.A.E.** : Tiempo de Abastecimiento en emergencia, h.
- T.R.A.** : Cantidad total de botellas requeridas para almacén.
-
- P₀** : Presión atmosférica estándar, PSIA.
- T₀** : Temperatura atmosférica estándar, °R.
- P** : Presión atmosférica en la localidad, PSIA.
- T** : Temperatura atmosférica en la localidad, °R.
- ρ₀** : Densidad del aire estándar, kg/m³.
- P_{vsat}** : Presión de vapor saturado, psia.
- g** : Gravedad, m/s².
- z** : Altitud, m.s.n.m.
- HR** : Humedad relativa, %.

PRÓLOGO

En el presente trabajo se aborda el tema de los gases medicinales, los cuales se han desarrollado en un total de ocho capítulos, con el siguiente contenido.

En el primer capítulo, denominado INTRODUCCIÓN, se indica el propósito de esta tesis, así como los objetivos y alcances del presente estudio.

En el segundo capítulo, denominado GASES MEDICINALES, se realiza la definición, clasificación y caracterización de los gases más importantes, así como sus aplicaciones y usos.

En el tercer capítulo, denominado NORMAS Y ESTÁNDARES RELACIONADOS, se especifican las normas que sirven de base para el diseño y cálculo, entre las que destacan. La National Fire Protection Association (NFPA) y la Norma de Diseño de Ingeniería de la IMSS (Normas Mexicanas). Aquí se hace una breve descripción de cada una de ellas, explicando su naturaleza.

En el cuarto capítulo, denominado SISTEMAS DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN, se definen estos sistemas estableciendo el concepto de sistemas centralizados.

En el quinto capítulo, denominado EQUIPAMIENTO, se establecen los principales equipos que componen los sistemas de Suministro y Distribución.

En el sexto capítulo, denominado CRITERIOS DE DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN, se determina una metodología de cálculo tanto en las centrales de

suministro como en las redes de distribución, según el gas medicinal para el cual se esté diseñando.

En el séptimo capítulo, denominado APLICACIÓN, se detalla la aplicación práctica de un sistema de gases medicinales (oxígeno, vacío, óxido nitroso y aire comprimido medicinal), utilizando los criterios, principios y metodología de cálculo explicados en los capítulos anteriores, de acuerdo a condiciones ambientales determinadas.

En el octavo capítulo, se dan las conclusiones y recomendaciones consideradas en el diseño de los sistemas de gases medicinales.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La aplicación de los gases medicinales en hospitales son de uso intensivo y su consumo es cada vez más amplio. Todo ello, y el carácter de apoyo de vida, que en muchas ocasiones tienen estos gases, convierten su suministro y distribución en un aspecto crítico e importante en toda instalación hospitalaria.

Por estas razones, el propósito del presente trabajo es el de enfocar, explicar, describir y desarrollar los principios, criterios, normas y procedimientos de diseño y cálculo de sistemas de gases medicinales.

1.1. ALCANCES.

Los alcances del presente trabajo abarcan la concepción del diseño de los sistemas de gases medicinales, buscando establecer una metodología clara y sencilla teniendo un enfoque desde un punto de vista teórico, tomando en cuenta algunos aspectos prácticos de naturaleza técnica.

1.2. OBJETIVOS.

Los objetivos de este trabajo de tesis se pueden clasificar o dividir en dos tipos.

1.2.1. Generales.

- Ampliar y difundir más la utilización de métodos para dimensionar sistemas de gases medicinales en hospitales, considerando estándares de suministro y distribución.
- Generar el interés de profesionales y estudiantes de ingeniería en el estudio de este campo en el ámbito nacional.

1.2.2. Específicos.

- Establecer un referente, un punto de apoyo para otros estudiantes, tesis e interesados amplíen el estudio referente a este campo de la ingeniería.
- Definir y explicar la importancia de los sistemas de gases medicinales y su sistema de suministro y distribución dentro de un proyecto integral hospitalario moderno.
- Exponer una metodología de diseño de los sistemas de gases medicinales que sea clara y concisa.

CAPÍTULO II

GASES MEDICINALES

Habiendo sido los gases utilizados en medicina desde la antigüedad, especialmente en anestesia o como analgésicos, son en nuestra época indispensable en la medicina moderna, ya sea en sus antiguas funciones, como medio respiratorio o como agente estimulador de funciones fisiológicas.

2.1. DEFINICIÓN.

Se entiende por gas medicinal el gas o mezcla de gases destinados a entrar en contacto directo con el organismo humano o animal y que, actuando principalmente por medios farmacológicos, inmunológicos o metabólicos, se presenta dotado de propiedades para prevenir, diagnosticar, tratar, aliviar o curar enfermedades o dolencias.

2.2. CLASIFICACIÓN.

Existen variedades de tipos de gases medicinales, siendo los más utilizados los que se mencionan a continuación:

2.2.1. Oxígeno.

Para uso medicinal el oxígeno se produce por el método de destilación fraccionada, que consiste básicamente en el enfriamiento del aire previamente filtrado y purificado. Por métodos de compresión-

descompresión se logra el enfriado del aire hasta una temperatura aproximada a los -193 [°C]. Luego con el aire ya licuado se realiza una destilación donde cada uno de sus componentes puede ser separado.

El oxígeno es el gas más utilizado y de mayor relevancia para todos los hospitales del mundo. Fue presentado por 1777 y se ha demostrado su importancia para las prácticas médicas modernas en el año 1780. En la actualidad el oxígeno ya es considerado como un medicamento.

Tabla 2.1. – Características del oxígeno.

Formula Química	O ₂
Pesos Moleculares	31.9988 g/mol
Densidad del gas a 70 °F y 1 atm	1.326 kg/m ³
Gravedad específica del gas a 70 °F y 1 atm	1.105
Volumen específico a 70 °F a 1 atm	0.7541 m ³ /kg
Punto de ebullición a 1 atm	-182.96 °C
Punto de congelamiento a 1 atm	-218.78 °C
Temperatura crítica	-118 °C
Presión crítica	5043 kPa (abs)
Densidad crítica	436.1 kg/m ³
Punto triple	-218.79 °C a 0.1480 kPa (abs)
Calor latente de vaporización en pto. de ebullición	213 kJ/kg
Calor latente de fusión en pto. de fusión	13.86 kJ/kg
Calor específico del gas a 70 °F y 1 atm	
Cp	0.9191 kJ/kg °C
Cv	0.6578 kJ/kg °C
Relación de calor específico Cp/Cv	1.40
Densidad del líquido a pto. de ebullición	1.141 kg/m ³
Densidad del gas en el pto. de ebullición	4.483 kg/m ³

2.2.2. Óxido Nitroso.

El óxido nitroso se obtiene por medio de la descomposición térmica del nitrato de amonio, el cual es sometido a temperaturas que oscilan entre

los 245 [°C] y 260 [°C]; luego mediante filtrados sucesivos son eliminadas las impurezas.

El óxido nitroso (mezclado con Oxígeno 21% en volumen) es ampliamente utilizado como analgésico inhalable en todas las ramas de la medicina y odontología. Identificado por Joseph Priestley (1733–1804), y utilizado por primera vez en 1844 en odontología.

Las propiedades fundamentales desde el punto de vista fisiológico son: Escasa toxicidad y bajas alteraciones fisiológicas referidas a frecuencia cardíaca y presión sanguínea y a frecuencia respiratoria. Excelente farmacocinética, es decir que posee alta velocidad de ingreso y egreso del organismo, lo que posibilita una reintegración del paciente a sus actividades normales. En concentraciones de 20-40% produce un efecto sedante y marcado efecto analgésico.

Tabla 2.2. – Características del óxido nitroso.

Formula Química	N ₂ O
Pesos Moleculares	40.013 g/mol
Densidad de gas a (21.1 °C a 1 atm)	1.326 kg/m ³
Peso específico 21.1 °C 1 atm	1.53
Volumen específico de gas a 21.1 °C y 1 atm	0.81 m ³ /kg
Densidad de líquido (-151.8 °C)	1.222 g/ml
Punto de ebullición (1 atm)	-89.5°C
Punto de fusión	-163.6°C
Temperatura crítica	36.4°C
Presión crítica	72.6 bar
Calor latente de evaporación (-157.7 °C)	89.9 kJ/kg

Es importante hacer notar que los últimos avances en productos analgésicos alternativos están desplazando el uso de óxido nitroso en aplicaciones médicas.

2.2.3. Aire Comprimido.

El aire medicinal se obtiene mediante la compresión de aire atmosférico purificado y filtrado o de la mezcla de oxígeno y nitrógeno en proporciones 21% y 79% respectivamente.

Las condiciones fundamentales que debe cumplir el aire medicinal son: Libre de partículas, bacteriológicamente apto, libre de aceites, libre de agua.

Tabla 2.3. – Características del aire comprimido.

Peso molecular aparente	28.96 g/mol
Temperatura de ebullición a 1 atm	-194.35 °C
Temperatura crítica	140.6 °C
Presión crítica	37.74 bar
Densidad del gas a 1 atm y 0 °C	1293 kg/m ³
Densidad de líquido a 1 atm	873.9 kg/L
Viscosidad a 25 °C y 1 atm	0.01883 cP
Conductividad térmica a 25 °C y 1 atm	0.027 W/m °K

2.2.4. Vacío Medicinal.

El vacío es simplemente una depresión del aire atmosférico. Actualmente, debido a que forma parte de las instalaciones centralizadas de gases medicinales es considerado como tal, y se utiliza principalmente para retirar mediante proceso de vacío materia orgánica de pacientes.

2.2.5. Otros gases.

Otros gases considerados como medicinales son: El dióxido de carbono medicinal, helio líquido, nitrógeno medicinal.

2.2.5.1. Dióxido de carbono.

También conocido como gas carbónico o anhídrido carbónico, corresponde sólo al 0,03% de los gases de la atmósfera.

Es utilizado principalmente para insuflación en cirugías poco invasivas, como la laparoscopia y artroscopia, para ampliar y estabilizar cavidades del cuerpo, posibilitando una mejor visualización del campo quirúrgico.

2.2.5.2. Helio líquido.

El helio es un gas noble e inerte que posee baja electronegatividad y alto potencial de ionización.

En la fase líquida, el helio se encuentra a una temperatura cercana al cero absoluto (-273 °C) y es usado para refrigerar los potentes electroimanes de los equipos de resonancia magnética nuclear.

A esta temperatura, los conductores de los electroimanes posibilitan la producción de campos magnéticos de alta frecuencia y extremadamente intensos.

2.2.5.3. Nitrógeno medicinal.

El nitrógeno es un gas inerte que constituye el 78% de la atmósfera. En estado líquido, el nitrógeno se encuentra a una temperatura de -196 °C y es ampliamente empleado en los procesos de congelamiento de sangre y derivados, esperma, medula ósea, órganos para trasplante y todo tipo de material biológico.

En la criocirugía, el nitrógeno puede ser usado en procedimientos simples como la extirpación de verrugas en dermatología.

2.3. APLICACIONES Y USOS.

Las aplicaciones y usos que se dan en los gases medicinales se dan de acuerdo a sus características.

Oxígeno.

Sus aplicaciones en hospitales se encuentran clasificadas del siguiente modo:

Tratamiento:

- Asistencia respiratoria.
- Incubadoras.
- Oxigenoterapia (máscaras, nebulizadores)
- Oxigenoterapia hiperbárica.

Diagnóstico:

- Espirometría.
- Análisis biológico.
- Fotometría de llama.
- Equipos de exploración pulmonar.
- Medida del metabolismo basal.

Óxido Nitroso.

La principal aplicación del óxido nitroso es la anestesia general balanceada, como coadyuvante de otros agentes anestésicos inhalatorios o intravenosos. Reduce la concentración alveolar mínima de los agentes volátiles potentes así como la velocidad mínima de infusión de los anestésicos intravenosos, lo cual disminuye los efectos colaterales de éstos últimos – garantizando un plano anestésico-quirúrgico estable. A través de la disminución de las dosis de los agentes anestésicos volátiles e intravenosos se reduce, además, el costo de la anestesia. Actualmente este sistema está siendo sustituido por otros anestésicos.

Aire Comprimido.

Sus aplicaciones se aplican del siguiente modo:

Tratamiento:

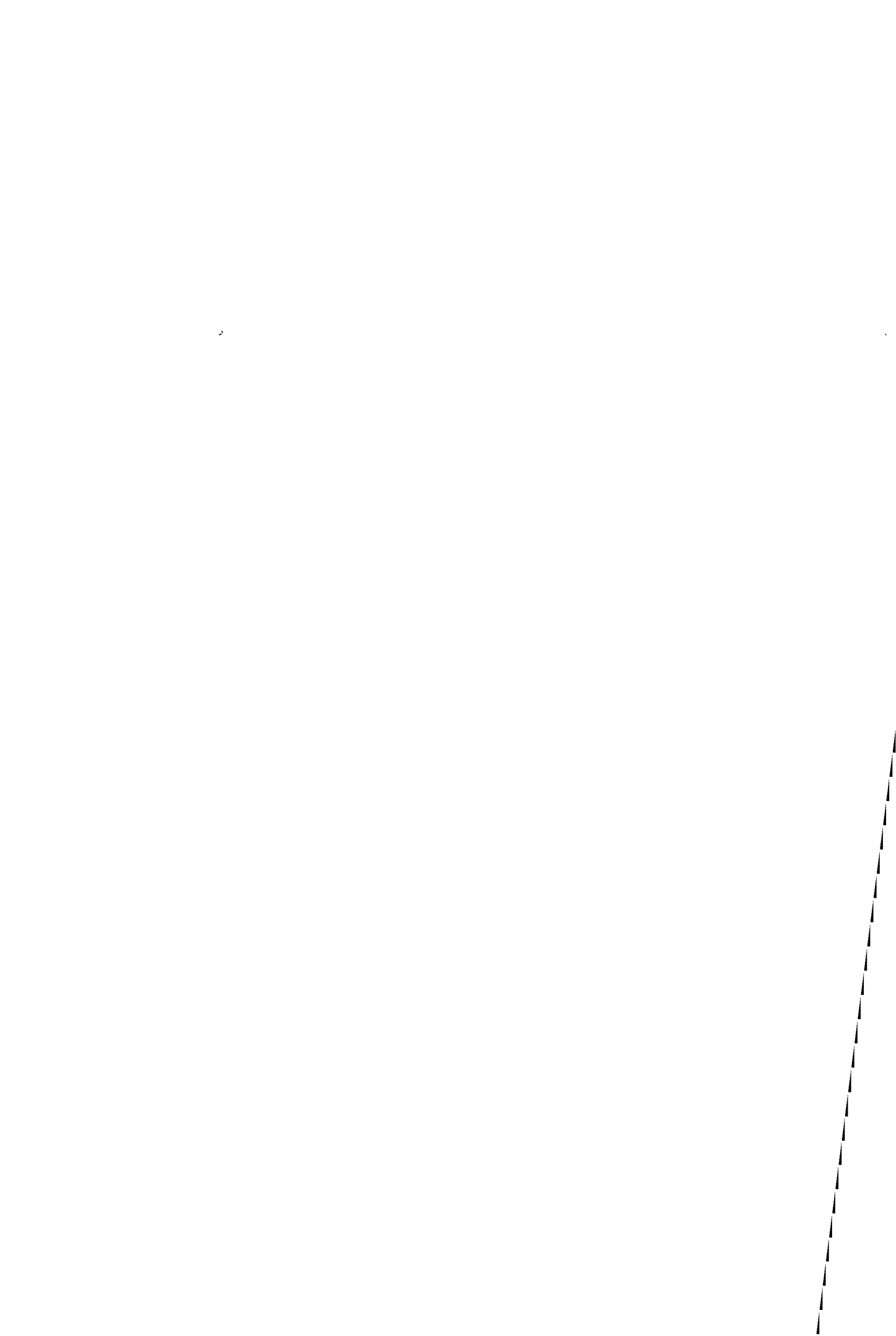
- Asistencia respiratoria.
- Incubadoras.
- Oxigenoterapia.

Diagnóstico:

- Análisis biológico.
- Cromatografía con detector de ionización de llama.
- Fotometría de llama.

Vacío (Succión).

Se utiliza en la limpieza mediante la succión de las vías respiratorias, heridas en cirugía, limpieza del campo de trabajo en el quirófano, y para el drenaje de sangre y secreciones.



CAPÍTULO III

NORMAS Y ESTÁNDARES

Para el desarrollo y diseño de los sistemas de gases medicinales en los hospitales se tienen en cuenta normas y estándares tanto nacionales como internacionales.

3.1. NORMAS RELACIONADAS.

Las normas internacionales más utilizadas como referencia son las normas de seguridad de la NFPA 99 y "Las Normas de Diseño de Ingeniería" de la IMSS.

A continuación se lista las normas aplicables a sistemas de gases medicinales:

- Normas de Seguridad de la NFPA 99.
- Normas de Diseño de Ingeniería de la IMSS. (México).
- CSA 7396 – 2002 (Canadá).
- HTM 02-01-2002 (Reino Unido).
- AS 2896-1998 (Australia).
- ISO 7396.
- CGA SB-6, CGA P-1, CGA P-2, CGA G-4.1, CGA V-5, CGA M-1, CGA G-6.1, CGA G-8.1 (CGA, Compressed Gas Association).
- Manual de Normas Farmacológicas adoptadas mediante la Resolución 620/2002, Norma 16.6.0.0.N20 (Colombia).
- Resolución 1672 de 2004, la cual fue modificada por la resolución 3183 de 2007. (Colombia).

- Resolución 1130/2000 - Ministerio de Salud: Reglamento para la Fabricación, importación y comercialización de Gases Medicinales y Anexo "Buenas Prácticas de Fabricación y Control de Medicamentos". (Argentina).
- FAAA AB 37217: 1997 - Redes de Distribución de Gases Medicinales. (Argentina).
- FAAA AB 37203: 1996 - Acoplamiento por yugo y válvula para botellas de gases comprimidos de uso médico. (Argentina).
- FAAA AB 37214-1: 1994 Conectores roscados y mangueras flexibles para baja presión - Para uso en sistemas de gases medicinales. (Argentina).
- FAAA AB 27218: 1996 - Cilindros y cañerías de gas medicinal para uso anestesiológico - Marcado e identificación del contenido. (Argentina).
- FAAA AB 37220-3: 1997 - Sistema de evacuación de gases de anestesia. (Argentina).
- FAAA AB 37221-1/2: 1997 - Señales de alarma para anestesia y cuidados respiratorios - parte 1 y 2. Señales de alarma visual y audible. (Argentina).
- FAAA AB 37224: 1997 - Unidades terminales para usar en sistemas de cañerías de gases medicinales. (Argentina).

3.2. ALCANCES DE LAS NORMAS.

Estas normas son criterios de seguridad que abarcan distintos tipos de sistemas técnicos, en donde se especifican dichos criterios de seguridad referidos a sistemas de gases y vacío.

Los requerimientos de confiabilidad en operación de los sistemas dependen de las categorías de riesgo del paciente al cual se van a someter. (Ver Tabla 3.1).

Refiere a todas las consideraciones de diseño, instalación y prueba en instalaciones del cuidado de la salud. Dentro de esto se especifican los criterios de

locación, diseño e instalación de los sistemas medicinales y de vacío, teniendo en cuenta consideraciones de seguridad, así como lineamientos sobre suministro y distribución, metodología de cálculo.

Estas normas son estructuradas considerando la aplicación, tipo de materiales, redes de distribución, abastecimiento, sistemas de alarma.

Tabla 3.1. – Categorías del Riesgo del Cuidado del Paciente.

	CATEGORÍA	CONFIABILIDAD DE SISTEMAS
1	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema tenga la probabilidad de causar daño mayor o muerte de pacientes.	Se espera que los sistemas estén disponibles en todo momento para el soporte de las necesidades de pacientes.
2	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema puede causar menor daño a pacientes.	Se espera que los sistemas provean un alto nivel de confiabilidad, con cortos periodos de inactividad tolerados sin un impacto significativo en el cuidado del paciente.
3	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema puede causar daño a pacientes.	La falla de estos sistemas no afectaría inmediatamente al cuidado del paciente.
4	Instalación de sistemas en el cual la falla de cualquier equipo o sistema no causa impacto en los pacientes.	Estos sistemas no tienen impacto en el cuidado del paciente y no debería ser notorio a los pacientes en eventos de falla.

Fuente: NFPA 99 (2010 Edition) – Healthcare Facility Management. Society of New Jersey.

Las diversas normas internacionales (Canadá, Reino Unido, Australia, México, Argentina, Colombia, etc.) tienen un origen común en las normas NFPA.

Aplicándose a los gases médicos, considerados y especificándose los criterios de diseño de los sistemas de gases medicinales y su metodología de cálculo.

- Abastecimiento y Distribución de Oxígeno y Óxido Nitroso.
- Suministro y Distribución de Aire Comprimido.
- Succión Central (Vacío).

Las especificaciones y criterios de diseño generales se encuentran estructurados de acuerdo a los siguientes puntos:

Aplicabilidad. Aquí se indica el nivel de riesgo al cual se aplicarán los requerimientos de las instalaciones.

Naturaleza de peligros. Fuegos potenciales y peligros de explosión asociadas a sistemas de gases médicos y de vacío deben ser considerados en el diseño, instalación, prueba, operación y mantenimiento.

Fuentes. Consideraciones de diseño, construcción, instalación, locación, ventilación, almacenamiento de sistemas de gases médicos y de vacío como:

- Identificación del sistema de suministro central y etiquetado.
- Operaciones del sistema de suministro central.
- Ubicaciones del sistema de suministro central.
 - Manifolds para cilindros de gas sin fuente de reserva.
 - Manifolds para contenedores de criogénico líquido.
 - Sistemas de criogénico líquido.
 - Conexión de fuente de oxígeno de emergencia.
- Sistemas de suministro central.
- Sistemas de suministro de aire medicinal.
- Sistemas de suministro de vacío médico-quirúrgico.
- Eliminación de residuos de gases anestésicos.
- Sistemas de suministro de aire para instrumentos.

Válvulas. Se indica acerca de los tipos de válvulas de cierre, su accesibilidad y requerimientos según la locación donde se instale (de línea principal y en línea), válvulas de servicio, zonas de válvulas y válvulas para conexiones futuras.

Estaciones de salida y entrada. Requerimientos de configuración de válvulas en las estaciones tanto de salida y entrada así como sus componentes dependiendo del tipo de sistema.

Montajes manufacturados. Aquí se indican secuencias de prueba previas a la instalación por parte del fabricante así como documentación certificada de rendimiento y pruebas realizadas.

Rieles de gas médico montados en la superficie (MGR). Consideraciones y requerimientos de instalación, locación de MGR y accesorios.

Indicadores de presión y vacío. Consideraciones de instalación y locación.

Sistemas de alarma. Requerimientos mínimos para la ubicación, instalación y funcionamiento de alarmas maestras, locales y áreas de alarma en los sistemas de gases medicinales, vacío, eliminación de residuos de gases anestésicos (WAGD).

Distribución. Consideraciones para materiales de tuberías para sistemas de gases médicos y de vacío, instalados en el terreno. Requerimientos para realización de juntas roscadas, uniones soldadas, finales de tubería, soldadura de metales diferentes en tuberías; así como su inspección. Requerimientos en uso de mangueras y conexiones flexibles. Instalación de equipos y tuberías (locación, tamaño, protección).

Marcas e identificaciones. Especificación de localización de señalizaciones de tuberías, identificaciones en válvulas de cierre, estaciones de salida y entrada y paneles de alarma.

Criterios y pruebas de rendimiento. Requerimientos y criterios de pruebas de instalación, sistemas de verificación (pruebas en válvulas, alarmas maestras, tuberías), pruebas de partículas y pureza en tuberías, concentración de gas médico, presión operacional.

Operación y manejo. Indicación de precauciones especiales de operación y manejo en sistemas de gases medicinales y de vacío, así como señales de advertencia.

Gases de soporte. Se explica acerca de la aplicabilidad, naturaleza de peligros, fuentes, válvulas, sistemas de alarma, distribución, criterios y pruebas de rendimiento en gases de soporte (nitrógeno y aire instrumental).

CAPÍTULO IV

SISTEMAS DE SUMINISTRO Y DISTRIBUCIÓN

4.1. DEFINICIONES GENERALES.

La forma de abastecimiento y distribución de los diversos gases medicinales en un hospital es en esencia similar, salvo pequeñas diferencias de configuración de acuerdo a cada tipo de gas medicinal.

En líneas generales, el sistema completo para cualquier gas medicinal se compone de una central de abastecimiento y una red de distribución. La configuración de cada sistema según el caso de cada gas medicinal se describe a continuación.

4.2. SISTEMAS CENTRALIZADOS.

Un sistema centralizado para distribución de gases de uso médico en hospitales, es aquel que consta de los siguientes elementos básicos:

- Una fuente central de suministro, con su respectivo equipo de operación y control (tanques de almacenamiento líquido, evaporador de gas, múltiples de distribución, central de vacío, compresores, etc.).
- Una red de distribución por tuberías que se extiende a todas las zonas dentro del hospital donde sea requerido el uso de estos gases.
- Un sistema de control de operación.
- Alarmas.

- Puestos de tomas individuales con características específicas para cada gas en las áreas donde estén presentes los gases.

4.2.1. Ventajas de los Sistemas Centralizados.

Una red de este tipo nos permite tener siempre oxígeno y óxido nítrico a disposición cuando y donde se lo requiere, se disminuyen los riesgos de incendio y explosiones, los pacientes no necesitan ver los cilindros y se evita una fuente de contaminación en quirófanos y salas de parto, ya que no es posible esterilizar un cilindro de gas.

A continuación se ofrece un listado de las ventajas,

- Las unidades centralizadas permiten un aprovechamiento al máximo del gas.
- Se dispone permanentemente de gases medicinales, y vacío en lugar de consumo.
- Permite una total adaptación a instalaciones antiguas.
- Las tomas de gases son selectivas con dispositivos de seguridad por bloqueo.
- Más espacio de las salas de tratamiento y hospitalización sin cilindros por empleo de equipos compactos murales o de techo.
- Se elimina el transporte de cilindros en elevadores y pasillos, un gran alivio para el personal.
- Uso y manejo sencillo del sistema ya que el mando y control son automáticos.
- Instalación de sistemas para extracción de vapores y gases anestésicos.

- Suministro sin interrupciones, no es necesario cambiar cilindros. El personal quirúrgico y los pacientes no sufren ningún tipo de molestia.
- Disminución del riesgo de accidentes por manipulación inadecuada de cilindros.
- El centro de mantenimiento está integrado en las instalaciones para el control de su funcionamiento.
- En caso de incendio, la centralización permite el control de los gases en un tiempo mínimo. Disminución potencial de riesgo.

El objetivo principal al momento de diseñar un sistema centralizado es la de permitir que la instalación tenga la capacidad de proveer los gases en condiciones de seguridad óptimas para el paciente así como para la institución, y satisfacer la demanda óptima del gas a los puestos de consumo. Por estos motivos es fundamental que sea absolutamente confiable en aspectos técnicos y operativos.

4.2.2. Componentes del Sistema.

4.2.2.1. Central de Gases.

Esto corresponde a la instalación necesaria para el almacenamiento y reducción de presión del oxígeno, el óxido nitroso y el aire comprimido, y para su distribución a los lugares de consumo.

4.2.2.2. Local para la Central de Gases.

Es un sitio para contener a los cilindros que contienen los gases, con el equipo incorporado para su conexión al sistema de tubería central que a su vez está conectado al sistema de distribución.

4.2.2.3. Central de Reducción.

Equipo fijo en la central de gases para la reducción de presión de los mismos a un sistema de red de tuberías.

4.2.2.4. Sala de Compresión.

Ambiente en donde se encuentran los equipos para uso médico tales como compresores (aire medicinal), bombas de vacío (vacío), etc.

4.2.2.5. Sistema de Tuberías para la Distribución.

Es la conexión entre la central de reducción, los compresores, el gas y las tomas de consumo. Se divide entre la red primaria y la red secundaria de distribución.

4.2.2.6. Reguladores de Presión Constantes.

En el sistema de tuberías se encuentra ubicado el equipo regulador para disminuir la presión que sale de la central de reducción a una presión de trabajo deseable, lo que puede variar en diferentes secciones y ambientes.

4.2.2.7. Puntos de consumo.

Son las terminales de las tuberías que consisten en válvulas de montaje fijo, con cierre automático, para la conexión de los aparatos de dosificación de oxígeno, óxido nitroso, aire comprimido medicinal y vacío.

4.2.3. Funcionamiento.

Los equipos de reducción de presión y los cilindros de gas se encuentran ubicados en la central de gases. Mediante los reguladores de las centrales de reducción se vacían los cilindros a una determinada presión que corresponde a la presión de trabajo adecuada para los equipos en los puestos de consumo.

Cuando se posee un tanque criogénico para oxígeno líquido (uso en hospitales mayores de 80 camas), mediante un vaporizador se suministra oxígeno gaseoso a la red de distribución.

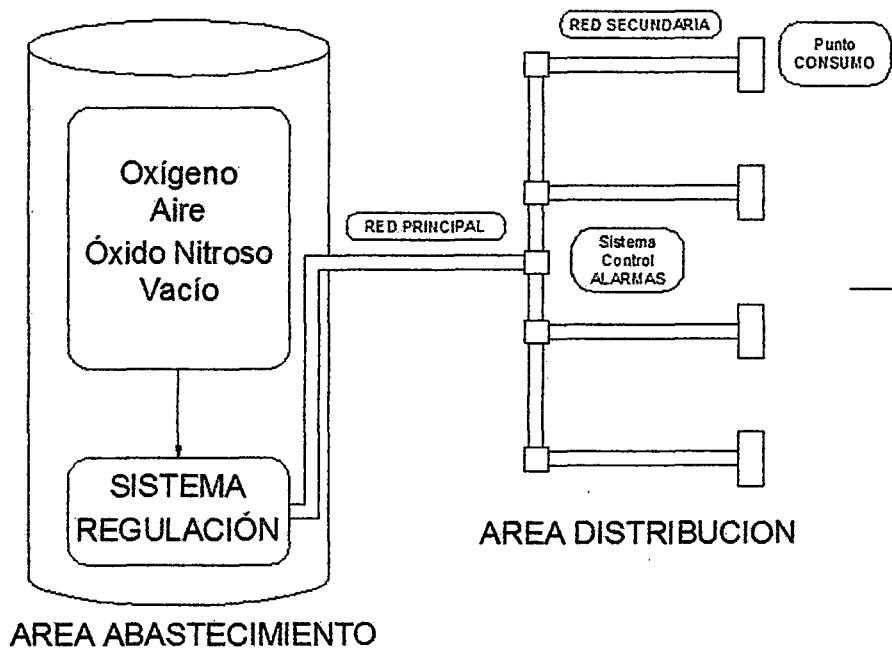


Figura 4.1. – Esquema de Sistema de Suministro y Distribución.

4.3. SISTEMA DE SUMINISTRO.

4.3.1. Tanque Criogénico.

El tanque criogénico es el medio de almacenamiento de oxígeno líquido por excelencia cuando tenemos grandes consumos en la institución.

Se recomienda en clínicas u hospitales con capacidades de hospitalización mayores a 80 camas.

Este es un recipiente dentro del cual se obtiene oxígeno líquido a muy baja temperatura. Para poder mantener tales temperaturas es necesario que el equipo este aislado térmicamente del exterior, conste de un tanque interior que contiene al gas líquido, construido de acero inoxidable. La camisa aislante se forma entre el tanque interior y un tanque exterior suficientemente grande desde el punto de vista técnico que permite formar el espacio de aislamiento, este tanque externo se fabrica en materiales ferrosos comunes. El aislamiento se construye de un polvo aislante especial y un vacío estático del orden de unos pocos mmHg.

4.3.2. Cilindros para Líquidos Criogénicos.

Los cilindros de líquido criogénico, llamados también contenedores de líquido o 'dewares' son recipientes al vacío de doble pared, con múltiples capas de aislante. Están diseñados para el transporte y almacenaje de gases licuados a temperaturas criogénicas. La mayoría de dewares permiten extraer el producto en fase líquida o gaseosa, aunque algunos dewares sólo permiten la extracción líquida.

Los dewares tienen dos ventajas principales:

- Contienen un gran volumen de gas a una presión relativamente baja comparada con los cilindros de gas comprimido.
- Son una fuente de líquido criogénico que puede manejarse fácilmente.

Aunque los dewares están aislados, las temperaturas extremadamente bajas de los líquidos criogénicos dan como resultado una fuga constante de calor y vaporización.

La vaporización variará y puede ser tan baja como el 0.4% o tan alta como el 3% del volumen del contenedor por día.

4.3.3. Manifolds.

Los manifolds automáticos están diseñados para el suministro constante e ininterrumpido de gas (oxígeno, óxido nitroso, etc.) al hospital a través de la sustitución del sistema de suministro al de reserva en forma automática. Las conexiones y tuberías se han diseñado para entrega máxima de flujo, con una caída mínima de presión del sistema.

En el caso de manifold manual la operación se realiza bajo el mismo principio a través del cierre y apertura de dos válvulas manualmente. El tamaño del manifold debe ser acorde a los requerimientos de consumo, así como al gas que se necesite en las diferentes áreas hospitalarias.

4.4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

4.4.1. Alarmas.

Las funciones a cumplir por los sistemas de alarmas (Ver Figura 4.2) en la red de distribución del gas son las siguientes:

Indicar por medio de una señal de sonido y una luminosa que la central de almacenamiento ha pasado de la alimentación normal a la reserva (por ejemplo cuando se termina el contenido del tanque y se conmuta a cilindros de reserva).

Indica por medio de una señal luminosa o sonora que se ha producido un desperfecto en la alimentación del gas por parte de la central, por lo tanto se debe proceder a habilitar la bancada de cilindros de reserva de emergencia que se debe conectar en serie con la red de distribución.

Se debe instalar un sistema para cada piso donde se tiende una red secundaria, ubicada preferentemente en la sala del supervisor de piso.

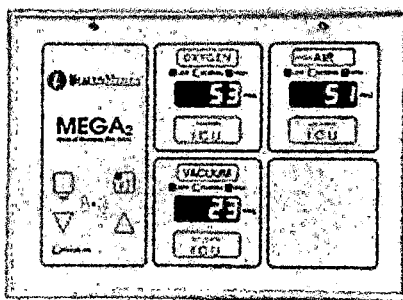


Figura 4.2. – Sistema de Alarma.

4.4.2. Columna de Techo.

La gran parte del equipamiento usado en quirófanos requieren gases medicinales, vacío y energía eléctrica.

Las columnas de techo ubican las salidas de gases medicinales por sobre la cabeza del personal y del equipamiento. Los cables caen en forma vertical sobre el equipo a ser utilizado.

El módulo cuenta con salidas para los gases medicinales, y vacío, soporte para sueros y un tablero eléctrico con tomas de 220 V y 10 A, tomas de 6, 12 y 24 Vca, conexiones de tierra y llave interruptora general con indicador luminoso.

El sistema se completa con un reloj digital, pulsadores de accionamiento y puesta a cero de cronómetro.

4.4.3. Puestos de toma y caja Soporte.

A partir de las necesidades de cada servicio, se creó lo que se denomina conjunto de terminales de pared para suministro de gases medicinales, y vacío. La estructura modular resultante permite agrupar los puestos de toma de cada gas de la red en una caja que los contiene. Los puestos de toma y las cajas soporte integran los conjuntos terminales de pared antes mencionado.

Un puesto de toma tipo diss (figura 4.3) permite efectuar la conexión de los gases a su estructura ofreciendo una fácil instalación y alojamiento a los distintos gases. La caja soporte está constituida por la misma caja y frente dentro del cual se encuentra el puesto de toma, más el agregado de un sobre frente fijado con tornillos. Este sobre frente posee ranuras que nos permite conectar los aparatos que se utilicen en el servicio.

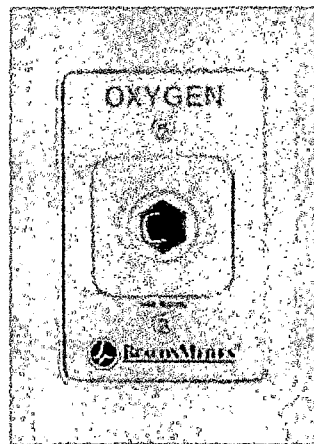


Figura 4.3. – Puestos de Toma.

CAPÍTULO V

EQUIPAMIENTO

Los sistemas de suministro se conforman por las centrales de gases medicinales. El equipamiento respectivo varía de acuerdo al gas a distribuirse en la red.

5.1. OXÍGENO Y ÓXIDO NITROSO.

De acuerdo a las diferentes configuraciones que existen, las formas de suministro pueden ser en tanque criogénico, contenedores criogénicos (termos ó dewar) y cilindros.

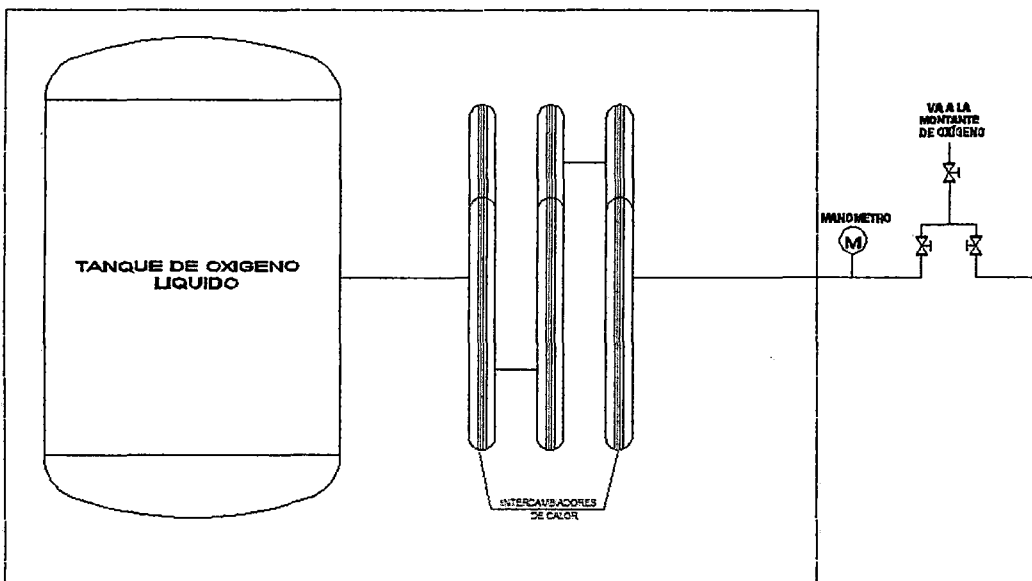


Figura 5.1. – Tanque Criogénico.

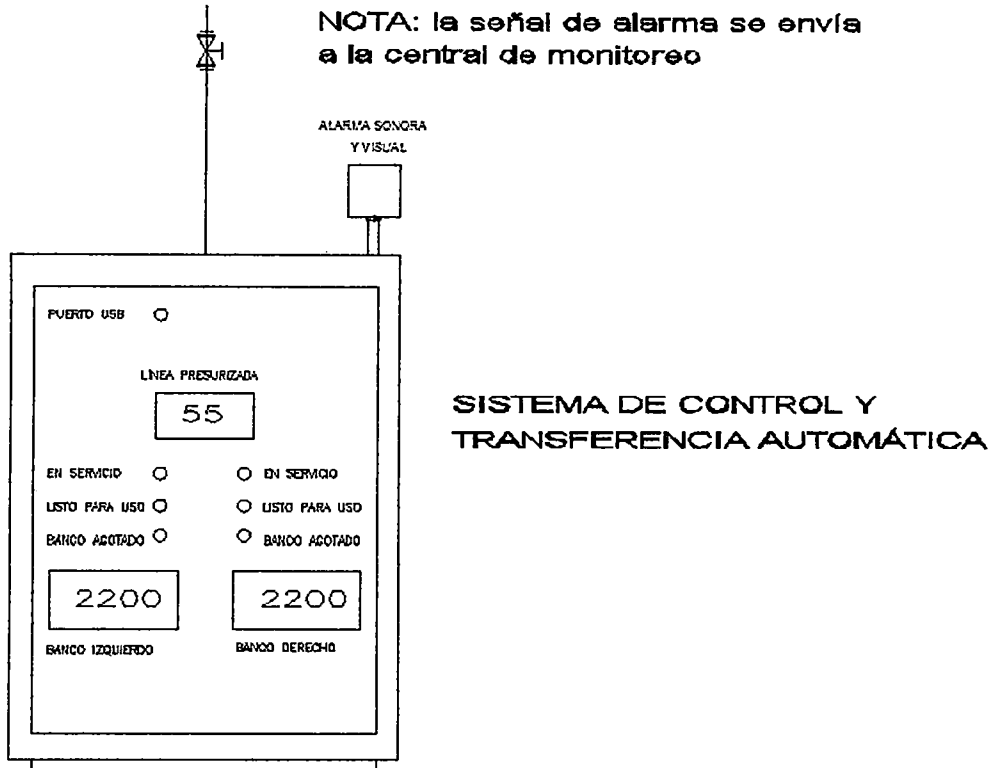


Figura 5.2. – Sistema de Control y Transferencia Automática (Oxígeno).

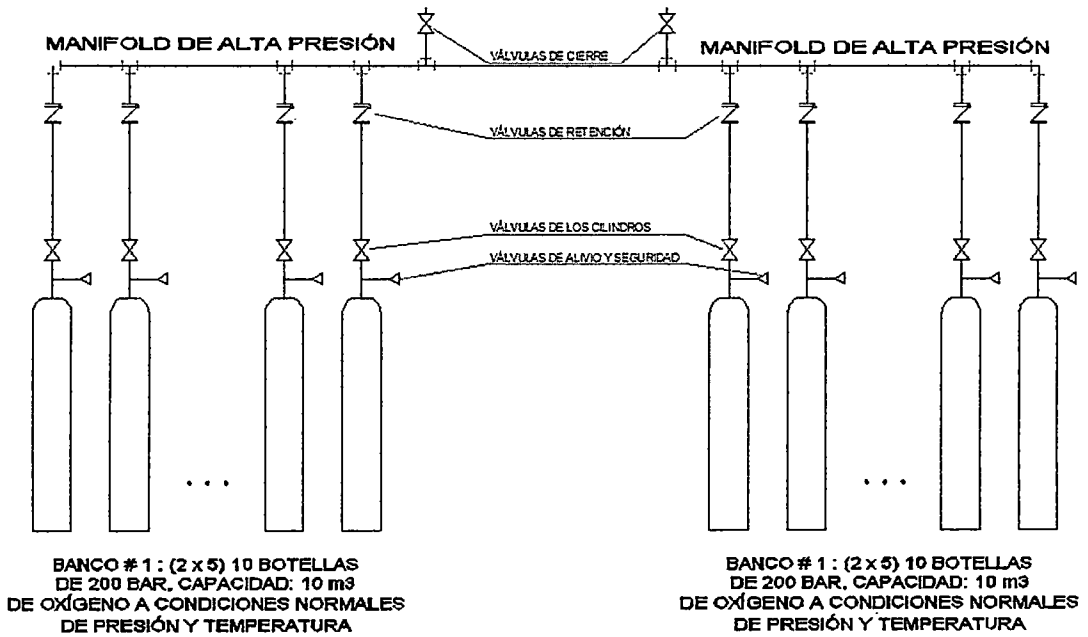


Figura 5.3. – Sistema de Manifold de Emergencia (Oxígeno).

NOTA: la señal de alarma se envía a la central de monitoreo

SISTEMA DE CONTROL Y TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

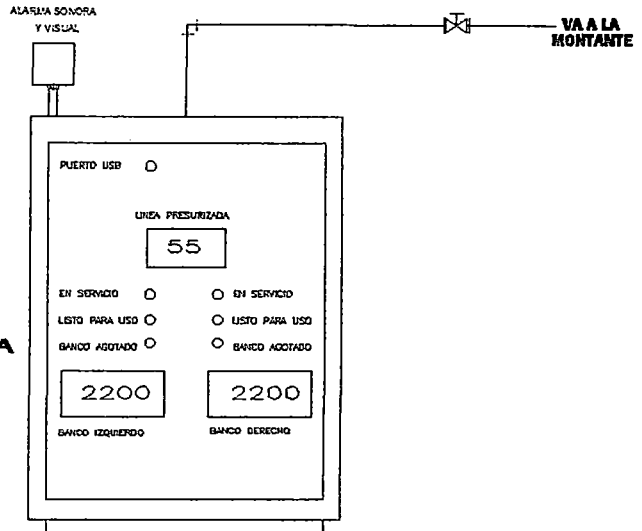


Figura 5.4. – Sistema de Control y Transferencia Automática (Óxido Nitroso).

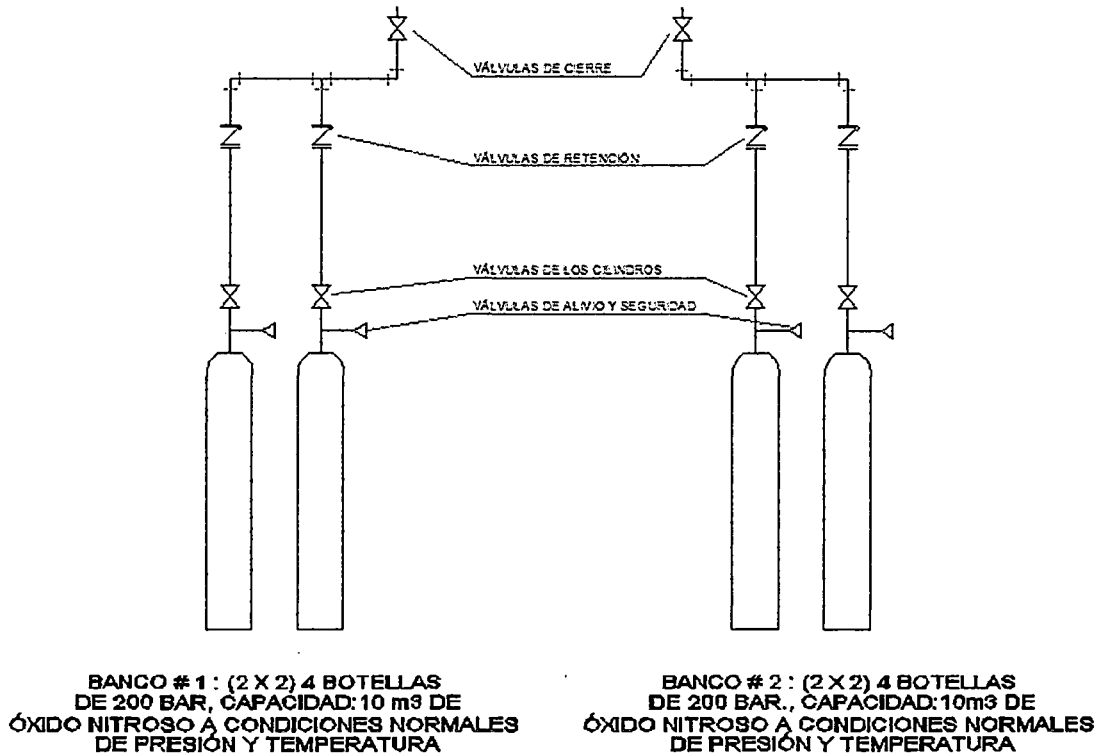


Figura 5.5. – Sistema de Manifold (Óxido Nitroso).

5.1.1. Tipos de Sistemas.

5.1.1.1. Tanque Criogénico.

Cuando las necesidades de consumo lo justifican, como en el caso de un hospital o industria, puede instalarse un tanque criogénico, que puede almacenar grandes cantidades de gas en forma líquida, ya sea Oxígeno, Nitrógeno o Argón.

5.1.1.1.1. Características.

Construcción: Consta de un recipiente interior de acero inoxidable para soportar bajas temperaturas, y uno exterior de acero al carbono, aislados entre sí por una combinación de alto vacío y material aislante.

Regulación de presión: Los tanques criogénicos tienen un sistema que vaporiza líquido para aumentar la presión cuando ésta baja, a medida que se descarga el tanque criogénico. En caso de presión excesiva, entrega gas a la línea de consumo, con lo que la presión baja rápidamente. Este sistema está diseñado para que el tanque criogénico trabaje a una presión constante, adecuada a las necesidades del usuario. Su presión máxima es de 235 psig.

Elementos de seguridad: Los tanques criogénicos están equipados con válvulas de alivio y discos estallantes, para dejar escapar el gas si hay un aumento excesivo de presión a causa de algún imprevisto.

5.1.1.1.2. Ventajas del tanque criogénico.

Carga: Son llenados por una pipa criogénica, que lleva el gas en estado líquido directamente desde la planta productora hasta el usuario, evitando el movimiento de cilindros.

Pureza: El gas criogénico es de mayor pureza que el de cilindros, debido a su sistema de carga que permanece siempre aislado de cualquier posibilidad de contaminación.

Retorno: No hay retorno de gas a la planta de llenado como sucede en los cilindros, con la consiguiente economía para el usuario. Mejor distribución interna: El tanque criogénico permite la instalación de una red centralizada de distribución de gases.

Seguridad: Se evita el traslado de cilindro dentro de las instalaciones, evitándose riesgos innecesarios.

5.1.1.2. Contenedor Criogénico.

Son envases portátiles para líquidos criogénicos, fabricados de doble pared con aislamiento de alto vacío, que se usan para distribución de Oxígeno, Nitrógeno y Argón en estado líquido.

5.1.1.2.1. Características.

El recipiente interno es de acero inoxidable y el exterior puede ser de acero al carbono o acero inoxidable. El alto vacío evita la transferencia de calor, lo que permite mantener la baja temperatura requerida. Posee dispositivos que mantienen la presión dentro de los límites prefijados, vaporizando líquido cuando la presión baja y sacando gas de la fase gaseosa cuando la presión sube.

Puede entregar su contenido tanto en estado líquido como gaseoso, abriendo en cada caso la válvula correspondiente. El rango normal de presiones de trabajo es de 29 a 203 psi.

Permiten suministrar gas en forma estable con flujo continuo de hasta 325 pies³/h. Cuando es necesario un flujo mayor, se usa un vaporizador externo que permite alcanzar flujos estables superiores a 505 pies³/h.

Presión de trabajo: La presión estándar a la que están regulados los contenedores criogénicos es de 125 psig.

Sistema de seguridad: Válvula de alivio para uso de gas, a 230 psig. Disco estallante del envase interior a 380 psig.

5.1.1.2.2. Principales ventajas.

Ahorro de tiempo: Se evita el cambio repetido de cilindros.

Ahorro de espacio: Un tanque criogénico de Oxígeno ocupa menos espacio que 22 cilindros, que contienen el mismo volumen de gas.

5.1.1.2.3. Ahorro de gas.

Los tanques criogénicos se vacían casi completamente, por lo que queda menos gas residual.

5.1.1.3. Cilindros Metálicos.

Los cilindros de alta presión para gases comprimidos son envases de acero de calidad especial, fabricados sin uniones soldadas y tratados térmicamente para optimizar sus propiedades de resistencia y elasticidad.

Estos cilindros son llenados a alta presión, comprimiendo el gas en el reducido espacio interior del cilindro. La fuerza ejercida por el gas sobre las

paredes del recipiente al tratar de conservar su volumen en condiciones naturales, genera el efecto de "presión".

5.1.1.3.1. Tipos de Cilindros.

Según la calidad del acero, los cilindros pueden ser tipo 3A de acero al manganeso, de pared gruesa, o 3AA, generalmente de acero cromo - molibdeno, de pared delgada. Representan una ventaja para los usuarios ya que son más livianos y resistentes para un determinado volumen y presión de servicio.

Los cilindros utilizados pueden ser de distintos tamaños, y por lo tanto de diferentes capacidades. El espesor de pared varía entre 5 y 8 mm., salvo en la base y en el hombro (ver Apéndice, Partes de un Cilindro, pág. 120), en que el espesor aumenta para hacer seguro el manejo y permitir el estampado con letras de golpe, de los datos y valores indicados por las normas.

En cuanto a las presiones de llenado, y según las características físicas de cada gas, podemos distinguir dos casos:

Gases comprimidos de alta presión: Son aquellos que no se licúan, pudiendo emplearse la presión máxima que establece la norma para el cilindro de alta presión empleado. Es el caso de Aire, Ar, He, H₂, N₂ y O₂, entre otros.

Gases comprimidos-licuados de presión intermedia: Son aquellos que se licúan, y que a temperatura ambiente tienen presiones dentro del cilindro del orden de 725 psig a 870 psig, para el caso del CO₂ y del N₂O respectivamente.

En el caso de los gases comprimidos licuados, el llenado se establece como un porcentaje en peso de la capacidad de agua dentro del cilindro, el que para los gases mencionados es de 68%. Para estos gases se pueden utilizar cilindros de alta presión con menores restricciones que en el caso anterior.

5.1.2. Configuración.

Las configuraciones de los sistemas se dan según los siguientes arreglos:

Cínicas u Hospitales con capacidad de hospitalización menor a 80 camas.

- Manifold de cilindros sin reserva. (Ver Figura 5.6)
- Manifold de cilindros con reserva. (Ver Figura 5.7)

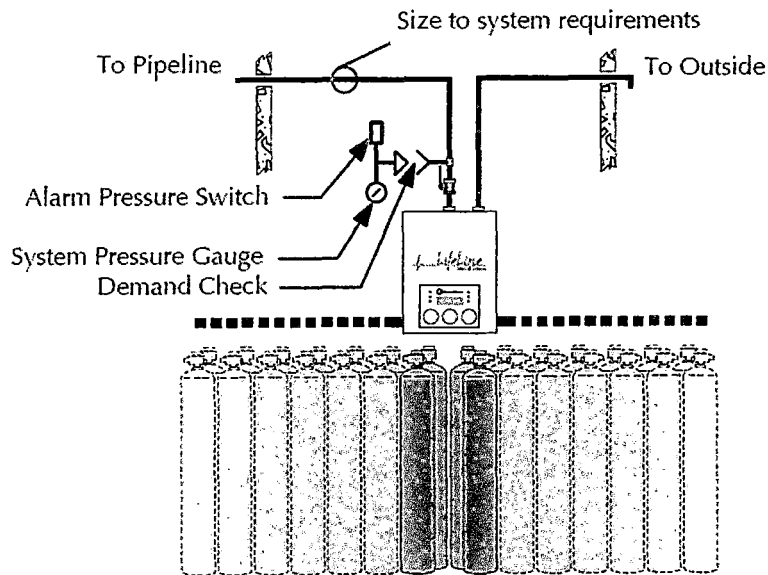


Figura 5.6. – Manifold de cilindros sin Reserva.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 8.

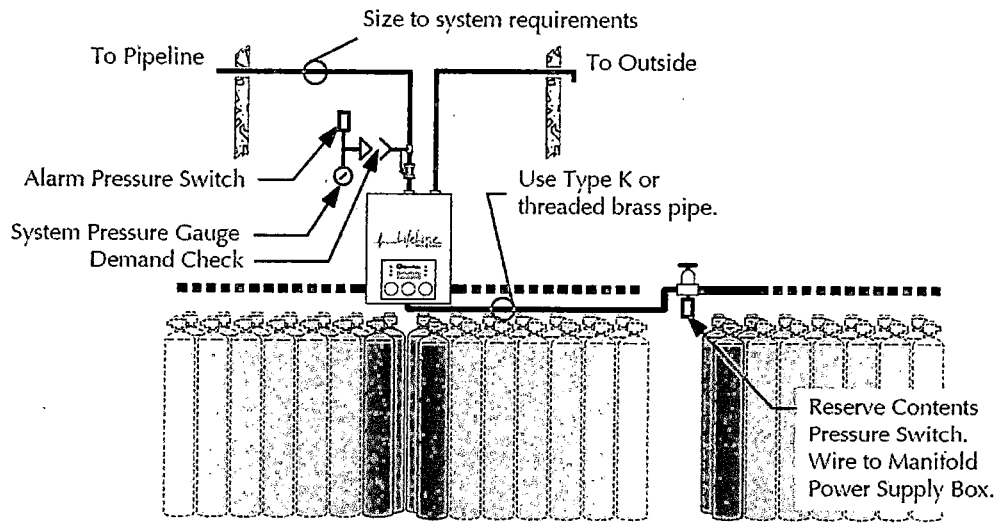


Figura 5.7. – Manifold de cilindros con Reserva.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 8.

Cínicas u Hospitales con capacidad de hospitalización de 80 a 120 camas.

- Manifold de contenedor con cilindro secundario. (Ver Figura 5.8)
- Manifold de contenedor con reserva. (Ver Figura 5.9)
- Contenedor con cilindro secundario. (Ver Figura 5.10)

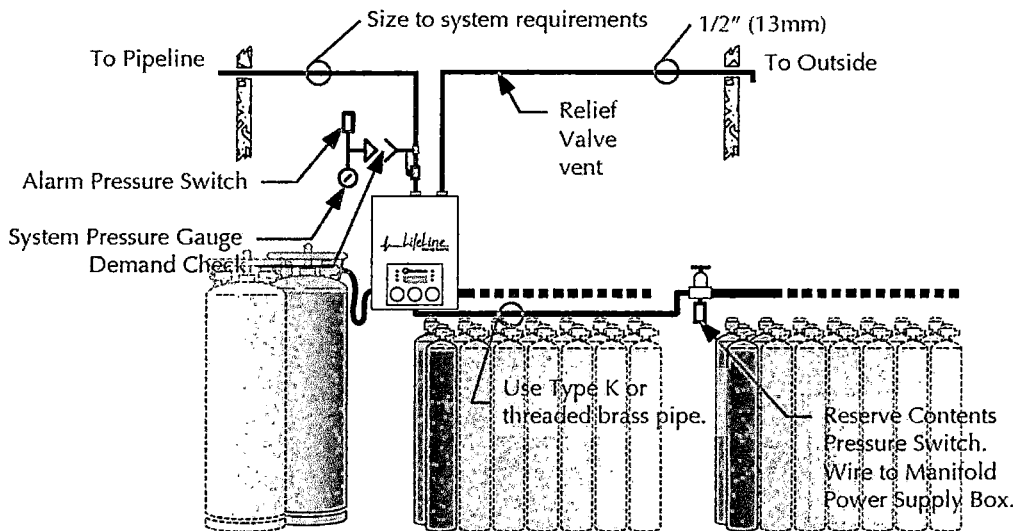


Figura 5.8. – Manifold de contenedor con cilindro secundario.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 8.

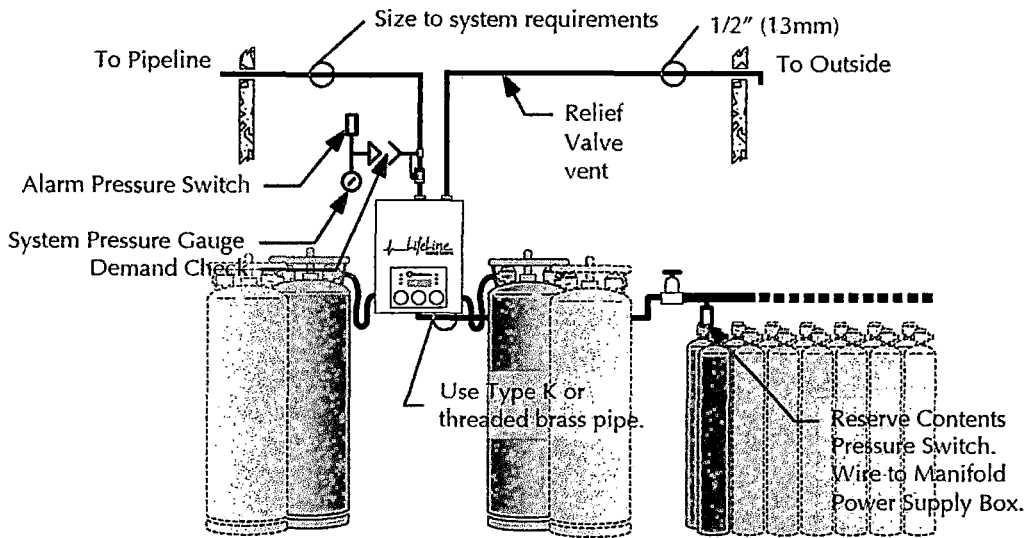


Figura 5.9. – Manifold de contenedor con Reserva.

Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 8.

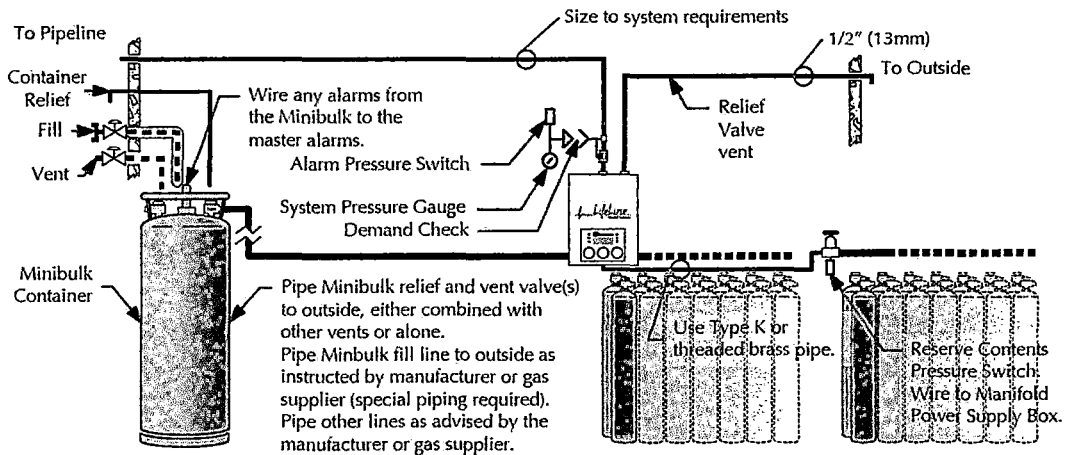


Figura 5.10. – Contenedor con cilindro secundario.

Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 8.

Cónicas u Hospitales con capacidad de hospitalización mayor a 120 camas.

- Sistema Tanque criogénico. (Ver Figura 5.11)

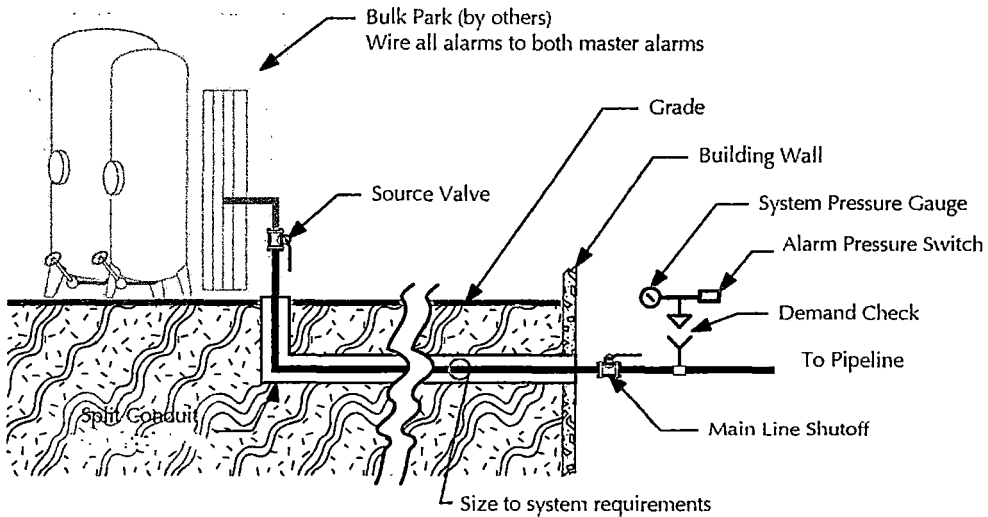


Figura 5.11. – Sistema Tanque Criogénico.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 8.

5.2. VACÍO.

El vacío medicinal es comparado con otros sistemas de suministro de gas medico muy sencillo. La parte más difícil es la selección de la tecnología a usarse porque hay muchas tecnologías compitiendo. Los requerimientos viene del análisis del balance Costo inicial vs. Costo de ciclo de vida y requerimientos de mantenimiento.

Cada bomba contiene:

- Filtro de ingreso de aire de 5 micrones.
- Válvula de alivio de vacío.
- Válvula check para prevenir el retorno de fluido a través de las unidades fuera de ciclo.
- Conector flexible y válvula de aislamiento.
- Sensor de temperatura.
- Válvula de drenaje de aceite y mirilla.

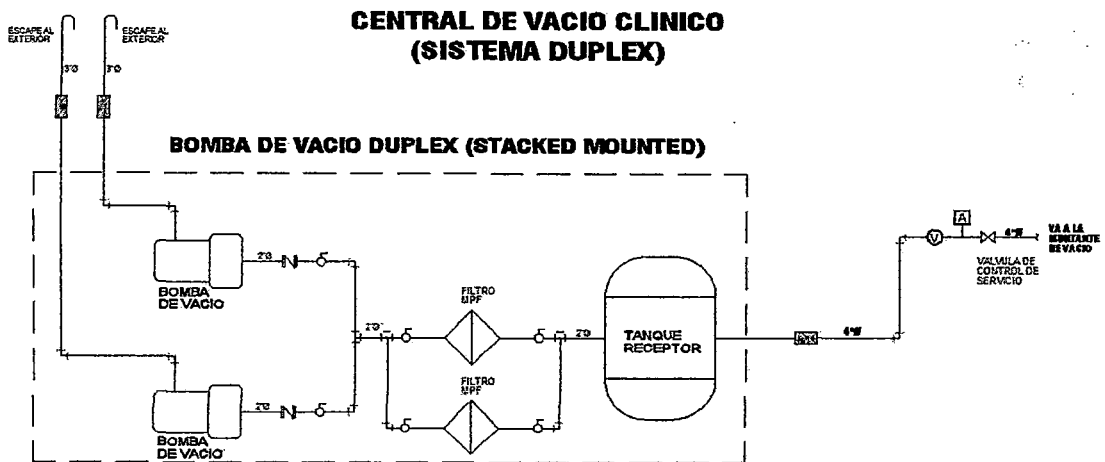


Figura 5.12. – Esquema Típico de Sistema de Vacío.

5.2.1. Tipos de Sistemas.

Se clasifican de acuerdo a las tecnologías desarrolladas en cada modelo.

5.2.1.1. Sistema de Vacío de Paletas.

El sistema de vacío de paletas utiliza una tecnología multipaleta de menor fricción. Las paletas giran en direcciones opuestas, sincronizados vía engranajes de precisión, generando una alta eficiencia. Las paletas no tienen contacto con la carcasa u entre sí, lo cual elimina la necesidad de un lubricante o fluido de sellado dentro de la cámara de la bomba.

5.2.1.2. Sistema Oil-less Rotativo.

Los sistemas oil-less tienen las siguientes características:

- 100% seco, sin aceite ni agua.
- Mantenimiento simple.
- Compacto.
- Libre de vibración.

5.2.1.3. Sistema Lubricado Rotativo.

Los sistemas lubricados rotativos son altamente confiables. Las bombas de vacío refrigerados por aire y manejados directamente. Su diseño simple y compacto permite un mantenimiento sencillo, operación silenciosa y de largos periodos.

5.2.1.4. Sistema de Anillo Líquido.

El sistema de anillo líquido es simple. Un rotor hace girar un fluido de sellado (usualmente agua) dentro de la cámara. El fluido actúa como un pistón ideal, bombeando el aire virtualmente sin fricción. El rotor jamás toca la carcasa por lo que la bomba no sufre pérdidas internas.

5.2.1.5. Sistema de Tornillo Rotativo.

Las bombas en estos sistemas están en el rango de entre 25 y 75 hp, en sistemas dúplex o triplex. Indicado para bombas y rotores diseñados para miles de horas libre de problemas. La tecnología de tornillo rotativo es mejor que otras tecnologías por su longevidad.

5.2.2. Configuración.

Las variantes que existen son de acuerdo a la disposición del tanque receptor y las bombas. Lo cuales son las siguientes disposiciones.

5.2.2.1. Vertical.

La configuración vertical tiene dos bombas montadas sobre una sola base. Esta configuración solo es adecuada para bombas pequeñas o con

una muy pequeña vibración inherente. Esta es la más eficiente configuración en el aspecto de espacio, y los sistemas oil-less verticales ocupan muy poco espacio.

5.2.2.2. Base montada (SPC).

En sistemas de base montada, las bombas son montadas una sobre otra en una configuración de pila. El tanque receptor está montado encima de las bombas. Estos sistemas son típicamente del estilo de punto único de conexión.

5.2.2.3. Punto Único de Conexión (SPC).

En los sistemas SPC, las bombas son montadas en una base la cual es lo suficientemente largo para acomodar todas las bombas y accesorios. El sistema está conectado por tuberías y cableado a una sola entrada, salida y conexión eléctrica. Pueden ser parcialmente desarmados en el campo para un fácil mantenimiento.

5.2.2.4. Modular.

Cada bomba, los controles y su tanque receptor son montados en bases individuales para su fácil manejo y emplazamiento donde el espacio es un requerimiento importante. Estos sistemas son especialmente muy adaptables a reconversiones y reemplazos.

5.2.2.5. Tanque montado.

Estos sistemas están montados encima de su tanque receptor y los usa como soporte. En tamaños pequeños son eficientes en espacio; y económicos.

5.2.2.6. Marco montado.

Estas son una variante de los sistemas de tanque montado empleados con sistemas más grandes, los cuales no pueden ser montados sobre su propio tanque. Las bombas y accesorios son montados sobre un marco con el tanque colgado por debajo.

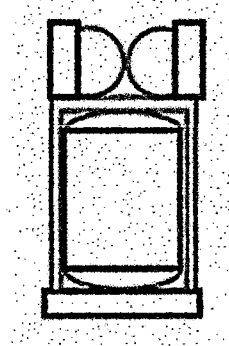


Figura 5.13. – Configuración Vertical.

Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 6.

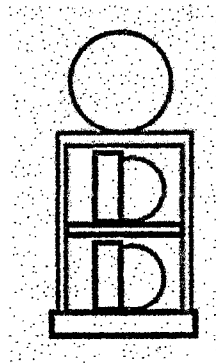


Figura 5.14. – Configuración Base Montada.

Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 6.

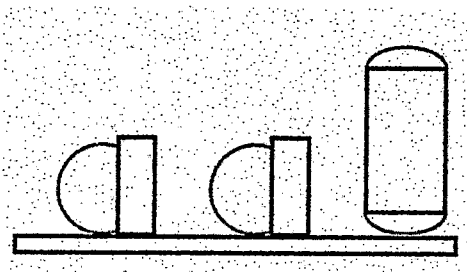


Figura 5.15. – Configuración SPC.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 6.

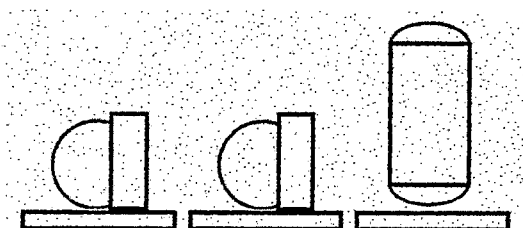


Figura 5.16. – Configuración Modular.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 6.

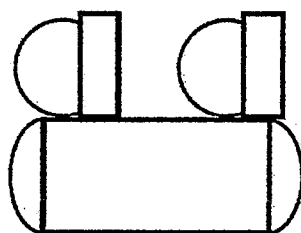


Figura 5.17. – Configuración Tanque Montado.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 6.

5.3. AIRE COMPRIMIDO.

El aire médico de los compresores de acuerdo a las normas deben observar el siguiente principio fundamental: El aire debe limpiar y mantenerse limpio. El aire respirado por el paciente es por lo tanto en el peor de los casos igual al aire libre local filtrado.

A continuación se describe el sistema de filtros, secadores.

Post-enfriador

Post-enfriador por aire, el cual enfría el aire del servicio para un mejor uso, También incluye un separador tipo ciclón con su trampa de agua automática.

Secador de aire

Un banco formado de dos (2) secadores por absorción para aire comprimido tipo modular, para secar a -40°F de punto de rocío, a 100 psig, a 35 °C, temperatura de entrada de aire. Máxima presión 200 psig.

Características Técnicas:

- Control electro-neumático con filtro de 5 micrones y temporizador.
- Tablero con manómetros para cada torre e interruptor con protección.
- Desecante, alúmina activada de larga vida, regenerada por aire comprimido.
- Válvulas de fácil mantenimiento y manómetros para presión de tanque.
- Solenoide temporizado regulable para dren automático, con prefiltro y válvula para mantenimiento de operación.

Filtros

Sistema de filtrado de aire comprimido dúplex, capaz de filtrar mínimo 60.0 ACFM @ 100 psig, consta de tres etapas; en la primera etapa se utiliza un filtro de 1.0 micrones (MPF), para atrapar polvo atmosférico, polen, polvo de cemento, humo y fundición, etc., en la segunda etapa y tercera etapa se utiliza filtro doble de 0.01 micra (MPC/MPH) para atrapar aerosoles de aceite, bacterias, humo tabaco, etc., y de carbón activado para olores y sabores.

Incluye un dren automático y manual para condensado y manómetros de diferencial para el mantenimiento de los elementos filtrantes.

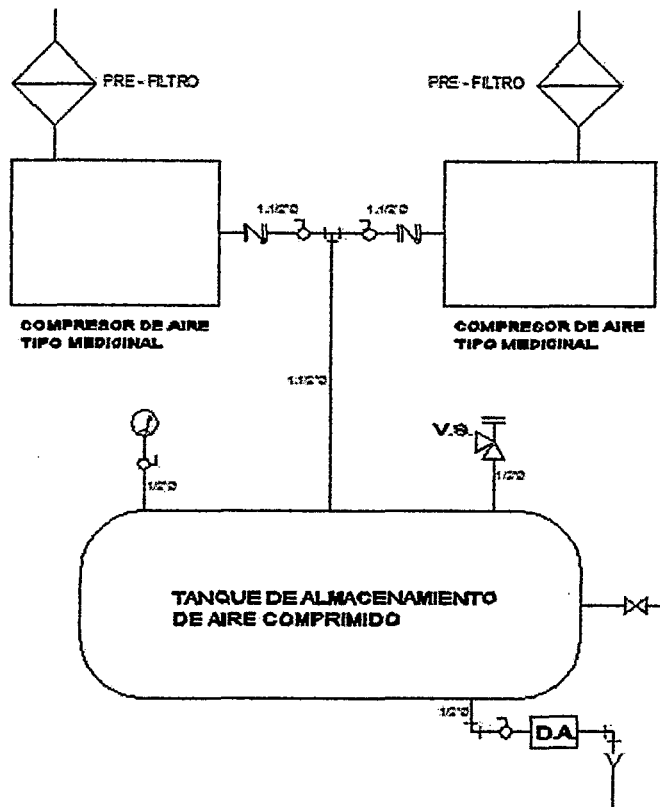


Figura 5.18. – Equipo de Compresión de Aire Medicinal.

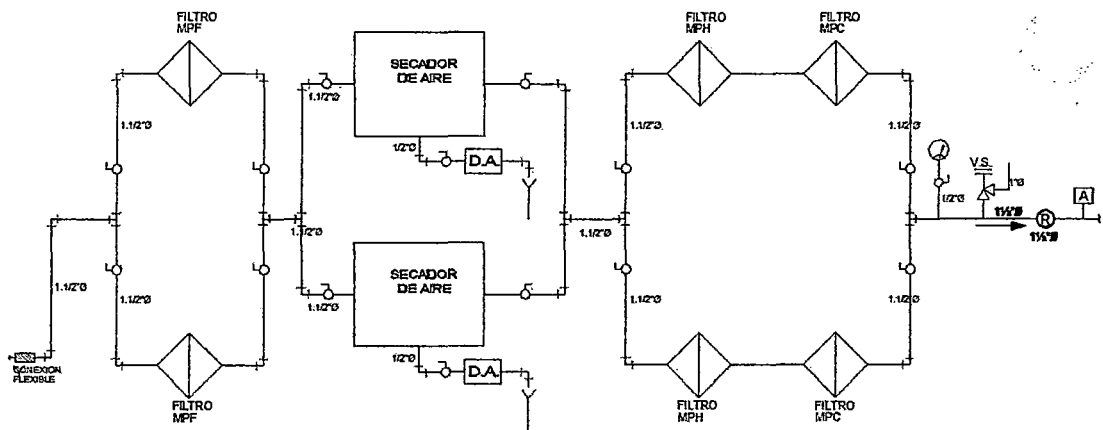


Figura 5.19. – Sistema Dúplex de Aire Comprimido Medicinal.

5.3.1. Tipos de Sistemas.

De acuerdo a las distintas tecnologías existentes se pueden mencionar las siguientes.

5.3.1.1. Compresores Reciprocantes Oil-less.

Los compresores de pistón también son llamados "reciprocantes" o "alternativos". Los componentes que conforman estos equipos se asemejan al sistema bloque - cilindro - pistón presentes en los motores de combustión interna. Su principio de funcionamiento se basa en el abrir y cerrar de válvulas que con el movimiento del pistón aspira y comprime el aire.

Este tipo de compresor se caracteriza por una excelente capacidad de alcanzar altas presiones de operación.

5.3.1.2. Scroll.

Se puede considerar como la última generación de los compresores rotativos de paletas, en los cuáles éstas últimas han sido sustituidas por un rotor en forma de espiral, excéntrico respecto al árbol motor, que rueda sobre la superficie del estator, que en lugar de ser circular tiene forma de espiral concéntrica con el eje motor.

La superficie de contacto entre ambas espirales se establece en el estator (en todas sus generatrices) y en el rotor también en todas sus generatrices. Como se puede comprobar, hay otra diferencia fundamental respecto a los compresores rotativos de paletas, y es que la espiral móvil del rotor no gira solidariamente con este último, sino que sólo se traslada con él paralelamente a sí misma.

5.3.2. Configuración.

Las variantes que existen son de acuerdo a la disposición del tanque receptor y los compresores. Lo cuales son las siguientes disposiciones.

5.3.2.1. Vertical.

Las configuraciones verticales tienen dos compresores montadas sobre una sola base. Esta configuración es muy adecuada solamente para compresores pequeños o con una vibración inherente muy pequeña como los compresores scroll. De todas las configuraciones son las que menor espacio ocupan y los sistemas verticales scroll son especialmente muy eficientes en ocupar poco espacio.

5.3.2.2. Punto Único de Conexión (SPC).

En los sistemas SPC, los compresores están montados en una base lo suficientemente larga para acomodar todos los compresores y accesorios. El sistema está conectado por tuberías y cableado a una sola entrada, salida y conexión eléctrica. Pueden ser parcialmente desarmados en el campo para un fácil mantenimiento.

5.3.2.3. Modular.

Cada bomba, los controles y su tanque receptor son montados en bases individuales para su fácil manejo y emplazamiento donde el espacio es un requerimiento importante. Estos sistemas son especialmente muy adaptables a reconversiones y remplazos.

5.3.2.4. Tanque montado.

Estos sistemas están montados encima de su tanque receptor y los usa como soporte. En tamaños pequeños son de eficientes en espacio y económicos.

5.3.2.5. Marco montado.

Estas son una variante de los sistemas de tanque montado empleados con sistemas más grandes los cuales no pueden ser montados sobre su propio tanque. Los compresores y accesorios son montados sobre un marco con el tanque colgado por debajo.

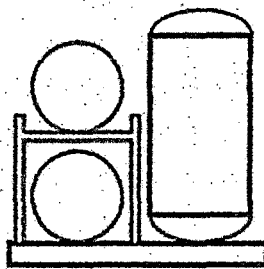


Figura 5.20. – Configuración Vertical.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 5.

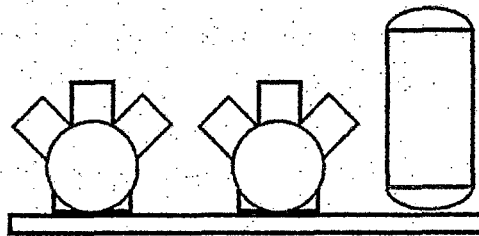


Figura 5.21. – Configuración SPC.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 5.

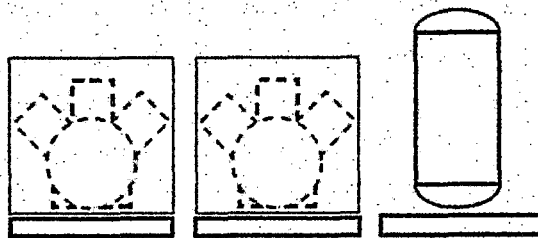


Figura 5.22. – Configuración Modular.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 5.

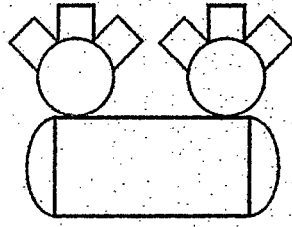


Figura 5.23. – Configuración Tanque Montado.
Fuente: Medical Gas Design Guide. Chapter 5.

CAPÍTULO VI

CRITERIOS DE DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN

Para el diseño tanto de las centrales como de las redes de gases medicinales dentro de las instalaciones de un hospital se basan en los procedimientos técnicos de cálculo y diseño y teniendo en cuenta las normas vigentes respectivas (NFPA, IMSS y demás normas).

6.1. NORMATIVA A UTILIZARSE.

De acuerdo a lo especificado en el Capítulo III, los criterios de diseño de instalaciones son tomados de acuerdo a criterios de protección de la NFPA y normas de la IMSS, así como normas adicionales derivadas de las dos normas antes mencionadas.

6.2. IDENTIFICACIÓN DE CONSUMOS POR ÁREAS DE HOSPITAL.

Las áreas a identificar son aquellas las que requieren de salidas de gases medicinales. Esto varía de acuerdo a la concepción de la arquitectura de cada hospital, pero en esencia existe una constante que se mantiene, definiendo algunos ambientes importantes.

Es importante identificar las áreas de consumo. Así se puede determinar la cantidad de salidas de consumo para cada gas, lo cual es útil para calcular la capacidad de las centrales. También es importante porque de acuerdo a la

ubicación física de las salidas se determina la forma del recorrido de red de tuberías para cada gas, diseñándola de acuerdo a la caída de presión que se genere.

Los ambientes más importantes en los cuales se distribuyen gases medicinales, se puede guiar de acuerdo a la *Tabla A.1*.

6.3. TAMAÑO DE ÁREAS MÍNIMAS POR AMBIENTES DE LAS CENTRALES.

Los ambientes en cual se localizarán las centrales de gases medicinales es de acuerdo al tipo de hospital. Las normas que rigen este criterio son:

- Decreto Supremo N° 005-90-SA.
- Resolución N° 038-OCPD-ESSALUD-2008. Anexo 1.

6.3.1. Tipos de Hospitales.

Los hospitales según la normativa nacional pueden clasificarse según el grado de complejidad, número de camas y ámbito geográfico de acción.

6.3.1.1. Por el grado de complejidad.

Hospital Tipo I.- Brinda atención general en las áreas de medicina, cirugía, pediatría, gineco-obstetricia y odontoestomatología.

Hospital Tipo II.- Además de lo señalado para el Hospital Tipo I, da atención básica en los servicios independientes de medicina, cirugía, gineco-obstetricia y pediatría.

Hospital Tipo III.- A lo anterior se suma atención en determinadas sub-especialidades.

Hospital Tipo IV.- Brinda atención de alta especialización a casos seleccionados.

6.3.1.2. Por el número de camas:

- Hospital Pequeño, hasta 49 camas.
- Hospital Mediano, de 50 hasta 149 camas
- Hospital Grande, de 150 hasta 399 camas
- Hospital Extra Grande, 400 camas a más camas.

6.3.1.3. Por el ámbito geográfico de acción:

- Hospital: Nacional.
- Hospital de Apoyo Departamental.
- Hospital de Apoyo Local.
- Institutos Especializados.

6.3.2. Áreas Mínimas.

Tabla 6.1. – Estándar de áreas mínimas por ambiente en proyectos hospitalarios.

AMBIENTE	CANT	ÁREAS MÍNIMAS POR AMBIENTE (m ²)			
		HOSPITAL I	HOSPITAL II	HOSPITAL III	HOSPITAL IV
C. Oxígeno y Óxido Nitroso	1	36.00	36.00	36.00	36.00
C. Aire Medicinal	1	21.00	21.00	21.00	21.00
C. Aire Dental	1	12.00	12.00	12.00	12.00
C. de Vacío	1	20.00	20.00	20.00	20.00

Fuente: Resolución N° 038-OCPD-ESSALUD-2008. Anexo 1.

6.4. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE LAS CENTRALES.

La determinación del consumo (L/min) se da de acuerdo a las áreas identificadas y utilizando los factores de salida de la tabla A.3.

6.4.1. Oxígeno.

Para determinar la capacidad de la central de oxígeno es importante calcular la capacidad del tanque criogénico y la cantidad de botellas por bancada.

Para el cálculo de la Máxima Demanda se sigue el siguiente procedimiento:

Se calcula el consumo diario (C.D.) en m³ de gas teniendo en cuenta el tiempo de uso y el caudal total que consumen todas las salidas equivalentes contadas.

$$C.D. (gas) = \frac{T_{USO} \times Consumo \times 60}{1000 \times F.S.} [m^3] \quad (6.1)$$

La capacidad de las botellas o cilindros son estándares de acuerdo a lo que existe en el mercado, generalmente se utilizan botellas de 10 m³.

$$B.D. = \frac{C.D. (gas)}{C.B.} \quad (6.2)$$

Luego se obtiene el consumo gaseoso (C.G.) para la cantidad de días proyectados.

$$C.G. = C.D. (gas) \times \# \text{ Dias} [m^3] \quad (6.3)$$

Teniendo el volumen diario consumido se calcula el volumen de oxígeno líquido requerido, con lo que se obtiene la capacidad del tanque criogénico.

$$C.T. = \frac{1.162 \times C.G.}{3.78} [gal] \quad (6.4)$$

Donde 1.162 es factor de conversión de oxígeno gaseoso a oxígeno líquido ($\rho_{GAS} / \rho_{LIQUIDO} = 1.33 / 1.14 = 1.162$)

Para el manifold de emergencias se calcula el consumo diario con lo cual se tiene la cantidad de botellas que van al almacén.

$$C. D. = \frac{T. A. E. \times \text{Consumo} \times 60}{1000} \times F. S. \quad [m^3] \quad (6.5)$$

Para el cálculo de la cantidad de botellas que irán depositadas en el almacén es necesario el volumen diario consumido en m³ de gas.

$$B. A. E. = \frac{C. D. (gas) \times T. A. E.}{C. B. \times 24} \quad (6.6)$$

6.4.2. Óxido Nitroso.

Para determinar la capacidad de la central de óxido nitroso es necesario, al igual que en el sistema de oxígeno, calcular la cantidad de botellas por bancada que irán en el manifold y la cantidad depositada en el almacén.

El consumo de óxido nitroso se da en salas de operaciones y partos. Para el cálculo de la Máxima Demanda se sigue el siguiente procedimiento:

$$C. T./Sala = \#Op./Sala \times T_{operacion} \times \text{Consumo} \times FC \times 60 \quad [L] \quad (6.7)$$

Con el consumo total por sala se obtiene el consumo total en metros cúbicos.

$$C_{TOTAL} = \frac{C. T./Sala \times \# Salas}{1000} \times F. S. \quad [m^3] \quad (6.8)$$

Para el manifold se utiliza las siguientes formulas, para obtener el número de cilindros por bancada y el total requerido de almacenamiento.

$$\# C. B. = \frac{C_{TOTAL}}{C. B.} \times \text{Reposición} \quad (6.9)$$

$$T. R. A. = \frac{C_{TOTAL}}{C. B.} \times A. P. \quad (6.10)$$

6.4.3. Aire Comprimido.

Los parámetros a calcularse y seleccionarse son: La capacidad de los compresores, filtros y secadores. Los usos del aire comprimido dentro de un hospital pueden clasificarse: aire comprimido medicinal (salas de operaciones y UCIs “Unidad de Cuidados Intensivos”), aire comprimido dental (consultorios dentales) y aire comprimido industrial (áreas de lavandería y esterilización).

$$C_{\text{Compresor}} = \text{Consumo} \times F. S. \times 0.0353 \text{ [SCFM]} \quad (6.11)$$

6.4.4. Vacío.

La central de vacío se diseña en torno al cálculo de la capacidad de la unidad de vacío (bombas de vacío).

$$C_{\text{Bomba}} = \# \text{Salidas} \times \text{Consumo} \times F. S. \times 0.0353 \text{ [SCFM]} \quad (6.12)$$

6.5. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE LAS REDES DE TUBERÍAS.

El principio general empleado para el dimensionamiento de las redes de todos los gases medicinales es de acuerdo al cálculo de la caída o pérdida de presión generada en la “red crítica”, es decir, la rama de tubería más larga dentro de la red total.

La caída de presión se calcula teniendo en cuenta las características del fluido (gas medicinal) que es transportado en las tuberías. Tomando en consideración el factor de fricción, el gasto acumulado, los cuales se pueden evaluar de nomogramas proporcionados por la norma de IMSS, pero también pueden ser evaluados analíticamente mediante ecuaciones empíricas (evaluación del factor de fricción) y el principio de pérdidas de Darcy – Weisbach.

El procedimiento es el mismo para el cálculo de las redes de todos los gases medicinales.

6.5.1. Oxígeno.

La longitud equivalente se tiene considerando las pérdidas secundarias generadas de accesorios en la red.

$$L_{eq} = 1.1 \times L_{real} \text{ [m]} \quad (6.13)$$

Considerando las salidas equivalentes y el consumo se obtiene el gasto por tramo.

$$\text{Gasto} = \#S_{eq} \left(\frac{\text{Consumo}}{TS_{eq}} \right) \text{ [L/min]} \quad (6.14)$$

Luego se obtiene el gasto acumulado por tramo, considerando $\text{Gasto}_0 = 0$.

$$\text{Gasto}_{Acum} = \sum_{k=1}^n \text{Gasto}_k - \sum_{j=1}^k \text{Gasto}_{j-1} \text{ [L/min]} \quad (6.15)$$

Después se obtiene las pérdidas por cada 100 m. los cuales se pueden obtener del nomograma de la figura A.1 para el oxígeno, proporcionada por la norma de diseño de ingeniería de la IMSS, o a través de la siguiente expresión analítica.

$\text{Perd}_{100 \text{ m}}$

$$= 97.063 \left\{ \frac{0.25}{\log \left[\frac{0.001524}{3.7(D \times 25.4)} + 4.6184 \left\{ \frac{20.18 \times 10^{-6}}{1.354} (D \times 0.0254) \right\} \frac{\text{Gasto}_{Acum} \times 60000}{\text{Gasto}_{Acum} \times 60000} \right]^{0.9}} \right\}^2$$

$$\times \left\{ \frac{\text{Gasto}_{Acum}^2}{(D \times 25.4)^5} \right\} \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad (6.16)$$

La ruta crítica se divide en una serie de tramos desde la troncal hasta el punto de salida más lejano de la red completa. La pérdida generada por tramo se obtiene de la siguiente expresión.

$$\text{Perd}_{\text{Tramo}} = \frac{L_{\text{eq}} \times \text{Perd}_{100 \text{ m}}}{100} \quad [\text{kg}/\text{cm}^2] \quad (6.17)$$

Una vez obtenida las pérdidas de cada tramo, finalmente se obtiene las pérdidas acumuladas de cada tramo hasta el último de los segmentos considerados. Las pérdidas acumuladas generadas en el último de los segmentos considerados de la ruta crítica es la máxima fricción que se puede generar en toda la red. Si esta pérdida es menor que la máxima permitida según norma de la IMSSS, se garantiza los diámetros seleccionados en el resto de la red.

$$\text{Perd}_{\text{Acum}} = \sum_{k=1}^n \text{Perd}_{\text{Tramo}_k} \quad [\text{kg}/\text{cm}^2] \quad (6.18)$$

6.5.2. Óxido Nitroso.

La longitud equivalente se tiene considerando las pérdidas secundarias generadas de accesorios en la red.

$$L_{\text{eq}} = 1.2 \times L_{\text{real}} \quad [\text{m}] \quad (6.19)$$

Considerando las salidas equivalentes y el consumo se obtiene el gasto por tramo, usando la ecuación (6.14).

Luego se obtiene el gasto acumulado por tramo, usando la ecuación (6.15), teniendo en cuenta las consideraciones respectivas.

Después se obtiene las pérdidas por cada 100 m. los cuales se pueden obtener del nomograma de la figura A.2 para el óxido nitroso,

proporcionada por la norma de diseño de ingeniería de la IMSS, o a través de la siguiente expresión analítica.

$Perd_{100\text{ m}}$

$$= 97.063 \left\{ \frac{0.25}{\log \left[\frac{0.001524}{3.7(D \times 25.4)} + 4.6184 \left\{ \frac{18.81 \times 10^{-6} (D \times 0.0254)}{1.27 \text{ Gasto}_{Acum} \times 60000} \right\}^{0.9} \right]^2} \right\} \times \left\{ \frac{\text{Gasto}_{Acum}^2}{(D \times 25.4)^5} \right\} \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad (5.20)$$

La ruta crítica se divide en una serie de tramos desde la troncal hasta el punto de salida más lejano de la red completa. La pérdida generada por tramo se obtiene de la ecuación (6.17).

Una vez obtenida las pérdidas de cada tramo, finalmente se obtiene las pérdidas acumuladas de cada tramo hasta el último de los segmentos considerados. Las pérdidas acumuladas generadas en el último de los segmentos considerados de la ruta crítica es la máxima fricción que se puede generar en toda la red. Si esta pérdida es menor que la máxima permitida según norma de la IMSSS, se garantiza los diámetros seleccionados en el resto de la red. Para esto se utiliza la ecuación (6.18).

6.5.3. Aire Comprimido.

La longitud equivalente se tiene considerando las pérdidas secundarias generadas de accesorios en la red, usando la ecuación (6.13).

Considerando las salidas equivalentes y el consumo se obtiene el gasto por tramo, usando la ecuación (6.14).

Luego se obtiene el gasto acumulado por tramo, usando la ecuación (6.15), teniendo en cuenta las consideraciones respectivas.

Después se obtiene las pérdidas por cada 100 m. los cuales se pueden obtener del nomograma de la figura A.1 (oxígeno), proporcionada por la norma de diseño de ingeniería de la IMSS, o a través de la siguiente expresión analítica.

Perd_{100 m}

$$= 70.951 \left\{ \frac{0.25}{\log \left[\frac{0.001524}{3.7(D \times 25.4)} + 4.6184 \left\{ \frac{\frac{17.08 \times 10^{-6}}{1.202} (D \times 0.0254)}{\text{Gasto}_{\text{Acum}} \times 60000} \right\}^{0.9} \right]^2} \right\} \times \left\{ \frac{\text{Gasto}_{\text{Acum}}^2}{(D \times 25.4)^5} \right\} \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad (6.21)$$

La ruta crítica se divide en una serie de tramos desde la troncal hasta el punto de salida más lejano de la red completa. La pérdida generada por tramo se obtiene de la ecuación (6.17).

Una vez obtenida las pérdidas de cada tramo, finalmente se obtiene las pérdidas acumuladas de cada tramo hasta el último de los segmentos considerados. Las pérdidas acumuladas generadas en el último de los segmentos considerados de la ruta crítica es la máxima fricción que se puede generar en toda la red. Si esta pérdida es menor que la máxima permitida según norma de la IMSSS, se garantiza los diámetros seleccionados en el resto de la red. Para esto se utiliza la ecuación (6.18).

6.5.4. Vacío.

La longitud equivalente se tiene considerando las pérdidas secundarias generadas de accesorios en la red.

$$L_{\text{eq}} = 1.3 \times L_{\text{real}} \text{ [m]} \quad (6.22)$$

Considerando las salidas equivalentes y el consumo se obtiene el gasto por tramo, usando la ecuación (6.14).

Luego se obtiene el gasto acumulado por tramo, usando la ecuación (6.15), teniendo en cuenta las consideraciones respectivas.

Después se obtiene las pérdidas por cada 100 m. las cuales se pueden obtener de los nomogramas de las figuras del 15.1 al 15.21, para el vacío (ver Apéndice, página 114), proporcionada por la norma de diseño de ingeniería de la IMSS, o a través de la siguiente expresión analítica.

$$\begin{aligned}
 & \text{Perd}_{100 \text{ m}} \\
 &= 15725.4845 \left\{ \frac{0.25}{\log \left[\frac{0.001524}{3.7(D \times 25.4)} + 4.6184 \left\{ \frac{17.08 \times 10^{-6} (D \times 0.0254)}{1.202 \text{ Gasto}_{\text{Acum}} \times 60000} \right\}^{0.9} \right]^2} \right\} \\
 & \times \left\{ \frac{\text{Gasto}_{\text{Acum}}^2}{(D \times 25.4)^5} \right\} \text{ [kg/cm}^2\text{]} \quad (6.24)
 \end{aligned}$$

La ruta crítica se divide en una serie de tramos desde la troncal hasta el punto de salida más lejano de la red completa. La pérdida generada por tramo se obtiene de la ecuación (6.17).

Una vez obtenida las pérdidas de cada tramo, finalmente se obtiene las pérdidas acumuladas de cada tramo hasta el último de los segmentos considerados. Las pérdidas acumuladas generadas en el último de los segmentos considerados de la ruta crítica es la máxima fricción que se puede generar en toda la red. Si esta pérdida es menor que la máxima permitida según norma de la IMSSS, se garantiza los diámetros seleccionados en el resto de la red. Para esto se utiliza la ecuación (6.18).

CAPÍTULO VII

APLICACIÓN

En este capítulo se especifica un ejemplo práctico utilizando los criterios explicados en los capítulos anteriores. El diseño de cálculo se divide en dos etapas: la primera se refiere al diseño de la capacidad de la central (suministro), la cual está basada en la distribución de puntos de salida desarrolladas por el especialista en equipamientos médico y la segunda etapa es con respecto al sistema de redes que se tienden por las instalaciones del hospital (distribución), y esta dependerá de la arquitectura respectiva.

Datos de entrada Iniciales.

- Cantidad de camas: 108.
- Tipo de Hospital: Tipo II.
- Condiciones ambientales de la zona.
 - Altitud: 751 m.s.n.m.
 - Humedad relativa: 82 %
 - Temperatura: 30.5 °C
 - Presión Atmosférica (local) :13.379 psia
 - Presión de vapor saturado: 0.6357 psia

Los sectores considerados han sido distribuidos en cuatro (4) niveles y que en términos generales considera los siguientes ambientes:

Primer Piso: Emergencia, Consulta Externa, Administración, Programa Preventivos, Diagnóstico por Imágenes, Farmacia Servicios Generales: Nutrición Dietética, cocina, Lavandería, Mantenimiento, Sala de Calderos, Sala de tableros y Grupo Electrógeno, Laboratorios, Anatomía Patológica, Tratamiento de Residuos Sólidos, Archivo, Auditorio.

Segundo Piso: Centro Obstétrico, Central de Esterilización, Centro Quirúrgico, Comunicaciones y Pediatría y Neonatología.- Hospitalización de Medicina con aislado y Residencia Médica.

Tercer Piso: Hospitalización de Ginecología y Obstetricia, UCI y UCI Neonatología.

Cuarto Piso: Hospitalización de Cirugía y Pediatría.

Por razones prácticas se indica una situación determinada de diseño con las siguientes condiciones iniciales, indicados en la siguiente tabla.

Tabla 7.1. – Relación de Áreas de Consumo.

	AMBIENTE	OXÍGENO	ÓXIDO NITROSO	AIRE COMP. MEDICINAL	VACÍO
PRIMER PISO	Emergencia				
	Sala de Observación	X			X
	Tópico	X			X
	Sala de Reanimación	X			X
	Sala Aislado Infectados	X			X
SEGUNDO PISO	Hospitalización				
	Tópico	X			X
	Medicina	X			X
	Aislado	X			X
	Centro Quirúrgico				
	Sala de Operaciones	X	X	X	X
	Recuperación	X		X	X
	Inducción Anestésica	X			X
	Centro Obstétrico				
	Sala de Partos	X	X	X	X
	Atención Recién Nacido	X			X
Recuperación	X			X	
TERCER PISO	Hospitalización				
	Ginecología	X			X
	Obstetricia	X			X
	Aislado Cuna	X			X
	Aislado Gineco-Obstetricia	X			X
	Incubadoras	X			X
	Cunero	X			X
	Tópico	X			X
	UCI				
	Sala Cuidados Intensivos	X		X	X
	Aislado UCI	X		X	X
CUARTO PISO	Hospitalización				
	Cirugía	X			X
	Pediatría	X			X
	Aislado Cirugía	X			X
	Aislado Escolar	X			X
	Tópico	X			X

7.1. CÁLCULO APLICATIVO DE UN SISTEMA DE ÓXIGENO.

DISEÑO DE LA CENTRAL.

Haciendo una identificación de las áreas de consumo se elabora la tabla mostrada a continuación, identificando el tipo de salida y asignando los factores de salida, según la *Tabla A.3*, se obtienen las salidas equivalentes.

Tabla 7.2. – Tabla de Salidas Equivalentes Oxígeno.

	CANTIDAD SALIDAS	TIPO DE SALIDA	FACTOR DE SALIDA	SALIDAS EQUIV.
Emergencia (1er Piso)				
Sala de Observación	9	A	2	18
Tópico	7	B	1	7
Sala de Reanimación	1	A	2	2
Sala Aislado Infectados	1	A	2	2
Hospitalización (2do Piso)				
Tópico	1	B	1	1
Medicina	10	B	1	10
Aislado	2	A	2	4
Centro Quirúrgico (2do Piso)				
Salas de Operaciones (03)	3	A	4	12
Recuperación	6	A	2	12
Inducción Anestésica	2	B	1	2
Centro Obstétrico (2do Piso)				
Sala de Partos (01)	1	A	4	4
Atención Recién Nacido	2	B	1	2
Recuperación	2	A	2	4
Hospitalización (3er Piso)				
Ginecología	7	B	1	7
Obstetricia	10	B	1	10
Aislado Cuna	1	B	1	1
Aislado Gineco - Obstetricia	1	B	2	2
Incubadoras	4	B	2	8
Cunero	3	B	1	3
Tópico	1	B	1	1
UCI (3er Piso)				
Sala de Cuidados Intensivos	8	A	2	16
Aislado UCI	2	A	2	4
Hospitalización (4to Piso)				
Cirugía	10	B	1	10

Pediatría	6	B	1	6
Aislado Cirugía	2	B	1	2
Aislado Escolar	1	B	2	2
Tópico	2	B	1	2
TOTAL				
	105			154

Habiendo contado todas las salidas equivalentes, se procede a determinar el consumo haciendo uso de la *Tabla A.4*.

Considerando un tiempo de uso de 24 horas y factor de simultaneidad de 0.25, se calcula el consumo diario (en gas) en metros cúbicos, utilizando la ecuación (6.1).

$$\text{Consumo Diario (gas)} = \frac{24 \times 1096 \times 60}{1000 \times 0.25} = 394.56 \text{ m}^3$$

Abastecimiento mediante botellas: Teniendo en cuenta que la capacidad estándar de las botellas o cilindros es de 10 m³, haciendo uso de la ecuación (6.2), se obtiene:

$$\text{Botellas por día} = \frac{394.56}{10} = 39.456$$

Esto implica que se requeriría disponer de 40 botellas de oxígeno por día

Abastecimiento mediante tanque criogénico: Considerando para unos 15 días, utilizando la ecuación (6.3), se obtiene el consumo diario.

$$\text{Consumo Gaseoso} = 394.56 \times 15 = 5918.4 \text{ m}^3$$

Usando la ecuación (6.4) se calcula la capacidad del tanque.

$$\text{Capacidad del Tanque} = \frac{1.162 \times 5918.4}{3.78} = 1819.36 \text{ gal}$$

Esto implica que se debería disponer de un tanque de por lo menos 1820 gal

Abastecimiento de emergencia: Considerando un tiempo de abastecimiento de emergencia de 12 horas, factor de simultaneidad de 0.25, usando la ecuación (6.5), se tiene:

$$\text{Consumo Diario} = \frac{12 \times 1096 \times 60 \times 0.25}{1000} = 197.28 \text{ m}^3$$

El número de botellas para almacenamiento está dado por la ecuación (6.6).

$$\# \text{Botellas Abast. Emergencia} = \frac{394.56 \times 12}{10 \times 24} = 19.728$$

Entonces en la central de oxígeno se considerará un tanque criogénico de oxígeno líquido de 2000 galones y para casos de emergencia se considera un manifold automático dúplex de dos bancadas de 10 cilindros. Todos los resultados calculados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7.3. – Demanda Máxima Oxígeno.

CALCULO DE LA MAXIMA DEMANDA.			
De la tabla 4.4, se tiene para:		160	salidas
Consumo		1096	L/min
Uso		24	horas
Factor de Simultaneidad		0.25	
Consumo diario (gas)		394.56	m³
Número de días		15	
Capacidad de Botella		10	m ³
Botellas por día		39.456	
Consumo gaseoso		5918.4	m ³
Capacidad del Tanque	6877.18	litros	1819.36 gal
Manifold de Emergencia			
Tiempo de Abastecimiento en Emergencia		12	horas
Factor de Simultaneidad		0.25	
Consumo diario		197.28	m³
Capacidad de Botella		10	m ³
Botellas de Abastecimiento en Emergencia		19.728	

DISEÑO DE LAS REDES.

De toda la red estimada se toma la red más larga en longitud, la cual es la llamada la RUTA CRÍTICA. Este ramal se divide en segmentos, en los cuales se calcula el calibre de los diámetros en función a las caídas de presión.

Por fines explicativos, se desarrollará el procedimiento de cálculo de segmento A-B. Para este segmento se tiene una longitud real de 60.83 m.

considerando las pérdidas secundarias que se generan en este segmento (ecuación 6.5), se obtiene una longitud equivalente de 66.913 m.

Haciendo un conteo para este tramo A-B se obtiene un total de 29 salidas equivalentes. Con esto se calcula el gasto, usando la ecuación (6.14).

$$\text{Gasto} = 29 \times \left(\frac{1096}{154}\right) = 206.39 \text{ L/min}$$

De aquí se calcula el gasto acumulado por tramo usando la ecuación (6.15).

$$\text{Gasto}_{\text{Acum}} = 1096 - 0 = 1096 \text{ L/min}$$

Las pérdidas se pueden obtener de los nomogramas proporcionados por las normas mexicanas, o también por expresión analítica utilizando la ecuación (6.16).

De esto se obtiene pérdidas de 0.037828 kg/cm² por cada 100 metros.

Las pérdidas por tramo se obtienen usando la fórmula (6.17).

$$\text{Perd}_{\text{Tramo}} = \frac{66.913 \times 0.037828}{100} = 0.025312 \text{ kg/cm}^2$$

Finalmente, usando la ecuación (6.18) se obtiene una pérdida acumulada de 0.025312 kg/cm².

Este procedimiento se repite en cada uno de los segmentos seleccionados.

Todos los resultados se encuentran expresados en la siguiente tabla.

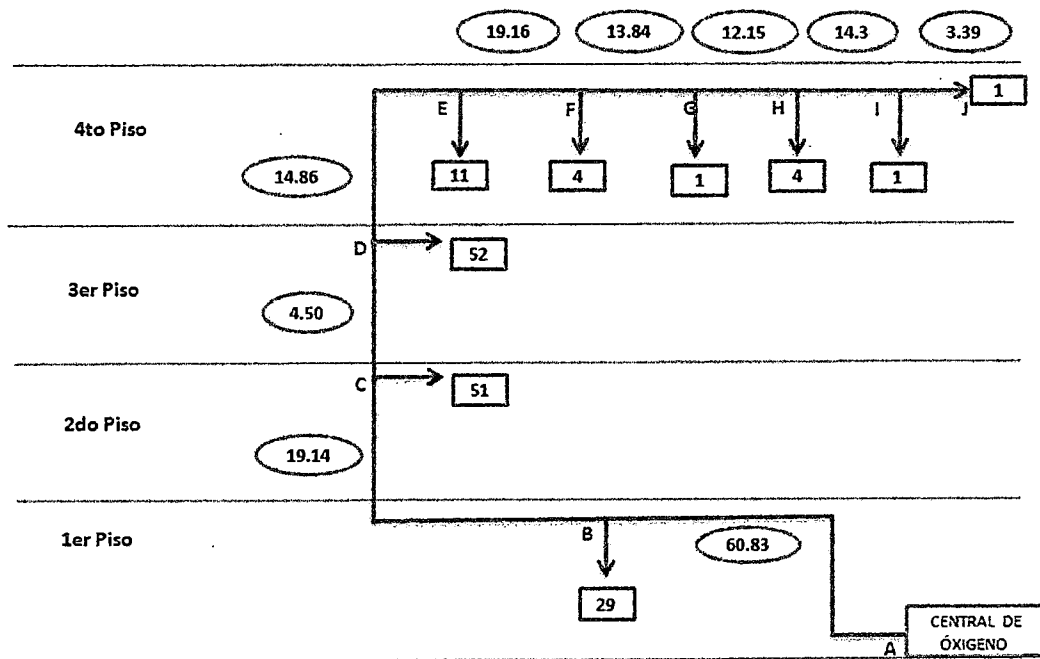
Tabla 7.4. – Diseño de redes de Oxígeno – Ruta Crítica.

RAMAL	DIAMETRO (pulg)	Long. Total (m)	L. Total Eq. (m)	Nº DE SALIDAS	GASTO (L/min)
A - B	1 ¼	60.83	66.913	29	206.390
B - C	1	19.14	21.054	51	362.961
C - D	1	4.50	4.950	52	370.078
D - E	1	14.86	16.346	11	78.286
E - F	¾	19.16	21.076	4	28.468
F - G	¾	13.84	15.224	1	7.117
G - H	½	12.15	13.365	4	28.468
H - I	½	14.30	15.73	1	7.117
I - J	½	3.39	3.729	1	7.117

RAMAL	Gst. Acum. (L/min)	Pérd. 100 m (kg/cm ²)	Pérd. Tramo (kg/cm ²)	Pérd. Acum. (kg/cm ²)
A - B	1096.000	0.037828	0.025312	0.025312
B - C	889.610	0.079167	0.016668	0.041980
C - D	526.649	0.027745	0.001373	0.043353
D - E	156.571	0.002452	0.000401	0.043754
E - F	78.286	0.002724	0.000574	0.044328
F - G	49.818	0.001103	0.000168	0.044496
G - H	42.701	0.006646	0.000888	0.045384
H - I	14.234	0.000738	0.000116	0.045501
I - J	7.117	0.000185	0.000007	0.045507

Las pérdidas acumuladas por fricción (0.045507 kg/cm²) son aceptables por ser menores a 0.28 kg/cm² (según Norma Mexicana del IMSS).

El circuito crítico de la Red de Oxígeno con sus respectivos ramales se muestra en la Figura 7.1.



Red Crítica de GLP.	
Longitud (m)	

Figura 7.1. – Circuito crítico de la red de Oxígeno.

7.2. CÁLCULO APLICATIVO DE UN SISTEMA DE ÓXIDO NITROSO.

DISEÑO DE LA CENTRAL.

El consumo que se da en salas de operaciones y partos se calcula por la ecuación (6.7). Considerando 5 operaciones por sala, 2 horas de operación, un consumo de 10 L/min y un factor de consumo de 0.8.

$$\text{Csm Total/Sala} = 5 \times 2 \times 10 \times 0.8 \times 60 = 4800 \text{ L}$$

De esto para unas 5 salas de operaciones y parto y un factor de simultaneidad de 1. Utilizando la ecuación (6.8) se obtiene:

$$\text{Consumo Total} = \frac{4800 \times 5}{1000} \times 1 = 19.2 \text{ m}^3$$

Para el manifold, utilizando las ecuaciones (6.9) y (6.10), se obtiene:

$$\# \text{Cilindro por Bancada} = \frac{19.2}{10} \times 2 = 3.84$$

$$\text{Total requerido} = \frac{19.2}{10} \times 7 = 13.44$$

Considerando el abastecimiento para 7 días, se requiere un total de 14 cilindros de 10 m³ distribuido en un manifold dúplex de 4 cilindros por bancada y 6 cilindros en el almacén. Todos los resultados calculados se dan en la siguiente tabla.

Tabla 7.5. – Demanda Máxima Óxido Nítroso.

CÁLCULO DE LA MÁXIMA DEMANDA.		
N° Sala de Operaciones y Partos	4	
Cálculo para una Sala de Operaciones		
N° de Operaciones por Sala	5	
Tiempo de Operación	2	horas
Consumo	10	L/min
Factor Consumo	0.8	
Consumo Total	4800	L
Cálculo para 03 Sala de Operaciones		
Consumo	19200	L
Consumo	19.2	m ³
Factor de Simultaneidad	1	
Consumo Total	19.2	m³

Cilindro	10	m ³
N° Cilindro por bancada	1.92	
Reposición	2	días
N° Cilindro Total por bancada	3.84	botellas
Abastecimiento Proveedor	7	días
Total Requerido Almacenamiento	13.44	botellas

DISEÑO DE LAS REDES.

El procedimiento de diseño es igual en todos los gases medicinales, siempre es necesario el determinar la RUTA CRÍTICA.

Al igual que en el caso del oxígeno. Empleando las ecuaciones (6.19), (6.14), (6.15), (6.20), (6.17) y (6.18). Se obtiene los resultados necesarios para el dimensionado de las redes de óxido nitroso.

Tabla 7.6. – Diseño de redes de Óxido Nitroso – Ruta Crítica.

RAMAL	DIAMETRO (pulg)	Long. Total (m)	L. Total Eq. (m)	N° DE SALIDAS	GASTO (L/min)
A - B	1	88.85	106.620	2	20
B - C	¾	32.62	39.144	2	20
C - D	½	9.18	11.016	2	20
D - E	½	18.70	22.440	2	20

RAMAL	Gst. Acum. (L/min)	Pérd. 100 m (kg/cm ²)	Pérd. Tramo (kg/cm ²)	Pérd. Acum. (kg/cm ²)
A - B	80	0.000640	0.000683	0.000683
B - C	60	0.001600	0.000626	0.001309
C - D	40	0.005832	0.000642	0.001951
D - E	20	0.001458	0.000327	0.002278

Las pérdidas acumuladas por fricción (0.002278 kg/cm²) son aceptables por ser menores a 0.28 kg/cm² (según Norma Mexicana del IMSS).

El circuito crítico de la Red de Óxido Nitroso con sus respectivos ramales se muestra en la Figura 7.2.

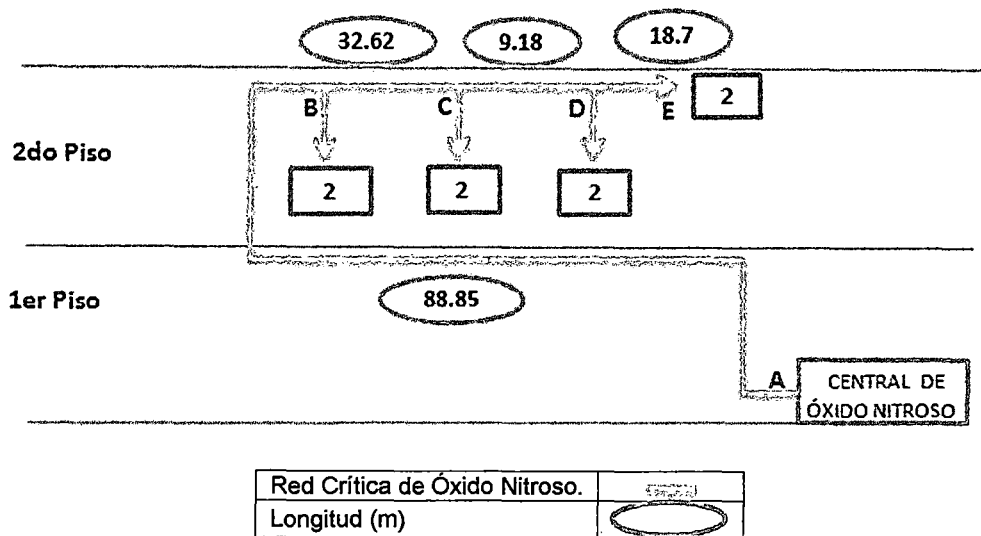


Figura 7.2. – Circuito crítico de la red de Óxido Nitroso.

7.3. CÁLCULO APLICATIVO DE UN SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.

DISEÑO DE LA CENTRAL.

El cálculo de las salidas equivalentes es similar al caso del oxígeno, utilizando la *Tabla A.3*.

Tabla 7.7. – Tabla de Salidas Equivalentes Aire Comprimido Medicinal.

	CANTIDAD SALIDAS	TIPO DE SALIDA	FACTOR DE SALIDA	SALIDAS EQUIV.
Centro Quirúrgico (2do Piso)				
Salas de Operaciones (03)	3	A	4	12
Recuperación	6	A	2	12
Centro Obstétrico (2do Piso)				
Sala de Partos (01)	1	A	4	4
UCI (3er Piso)				
Sala de Cuidados Intensivos	8	A	4	32
UCI Aislado	2	A	4	8
TOTAL	20			68

Como se explicó en el capítulo anterior, lo importante a calcular dentro de la central de aire comprimido es la capacidad de los compresores a utilizar. Para ello

teniendo la cantidad de salidas equivalentes, haciendo uso de la *Tabla A.4*, se obtiene el consumo. Con esto usando la ecuación (6.11) se obtiene:

$$Cap. \text{ Compresor} = 780 \times 1 \times 0.0353 = 27.53 \text{ SCFM}$$

Lo cual se interpreta como el uso de dos compresores de aire medicinal con una capacidad mínima de operación de 27.53 SCFM, con un tanque de almacenamiento de 120 galones (de catálogo). Los resultados se encuentran en la siguiente tabla. Es importante notar que la capacidad de consumo se da también en unidades ACFM (ver Apéndice, pág. 89), lo cual se define de acuerdo a la temperatura y altitud de la zona donde los equipos serán instalados. Siendo para este caso una capacidad mínima de operación de 33.1 ACFM.

Tabla 7.8. – Demanda Máxima Aire Comprimido Medicinal.

CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA				
De la tabla 4.4, se tiene para:	70	salidas		
Consumo	780	l/min	27.53	CFM
Factor de Simultaneidad	1.00			
Capacidad de Central	780	l/min	27.53	SCFM
			33.10	ACFM

DISEÑO DE LAS REDES.

Al igual que en los casos anteriores, el procedimiento es el mismo. Una vez establecida la RUTA CRÍTICA, se hace uso de las ecuaciones (6.13), (6.14), (6.15), (6.21), (6.17) y (6.18). Se obtiene los resultados de los diámetros de tuberías de la red del Aire Comprimido Medicinal.

Tabla 7.9. – Diseño de redes de Aire Comprimido Medicinal – Ruta Crítica.

RAMAL	DIAMETRO (pulg)	Long. Total (m)	L. Total Eq. (m)	Nº DE SALIDAS	GASTO (L/min)
A - B	1	75.95	83.545	40	458.824
B - C	¾	5.20	5.720	4	45.882
C - D	¾	26.84	29.524	12	137.647
D - E	½	5.78	6.358	4	45.882
E - F	½	9.18	10.098	4	45.882
F - G	½	18.70	20.570	4	45.882

RAMAL	Gst. Acum. (L/min)	Pérd. 100 m (kg/cm ²)	Pérd. Tramo (kg/cm ²)	Pérd. Acum. (kg/cm ²)
A - B	780.000	0.0443	0.0370	0.0370
B - C	321.176	0.0333	0.0019	0.0389
C - D	275.294	0.0245	0.0072	0.0461
D - E	137.647	0.0502	0.0032	0.0493
E - F	91.765	0.0223	0.0023	0.0516
F - G	45.882	0.0056	0.0011	0.0527

Las pérdidas acumuladas por fricción (0.0527 kg/cm²) son aceptables por ser menores a 0.28 kg/cm² (según Norma Mexicana del IMSS).

El circuito crítico de la Red de Aire Comprimido Medicinal con sus respectivos ramales se muestra en la Figura 7.3.

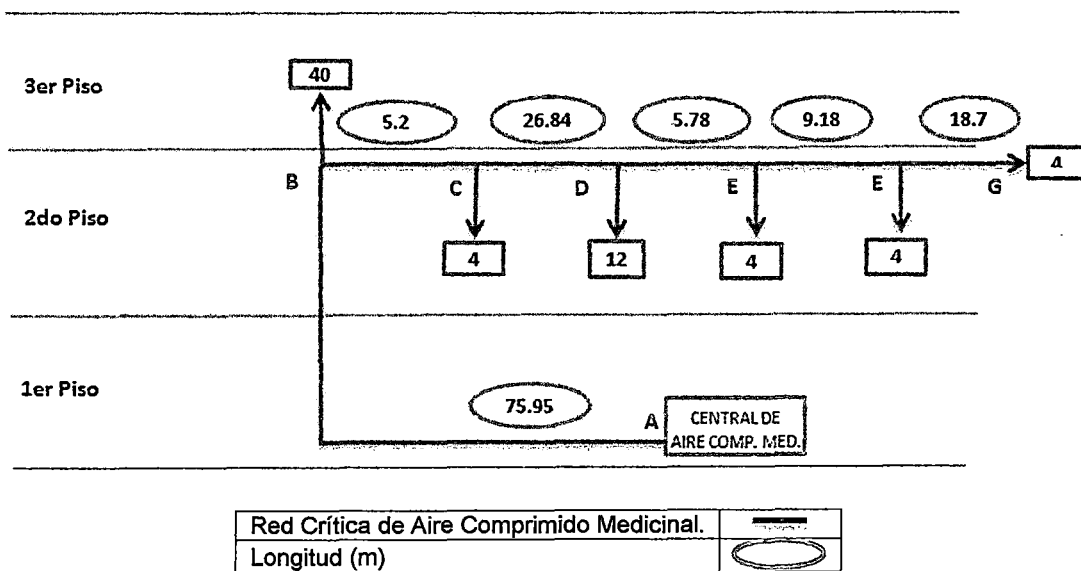


Figura 7.3. – Circuito crítico de la red de Aire Comprimido Medicinal.

7.4. CÁLCULO APLICATIVO DE UN SISTEMA DE VACÍO.

DISEÑO DE LA CENTRAL.

Como en los sistemas anteriores, se establecen la cantidad de salidas equivalentes usando la tabla A.3, habiendo hecho la identificación de las áreas de

consumo. Para establecer los gastos de consumo en la red de vacío se utilizan las tablas 15.1 y 15.2 (ver Apéndice, página 112).

Tabla 7.10. – Tabla de Salidas Equivalentes y Gasto de Consumo de Vacío.

	CANTIDAD SALIDAS	FACTOR DE SALIDA	SALIDAS EQUIV.
Emergencia (1er Piso)			
Sala de Observación	9	1	9
Tópico	7	1	7
Sala de Reanimación	1	1	1
Sala Aislado Infectados	1	1	1
Hospitalización (2do Piso)			
Tópico	1	1	1
Medicina	10	1	10
Aislado	2	1	2
Centro Quirúrgico (2do Piso)			
Salas de Operaciones (03)	3	4	12
Recuperación	6	1	6
Inducción Anestésica	2	1	2
Centro Obstétrico (2do Piso)			
Sala de Partos (01)	1	4	4
Recuperación	2	1	2
Atención Recién Nacido	2	1	2
Hospitalización (3er Piso)			
Ginecología	7	1	7
Obstetricia	10	1	10
Aislado Cuna	1	2	2
Aislado Gineco - Obstetricia	1	2	2
Incubadoras	4	2	8
Cunero	3	1	3
Tópico	1	1	1
UCI (3er Piso)			
Sala de Cuidados Intensivos	8	1	8
UCI Aislado	2	1	2
Hospitalización (4to Piso)			
Cirugía	10	1	10
Pediatría	6	1	6
Aislado Cirugía	2	1	2
Aislado Escolar	1	2	2
Tópico	2	1	2
GASTO TOTAL	105		124

	SALIDAS EQUIV.	TIPO DE SALIDA	GASTO (l/min)	FACTOR SIMULT.	GASTO (l/min)
Emergencia (1er Piso)					
Sala de Observación	9	A	364.0	0.50	182.000
Tópico	7	B	153.0	0.75	114.750
Sala de Reanimación	1	A	42.6	0.75	31.950
Sala Aislado Infectados	1	A	42.6	0.75	31.950
Hospitalización (2do Piso)					
Tópico	1	B	42.6	0.75	31.950
Medicina	10	B	173.5	0.33	57.255
Aislado	2	A	85.2	1.00	85.200
Centro Quirúrgico (2do Piso)					
Salas de Operaciones (03)	12	A	407.0	1.00	407.000
Recuperación	6	A	255.6	0.75	191.700
Inducción Anestésica	2	A	85.2	0.75	63.900
Centro Obstétrico (2do Piso)					
Sala de Partos (01)	4	A	170.4	1.00	170.400
Recuperación	2	A	85.2	0.75	63.900
Atención Recién Nacido	2	B	80.0	0.75	60.000
Hospitalización (3er Piso)					
Ginecología	7	B	153.0	0.50	76.500
Obstetricia	10	B	173.5	0.50	86.750
Aislado Cuna	2	B	80.0	1.00	80.000
Aislado Gineco - Obstetricia	2	B	80.0	1.00	80.000
Incubadoras	8	B	160.0	0.75	120.000
Cunero	3	B	103.8	0.75	77.850
Tópico	1	B	42.6	0.75	31.950
UCI (3er Piso)					
Sala de Cuidados Intensivos	8	A	340.8	0.75	255.600
UCI Aislado	2	A	85.2	0.75	63.900
Hospitalización (4to Piso)					
Cirugía	10	B	173.5	0.33	57.255
Pediatría	6	B	142.7	0.50	71.350
Aislado Cirugía	2	B	80.0	1.00	80.000
Aislado Escolar	2	B	80.0	1.00	80.000
Tópico	2	B	80.0	0.75	60.000
GASTO TOTAL	124		3762.0		2713.110

Haciendo uso de factores de simultaneidad por área se obtiene el gasto de demanda máxima de la red. Entonces haciendo uso de la ecuación (6.12) se obtiene:

$$\text{Cap. Bomba} = 124 \times 2713.11 \times 1 \times 0.0353 = 95.77 \text{ SCFM}$$

Esto significa que el sistema de vacío estará compuesto de dos bombas de vacío de capacidad mínima de operación de 95.77 SCFM (115.14 ACFM), con un tanque pulmón de 200 galones (de catálogo).

Tabla 7.11. – Demanda Máxima Vacío.

CÁLCULO DE LA MÁXIMA DEMANDA		
Número Total de Salidas	124	
Gasto Máxima Demanda	2713.110	L/min
	95.77	SCFM
Máxima Demanda Total	115.14	ACFM

DISEÑO DE LAS REDES.

Al igual que en los otros sistemas se establece la RUTA CRÍTICA Utilizando las ecuaciones (6.22), (6.14), (6.15), (6.24), (6.17) y (6.18), se obtienen los resultados de gasto y pérdidas acumuladas para todos los segmentos de la ruta crítica.

De esta manera se sustenta los diámetros de la red completa. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7.12. – Diseño de redes de Vacío – Ruta Crítica.

RAMAL	DIÁMETRO (pulg)	Long. Total (m)	L. Total Eq. (m)	Nº DE SALIDAS	GASTO (L/min)
A - B	1 1/2	60.83	79.079	18	534.6
B - C	1 1/4	19.14	24.882	41	1217.7
C - D	1	4.50	5.85	43	1277.1
D - E	1	14.86	19.318	11	326.7
E - F	1	19.16	24.908	4	118.8
F - G	3/4	13.84	17.992	1	29.7
G - H	3/4	12.15	15.795	4	118.8
H - I	3/4	14.30	18.59	1	29.7
I - J	1/2	3.39	4.407	1	29.7

RAMAL	Gst. Acum. (L/min)	Pérd. 100 m (mmHg)	Pérd. Tramo (mmHg)	Pérd. Acum. (mmHg)
A - B	3682.8	26.930	21.296	21.296
B - C	3148.2	50.568	12.582	33.878
C - D	1930.5	60.400	3.533	37.412
D - E	653.4	6.919	1.337	38.748
E - F	326.7	1.730	0.431	39.179
F - G	207.9	3.112	0.560	39.739
G - H	178.2	2.286	0.361	40.100
H - I	59.4	0.254	0.047	40.147
I - J	29.7	0.521	0.023	40.170

Las pérdidas acumuladas por fricción (40.170 mmHg) son aceptables por ser menores a 76.2 mm de columna de Mercurio (según Norma Mexicana del IMSS).

El circuito crítico de la Red de Vacío con sus respectivos ramales se muestra en la Figura 7.4.

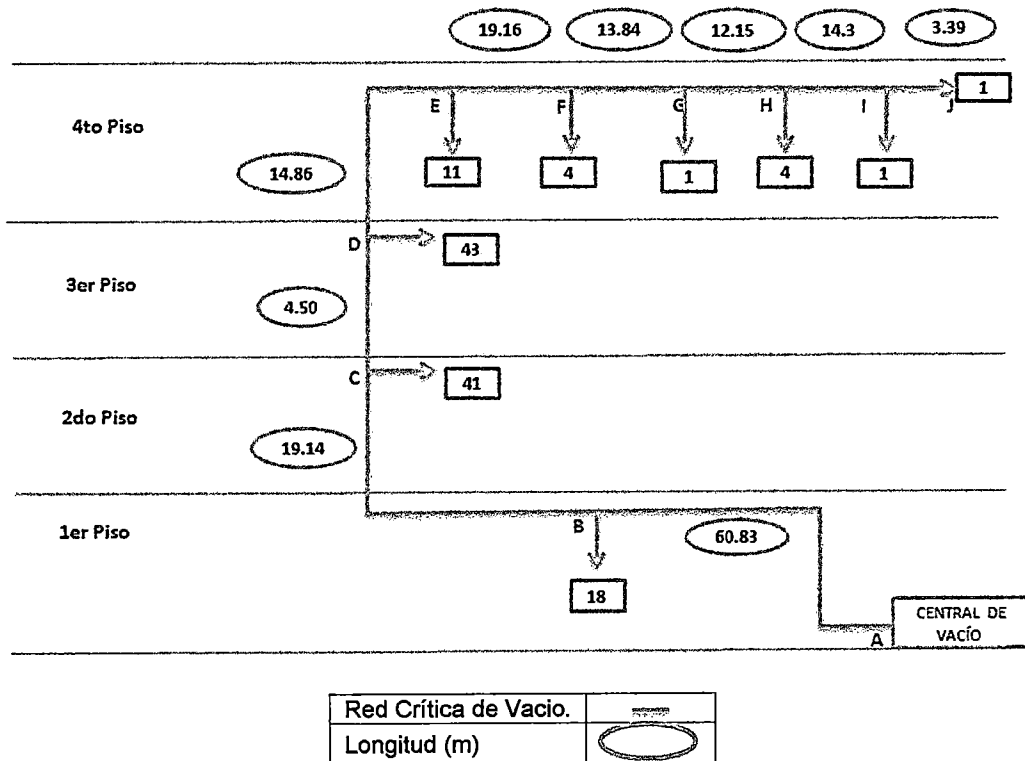


Figura 7.4. – Circuito crítico de la red de Vacío.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede mencionar las siguientes conclusiones.

- Es muy importante tener en cuenta la naturaleza de la arquitectura pues de ahí se parte la disposición que tendrá la red y la ubicación de las centrales de suministro.
- En las redes a mayor longitud y menor diámetro se generan mayores pérdidas por fricción.
- Además de las consideraciones y criterios técnicos es necesario tener en cuenta aspectos económicos como el tipo de material empleado en las tuberías, los cuales se rigen de acuerdo a la presión a la que trabajan; el tipo de equipo a seleccionar de a las condiciones de trabajo, etc.
- Para el diseño de la capacidad de compresores y bombas de vacío es importante tener en cuenta las condiciones ambientales de la zona en donde se instalaran dichos sistemas, por lo que la capacidad mínima real de operación se ve afectado por un factor de corrección.

RECOMENDACIONES.

- Una recomendación sobre el presente trabajo de tesis a modo de sugerencia puede ser la motivación que se genere en otros estudiantes que

decidan ampliar y/o desarrollar aquellos aspectos teóricos prácticos de los gases medicinales.

CONSIDERACIONES FINALES.

- En la práctica, en un proyecto integral, más allá del cálculo realizado en el sistema, es necesario e indispensable para una adecuada instalación y tendido de las redes en los planos, la coordinación con los especialistas de arquitectura, sanitarias, eléctricas, etc.
- En los sistemas de vacío y aire comprimido, las centrales de suministro consisten en equipos compactos de bombas de vacío y compresores, los cuales incluyen filtros, secadores y tanques de almacenamiento. Las capacidades de estos componentes se rigen de acuerdo a las características obtenidas de catálogos, tomando como punto de partida la capacidad de la bomba de vacío y el compresor, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Bioingeniería Hospitalaria, capítulo 1– SIMI Bioingeniería. Argentina.
- Manual de Seguridad, capítulo 4- INFRA. México.
- Norma ASTM B88. Standard Specification for Seamless Copper Water Tube
- Normas de Diseño de Ingeniería. División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería, Ingeniería Hidráulica Sanitaria y Especiales - Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).
- Standard for Health Care Facilities, capítulo 5 - NFPA 99.
- Catálogos de productos Amico, Beacon Medaes, Infracal.
- Publicaciones NFPA de Beacon Medaes.
- Revisión de la NFPA, Life Medical Networks Inc.

APÉNDICE

CONSIDERACIONES DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DISEÑO.

El término *“pies cúbicos estándar por minuto”* (SCFM) se utiliza generalmente como una condición estándar de referencia para obtener un rendimiento de caudal de presión atmosférica a nivel del mar.

Los *“pies cúbicos reales por minuto”* (ACFM) se suele utilizar para calificar el rendimiento de caudal de compresores para sistemas de presión y temperatura a condiciones reales.

Los SCFM se definen como el aire a 14,696 psia y 520 °R (60 °F). A veces se utilizan otras condiciones, tales como 530 °R (70 °F), 528 °R (68 °F), 0% y el 36% de humedad relativa para la descripción de condiciones normales.

Es importante recordar que los SCFM se definen por un conjunto fijo de las condiciones o punto de referencia común para la comparación de los sistemas de compresores diferentes. De lo contrario la consecuencia es el inadecuado dimensionamiento del sistema de compresores para su verdadera aplicación.

Los ACFM se relacionan con los SCFM de la siguiente manera:

$$\text{SCFM} = \text{factor} \times \text{ACFM} \quad (\text{A.1})$$

El factor de corrección se obtiene teniendo en cuenta condiciones atmosféricas de la zona en cuestión.

Especificando las condiciones atmosféricas estándar:

$$P_0 = 14.696 \text{ psia}$$

$$T_0 = 60 \text{ }^\circ\text{F} = 519.67 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$\rho_0 = 1.292 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

La presión atmosférica a condiciones ambientales según la zona o localidad.

$$P = P_0 e^{-\frac{z\rho_0 g}{P_0} \times 6894} \quad (\text{A. 2})$$

Según esto, utilizando la ecuación (A.2), se obtiene de corrección para la capacidad mínima de operación de los equipos.

$$\text{factor} = \left(\frac{P_0}{P - 0.01 \times P_{vsat} \times HR} \right) \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{A. 3})$$

EXTRACTO TOMADO DE LA NORMA DE DISEÑO DE INGENIERÍA DEL IMSS (NORMAS MEXICANAS).

A.1 OXÍGENO Y ÓXIDO NITROSO.

A.1.1 Definición del Sistema.

El sistema de abastecimiento y distribución de oxígeno u óxido nitroso consiste en una central de almacenamiento con equipo de control de presión y monitoreo y una red de tuberías de distribución destinadas a las salidas murales con el gasto y la presión requeridas.

Los requerimientos tanto del oxígeno como del óxido nitroso son semejantes salvo algunas excepciones indicadas adecuadamente más adelante.

A.1.2 Materiales.

A.1.2.1 Tuberías.

Se utilizan tuberías de cobre rígido tipo "L" previamente lavadas con trifosfato de sodio y agua caliente en una proporción al 3%, por el método de inmersión.

A.1.2.2 Conexiones.

Son de cobre forjado para soldar previamente lavadas con trifosfato de sodio y agua caliente en una proporción al 3% por el método de inmersión.

A.1.2.3 Materiales de unión.

Para las uniones soldables de cobre a cobre, se usa soldadura fosforada y en uniones de cobre a bronce se usa soldadura de plata mínimo al 40% en ambiente de nitrógeno y sin fundente, en uniones roscadas, se usa teflón en pasta.

A.1.2.4 Válvulas de seccionamiento.

Las válvulas de seccionamiento son del tipo "bola" con cuerpo de bronce ó latón forjado, asiento y empaques de teflón, manija para abrir o cerrar con un giro de 90°, libres de grasa y para una presión de trabajo de 28.0 kg/cm².

A.1.2.5 Juntas flexibles.

Es importante el uso de juntas flexibles para absorber movimientos diferenciales en juntas constructivas. Se utilizan mangueras flexibles de acero inoxidable.

A.1.2.6 Soportes.

Todas las tuberías deberán estar sostenidas con soportes aprobados por el IMSS de acuerdo a la separación siguiente:

Tabla A.1. – Tuberías Horizontales.

Diámetro de la tubería (mm)	Separación (m)
13	1.80
19	2.10
25	2.40
32	2.70
38 ó mayor	3.00

Fuente: IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería – Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

A.1.2.7 Tuberías verticales.

Se instalan 2 soportes por entre piso en cualquier diámetro.

A.1.2.8 Pintura.

Todas las tuberías aparentes en ductos y plafones, se pintan de acuerdo a la norma NTP 399.012. Lo cual especifica lo siguiente:

Tabla A.2¹. – Código de colores de tuberías.

Oxígeno	Verde
Vacío	Marrón claro
Aire comprimido medicinal	Blanco
Óxido nitroso	Azul
Aire comprimido Industrial	Blanco

Fuente: Norma peruana NTP 399.012

A.1.3 Red de Distribución.

A.1.3.1 Número de Salidas Murales.

El número de salidas murales y tipo de uso, se establece de acuerdo con lo indicado en la *Tabla A.3*. Las consolas y/o paneles prefabricados se usan de acuerdo a una coordinación estrecha entre el proyecto arquitectónico y las diferentes áreas de Ingeniería que en ellas intervienen en el proyecto determinado.

¹ La Tabla A.2 está tomada de Norma Técnica Peruana, NTP.

Tabla A.3. – Guía de salidas murales y tipos de uso.

LOCAL	Nº DE SALIDAS				TIPO USO	OBSERVACIONES
	O	AC	ON	VAC		
Sala de cirugía (1)	4	4			A	Por sala excepto H. Esp. (6)
Sala de cirugía de gineco (2)	4	4			A	Por sala
Sala de expulsión (3)	2	2			A	Por sala
Recuperación post-operatoria (4)	1	1			A	Por cama (100%)
Cuidados intensivos	2	2			A	Por cama (100%)
Trabajo en partos	1	1			A	Por cama (100%)
Recuperación post-parto (4)	1	1			A	Por cama (100%)
Cuidados intermedios	1	1		4+1(5)	A	Por cama
Terapia intracavitaria	1	1		4+1(5)	A	Por cama o camilla
Observación urgencias adultos (4)	1	1		2	A	Por cama o camilla
Rehidratación mesa Karam	1	2		1	A	Por cada cuna
Aislados adultos en H.G.Z.	1	1		2	A	Por cada aislado
Aislados adultos en H.G.E.	1	1			A	Por cada aislado
Aislado pediatría en H.G.Z.	2	2		1	A	Por aislado
Aislado pediatría en H.G.E.	2	2		1	A	Por aislado
Observación pediatría (4)	1	1		1	A	1 por cama o cuna
Cuarto de shock	2	2		1	A	Por cama
Recuperación de transición cuneros	1	1		1	B	Por cada 3 cunas
Encamados adultos H.G.Z.	1	1		1	B	Por cama
Encamados adultos H.G.E.	1	1	2	1	B	Por cama
Encamado gineco	1	2	2	1	B	En dos de cada 3 camas
Encamados generales pediatría H.G.Z.	1	2		1	B	Por cama
Encamados generales pediatría H.G.E.	1	1		1	B	Por cama
Encamados generales pediatría gineco	1	2		2	B	En dos de cada 3 camas
Prematuros	1	1			B	Por incubadora
Cunero fisiológico	1	1		1	B	Por cada 3 cunas
Cunero patológico	1	1			B	Por cuna
C.E.Y.E.		1			B	
Laboratorio clínico				1	B	Ver guía mecánica
Mesa de autopsias		1			B	
Estomatología		1		1	B	Cuando sean más de 2 sillones
Bomba de cobalto	1	1		1	B	Por sala
Diálisis	1	1		1	B	Por cada 3 sillones
Hemodiálisis	1	1		1	B	Por sillón
Inhaloterapia	1	1			B	Por sillón
Quimioterapia	1	1			B	Por cada 4 sillones
Endoscopia	1	1			B	Por gabinete
Tomografía	1	1			B	Por sala
Resonancia magnética	1	1		1	B	Por sala
Rayos "X"	1	1		1	B	Por sala
Hemodinamia	1	1			B	Por sala
Centeliografía	1	1			B	Por sala
Gamagrafia	1	1			B	Por sala
Cirugía ambulatoria	1	1			B	50% de camas
Puerperio de bajo riesgo	1	1			B	50% de camas
Primer contacto	1	1			B	Por cama
Curaciones	1	1			B	Por cama

Se instalarán bombas de vacío en unidades con más de 2 salas de operaciones ó 2 salas de expulsión.

1. En dos torretas.
2. En dos torretas y agregar 1 toma de oxígeno y 1 toma de aire para el recién nacido
3. En una torreta y agregar 1 toma de oxígeno y 1 toma de aire para el recién nacido
4. Si no hay línea de succión, instalar dos tomas de aire comprimido
5. La salida adicional de vacío indicada en las salas de cirugía será para conectar evacuaciones de gases anestésicos de desechos.
6. En hospitales de especialidades consultar guía mecánica, lo mínimo que llevaran es lo establecido en esta tabla.

Fuente: TABLA 13.1. IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería – Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

A.1.3.2 Localización de Válvulas de Seccionamiento.

De acuerdo a norma (Normas Mexicanas), se colocan válvulas de seccionamiento de acuerdo con las indicaciones siguientes:

- En la línea principal después del equipo de regulación de la central de abastecimiento.
- En la línea principal que alimente un cuerpo ó ducto inmediato a la conexión.
- En cada sala de operaciones o sala de expulsión, para poder ser accionadas por el exterior de la sala.
- En salas de cuidados intensivos y de recuperación postoperatoria una válvula por cada 4 camas, además una válvula dentro del panel prefabricado de cada cama.
- En cada ala de un piso de encamados, localizada en el corredor y lo más cerca posible de la columna y además una válvula por cada 10 camas.
- Además de los lugares antes mencionados, se pondrán válvulas de seccionamiento por zonas o locales, dependiendo de la importancia de la zona o local, del número de salidas murales y de la configuración de la red. Su localización se estudiará en cada proyecto considerando máximo 10 salidas por válvula.

A.1.3.3 Gastos por considerar.

De Oxígeno.

Se determina de acuerdo con lo siguiente:

- **Salidas murales.** Desde el punto de vista del gasto probable estas salidas se clasifican en Uso tipo "A" y en uso tipo "B".

a) Las de tipo **A** corresponden a las localizadas en las Salas de Cirugía, Salas de Expulsión y camas de Terapia Intensiva, en las que el uso es relativamente masivo, según la *Tabla A.3*.

Para determinar el gasto de éstas salidas de acuerdo al número de salas o de camas-camilla sin importar el número de salidas que se tengan en la sala o que tenga la cama-camilla, (ya que se consideran como un conjunto) el gasto a considerar será el equivalente a 4 salidas "B".

b) Las de tipo **B** corresponden a todas las demás salidas y para determinar el gasto en función de su número utilice la *Tabla A.4*.

- **Salidas de laboratorio.** Se considera 10 litros por minuto por salida y 100% de simultaneidad.

Tabla A.4. – Gastos de oxígeno en litros por minuto en función del número de salidas.

Nº de salidas	Gasto L/min	Nº de salidas	Gasto L/min	Nº de salidas	Gasto L/min	Nº de salidas	Gasto L/min
1	100	36	579	92	881		
2	148	37	586	94	890		
3	181	38	593	96	899		
4	210	39	600	98	907	320	1461
5	237	40	607	100	915	340	1495
						360	1527
6	261	41	614	105	932	380	1558
7	283	42	621	110	949	400	1588
8	302	43	628	115	964		
9	320	44	635	120	979	420	1618
10	336	45	642	125	994	440	1647
						460	1675
11	350	46	649	130	1009	480	1702
12	364	47	656	135	1024	500	1728
13	376	48	663	140	1039		
14	388	49	670	145	1054	550	1788
15	399	50	676	150	1068	600	1847
						650	1904
16	409	52	687	155	1082	700	1958
17	419	54	698	160	1096	750	2011
18	429	56	709	165	1109		
19	439	58	720	170	1122	800	2062
20	448	60	730	175	1135	850	2112
						900	2160
21	457	62	740	180	1148	950	2206
22	466	64	750	185	1161	1000	2250
23	475	66	760	190	1174		
24	484	68	770	195	1187	1100	2330
25	493	70	780	200	1200	1200	2405
						1300	2475
26	501	72	790	210	1225	1400	2540
27	509	74	800	220	1249	1500	2600
28	517	76	809	230	1273		
29	525	78	818	240	1296	1600	2658
30	533	80	827	250	1319	1700	2715
						1800	2771
31	541	82	836	260	1341	1900	2826
32	549	84	845	270	1363	2000	2880
33	557	86	854	280	1384		
34	565	88	863	290	1405		
35	572	90	872	300	1425		

Fuente: TABLA 13.2. IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería – Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

De Óxido Nitroso.

Se considera 10 litros por minuto por salida y 100% de simultaneidad.

A.1.3.4 Presiones de trabajo de la red.

Las presiones de trabajo en las tuberías de la red de distribución se consideran de 3.87 kg/cm² en su inicio y mínima de 3.59 kg/cm² en la salida mural más lejana. Estas presiones son manométricas.

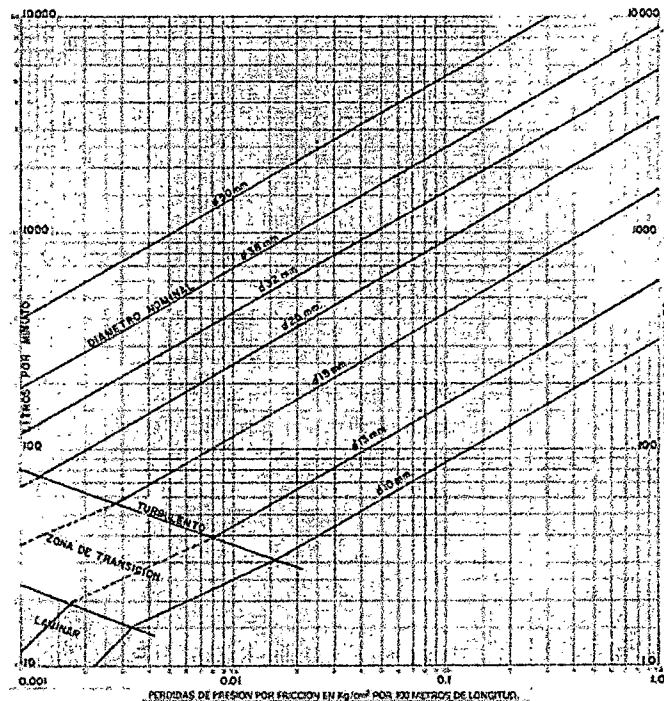
A.1.3.5 Pérdidas de presión por fricción.

Pérdidas de presión en los tramos de la red.

Estas se calculan en función de las pérdidas de presión al nivel del mar. El nomograma para oxígeno **FIG. A.1** o el nomograma para óxido nitroso **FIG. A.2**, según sea el caso, muestran las pérdidas de presión por fricción en tubos de cobre tipo "L" conduciendo oxígeno u óxido nitroso al nivel del mar a una presión manométrica de 3.515 kg/cm² (4.548 kg/cm² absolutos) y a la temperatura de 15.6 °C.

Para tomar en cuenta la presión atmosférica de la localidad y relacionar las pérdidas de presión al nivel del mar con las pérdidas a altitudes superiores, se considera que las pérdidas dadas por los nomogramas están afectadas por el factor $(P_i/4.548)$, en donde P_i es la presión absoluta de operación en el interior del tubo a la altitud de la localidad ($P_i = \text{Presión atmosférica} + 3.515$ en kg/cm²).

Figura A.1. – Oxígeno. Para presiones de 3.87 a 3.52 kg/cm² manométricas al nivel del mar.



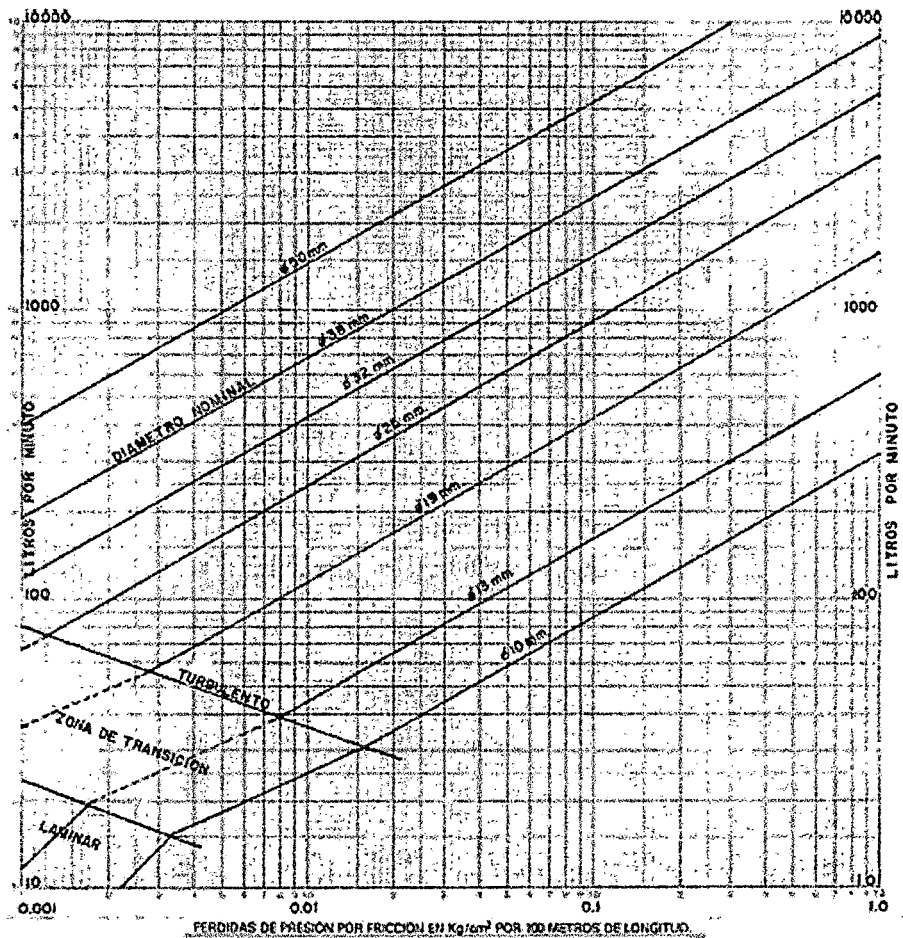
Máxima pérdida de presión permisible

La máxima pérdida de presión permisible por fricción es de 0.28 kg/cm^2 en cualquier línea considerada.

Sin embargo, como las pérdidas calculadas están en función de las pérdidas al nivel del mar y éstas están afectadas del factor $(\text{Pi}/4.548)$, la máxima pérdida de presión también debe ser afectada por ese factor, o sea:

$$\text{Máxima Pérdida de Presión por Fricción} = 0.28 (\text{Pi}/4.548)$$

Figura A.2. – Óxido Nitroso. Para presiones de 3.87 a 3.52 kg/cm^2 manométricas al nivel del mar.



Fuente: FIGURA 13.2. IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería – Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

A.1.3.6 Selección de diámetros.

Los diámetros de los diferentes tramos de la red se seleccionan tomando en cuenta el gasto del tramo y la longitud equivalente del mismo, de tal forma que la suma de las pérdidas de presión por fricción, en función de los nomogramas de pérdidas por fricción al nivel del mar, no sea mayor de 0.28 (Pi/4.548) kg/cm² en cualquier línea considerada. El diámetro mínimo de la red hasta la toma debe ser de 13 mm.

A.1.4 Centrales de Abastecimiento.

A.1.4.1 Centrales de Abastecimiento de Oxígeno.

Las centrales de abastecimiento de oxígeno pueden consistir en **bancadas de cilindros, tanques Deware o un tanque termo con oxígeno líquido**, dependiendo de la magnitud del consumo y de las facilidades de suministro en la localidad.

Consumo diario probable.

Se considera un cilindro de 6 metros cúbicos por día para cada 8 camas.

Centrales con cilindros.

Se toman en cuenta para hospitales hasta de 80 camas y siempre se considerarán dos bancadas de cilindros, una en uso y una de reserva, cada una con capacidad igual a la del consumo de un día, suponiéndose que se hace un cambio diario de bancada.

Estas bancadas pueden substituirse por el oxígeno líquido equivalente en tanques Deware, siempre y cuando en la región se pueda contar con este servicio,

por lo que se deberá dejar en proyecto, la preparación requerida, con una válvula para la interconexión de este sistema.

Componentes de la central.

Estos componentes son:

- Cilindros.
- Cabezales de Distribución.
- Equipo Regulador de Presión.
- Válvula de Alivio de Presión.

Requisitos para el local de la central.

- Debe estar en un lugar accesible para facilidad de carga y descarga de los cilindros.
- Estar adecuadamente ventilado al exterior.
- No estar adyacentes a tanques de combustible.
- No deben estar situados cerca de transformadores o líneas eléctricas sin forro.
- Cuando los locales estén situados cerca de fuentes de calor como incineradores, calderas, etc., deberán construirse de tal forma que protejan los cilindros de sobrecalentamientos.

Centrales con tanque Deware.

Esta central debe considerarse para dos tanques Deware y además con una central de emergencia a base de cilindros.

Centrales con tanque Termo.

Se recomienda para hospitales de 80 o más camas. Consisten en el tanque, que es la fuente de abastecimiento primaria, el cual opera continuamente, y una reserva de emergencia a base de dos bancadas de cilindros con una capacidad total igual, por lo menos, a la del consumo de un día.

A. Localización del tanque.

El tanque puede colocarse a la intemperie o en un local. Si se localiza a la intemperie, se recomienda techarlo, sobre todo en localidades con altas temperaturas y protegerlo con malla ciclónica. Si está en un local, éste debe estar adecuadamente ventilado al exterior, contar con una toma de agua fría y un receptáculo a 220 voltios.

B. Restricciones generales para la localización del tanque.

Dentro de lo posible, se recomienda que los tanques termo para oxígeno líquido sean colocados a una distancia NO MENOR de:

- 1.5 metros de la pared del lindero del predio.
- 10.0 metros de líneas aéreas de alta o baja tensión sin recubrimiento aislante.
- 5.0 metros de líneas subterráneas de alta tensión.
- 7.5 metros de materiales sólidos combustibles, como madera, papel, tela, etc.
- 7.5 metros de cualquier subestación eléctrica.
- 15.0 metros de almacenes de alcoholes o de materiales explosivos.
- 15.0 metros de oficinas y centros de aglomeración de personal.
- 6.0 metros de cualquier tanque de almacenamiento de combustible, líquido o gaseoso, enterrado o elevado, y separados con un muro de 3.0 metros de altura como mínimo.

Además de las restricciones antes mencionadas, se debe considerar que la "pipa" pueda llegar a una distancia NO MAYOR de 3.0 metros de la boca de suministro del tanque.

C. Dimensiones requeridas para alojar el tanque.

De acuerdo con el número de camas, se utiliza los valores de la siguiente tabla:

Tabla A.5. – Dimensiones para alojar el tanque.

Nº de camas	Tanque Comercial (litros)	Dimensiones Mínimas del Local (m)		
		Largo	Ancho	Alto
80 – 200	2420	3.6	3.6	4.5
200 – 350	4558	4.0	4.0	5.0
350 – 500	8240	4.5	4.5	6.0
500 – 700	12448	4.5	5.5	6.2

Fuente: IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería – Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

La altura señalada es la del techo del local y de la puerta de acceso.

A.1.4.2 Centrales de Abastecimiento de Óxido Nitroso.

Se deben considerar centrales de abastecimiento de óxido nitroso en todos los hospitales en que se tengan salas de operaciones.

Consumo diario de Óxido Nitroso.

Se considera un cilindro de 6 metros cúbicos por cada 2 salas de operaciones.

Número de cilindros por bancada.

Si se hace un cambio de bancada cada 2 días, el número de cilindros por bancada es igual al número de salas de operaciones.

A.1.5 Sistemas de alarmas.

Se deben tener señales de alarmas automáticas, audibles cancelables y visuales no cancelables, para asegurar una buena operación de los sistemas y deben estar conectadas a los sistemas eléctricos normales y de emergencia.

A.1.5.1 Sistema de alarma maestra.

Se proyecta la instalación de una alarma audiovisual que indique cualquier anomalía en la fuente de abastecimiento, y la alta o baja presión en la red principal y se colocará a la vista en la zona de la oficina de conservación donde exista personal las 24 horas, y en la central de enfermeras de urgencias. Esta alarma operará cuando se presente alguna de las condiciones siguientes:

- Alta o baja presión en la línea principal, cuando la variación sea de + 20% de la presión de operación.
- Bajo nivel de oxígeno en el tanque de almacenamiento.
- Pérdida de presión en la bancada de servicio o de reserva.

A.1.5.2 Alarma de zona.

Para facilitar la supervisión de las líneas (de oxígeno) en lugares críticos tales como salas de cirugía, salas de expulsión, cuidados intensivos, recuperación postoperatoria, zona de encamados (una por piso), etc. Se proyecta la instalación de un sistema de alarma automático formado por:

Sensor de presión, manómetro y alarma audible cancelable y visual no cancelable, que detectará alta o baja presión en la línea y la señal se instala en la Central de Enfermeras correspondiente, instalando el sensor antes de la válvula de seccionamiento.

A.2 AIRE COMPRIMIDO.

A.2.1 Definición del Sistema.

Un sistema de suministro y distribución de aire comprimido medicinal consiste en: el equipo de compresión con su tanque de almacenamiento, post-enfriador, secador, filtros, equipo de control y válvulas, así como la red de tuberías de distribución destinadas a alimentar las salidas murales con el gasto y la presión requeridas.

A.2.2 Materiales.

A.2.2.1 Tuberías.

Son de cobre rígido tipo "L" previamente lavadas con trifosfato de sodio y agua caliente en una proporción al 3% por el método de inmersión.

A.2.2.2 Conexiones.

Son de cobre forjado para soldar previamente lavadas con trifosfato de sodio y agua caliente en una proporción al 3% por el método de inmersión.

A.2.2.3 Materiales de unión.

En uniones soldables de cobre a cobre, se usa soldadura fosforada y en uniones de cobre a bronce se usará soldadura de plata mínimo al 40% en ambiente de nitrógeno y sin fundente, en uniones roscadas, se usará teflón en pasta.

A.2.2.4 Válvulas de seccionamiento.

Son del tipo "bola" con cuerpo de bronce ó latón forjado, asiento y empaques de teflón, vástago para abrir o cerrar con un giro de 90°, insertos de cobre tipo "L" roscados, libres de grasa y para una presión de trabajo de 28.0 kg/cm².

A.2.2.5 Juntas flexibles.

Se usan juntas flexibles para absorber movimientos diferenciales en juntas constructivas. Son mangueras flexibles de acero inoxidable.

A.2.2.6 Pintura.

Todas las tuberías se pintarán de acuerdo con la *Tabla A.2.*

A.2.3 Red de Distribución.

A.2.3.1 Localización de las salidas murales.

Las salidas murales se localizarán de acuerdo con lo indicado en la *Tabla A.1* para oxígeno.

A.2.3.2 Localización de Válvulas de seccionamiento.

Se ubican válvulas de seccionamiento de acuerdo con las indicaciones siguientes:

- En la línea principal después del equipo de regulación de la central de abastecimiento.
- En la línea principal que alimente un cuerpo ó ducto inmediato a la conexión
- En cada sala de operaciones o sala de expulsión, para poder ser accionadas por el exterior de la sala.

- En salas de cuidados intensivos y de recuperación postoperatoria una válvula por cada 4 camas, además una válvula dentro del panel prefabricado de cada cama.
- En cada ala de un piso de encamados, localizada en el corredor y lo más cerca posible de la columna y además una válvula por cada 10 camas.
- Además de los lugares antes mencionados, se pondrán válvulas de seccionamiento por zonas o locales, dependiendo de la importancia de la zona o local, del número de salidas murales y de la configuración de la red. Su localización se estudiará en cada proyecto considerando máximo 10 salidas por válvula.

A.2.3.3 Gastos por considerar.

Para salidas murales.

Son los indicados en la *Tabla A.3*. La razón de considerar las mismas tablas de gastos que para el oxígeno se debe a que existe una tendencia muy marcada de usar también aire comprimido en la terapia respiratoria de presión positiva intermitente.

Para salidas de laboratorio.

Se considera un gasto de 7 litros por minuto por salida. Para tomar en cuenta que no todas las salidas funcionan simultáneamente, el gasto que se considere, en función del número de salidas, será el mostrado en la siguiente tabla:

Tabla A.6. – Salidas de laboratorio.

Nº de salidas	Gasto L/min	Nº de salidas	Gasto L/min
1	7.0	45	119.5
2	14.0	50	126.0
3	21.0	55	132.5
4	28.0	60	138.0
5	35.0	65	143.5
10	52.5	70	149.0
15	66.0	75	154.0
20	77.5	80	159.0
25	87.5	85	164.0
30	96.5	90	168.5
35	105.0	95	172.5
40	112.5	100	175.0

Fuente: IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería – Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

Para sillones dentales y mesas de autopsias.

Se considera 14 litros por minuto por salida y 100% de uso simultáneo.

A.2.3.4 Presión de Trabajo de la red.

La presión de trabajo en las tuberías de la red de distribución es de 3.87 kg/cm² en su inicio y mínima de 3.59 kg/cm² en la salida mural más lejana. Estas presiones son manométricas.

A.2.3.5 Pérdidas de Presión por fricción.

Para determinar las pérdidas de presión por fricción de los diferentes tramos de la red hay que tomar siempre en cuenta la presión atmosférica de la localidad, ya que ésta influye en la presión absoluta de operación y las pérdidas están en relación inversa a las presiones absolutas.

Determinación de las pérdidas de presión permisibles por fricción.

Se calcula en función de las pérdidas de presión por fricción al nivel del mar. Utilice el nomograma de la Fig. A.1 para el oxígeno, que muestra las pérdidas de presión por fricción en tubos de cobre tipo "L" conduciendo oxígeno al nivel del mar

a una presión manométrica de 3.515 kg/cm^2 (4.548 kg/cm^2 absolutos) y a la temperatura de $15.6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para tomar en cuenta la presión atmosférica de la localidad y relacionar las pérdidas de presión al nivel del mar con las pérdidas a altitudes superiores, se considera que las pérdidas dadas por el nomograma están afectadas por el factor $(P_i/4.548)$, en donde P_i es la presión absoluta de operación en el interior del tubo a la altitud de la localidad ($P_i = \text{Presión atmosférica} + 3.515 \text{ en kg/cm}^2$).

Máxima pérdida de presión por fricción.

La máxima pérdida de presión por fricción es de 0.28 kg/cm^2 en cualquier línea considerada.

Sin embargo, como las pérdidas calculadas con ese nomograma están en función de las pérdidas al nivel del mar y se considera que las pérdidas para altitudes superiores están afectadas del factor $(P_i/4.548)$, la máxima pérdida de presión también debe ser afectada por ese factor, o sea:

Máxima Pérdida de Presión por Fricción en Base a las pérdidas calculadas con el nomograma = $0.28 (P_i/4.548)$ en kg/cm^2 .

A.2.3.6 Selección de diámetros.

Los diámetros de los diferentes tramos de la red de distribución se seleccionan tomando en cuenta el gasto del tramo y la longitud equivalente del mismo, de tal forma que la suma de las pérdidas de presión por fricción, en función del nomograma de pérdidas por fricción al nivel del mar, no sea mayor de $0.28 (P_i/4.548) \text{ kg/cm}^2$ en cualquier línea considerada.

A.2.4 Central de aire comprimido medicinal.

La central de aire comprimido medicinal debe estar localizada en la zona de casa de máquinas, pero en un local separado del resto de los equipos electromecánicos. Es del tipo paquete, autosuficiente y deberá tener capacidad para proporcionar un gasto mínimo de aire libre calculado con la suma de los gastos indicados en la sección "Gastos de Oxígeno" y esta suma multiplicada por la relación $(1.033/P_a)$, siendo P_a la presión atmosférica de la localidad, lo cual da el gasto de aire libre a la altitud considerada relacionado con el gasto al nivel del mar.

Esta central está compuesta por:

- a. 2, 3 o 4 compresores operados sin aceite, de uso continuo, con pistones reciprocantes enfriados por aire, con un tanque de almacenamiento común. El tanque debe contar con trampa de drenaje automático y válvula de alivio de presión.
- b. Un post-enfriador, con trampa de drenaje automático.
- c. Dos secadores de aire tipo refrigerativos, de operación automática, capaces de enfriar el gasto total de aire a una temperatura de rocío de $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 7.0 kg/cm^2 , con alarma audiovisual para falla del equipo, uno en operación y otro en reserva.
- d. Un sistema dúplex de filtrado de aire para remover líquidos, aceites, olores y partículas en suspensión, uno en operación y otro en reserva.
- e. Un monitor de punto de rocío.

El sistema debe contar, además, con doble válvula reguladora de presión y los controles requeridos para su operación totalmente automática.

A.2.4.1 Potencia máxima de los compresores.

La potencia máxima de los motores de los compresores será de 15.0 C.P. Para motores de mayor capacidad, consultar con el IMSS.

A.2.5 Sistema de alarmas.

Se deben tener señales de alarmas automáticas audibles y visuales no cancelables, para asegurar una buena operación de los sistemas y deben estar conectadas a los sistemas eléctricos normales y de emergencia.

A.2.5.1 Sistema de alarma maestra.

Se proyecta la instalación de una alarma audible cancelable y visual no cancelable, para indicar cualquier anomalía en la fuente de abastecimiento y alta o baja presión en la red principal y se colocará a la vista en la zona de la oficina de conservación donde exista personal las 24 horas y en la central de enfermeras de urgencias.

Esta alarma operará cuando se presente alguna de las condiciones siguientes:

- Alta o baja presión en la línea principal cuando la variación sea de + 20% de la presión de operación.
- Anomalías en el funcionamiento de cualquier motor o compresora.
- Punto de rocío mayor de lo establecido.

A.2.5.2 Alarma de zona.

Para facilitar la supervisión de las líneas en lugares críticos tales como salas de cirugía, salas de expulsión, cuidados intensivos, recuperación postoperatoria, zona de encamados (una por piso), etc. Se proyecta la instalación de un sistema de

alarma automático formado por: Sensor depresión, manómetro y alarma audible cancelable y visual no cancelable, que detectará alta o baja presión en la línea y la señal se instalará en la Central de enfermeras correspondiente, Instalando el sensor antes de la válvula de seccionamiento.

A.3 VACIO.

A.3.1 Definición del Sistema.

Un sistema de succión central consiste en un equipo de bombeo de "vacío", un tanque de "vacío" y una red de tuberías de succión que van desde el tanque hasta las salidas murales. Tanto el tanque como las tuberías están trabajando a una presión menor que la presión atmosférica.

A.3.2 Materiales.

A.3.2.1 Tuberías.

Son de cobre rígido tipo "L".

A.3.2.2 Conexiones.

Son de cobre forjado para soldar previamente lavadas con trifosfato de sodio en una proporción al 3%.

A.3.2.3 Materiales de Unión.

En uniones soldables de cobre a cobre, se usa soldadura fosforada y en uniones de cobre a bronce se usa soldadura de plata mínimo al 40% en ambiente de nitrógeno y sin fundente, en uniones roscadas, se usa teflón en pasta.

A.3.2.4 Válvulas de seccionamiento.

Son del tipo "bola" con cuerpo de bronce ó latón forjado, asiento y empaques de teflón, vástago para abrir o cerrar con un giro de 90°, insertos de cobre tipo "L" soldados o roscados, y para una presión de 28.0 kg/cm².

A.3.2.5 Juntas flexibles.

Se usan juntas flexibles para absorber movimientos diferenciales en juntas constructivas. Son mangueras flexibles de acero inoxidable.

A.3.2.6 Pintura.

Todas las tuberías se pintan de acuerdo con la *Tabla A.2*.

A.3.3 Redes de succión.

Cuando en un hospital se tengan laboratorios de investigación que tengan salidas de succión (o vacío), se deben proyectar dos sistemas separados: uno para usos médico-quirúrgicos y otro para uso de los laboratorios.

A.3.3.1 Red de Succión para Usos Médico-Quirúrgicos

Esta red es la que da servicio a las salidas indicadas en la *Tabla A.1* y su posición se coordinará con el IMSS.

Localización de Válvulas de Seccionamiento

Se usan válvulas de seccionamiento de acuerdo con las indicaciones siguientes:

- En la línea principal, cercana al tanque de "vacío".
- En cada ramal principal a cuerpo o ducto, inmediata a la conexión.

- En cada sala de operaciones o sala de expulsión, para poder ser accionadas por el exterior de la sala.
- En salas de cuidados intensivos y de recuperación postoperatoria una válvula por cada 4 camas, además una válvula por cama dentro del panel prefabricado.
- Una por bomba, para su seccionamiento.

Gastos de Aire por considerar

Los gastos de aire que se usan en la red de succión están dados en condiciones estándar (una atmósfera de presión y 15 °C).

A. Gasto individual por salida.

Se considera un gasto de 42.6 L/min.

B. Gasto de los tramos.

Para determinar el gasto de un tramo, se considera lo siguiente:

- Cuando un tramo proporciona servicio exclusivamente a salas de cirugía, el gasto del tramo se indica a continuación de acuerdo con el número de salas a las que da servicio.

Tabla A.7. – Gasto por tramo.

Nº DE SALAS	GASTO L/min	Nº DE SALAS	GASTO L/min
1	170.4	6	485.8
2	340.8	7	501.7
3	407.0	8	516.8
4	445.0	9	531.1
5	467.7	10	544.6

Fuente: IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social). División de Proyectos. Criterios Normativos de Ingeniería – Instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales.

- Cuando un tramo proporciona servicio exclusivamente a salidas tipo "A", se usa la **Tabla 15.1 (Capítulo 15, Norma de Diseño de Ingeniería del IMSS)**.
- Cuando un tramo proporciona servicio exclusivamente a salidas tipo "B", se usa la **Tabla 15.2 (Capítulo 15, Norma de Diseño de Ingeniería del IMSS)**.
- Cuando un tramo proporciona servicio tanto a salidas tipo "A" como a salidas tipo "B", se considera lo siguiente:

Cuando un tramo alimenta a salidas "B" y hasta 6 salidas "A" el gasto del tramo será igual al gasto de las salidas "A" más el gasto de las salidas "B", usando las **tablas 15.1 y 15.2 (Capítulo 15, Norma de Diseño de Ingeniería del IMSS)**.

Cuando un tramo alimenta a salidas "B" y 7 o más salidas "A", considere que todas las salidas son tipo "A" y se usa la **Tabla 15.1 (Capítulo 15, Norma de Diseño de Ingeniería del IMSS)**.
- Cuando un tramo proporciona servicio a salas de cirugía y a salidas ya sean tipo "A", tipo "B" o combinadas, el gasto del tramo es igual al gasto de las salas de cirugía más el gasto de las salidas.

A.3.3.2 Red de succión para uso en laboratorios de investigación.

Esta red es separada de la red para usos médico-quirúrgicos, incluyendo la central de succión.

Localización de las salidas.

En los ambientes donde sea requerido (usualmente en las salas de operaciones, partos y hospitalización).

Localización de las válvulas de seccionamiento.

Se ponen de acuerdo con las indicaciones siguientes:

- En la línea principal, cercana al tanque de "vacío".
- Una por bomba, para su seccionamiento.
- En los laboratorios se pondrán por zonas, dependiendo de la configuración arquitectónica de los peines y cubículos, pero tratando de que no se tengan más de 20 salidas por válvula.
- Una por peine.

Gastos de aire por considerar

Los gastos de aire, de acuerdo con el número de salidas, están indicados en la **Tabla 15.3 (Capítulo 15, Norma de Diseño de Ingeniería del IMSS)**.

Estos gastos están dados en condiciones estándar (una atmósfera de presión y 15 °C).

A.3.3.3 "VACIO" de trabajo de la red

El "vacío" de trabajo en las tuberías de la red de succión es de 482.6 mm de columna de mercurio en su inicio y de 406.4 mm de columna de mercurio en la salida más alejada.

A.3.3.4 Pérdidas de Presión por Fricción

Las pérdidas de presión por fricción de los diferentes tramos se calculan siempre en base a la presión absoluta de operación. Para tal efecto se utilizan los nomogramas de pérdidas de presión por fricción en tuberías de succión de las **Figuras 15.1 a la 15.21 (Capítulo 15, Norma de Diseño de Ingeniería del IMSS)**, usando tantos como sean requeridos.

Estos nomogramas están calculados para presiones absolutas desde 380.0 mm hasta 41.6 mm de columna de mercurio (0.517 a 0.0566 kg/cm²).

Máxima pérdida de presión por fricción

La máxima pérdida de presión por fricción en cualquier línea considerada es de 76.2 mm de columna de mercurio.

A.3.3.5 Selección de diámetros

Los diámetros de los diferentes tramos de la red se seleccionan tomando en cuenta el gasto del tramo y la longitud equivalente del mismo, de tal forma que la suma de las pérdidas por fricción en cualquier línea considerada no sea mayor de 76.2 mm de columna de mercurio, y el diámetro mínimo será de 19 mm.

A.3.4 Central de Vacío.

La central de succión es autosuficiente y debe tener capacidad para proporcionar un "vacío" de 482.6 mm de columna de mercurio con un gasto de aire libre igual al gasto máximo probable de la red multiplicado por la relación 760/Pb, siendo Pb la presión barométrica del lugar, lo cual da el gasto de aire libre a la altitud de la localidad relacionado con el gasto de aire al nivel del mar.

A.3.4.1 Tanque de "VACIO"

Dependiendo de la marca y capacidad de las bombas, el tanque de "vacío" puede estar separado de las bombas o cada bomba montada sobre su tanque.

A.3.4.2 Escape atmosférico

El aire extraído del tanque por las bombas se debe mandar al exterior del edificio, para lo cual a la conexión de "escape de aire" de cada bomba se le debe proyectar una tubería de escape atmosférico y conectarlas entre sí para hacer una sola salida al exterior, preferentemente en la azotea. La boca de salida debe estar separada, por lo menos, 3 metros de puertas y ventanas, y 5 metros de bocas de admisión de aire de los compresores y de las de equipos de aire acondicionado.

Esta boca de descarga debe estar hacia abajo y protegida con malla. Se debe instalar un filtro de bacterias sobre la tubería de vacío que viene de los servicios y el tanque de "vacío".

La pérdida por fricción, tomando en cuenta el gasto máximo de aire libre y la longitud equivalente, no debe ser mayor de 0.07 kg/cm^2 (0.7 metros de columna de agua).

A.3.4.3 Localización de los equipos

Se recomienda que los equipos traten de localizarse de preferencia en la casa de máquinas.

CONCEPTOS ADICIONALES.

Soldadura de Plata.

Las soldaduras de plata se utilizan para unir aceros en general, aceros inoxidable, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones, metales preciosos y sus aleaciones. Se utilizan en la fabricación y ensamble de equipos de refrigeración, aire acondicionado y calefacción, motores eléctricos, contactos eléctricos, instalación de tuberías de cobre, intercambiadores de calor, etc.

Soldadura Fosforada.

Son aleaciones especialmente desarrolladas para unir cobre con cobre, cobre con latón, cobre con bronce y latón con latón.

Fundente.

El fundente es un producto químico usado en proceso de soldar y en la fabricación de placas y otros componentes electrónicos. Sirve para, entre otras funciones, aislar del contacto del aire, disolver y eliminar los óxidos que pueden formarse y favorecer el "mojado" del material base por el metal de aportación fundido, consiguiendo que el metal de aportación pueda fluir y se distribuya en la unión.

Se suelen suministrar en forma de polvo, pasta o líquido y son mezclas de muchos componentes químicos, entre los que están los boratos, fluoruros, bórax, ácido bórico.

Trifosfato de Sodio.

El trifosfato de sodio es un compuesto de fórmula química $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, que se presenta comercialmente en forma de polvo blanco a granel de densidad de 0,7 a 1

g/cm^3 . Presenta el punto de fusión de 650 a 1000 °C. Su solución acuosa al 1% a 25 °C, tiene un pH 9,5 a 10,5. Tiene un peso molecular de 367,88 g/mol. Es inodoro.

Entre sus aplicaciones se encuentran:

- En la elaboración de detergentes sintéticos.
- Ablandador de agua en la industria de tratamiento de agua.
- Defloculante en la formulación de cerámicas, industria del papel, etc.
- Dispersante y agente tensoactivo en la coloración de textiles y en los procesos de blanqueo de textiles y pulpa de papel.

Tuberías de Cobre.

- Cobre L. Tubo de cobre estándar, Aleación C 12200 (contenido de cobre 99.9%), según norma ASTM B88. Su uso se da en plomería, oxígeno, gas, refrigeración. Para usos médicos y combustibles.
- Cobre K. Tubo de cobre estándar, Aleación C 12200 (contenido de cobre 99.9%), según norma ASTM B88. Su uso se da en plomería, oxígeno, gas, refrigeración y en general para fluidos con alta presión. Para usos médicos y combustibles.

La tubería de cobre tipo K, tiene un espesor de pared mayor que la tubería de cobre tipo L.

Tabla A.8. – Características de Tuberías de Cobre Estándar o Nominales.

Tamaño Nominal o Estándar, pulg	Diámetro exterior, pulg	Espesor de Pared y Tolerancias, pulg				Peso Teórico, lb/pie	
		Tipo K		Tipo L		Tipo K	Tipo L
		Espesor de Pared	Tolerancia	Espesor de Pared	Tolerancia		
1/4	0.375	0.035	0.0035	0.030	0.003	0.145	0.126
3/8	0.500	0.049	0.005	0.035	0.004	0.269	0.198
1/2	0.625	0.049	0.005	0.040	0.004	0.344	0.285
5/8	0.750	0.049	0.005	0.042	0.004	0.418	0.362
3/4	0.875	0.065	0.006	0.045	0.004	0.641	0.455
1	1.125	0.065	0.006	0.050	0.005	0.839	0.655
1 1/4	1.375	0.065	0.006	0.055	0.006	1.04	0.884
1 1/2	1.625	0.072	0.007	0.060	0.006	1.36	1.14
2	2.125	0.083	0.008	0.070	0.007	2.06	1.75
2 1/2	2.625	0.095	0.010	0.080	0.008	2.93	2.48
3	3.125	0.109	0.011	0.090	0.009	4.00	3.33
3 1/2	3.625	0.120	0.012	0.100	0.010	5.12	4.29
4	4.125	0.134	0.013	0.110	0.011	6.51	5.38
5	5.125	0.160	0.016	0.125	0.012	9.67	7.61
6	6.125	0.192	0.019	0.140	0.014	13.9	10.2
8	8.125	0.271	0.027	0.200	0.020	25.9	19.3
10	10.125	0.338	0.034	0.250	0.025	40.3	30.1
12	12.125	0.405	0.040	0.280	0.028	57.8	40.4

Fuente: TABLA 1. Norma ASTM B88. Standard Specification for Seamless Copper Water Tube.

PARTES DE UN CILINDRO.

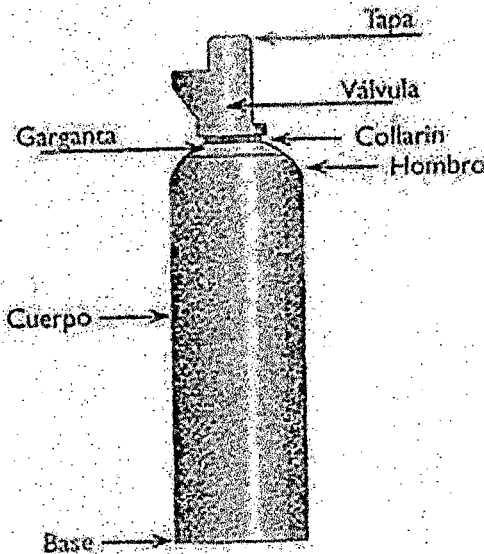


Figura A.3. –Partes de un Cilindro.

Fuente: Gases y equipos para soldar y corte acetilénicos AGA.

Tapa: Pieza destinada a proteger la válvula del cilindro, pudiendo ser fija o removible.

Válvula: Fabricada en la mayoría de los casos con latón forjado, está diseñada para trabajar con gases en altas presiones.

Collarín: Pieza fijada a la garganta y provista de una rosca externa para la colocación de la tapa.

Garganta: Parte gruesa del cilindro dispuesta hacia afuera en dirección de su eje, en la cual existe un orificio roscado para la colocación de la válvula.

Hombro: Parte del cilindro limitada por una superficie de revolución cuya generatriz es una línea de concordancia entre la garganta y el cuerpo.

Cuerpo: Parte del cilindro limitada externamente por una superficie de revolución cuya generatriz es un segmento de recta y cuyo radio de generación es el radio del cilindro.

Base: Parte del cilindro de una configuración que permita la estabilidad del mismo en posición vertical.