

Universidad Don Bosco
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Biomédica



**“Manual Biomédico de Diseño de Sistemas de Redes
De Gases y Vacío Médico a partir de un estudio
En un Hospital Salvadoreño”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR AL GRADO DE
Ingeniero Biomédico

PRESENTADO POR
Azael Enrique Frías Escobar
Luis Eduardo Castro Serrano

SEPTIEMBRE DE 2002

Ciudadela Don Bosco, Soyapango, El Salvador C.A.

CAPITULO I

"CRITERIOS DE DISEÑO: DEFINICION DE NORMAS"

1.0	Introducción al capítulo	2
1.1	Calidad de los gases	3
1.2	Normas de Seguridad para el almacenamiento y manejo de cilindros y contenedores de gases médicos	4
1.2.1	Criterios y requisitos de Almacenaje	4
1.2.2	Medidas de precaución para gases en cilindros y gases Liquificados en contenedores	5
1.3	Fuentes de sistemas de gases	6
1.3.1	Criterios para el sistema de cilindros sin suministro de reserva	7
1.3.2	Criterios para el sistema de cilindros con suministro de reserva	7
1.3.3	Conexión de suministro de emergencia	8
1.4	Criterios generales para sistemas de tuberías y accesorios en instalaciones de gases médicos	9
1.4.1	Tuberías	9
1.4.2	Válvulas de corte	11
1.4.3	Salidas de Gases	12
1.4.4	Número de tomas de salida para oxígeno y óxido nitroso	12
1.4.5	Otros Requerimientos	13
1.5	Sistema de suministro de Aire Comprimido	14
1.5.1	Uso del aire comprimido en Hospitales	14
1.5.2	Sistemas de suministro de aire médico por compresor	15
1.5.3	Número de tomas de salida para aire comprimido	18
1.6	Sistemas de Vacío médico.	19
1.6.1	Sistema y fuente de vacío típica	19
1.6.2	Bombas de vacío médico.	19
1.6.2.1	Bombas Múltiples.	19
1.6.3	Receptores (chimbos).	20
1.6.4	Ruido y Vibración.	20
1.6.5	Normas para diseño e instalación de Sistemas de tuberías de vacío.	20
1.6.5.1	Otros requerimientos.	21
1.6.6	Número para entradas de vacío.	22
1.7	Sistemas de Alarmas para gases.	23
1.7.1	Alarmas master para sistemas de vacío.	25

1.7.2	Alambrado y energía.	25
1.8	Pruebas de funcionamiento de sistemas de tuberías de gases.	25
1.8.1	Prueba Blowdown.	26
1.8.2	Prueba de presión inicial.	26
1.8.3	Pruebas de Fugas.	27
1.8.4	Prueba de presión.	27
1.8.5	Pruebas de conexión cruzada.	27
1.8.6	Prueba de Presión Fija.	28
1.8.7	Pruebas de Presión final.	29
1.8.8	Prueba de Flujo.	29
1.8.9	Purga de Tubería.	29
1.8.10	Prueba de pureza en la tubería.	29
1.8.11	Pruebas de presión operacional.	30
1.9	Pruebas de concentración de gases médicos.	30
1.9.1	Prueba de pureza de Aire Médico.	30
1.10	Prueba de Alarmas.	31
1.11	Anexos	32

CAPITULO II

"ANÁLISIS DEL CONSUMO DE GASES DENTRO DE UN HOSPITAL"

2.0	Introducción al capítulo.	35
2.1	Central de Oxígeno y Óxido Nitroso	37
2.1.1	Central de Oxígeno	37
2.1.1.1	Dimensiones de la Central de Oxígeno	37
2.1.1.2	Red de distribución de oxígeno	39
2.1.2	Central de Óxido Nitroso	39
2.1.2.1	Dimensiones de la Central de Óxido Nitroso	39
2.1.2.2	Red de distribución de Óxido Nitroso	41
2.1.3	Dimensiones del local de la central de gases	41
2.2	Distribución de los tomas de gases	41
2.2.1	Análisis de las Salidas de Oxígeno	42
2.2.2	Análisis de las Salidas de Óxido Nitroso	43
2.2.3	Análisis de las Salidas de Aire Comprimido	43
2.2.4	Análisis de las Entradas de Vacío Médico	44
2.2.5	Resumen del Número de Tomas por Áreas y Pisos	44
2.3	Análisis de los Sistemas de Gases Médicos y Vacío	45
2.3.1	Análisis del Sistema de Vacío	45
2.3.1.1	Tecnología Utilizada	45
2.3.1.2	Red de Distribución del Sistema de Vacío	46
2.3.2	Análisis del Sistema de Aire Comprimido	46
2.3.2.1	Tecnología Utilizada	46
2.3.2.1.1	Tanque Receptor	46
2.3.2.1.2	Panel de Control	46
2.3.2.1.3	Monitor de Punto de Rocío	47
2.3.2.1.4	Monitor de Alarma de CO ₂	47
2.3.2.1.5	Enfriador de Aire	47
2.3.2.1.6	Secadores de Aire	47
2.3.2.1.7	Válvula de Drenaje de Condensado	48
2.3.2.1.8	Sitio de Instalación	48
2.3.2.1.9	Tuberías	48
2.3.2.1.10	Válvulas de Seguridad	48
2.3.2.1.11	Operación	48
2.3.2.1.12	Sistema de Filtros	48

	2.3.2.1.13	Interruptor Diferencial	50
	2.3.2.2	Red de distribución de Aire Comprimido	50
	2.3.3	Análisis Sistema de Óxido Nitroso	50
	2.3.3.1	Capacidad de la Central de N ₂ O	50
2.4		Transporte, almacenamiento, manejo y distribución Interna de Cilindros de gases Médicos	51
	2.4.1	Transporte hacia el Hospital	51
	2.4.2	Almacenamiento	51
	2.4.3	Distribución Interna	69
2.5		Consumo de Cilindros de Gases en el Hospital de Especialidades	52
	2.5.1	Consumo Promedio Mensual	54
	2.5.1.1	Consumo de Oxígeno	55
	2.5.1.2	Consumo Aire Comprimido	55
	2.5.1.3	Consumo Óxido Nitroso	55
	2.5.2	Consumo Promedio por Áreas. Distribución Interna de Cilindros. Porcentajes	56
	2.5.2.1	Oxígeno	56
	2.5.2.2	Aire Comprimido	57
	2.5.2.3	Óxido Nitroso	57
	2.5.3	Consumo Promedio de Gases en Pies Cúbicos	57
	2.5.3.1	Consumo Promedio por día	59
	2.5.4	Determinación de Costos	59
	2.5.4.1	Costos de Oxígeno. Costo del Producto	60
	2.5.4.1.1	Costos por Personal	61
	2.5.4.2	Costos de Óxido Nitroso. Costo del Producto	64
	2.5.4.3	Costos de Aire Comprimido. Costos del Producto	64
	2.5.4.4	Costos Mensuales por el consumo y manejo de los cilindros de gases Médicos.	64
2.6		Anexos	65

CAPITULO III

"ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS

3.0	Introducción al capítulo.	70
3.1	Tecnologías. Oxígeno Líquido y Gas	71
3.1.1	Apreciación global técnica de SGVM ¹ y Subsistemas.	71
3.1.2	Suministros de volumen (Tipo Bulk)	71
3.1.2.1	Cilindros de Gas	71
3.2	Manifolds para manejo de Tecnología de Oxígeno Gas	73
3.2.1	Indicadores	73
3.2.2	Cubierta de los Manifolds	73
3.2.3	Descripción de las partes o componentes de un Manifold	74
3.2.3.1	Válvula de Cambio	74
3.2.3.2	Tipo diafragma (Baja Presión)	75
3.2.3.3	Tipo Pistón (Alta Presión)	75
3.2.3.4	Reguladores de Presión	76
3.2.3.5	Reguladores de Operación	76
3.2.3.6	Reguladores de Línea	76
3.2.3.7	Válvulas de Alivio	76
3.2.3.8	Transductor de presión	77
3.2.3.9	Componentes del Sistema de Alarma	77
3.2.3.10	Indicadores del cambio de bancos	77
3.2.4	Rasgos de Seguridad	78
3.2.4.1	Indicadores de Operación	78
3.2.5	Conexiones de los cilindros	78
3.3	Tecnologías para el manejo de gases. Oxígeno Líquido	79
3.3.1	Tanques criogénicos	79
3.3.2	Diseño, Construcción, y Ubicación	80
3.3.3	Manifolds para el manejo de Tecnología a base de Oxígeno Líquido	81
3.3.3.1	Configuración Oxígeno Líquido/Líquido	81
3.3.3.2	Configuración Oxígeno Líquido/Gas	81
3.3.3.3	Requerimientos de Diseño	82
3.3.3.4	Dimensiones y Flujo	82

¹ MGVS: Sistemas de Gas y Vacío Médico (Medical Gas and Vacuum Systems)

	3.3.3.5	Capacidad de cilindros líquidos versus equivalencia de cilindros tipo H de alta presión	83
	3.3.4	Termos Portátiles	83
	3.3.4.1	Fabricación	83
	3.3.4.2	Capacidad de los Termos Portátiles de Oxígeno Líquido	84
	3.3.4.3	Partes y Componentes	84
	3.3.4.4	Identificación	85
3.4		Compresores para Vacío Médico	85
	3.4.1	Componentes del sistema	85
	3.4.2	Usos impropios	86
	3.4.3	Ubicación	86
	3.4.4	Duplicación y Regulación de la Presión de los Suministros	87
	3.4.5	Tecnologías disponibles para sistemas de Vacío	88
	3.4.5.1	Los sistemas de veleta rotatoria lubricada	88
	3.4.5.2	Veleta rotatoria de Libre de Aceite	88
	3.4.6	Configuraciones de Sistemas de Vacío	89
	3.4.7	Características de un sistema de Vacío marca AMICO	90
	3.4.8	Características de un sistema de Vacío marca MEDAES	91
3.5		Aire Comprimido Médico	91
	3.5.1	Fuentes	91
	3.5.2	Sistemas de Compresor mecánico	92
	3.5.3	Componentes del sistema	92
	3.5.4	Ubicación	93
	3.5.5	Filtración y Monitoreo	93
	3.5.6	La importancia del monitoreo del Punto de Rocío en Los Sistemas de aire comprimido médico	95
	3.5.6.1	¿Qué es el punto del rocío, y por qué es importante?	95
	3.5.6.2	¿Cómo se produce el aire médico con un punto de rocío bajo?	96
	3.5.7	¿Qué pasa cuándo existen remanentes de Vapor de agua en el sistema?	97
	3.5.8	¿Cuál es el Nivel apropiado del Punto de Rocío, y cómo se mide?	98
	3.5.9	Secadores de Aire Comprimido	99

	3.5.9.1	Secado por Absorción	100
	3.5.9.2	Secado por Adsorción	100
	3.5.9.3	Secado por Enfriamiento	101
3.6	Tuberías		104
	3.6.1	Sistema básico	104
	3.6.2	Requisitos de la construcción. Tamaño de la cañería	104
	3.6.3	Válvulas y Montajes de la Cañería	104
3.7	Salidas. Tipos de Tomas y Resumen de Características		105

CAPITULO IV

"PROPUESTA DE DISEÑO Y ALTERNATIVAS A LA RED ACTUAL DE GASES"

4. Introducción al Capítulo	109
4.1. Red de Oxígeno	110
4.1.1. Condiciones Actuales	110
4.1.2. Datos del Consumo	111
4.1.3. Propuesta de ampliación de la Red de Tuberías	111
4.1.4. Métodos de diseño utilizados en la Red de Oxígeno. Cálculo de Pérdidas de Presión	112
4.1.4.1. Primer Método. Cálculo de Pérdidas por el Método MEDAES	112
4.1.4.1.1. Determinación del Número de Salidas por Sección	112
4.1.4.1.2. Designación del caudal por sección	112
4.1.4.1.3. Designación del flujo por rama y factor de uso	113
4.1.4.1.4. Flujo de Sección usando el caudal más alto de la sección.	113
4.1.4.1.5. Cálculo de la pérdida de presión para 100 pies de tubería	113
4.1.4.1.6. Pérdidas de presión por sección Equivalente	114
4.1.4.1.7. Ejemplo de Cálculo	114
4.1.4.2. Segundo Método. Cálculo de Pérdidas por el Método CHEMETRON	120
4.1.4.2.1. Designación de caudal por sección	120
4.1.4.2.2. Determinación de pérdidas por fricción	120
4.1.4.2.3. Ejemplo de Cálculo	120
4.1.5. Utilización de Oxígeno Líquido	123
4.1.5.1. Análisis de la Condición Actual	123
4.1.5.2. Propuesta de Diseño	124
4.1.5.3. Pronóstico del Consumo de Cilindros de O ₂ de 220 PC	125
4.1.5.4. Análisis Costo Beneficio	128
4.1.5.4.1. Propuesta de Oxígeno Líquido y Ampliación de la Red	128
4.1.5.4.2. Infactibilidad del Oxígeno Líquido para la Red Actual	128
4.1.5.5. Ubicación del Tanque de Oxígeno Líquido	129

4.1.5.5.1	Propuestas de Localización	130
4.1.6	Materiales necesarios para la Propuesta de Red de Oxígeno	133
4.2.	Red de Óxido Nitroso	
4.2.1.	Condiciones Actuales	134
4.2.2.	Métodos de diseño utilizados en la Red de Óxido Nitroso.	134
4.2.2.1.	Método de MEDAES para Óxido Nitroso	134
4.2.2.1.1.	Determinación del Número de Salidas por Sección	134
4.2.2.1.2.	Designación del caudal por Sección	134
4.2.2.1.3.	Designación del flujo por rama y factor de uso	134
4.2.2.1.4.	Flujo de sección usando el caudal más alto de la sección	134
4.2.2.1.5.	Cálculo de la pérdida de presión para 100 pies de tubería	134
4.2.2.1.6.	Pérdidas de presión por sección Equivalente	134
4.2.2.2.	Segundo Método. Cálculo de Pérdidas por el Método CHEMETRON	135
4.2.2.2.1.	Designación de caudal por Sección	135
4.2.2.2.2.	Determinación de Pérdidas por fricción	135
4.3.	Red de Aire Comprimido	135
4.3.1.	Condiciones Actuales	135
4.3.2.	Datos del consumo de cilindros de Aire Comprimido	136
4.3.3.	Propuesta de Diseño a la Red Actual	136
4.3.4.	Propuestas de Diseño para Aire Comprimido	136
4.3.4.1.	PRIMERA ALTERNATIVA: Ampliación del Sistema Actual	136
4.3.4.1.1.	Cálculo de las Pérdidas de Presión para la red de distribución de aire comprimido	137
4.3.4.1.1.1.	Método de MEDAES	137
4.3.4.1.1.1.1.	Designación de flujos	137
4.3.4.1.1.1.2.	Cálculo de las pérdidas de presión para 100 pies de tubería	138
4.3.4.1.1.1.3.	Pérdidas de presión por sección	138
4.3.4.1.1.1.4.	Ejemplo de Cálculo	138
4.3.4.1.1.2.	Segundo Método. Cálculo de pérdidas de presión por Método CHEMENTRON para aire comprimido	141

4.3.4.1.1.2.1.	Designación de caudal por sección	141
4.3.4.1.1.2.2.	Determinación de Pérdidas por fricción	142
4.3.4.2.	SEGUNDA ALTERNATIVA de diseño para Aire	
	Comprimido. Red Paralela	144
4.3.4.2.1.	Método MEDAES	146
4.3.4.2.2.	Método CHEMETRON	151
4.3.5.	Materiales propuestos para la Ampliación de la red de Aire	
	Comprimido	155
4.4.	Red de Vacío Médico	156
4.4.1.	Condiciones Actuales	156
4.4.2.	Capacidad Instalada del Sistema de Vacío	156
4.4.3.	Propuesta de diseño a la red Actual	158
4.4.4.	Métodos de diseño y cálculo de la red de Vacío	158
4.4.4.1.	Método CHEMETRON	158
4.4.4.1.1.	Designación de caudal por sección	159
4.4.4.1.2.	Determinación de Pérdidas por fricción	159
4.4.4.2.	Método de la NFPA	161
4.4.4.2.1.	Cálculo del caudal en la Trayectoria Principal	161
4.4.4.2.2.	Determinación de la pérdida de Presión	161
4.4.4.2.3.	Ejemplo de Cálculo	162
4.5.	Conclusiones Acerca del Capítulo	162
4.5.1.	Acerca de los Métodos de Cálculo empleados	162
4.5.2.	Acerca de las Propuestas de Diseño	163
4.6.	Anexos	165

CAPÍTULO V

"MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE GASES MÉDICOS"

5.0	Introducción al Capítulo	191
5.1	Utilidad del Manual. Actividades del manual	192
5.1.13	Dimensionamiento de las fuentes de suministros.	195
5.1.13.1	Dimensionamiento de las fuentes de Oxígeno	196
5.1.13.2	Dimensionamiento de la central de óxido nitroso.	197
5.1.13.3	Dimensionamiento de la central de Aire Comprimido.	197
5.1.13.4	Dimensionamiento de la central de vacío	198
5.2	ANEXOS	200

CAPITULO VI

"MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE GAS Y VACÍO MÉDICO"

6.0 Introducción al Capítulo	211
6.1 Importancia de los Programas de Mantenimiento	212
6.2 La NFPA99 y los Programas de Mantenimiento	212
6.3 Responsabilidades de los Hospitales en relación a los PMP	213
6.4 Inconvenientes debidos a la aplicación de PMP	214
6.5 Equipos y Suministros Necesarios para la Realización de PMP	214
6.5.1 Analizadores de Oxígeno	214
6.5.2 Mecanismos de Medición de Vacío	214
6.5.3 Flujómetros,	214
6.5.4 Manómetros,	215
6.5.5 Válvulas de control de flujo.	215
6.5.6 Otros	215
6.5.7 Herramientas Mecánicas y Partes	215
6.5.8 Equipo de Prueba	216
6.6 Precauciones Especiales con los PMP ² de los SGVM	216
6.7 Precauciones al Purgar	217
6.8 Precauciones con el óxido Nitroso	218
6.9 Programa de Mantenimiento Preventivo	218

² PMP: Programas de Mantenimiento Preventivo.

CAPITULO VII

"COSTO DEL PROYECTO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"

7.	Costo del proyecto, conclusiones y recomendaciones	234
7.1	Costo del Proyecto	234
7.1.1	Costo Aproximado de los Materiales	234
7.2	Conclusiones y Recomendaciones	235
7.2.1	Acerca de la Red de oxígeno	235
7.2.2	Acerca de la Red de Óxido Nitroso	237
7.2.3	Red de aire comprimido	237
7.2.4	Sistema de vacío medico	238
7.3	Bibliografía	239

CAPITULO I

"CRITERIOS DE DISEÑO: DEFINICION DE NORMAS."

CAPITULO I

"CRITERIOS DE DISEÑO: DEFINICION DE NORMAS"

INTRODUCCION AL CAPITULO

En este primer capítulo, se definen los criterios y normativas a aplicar para el diseño de instalaciones y redes de Gases Médicos.

También se recopilan las principales normas relacionadas al diseño de redes de distribución, al almacenamiento y manejo de los principales gases utilizados en el área hospitalaria, como lo son, el oxígeno, óxido nitroso, aire comprimido y vacío.

Las normativas que se presentan, pertenecen a dos entidades que tienen mucha influencia en nuestro país, debido al grado de accesibilidad con que se cuenta (cercaña) y a la credibilidad que poseen, siendo estas la NFPA¹ 99, y normas del IMSS².

Cabe señalar que, las normas, estándares y conceptos dados en la presente información cubren el abastecimiento, distribución e instalación de gases médicos no inflamables, con presiones de operación debajo de los 300 Psig (2068KPA); y sistema de vacío utilizados en instalaciones hospitalarias.

¹ NFPA: National Fire and Protection Administration. USA

² IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social. MEXICO

1.1 CALIDAD DE LOS GASES

Las aplicaciones de los gases medicinales en el hospital son cada vez más variadas y el número de puntos de consumo es, por tanto, muy amplio. Todo ello, y el carácter de apoyo de vida que en muchas ocasiones tienen estos gases, convierten su suministro en un aspecto crítico de toda instalación hospitalaria. Por lo tanto, es preciso que estos gases siendo tan relevantes, cumplan ciertos criterios de calidad. Gracias a esto, es que los gases médicos se preparan bajo un estricto control, debiendo cumplir muchas especificaciones, y estándares de calidad y pureza. La pureza a obtener en las salidas para cada tipo de GAS es:

- Oxígeno: mayor de 99% de O_2 . También podrá cumplir con las especificaciones de pureza de la farmacopea europea (contenido de oxígeno > 99,5%), de la farmacopea americana (contenido de oxígeno > 99%) y de la farmacopea británica (contenido de oxígeno > 99%).
- Óxido Nitroso: 99% o más de N_2O .
- Nitrógeno: menos del 1% de O_2 ; 99% o mas de nitrógeno.
- Aire médico 19.5% a 23.5% de O_2 .

Tabla 1.1: LIMITES DE PUREZA DE GASES
SUGERIDOS POR LA ECRI

Contaminantes	Aire médico	Oxígeno	Oxido Nitroso
Oxígeno	(19% a 23%)	>99%	No establecido
N_2O , ppm	5	5	>95%
Nitrógeno	NA	NA	<5%
CO, ppm	5	5	5
CO ₂ , ppm	500	100	1000
Metano, ppm	25	25	25
Agentes anestésicos, ppm	0.1	0.1	0.1
Partículas y aceite	1	1	1
Dióxido de sulfuro, ppm	1	1	1
Olores	Ninguno	Ninguno	ninguno
Hidrocarburos halogenados, ppm	5	5	5

1.2 NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CILINDROS Y CONTENEDORES DE GASES MEDICOS.

1.2.1 CRITERIOS Y REQUISITOS PARA ALMACENAJE.

1. El contenido de los cilindros debe ser identificado a través de etiquetas, denominando los componentes y dando proporciones.
2. Las fuentes de calor, en localizaciones de almacenaje deben ser tratadas para asegurar los mecanismos de seguridad. En ningún caso la temperatura de los cilindros debe exceder los 130 °F (54°C). Deben ser tomados en cuenta, ciertos cuidados especiales cuando se manipulen cilindros que han sido expuestos a temperaturas de congelación o contenedores que tengan líquido criogénico, como por ejemplo, evitar hacer contacto directo con líquidos a bajas temperaturas a fin de evitar daño a la piel.
3. Se deben adecuar locales para almacenar cilindros o localizaciones manifold. Estos deben ser contruidos de un ensamblamiento o material de construcción con una resistencia al fuego, al menos de una hora y no deben comunicar directamente con áreas anestésicas. Otros gases médicos no flamables pueden ser guardados en el mismo recinto. Tales recintos no deben servir para otro fin.

Acerca de los pisos conductivos:

Nota1: es necesario recordar que no se requiere piso conductivo en localizaciones de almacenaje de cilindros que no sean parte de áreas quirúrgicas u obstétricas.

Nota2: por lo que al mismo tiempo, se puede afirmar que no se requiere pisos conductivos en aquellas localizaciones de almacenaje de cilindros o de manifold usados para gases médicos flamables.

4. Se deben tomar provisiones para sujetar y así proteger a los cilindros de daño y accidentes por movimiento y caídas.
5. Los tomacorrientes e interruptores deben ser instalados y fijados a una altura no menor de 1.52m (5 pies) arriba del piso, como una precaución contra su daño físico.

6. Cilindros que contengan gases comprimidos y contenedores para líquidos volátiles deben ser mantenidos lejos de radiadores, tuberías de vapor y fuentes probables de calor.
7. Cuando las camisas de protección de las válvulas de los cilindros sean suministradas, estas deben ser apretadas en forma segura.
8. Los contenedores o depósitos (cilindros) no deben ser guardados en espacios muy encerrados tales como closets.
9. Los compresores de aire médico y bombas de vacío, deben ser localizadas separadamente del sistema de cilindros o recintos de almacenaje de gases. Los compresores del aire médico deben ser instalados en un área designada para equipo mecánico; adecuadamente ventilada y con requisitos de servicio.
10. Si los locales para sistemas de suministro, serán localizados cerca de fuentes de calor, tales como incineradores y cuartos de calderas, estos deberán ser de una construcción que proteja los cilindros de temperaturas que alcancen los 130°F (54°C).
11. Las paredes, pisos y cielos de localizaciones para sistemas de suministros de más de 3000 pies³ (85m³) de capacidad total (conectada y almacenada) deben de tener una resistencia al fuego de al menos una hora.
12. La localización para sistemas de suministro de más de 3000 pies³ (85m³) de capacidad total (conectada y en almacenaje) debe ser ventilada hacia el exterior por una ventilación mecánica o ventilación natural. La abertura o aberturas de la ventilación debe tener un mínimo de 72 pul² o 0.05m² de área libre.

1.2.2 MEDIDAS DE PRECAUCION PARA GASES EN CILINDROS Y GASES LIQUIFICADOS EN CONTENEDORES.

1. Grasa, aceite o materiales flamables nunca deben ser permitidas que estén en contacto con cilindros de oxígeno, válvulas, reguladores, medidores y acoples.
2. Reguladores, acoples y medidores nunca deben ser lubricados con aceite o sustancia flamable.
3. Los cilindros de O₂ no deben ser manipulados con manos aceitosas o grasosas.
4. La válvula del cilindro debe ser abierta suavemente, con la cara del manómetro del regulador dirigido lejos de las personas.
5. Un cilindro de oxígeno no debe ser cubierto con materiales como guantes, mascarillas o gorros.
6. Acoples, válvulas, reguladores o medidores de O₂, no deben usarse más que para dicho gas.

7. Ningún tipo de gas deberá mezclarse en un cilindro de oxígeno o en otro cilindro.
8. El O₂ siempre debe ser dispensado de un cilindro a través de un regulador.
9. Las camisas de los cilindros siempre deben estar en su posición, y deben ser apretadas manualmente.
10. Las válvulas de los cilindros vacíos deben estar cerradas en el lugar que se almacenen.
11. El O₂ nunca debe ser un sustituto del aire comprimido.
12. Los cilindros o válvulas de los cilindros no deben ser reparados, pintados o alterados.
13. Las válvulas de seguridad de los cilindros no deben ser obstruidas.
14. Al usar cilindros de tamaño pequeño (A, B, D o E), éstos deben ser unidos a un depósito de cilindros o al aparato de terapia, en que sean utilizados.
15. Los cilindros y contenedores no deben ser portados, arrastrados o movidos en forma horizontal.
16. Los cilindros se deben asegurar a un depósito, y nunca encadenarse a aparatos portátiles o camas (tiendas) de oxígeno.
17. Las válvulas de los cilindros deben ser del tipo DISS.
18. Las tuberías de gases médicos no deben utilizarse como polo de tierra.

1.3 FUENTES DE SISTEMAS DE GASES. (NFPA 99)

El sistema de suministro central de gas es un sistema de abastecimiento (cilindros/termos) y equipos, cuya función es proporcionar y distribuir un tipo de gas con ciertas propiedades, hacia las distintas dependencias hospitalarias. Para ello, se usa un sistema de tuberías, válvulas, acoples, derivaciones, etc., que en conjunto forman la red de instalación del gas médico.

En los diseños de centrales gases médicos, a veces es necesario tener reservas que suplirán la demanda en caso de emergencia o cuando la demanda a incrementado y el sistema de suministro es incapaz de proporcionarlo, mas que todo cuando el hospital es demasiado grande.

Para esto, han surgido alternativas de diseño de centrales de gases que permiten eliminar dichos inconvenientes, para lo cual se cuenta con los diferentes sistemas de gases que a continuación se presentan.

1.3.1 CRITERIOS PARA EL SISTEMA DE CILINDROS SIN SUMINISTRO DE RESERVA (NFPA 99)

Nota: ver diagrama 1.1 en anexos.

1. Un manifold de cilindro debe tener 2 bancos (o unidades) de cilindros que alternativamente suministran al sistema de tuberías; cada banco debe tener un regulador de presión y cilindros conectados a un alimentador común. Cada banco debe tener un mínimo de 2 cilindros, o al menos el suministro promedio de un día, a menos que los itinerarios normales de entrega requieran un suministro menor.
2. Cuando el contenido del banco primario se vuelve incapaz de suministrar el gas a presión de trabajo al sistema, el banco secundario debe automáticamente entrar a suministrar al sistema. Un interruptor de presión debe ser conectado al panel master de señales para indicar el momento en el que se da el cambio, o justo antes de cambiar al banco secundario.
3. Una válvula cheque debe ser instalada, entre cada tubería del cilindro y el alimentador del manifold para evitar la pérdida de gas desde los cilindros conectados al manifold; esto en el caso que el mecanismo liberador de presión en un cilindro individual entre en funcionamiento o una tubería (cola de cochino) falle.

1.3.2 CRITERIOS PARA EL SISTEMA DE CILINDROS CON SUMINISTRO DE RESERVA (NFPA 99)

Nota: ver diagrama 1.2 en anexos.

Un sistema (de suministro) de cilindros con suministro de reserva debe consistir de:

- a. Un sistema primario, el cual suministra al sistema de tuberías.
- b. Un sistema secundario, el cual debe operar automáticamente cuando el suministro primario es inhabilitado para suministrar al sistema. Un interruptor actuante debe ser conectado al panel master de alarmas para indicar el instante en el que se produce el cambio al banco secundario o justamente antes de que éste ocurra.
- c. Un suministro de reserva, el cual deberá operar automáticamente, cuando el suministro primario y secundario sean incapaces de suministrar al sistema. Un interruptor actuante debe estar conectado al panel master de alarmas para indicar cuando o justamente antes de que el sistema de reserva empiece a suministrar al sistema de tuberías.

Normas acerca del suministro de reserva:

1. El suministro de reserva debe consistir de tres o más cilindros de alta presión, previamente conectados a un manifold. En este caso se debe tener

un interruptor actuante que opere el master de señales, cuando el suministro de reserva cae por debajo del suministro de un día.

2. Cuando los depósitos de almacenaje de líquidos criogénicos son diseñados para evitar la pérdida de gas producido por la evaporación del líquido criogénico en el secundario, ellos deben ser diseñados de tal modo que el gas producido debe pasar a través del regulador de la presión de línea, antes de entrar al sistema de distribución de tuberías.

Sistemas de tipo BULK.

El sistema de gas tipo Bulk consiste de dos fuentes de suministros, una de las cuales deberá ser un suministro de reserva para uso únicamente en una emergencia. Un interruptor actuante deberá ser conectado al panel master de alarmas para indicar cuando, o justamente antes la reserva comienza a suministrar al sistema.

Existen dos tipos de sistemas tipo Bulk:

1. TIPO ALTERNANTE: con dos o mas unidades alternantes suministrando al sistema de tuberías. Cuando el suministro primario es incapaz de suministrar al sistema Bulk, el suministro secundario automáticamente toma la posición del suministro primario y este es conectado cuando ocurre el cambio de posición en el change-over. Un interruptor actuante debe ser conectado al panel master de alarmas para indicar cuando, o justamente antes, ocurre el cambio.
2. TIPO CONTINUO: con dos o más unidades suministrando continuamente al sistema de tuberías, mientras otra unidad de suministro de reserva opera únicamente en caso de una emergencia.

13.3 CONEXIÓN DE SUMINISTRO DE EMERGENCIA (NFPA 99)

En los lugares donde el suministro de oxígeno esté localizado fuera del edificio servido, se deberán incorporar al sistema de tuberías de alimentación una entrada para conectar una fuente auxiliar temporal de emergencia, o para situaciones de mantenimiento.

La entrada debe estar ubicado en el exterior del edificio y debe ser instalada aguas abajo de la válvula de corte en la línea principal y al sistema de emergencia. Debe tener una válvula cheque en la línea principal, entre la válvula de corte de la línea principal y la conexión "T"; y otra (cheque) entre la conexión "T" y la válvula de corte del sistema de emergencia.

El sistema de emergencia se debe proveer con válvula de alivio, seteada al 50% arriba de la presión nominal de operación de línea para seguridad.

1.4 CRITERIOS GENERALES PARA SISTEMAS DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS EN INSTALACIONES DE GASES MEDICOS (NFPA 99).

1.4.1 TUBERIAS.

1. Las tuberías, válvulas, niples, salidas y otros componentes de las tuberías en las instalaciones de gases deben ser limpiadas para el servicio de oxígeno antes de la instalación.
2. Cada longitud de tubo debe estar etiquetada y protegida de sus extremos por medio de camisas ciegas. Niples, válvulas y otros dispositivos deben ser sellados y marcados.
3. La tubería para uso médico debe ser tipo K o L. Los sistemas ramales y principales deben usar tuberías con un diámetro no menor de $\frac{1}{2}$ ". Las derivaciones para los paneles de control será permitido a ser $\frac{1}{4}$ " de tamaño nominal.
4. Las uniones en cobre deben soldarse.
5. Los sistemas de tubería deben ser diseñados y dimensionados para entregar el flujo requerido a las presiones de utilización.
6. Las tuberías deben tener soportes que la sujeten a la construcción del hospital; estos sujetadores deben tener un acabado de cobre u otra protección contra la corrosión galvánica. El máximo espacio de soportes debe ser como se indica a continuación:

Tabla 1.2: Distancia máxima entre soportes

Para tuberías

Diámetro Nominal de Tubería	Distancia Máxima
3/8" nominal	6 pies
$\frac{1}{2}$ " nominal	6 pies
$\frac{3}{4}$ " nominal	7 pies
1" nominal	8 pies
1 $\frac{1}{4}$ " nominal	9 pies
1 $\frac{1}{2}$ " nominal y mayores	10 pies

7. Las uniones en tubos de gases médicos deben ser soldadas, a excepción de que la unión se utilice para presiones y temperaturas menores.
8. Válvulas y acoples flameados o uniones a compresión deben ser prohibidas.
9. Se podrán permitir nipples, siempre que prevean una unión permanente y que tengan la integridad térmica, mecánica y de sello de una unión soldada.
10. Giros y cambios de dirección deben ser permitidos hacerlos con acoples.
11. La tubería enterrada debe ser protegida contra corrosión y daño físico. Tuberías bajo vías de acero y áreas de parqueo deben ser instaladas bajo camisas o tuberías de protección. La tubería en pisos de concreto o paredes, deben ser instaladas en conductos continuos.
12. Elevadores de gas médicos son permitidos a ser instalados en pozos de tubería si están protegidas de daño físico, efectos del excesivo calor, corrosión o contacto con aceite.
13. Las tuberías no deben ser instaladas en cocinas para evitar adhesivos de aceite o calentamientos.
14. Se podrá permitir que las tuberías estén localizadas en la misma área o lugar de dirección de líneas de gas, líneas eléctricas y líneas de vapor, siempre que el espacio esté ventilado y la temperatura ambiente limitada a 130°F (54 °C) como máximo.
15. Cuando una tubería penetre una construcción a prueba de incendios, las aberturas hechas deben ser tapadas también con material a prueba de incendios.
16. Debe protegerse toda tubería expuesta en corredores y otras áreas, donde esté sujeta a daño físico por el movimiento de camillas, sillas, equipos portátiles o vehículos.
17. Mangueras, conectores flexibles metálicos y no metálicos, no deben ser más largos de lo necesario ni penetrar u ocultar en paredes, cielos, pisos o particiones. Conectores flexibles metálicos o no metálicos deben soportar presiones mínima de 1000 PSIG (6900 Kpa).
18. Los sistemas de tuberías de vacío nunca deben ser reutilizadas para otros gases.
19. Se debe utilizar la siguiente codificación para identificar tuberías.

Tabla 1.3: Codificación de colores
Para las tuberías

Contenido de la tubería	Colores U.S	Colores ISO
Oxígeno (O ₂)	Verde	Letras blanco/ verde
Oxido Nitroso (N ₂ O)	Azul	Letras azul/ blanco
Vacío medico (VAC)	Blanco	Letras amarillo/ negro
Aire comprimido	Amarillo	Letras blanco y negro

1.4.2 VÁLVULAS DE CORTE.

20. Estas deben estar accesibles e instaladas en paneles para válvulas con ventanas franqueables o removibles, para permitir el acceso manual.
21. Deben ser colocadas en la salida inmediata de la fuente de suministro, para permitir que la fuente entera de suministro, incluyendo los accesorios, sean aisladas del sistema de tuberías. La válvula de la fuente debe estar río arriba de la válvula de corte de la línea principal, y debe estar localizada en la vecindad del equipo de suministro, debiendo ser etiquetada "válvula de la fuente".
22. La línea principal de suministro debe estar provista con una válvula de corte accesible en una emergencia. Esta válvula debe estar localizada río debajo de la válvula de la fuente, y fuera del cuarto de suministro, recinto, o donde la línea principal entre primero al edificio.
23. Cada bifurcador de elevación que sale de la línea principal, debe estar provisto con una válvula de corte, adjunta a la conexión de la elevación o bifurcación.
24. Las salidas no deben ser suministradas directamente desde una elevación (riser), a menos que una válvula de control esté en la misma línea.
25. Cada rama lateral que sirve cuartos de paciente, debe estar provista con válvulas de corte que controlen el flujo de gas hacia el cuarto. Además esta válvula, no debe afectar el suministro a otros cuartos. Un medidor de presión debe ser instalado aguas abajo de cada válvula de rama lateral.
26. Se puede permitir válvulas tipo "en línea" para efectos de mantenimiento o de ampliación.

27. Válvulas nuevas o de reemplazo deben ser de $\frac{1}{4}$ " de giro con manubrio indicador.

1.4.3 SALIDAS DE GASES.

28. Cada salida de una estación ya sea roscada, no roscada o intercambiable de acople rápido, debe ser de un gas específico y debe consistir de una válvula primaria y secundaria (o ensambladas). La secundaria debe cerrar automáticamente para bloquear el flujo cuando la primaria es removida.

1.4.4 NUMERO DE TOMAS DE SALIDA PARA OXIGENO Y OXIDO NITROSO.

Existen cantidades de tomas de gases designadas de acuerdo al área que se esté suministrando, como también, las cantidades de los mismos que se vayan a ubicar por cama, dependerá de la entidad que haya establecido dicha norma o de las necesidades reales del ambiente en que se encuentre.

Para esto entidades como la NFPA e IMSS han establecido parámetros de cantidades de tomas que pueden ser ubicadas de acuerdo a las diferentes áreas.

Tabla 1.4: Salidas murales según la NFPA

LOCALIZACION	SALIDAS DE OXIGENO
Cuarto de pacientes	1 por cama
Exámenes y tratamiento (medicina cirugía y cuidados después del parto)	1
Aislamiento	1
Cuidados intensivos general	2
Aislamiento critico	2
Cuidados críticos coronarios	2
Cuidados críticos pediátricos	2
Cuidados intensivos neonatales	3
Nurserías	1
Pediatría	1
Cuartos de operaciones generales	2
Cardio-orto y neurología	2
Cirugía ortopédica	2
Cistoscopia y endoscopia	1
Unidad de cuidados pos-anestésicos	1
Cuartos de anestesia	1 por estación de trabajo

Recuperación	1
Cuarto post-parto	1
Salas de parto	2
Emergencia	1
Cuarto para cardiaco	1
Laboratorio de cateterización cardiaca	2

Tabla 1.5: Salidas murales según el IMSS

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

1.4.5 OTROS REQUERIMIENTOS.

- a. Localizaciones anestésicas y otras áreas críticas y de soporte de vida, tales como recuperación pos anestésica, UCI y UCI coronarias deben ser alimentadas directamente desde una válvula de un elevador sin la intervención de otras válvulas.
- b. Una válvula debe ser localizada inmediatamente afuera de cada línea de soporte crítica y debe ser accesible por emergencias.
- c. Las válvulas deben ser conectadas de tal modo que solo afecten a un quirófono y no al resto.
- d. Tuberías, válvulas, nipples o acoples y otros componentes no-flamables se deben limpiar completamente para evitar la presencia de aceite, grasa y otros materiales oxidantes.
- e. Las partes ensambladas que emplean mangueras flexibles o tubos deben de cumplir lo siguiente:
 - Estar unida a la tubería de gas usando una conexión semi-permanente a la salida de gas.
 - Donde la estación no es accesible, ésta debe estar conectada permanentemente.
- f. Para uniones de cobre a cobre deben ser soldadas con una soldadura de fósforo cobre o fósforo cobre plata sin flux.
- g. Metales que no sean similares tales como bronce y cobre o latón deben ser soldadas usando un flux adecuado, ya sea un relleno de soldadura

- (electrodo) de cobre fósforo, cobre fósforo plata o un electrodo de plata serie BAg.
- h. Las uniones a ser soldadas en el lugar deben ser accesibles para la adecuada preparación, ensamble, calor, aplicación de electrodos, enfriamiento, limpieza e inspección.
 - i. Las superficies a ser soldadas deben ser mecánicamente limpiadas con un cepillo de cerdas de acero inoxidable, luego debe limpiarse de toda la escoria y no debe de pasar más de una hora después de la limpieza a efectos de soldarlas.
 - j. Electrodos recubiertos de flux pueden ser usados en lugar de la aplicación de flux para superficies a ser soldadas en tubos de 3/4 o de menor diámetro.
 - k. Los extremos del tubo deben ser completamente insertados dentro de los acoples a ser unidos.
 - l. Las uniones roscadas en los sistemas de tuberías deben ser realizadas con cinta politetrafluoroetileno (teflón), si se utiliza sellante para sistemas de oxígeno, este debe aplicar solamente a la rosca macho.
 - m. El etiquetado de las tuberías debe de:
 - Incluir el nombre del gas y la presión de operación a intervalos no menores de 20 pies,
 - Ubicarlas en la parte superior de cada cuarto.
 - A ambos lados cuando atraviesa una pared
 - n. Las válvulas deben ser etiquetadas para:
 - Indicar el tipo de gas o vacío
 - Un aviso para no abrir o cerrar, excepto en caso de emergencia
 - Los cuartos y áreas servidas.

1.5 AIRE COMPRIMIDO.

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

1.5.1 USO DEL AIRE COMPROMIDO EN HOSPITALES.

Entre sus usos están en instrumentación quirúrgica, como succionadores, ventiladores, aspiradores, taladros, sierras, etc., utilizándose también como aire para respirar cuando el paciente requiere de una determinada mezcla de aire-oxígeno.

El aire comprimido para uso en áreas médicas debe estar ausente de residuos de aceite, y con la menor humedad posible.

1.5.2 SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE MEDICO POR COMPRESOR.

El compresor de aire médico debe tomar su fuente de la atmósfera exterior y no debe agregar contaminantes en la forma de partículas, olores u otros gases. Debe ser conectado solamente a la tubería de distribución de aire médico y no debe utilizarse para otro propósito. El compresor debe ser diseñado para evitar la introducción de contaminantes o líquidos en la tubería por:

- Eliminación de cualquier tipo de aceite en el compresor.
 - Separación de la sección, conteniendo aceite desde la cámara de compresión por un área abierta a la atmósfera, la cual permite inspección visual continua del eje interconectante.
1. La entrada de aire al compresor debe estar localizada al exterior arriba del nivel del techo, a una distancia mínima de 10 pie (3 m) de cualquier puerta, ventana u otra entrada o apertura del edificio y una distancia mínima de 20 pies (6 m) arriba del piso. Todo esto con el fin de que el aire que entra al compresor, esté lo menos contaminado posible con partículas de polvo, y microorganismos que por lo general se encuentran en bajas alturas sobre el nivel del suelo.
 2. Las entradas deben ser protegidas contra la entrada de lluvia o sustancias extrañas, ya que la entrada de esto genera corrosión en la tubería y daño físico al compresor por las humedades, además de la formación de hongos que se puedan generar.
 3. Si se usa otra fuente que no sea la atmosférica para la entrada de aire, este debe estar disponible las 24 horas del día y los 7 días de la semana.
 4. La entrada de aire debe estar localizada donde no exista contaminación debido a expulsión de motores, ventilaciones de combustible almacenado, descargas de sistemas de vacío etc.
 5. Las entradas de aire, para compresores separados, se deben de permitir que se unan a una entrada común, previendo que tal entrada esté adecuadamente dimensionada. Cuando se realiza servicio al compresor, la tubería libre de entrada al compresor quitado, debe ser aislado por una válvula cheque o manual o una camisa de tubo para evitar el retroflujo.
 6. Dos o más compresores deben ser usados con provisiones para la operación alternativa o simultanea dependiendo de la demanda. Por efectos de servicio, cuando dos compresores son usados, cada unidad debe ser capaz de mantener

- el suministro de aire al sistema a la demanda pico calculado, por efectos de servicio.
7. Cada compresor debe estar provisto con un interruptor de desconexión y un dispositivo de arranque del motor con protección de sobrecarga.
 8. Cada sistema del compresor debe estar provisto con alternación automática de las unidades dividiendo su uso eventualmente y un medio automático para activar las unidades adicionales, cuando la unidad en servicio llega a ser incapaz de mantener la presión adecuada. Se debe de permitir de igual manera, proveer la alternación manual.
 9. Se debe de prever una señal audible y visual para indicar cuando el sistema de reserva está siendo utilizado y cuando el compresor está fuera de servicio.
 10. El compresor debe estar conectado en el sistema esencial.
 11. El uso de compresores de anillo líquido debe de requerir sensores que desconecte el compresor cuando el agua exceda el nivel de diseño en el separador y que indique con una alarma local sobre el compresor afectado. También un nivel alto de agua en el receptor debe activar una alarma que desconecte el sistema de compresores de anillo líquido.
 12. El uso de compresores de baleros permanentemente lubricados requerirá de monitoreo de la temperatura del aire en la salida inmediata de cada cilindro con un interruptor de alta temperatura que desconecte el compresor y active las alarmas respectivas.
 13. El receptor (chimbo) debe estar equipado con una válvula de seguridad, drenaje automático, visor de vidrio y medidor de presión.
 14. El sistema de compresor para aire médico debe estar equipado de filtros, silenciadores de entrada y secadores de aire.
 15. El receptor de aire debe estar provisto con un sistema de bifurcación de tres válvulas para permitir el servicio, sin desconectar el mismo.
 16. El sistema secador debe ser como mínimo, dúplex y con válvulas de aislamiento para permitir el servicio en caso de fallas. Cada secador debe ser capaz de suministrar aire seco a la demanda pico calculada. Cada secador

debe estar diseñado para suministrar aire al máximo punto de rocío de 35 °F (1.7 °C) a la demanda pico calculada.

17. Los enfriadores deben ser dúplex y suministrados con trampas individuales.
18. Los filtros de línea deben ser dúplex con válvulas adecuadas para permitir servicio. Cada uno de los filtros debe dimensionarse para el 100% de la demanda pico calculada y deben tener una eficacia mínima del 98% a 1 micrón; y un regulador de presión de corriente, a fin de asegurar la entrega de aire comprimido con un máximo permisible de 0.05 ppm de aceite líquido y 40 % de humedad relativa a la presión y temperatura de operación. Estos filtros deben ser equipados con indicadores visuales, indicando el estado de la vida del elemento del filtro.
19. Todos los reguladores finales de línea deben ser multiplexados con válvulas de aislamiento para permitir el servicio. Cada regulador debe ser dimensionado para el 100% de la demanda calculada pico del sistema.
20. Secadores, filtros y reguladores, deben ser previstos con válvulas de aislamiento río arriba y río abajo para permitir el servicio.
21. El monitoreo de la calidad de aire para los compresores de anillo líquido y de baleros sellados no debe limitarse solo al punto de rocío y de monóxido de carbono, sino también, se debe localizar un indicador de presencia aceite aguas abajo del recipiente de aire.
22. Los Hidrocarburos líquidos deben ser monitoreados por indicadores de pigmentos u otro tipo de instrumento permanentemente instalados aguas abajo de cada regulador y debe ser inspeccionado y documentado diariamente.
23. Para todos los compresores debe haber una alarma de punto de rocío y de monóxido de carbono en la sala de máquinas.
24. Una válvula de 1/4 NPT para muestreo debe ser conectada río abajo de los reguladores finales de línea y río arriba de la válvula de corte del suministro.
25. Se debe de instalar un panel local de alarmas en la sala de máquinas donde está el responsable. Este panel debe de tener como mínimo las siguientes funciones:
 - Operación del compresor de respaldo

- Alto nivel de agua en el chimbo
- Alto nivel de agua en el separador
- Alta temperatura del aire de descarga
- Alto nivel de monóxido de carbono.

1.5.3 NUMERO DE TOMAS DE SALIDA PARA AIRE COMPRIMIDO.

La NFPA, así como IMSS, recomiendan los números de tomas de aire, según se muestra en las tablas siguientes.

Tabla 1.6: Salidas murales según la NFPA:

LOCALIZACION	SALIDAS AIRE COMPRIMIDO
Cuarto de pacientes	-
Exámenes y tratamiento (medicina cirugía y cuidados después del parto)	-
Aislamiento Medicina y cirugía	-
Cuidados intensivos general	1
Aislamiento critico	1
Cuidados críticos coronarios	1
Cuidados críticos pediátricos	1
Cuidados intensivos neonatales	1
Nurserías	3
Pediatría	1
Cuartos de operaciones generales	1
Cardio-orto y neurología	-
Cirugía ortopédica	-
Cistoscopia y endoscopia	-
Unidad de cuidados pos-anestésicos	-
Cuartos de anestesia	1 por estación de trabajo
Recuperación	-
Cuarto post-parto	-
Salas de parto	-
Emergencia	-
Cuarto para cardiaco	1
Laboratorio de cateterizacion cardiaca.	-

Tabla 1.7: Salidas murales para áreas críticas según el IMSS.

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

1.6 SISTEMAS DE VACÍO MÉDICO.

El término "vacío" significa un espacio al cual se le ha extraído todo tipo de gas incluyendo el aire. También se describe como una presión debajo de la atmosférica (17.7 PSI) a nivel del mar.

1.6.1 SISTEMA Y FUENTE DE VACÍO TÍPICA.

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 atmosférica.

Nota: Ver diagrama 1.3 en anexos

1.6.2 BOMBAS DE VACIO MEDICO.

1.6.2.1 BOMBAS MULTIPLES.

La fuente de vacío central debe consistir de 2 o más bombas que funcionen alternativamente o simultáneamente en función de la demanda. En el caso que una bomba de vacío falle, la otra bomba debe ser dimensionada para mantener el vacío requerido al 100% de la demanda local. Por mantenimiento cada bomba debe tener una válvula de corte para aislarla del sistema de tuberías y de otras bombas.

Dependiendo de la demanda calculada y anticipada, se pueden considerar dos o más sistema de vacío.

Estos sistemas deben ser un proceso de alternación de bombas para usarlas ya sea en forma automática o manual, también se debe prever un mecanismo de respaldo por demanda, debe proveerse una alarma audible y visual.

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

1.6.3 RECEPTORES (CHIMBOS).

Estos deben ser instalados donde la dimensión del vacío causaría excesivo ciclado de la bomba. Diseñados para resistir 29.92 pulg/mercurio.

1.6.4 RUIDO Y VIBRACION.

Se deben tomar previsiones para minimizar la transmisión de ruido y vibración. Se debe montar en aisladores de vibración y se debe utilizar acoples flexibles entre la tubería y el equipo.

1.6.5 NORMAS PARA DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍAS DE VACÍO.

1. Todas las tuberías deben de ser construidas de material resistente a la corrosión tales como:
 - De tubo de cobre tipo K, L, M, (ASTM B88) soldada
 - ACR (ASTM B280),
 - tubo de cobre médico (ASTM B819)
 - Tubo de acero inoxidable. soldadas
 - Tubería galvanizada (tamaño mínimo de 1 1/ 2 pulgada)(ASTM 53)(roscada)
2. En las líneas principales o ramales, la dimensión mínima no debe ser menor a 7/8 "OD³ (3/4 nominal), las conexiones a entradas individuales de vacío no debe ser menor a 5/8" OD a excepción del tubo unido inmediatamente al cuerpo de la entrada de la estación, la cual puede ser de 1/2 " siempre que no se extienda mas de 8". Las conexiones de manómetros, interruptores de alarma y conexiones de paneles de alarma, para este caso, no debe ser menor a 1/4 " de OD (1/ 8 tamaño nominal).
3. La tubería debe ser sujeta a la estructura del edificio y nunca debe ser sujeta por otras tuberías o ducterías y debe colocarse los sujetadores de acuerdo a la siguiente tabla.

³ OD: Diámetro externo de tubería.

Tabla 1.8: Sujetadores

Diámetro	Longitud
1/ 4 "	5 pies(1.52 cm)
3/8"	6 pies
1/ 2"	6 pies
$\frac{3}{4}$ "	7 pies (2.44 m)
1"	8 pies
1 $\frac{1}{4}$ " (horizontal)	9 pies (3.05 m)
1 1/2 y mayor (vertical)	10 pies
Elevadores verticales	Cada piso, pero no excede de 15 pies

4. Todos los acoples o nipples usados para conectar tubo de cobre deben ser de cobre, bronce o latón, y diseñados especialmente para uniones soldadas.

1.6.5.1 OTROS REQUERIMIENTOS.

5. Válvulas de corte deben ser metálicas o de un tipo que no cree una restricción del flujo mucho mayor que la que produce la tubería.
6. Las válvulas de corte deben instalarse en la base de las desviaciones verticales que sirven a más de un piso. Además se debe colocar una en cada piso entre la desviación y el toma de utilización.
7. Cada toma debe estar equipado con un mecanismo del tipo no intercambiable con otros sistemas ya sea de conexión roscada o acoplada rápido.
8. Las alarmas deben ser audibles cancelable y visual no cancelable, ser activadas por un interruptor y deben instalarse en la estación de enfermeras.
9. Los actuadores (interruptores de vacío) para alarmas deben ser activados cuando el vacío cae debajo de 12 pulg Hg.
10. Se debe instalar un medidor en la línea de vacío adyacente al actuador para la alarma master y se debe localizar río arriba de la válvula de la línea principal.
11. El rango del manómetro debe permitir leer entre 12 y 19"Hg. También se debe conectar río arriba de las válvulas de control. En general la lectura del manómetro debe ser de 0 a 30 pulg Hg.

12. Las etiquetas de identificación no deben de estar a más de 20 pies. Si se utilizan flechas estas deben de apuntar desde la entrada hacia el chimbo o bomba
13. Todas las uniones de cobre para tuberías de acero inoxidable a excepción de aquellas válvulas y equipo que necesiten conexiones de tubería roscada, deben ser soldadas. Las uniones de acero galvanizado deben ser roscadas, con flange y acoplados con empaques.
14. El sistema se debe purgar con nitrógeno seco o aire.
15. Las bombas de vacío y tuberías deben ser capaces de mantener un vacío de 12" de Hg en la salida más lejana.
16. Se sugiere un rango de operación de 15 pulg a 19 pulg de Hg en el receptor.
17. Es recomendable que para efectos de cálculo de la demanda, las pérdidas sean tomadas como un valor máximo de 3 pulg de Hg.
18. Las tuberías deben ser dimensionada de tal modo que 3 SCFM puedan ser evacuadas a través de una salida, sin reducir la presión de vacío abajo de 12" de Hg.

1.6.6 NUMERO DE ENTRADAS PARA VACIO.

La NFPA, así como IMSS, recomiendan los números de entradas de vacío, según se muestra en las tablas siguientes.

Tabla 1.9: Salidas murales según la NFPA para Vacío

LOCALIZACION	ENTRADAS DE VACIO
Cuarto de pacientes	1 por cama
Exámenes y tratamiento (medicina cirugía y cuidados después del parto)	1
Aislamiento	1
Cuidados intensivos general	1
Aislamiento critico	3
Cuidados críticos coronarios	2
Cuidados críticos pediátricos	3

Cuidados intensivos neonatales	1
Nurserías	1
Pediatría	1
Cuartos de operaciones generales	3
Cardio-orto y neurología	3
Cirugía ortopédica	3
Cirugía de Cistoscopia y endoscopia	3
Unidad de cuidados pos-anestésicos	3
Cuartos de anestesia	-
Recuperación	3
Cuarto post-parto	1
Salas de parto	3
Emergencia	1
Cuarto para cardiaco	3
Cateterización cardiaca	2
Cuartos de autopsia	1 por estación de trabajo
Cuartos para ortopedia	1

Tabla 1.10: Salidas murales para áreas críticas según el IMSS

LOCALIZACIÓN	SALIDAS
Sala de operaciones	3/cuarto
Cistoscopia	3/cuarto
Sala de partos	3/cuarto
Procedimientos especiales	3/cuarto
Otras localizaciones anestésicas	3/cuarto
Recuperación	3/cama
UCI (excepto cardiacos)	3/cama
Cuartos de emergencia	1/cama
Cuartos de emergencia- trauma mayor	3/cama
UCI cardiacos	2/cama
Laboratorios de cateterización	2/cama
Cuarto de excisión quirúrgica	1/cuarto
Unidad de diálisis	½ por cama
Cuartos de recién nacidos	2 por cuarto

1.7 SISTEMAS DE ALARMAS PARA GASES. (NFPA99).

Se debe prever un sistema de alarma en cada instalación de tratamiento. Este debe ser compuesto de una señal audible y visual no cancelable, situada de tal modo que se pueda ver y oír.

Áreas donde se deben de ubicar sistemas de alarmas para gases médicos:

- Localizaciones anestésicas.
- Áreas de soporte de vida.
- Áreas de cuidados intensivos.
- Áreas de cuidados críticos.
- Recuperación post-anestésicas.
- Unidad de cuidados intensivos.
- Sala de partos.

Los paneles de alarma, locales y maestros usados para gases médicos deben de suministrar lo siguiente:

1. Indicadores visuales separados para cada condición monitoreada.
2. Cancelación de una alarma audible. El indicador audible debe de producir un mínimo de 80 dB medido a 3 pies (1 metro).
3. Un medio para indicar en caso de falla de la lámpara o LED.
4. Debe de haber un master de alarmas que al menos indique:
 - Cuando la presión de la línea incrementa o disminuye un 20 % de la presión normal de operación.
 - El Punto de rocío.
 - Funcionamiento y operación del sistema de alimentación, de reserva y la presión de la línea principal.
5. Un interruptor automático de presión, el cual activará una alarma visual y sonora, cuando la presión de la línea cae abajo o incrementa arriba de la presión normal, Este interruptor debe ser conectado río debajo de la válvula de corte de la línea principal de suministro.
6. Se debe proveer un sistema de alarma en cada instalación de tratamiento o en la estación de enfermeras Este debe ser comprendido de una señal audible y visual no cancelable y ubicada de tal modo que se pueda ver y oír.
7. Las alarmas locales deben de indicar:
 - Si el punto de rocío pasa de 3.9 °C.
 - Si el monóxido de carbono excede las 10 ppm.
8. Los medidores de presión para los gases deben de cumplir lo siguiente:

- El rango debe ser de tal modo que la lectura normal se lea a la mitad de la escala, es decir en la parte media.
- En el caso de indicadores digitales el rango no debe ser mayor a dos veces la presión de trabajo.
- Se deben de instalar en la línea principal adyacente al interruptor actuante.

1.7.1 Alarma principal para sistemas de vacío.

Una alarma audible y visual debe ser instalada en la oficina del encargado de mantenimiento del sistema de vacío.

Un panel de alarmas audible y visual debe ser instalado en una estación de enfermeras, en localidades anestésicas y áreas de cuidados críticos, y deben ser apropiadamente etiquetadas.

1.7.2 Alambrado y energía.

- La potencia eléctrica suplida a cada panel de alarma debe ser por el sistema de emergencia del sistema eléctrico esencial.
- No se deben alambrear alarmas en el mismo circuito de luces y otros equipamientos eléctricos.
- No se deben ubicar alambrados de alarmas cerca de alambres por donde circula corriente alterna, especialmente en el mismo ducto.
- Todo alambrado debe ser protegido contra daño físico.
- Cada dispositivo de salida debe tener su alambrado hacia un panel que esta monitoreando la señal.

1.8 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS DE GASES.

La inspección y las pruebas deben ser realizadas en todos los sistemas de tuberías de gases nuevos (ya sea de oxígeno, óxido nitroso, nitrógeno, aire comprimido, vacío), incluyendo al cual se han realizado adiciones, ampliaciones, renovaciones o sistemas preparados.

Las siguientes consideraciones deben de tomarse en cuenta en las instalaciones de tuberías de gases médicos.

- a. Limpieza de sitio: La limpieza en sitio de las superficies interiores de los tubos, válvulas, acoples y otros componentes se limitará a la limpieza de

superficies en la vecindad inmediata de las uniones que han sido contaminadas antes de la soldadura, estas superficies deben ser limpiadas con una sustancia alcalina disuelta en agua caliente, tales como carbonato de sodio o fosfato trisodico (1 lb para 3 galones de agua). Las superficies interiores deben limpiarse completamente, restregándose y enjuagándose con agua limpia, caliente y potable.

- b. Mientras están siendo soldadas las uniones, éstas deben estar continuamente purgándose con nitrógeno libre de aceite para evitar la formación de oxido de cobre en la superficie interior de la unión. El flujo del gas de purga debe ser mantenido hasta que la unión está fría al tacto.
- c. Después de soldadas las uniones deben ser limpiadas lavando con agua y un cepillo de acero inoxidable, para quitar algún residuo y permitir alguna inspección clara de la unión. Si se usa flux, se debe usar agua caliente.
- d. Cada unión soldada debe ser visualmente examinada después de limpiar el exterior de la unión. Las siguientes condiciones deben ser consideradas como inaceptables:
 - Residuo de flujo
 - Oxidación excesiva de la unión
 - Presencia de electrodo (llenador de metal) no fundido
 - Grietas en el tubo o componente.
 - Grietas en la soldadura realizada.
 - Falla de la unión para mantener la presión de prueba.

Las siguientes pruebas deben de realizarse con nitrógeno seco y libre de aceite.

1.8.1 PRUEBA BLOWDOWN

Después de la instalación de la tubería pero antes de la instalación de los tomas y otros componentes del sistema (interruptor actuante de presión para alarmas. Manifolds, medidores de presión, válvulas de alivio), la línea debe ser soplada (para limpiar) por medio de nitrógeno líquido libre de aceite.

1.8.2 PRUEBA DE PRESION INICIAL

Antes de unir los componentes del sistema (interruptor de presión para alarmas. Manifolds, medidores de presión, válvulas de alivio), pero después de la instalación de la salidas de gas, con las camisas de prueba en su respectiva posición y antes de cerrar las paredes, cada sección del sistema de tubería debe de estar sujeto a una

presión de prueba de 1.5 veces la presión de trabajo (mínimo 150 PSIG = 1.5MPa) con nitrógeno libre de aceite.

Esta prueba debe ser mantenida hasta que cada unión ha sido examinada por fugas por medio de agua jabonosa u otro medio efectivo para detectar la fuga. Si existiesen fugas, dichos tramos deben ser reparados, y nuevamente probados.

La válvula de la fuente debe ser cerrada. La prueba se debe de mantener por un periodo de 24 horas con la máxima presión y dichas perdidas no debe de pasar de 5 psig (35 KPa).

1.8.3 PRUEBAS DE FUGAS

Antes de unir las líneas de vacío a las bombas, cilindro y sistemas de señalización de alarmas, interruptores y medidores, cada sección del sistema de tubería debe estar sujeta a una presión de prueba no menor que 150 PSIG por medio de nitrógeno seco libre de aceite. Esta presión debe mantenerse hasta que cada una de las uniones ha sido examinada por fugas usando agua jabonosa.

1.8.4 PRUEBA DE PRESION.

Después de instalar un sistema de vacío, incluyendo los tomas, pero antes de unir las líneas de vacío a las bombas, cilindro, y sistemas de alambre y medidores, el sistema de entrada o secciones del sistema deben ser sujetos a pruebas de presión de no menos de 60 PSIG por medio de nitrógeno seco libre de aceite o aire. La presión al final de 24 horas debe estar dentro de 5 PSIG de la presión inicial.

1.8.5 PRUEBAS DE CONEXIÓN CRUZADA

Antes de cerrar paredes se debe verificar que no existan conexiones cruzadas en las tuberías. Todos los sistemas de gas deben ser reducidos a la presión atmosférica. Todas las fuentes de gas deben ser desconectadas de todos los sistemas de gas a excepción del sistema a ser chequeado.

Este sistema debe de ser presurizado con nitrógeno libre de aceite a 50 PSIG y se deben probar todas las salidas y verificar que solo gas en las salidas correspondencia. Estas pruebas deben incluir a los sistemas de vacío.

Un método alternativo para asegurar que no existen conexiones cruzadas es el siguiente:

1. Reduce la presión en todos sistemas a la atmosférica
2. Incrementa la presión de prueba en todos los sistemas de tuberías al valor indicado en la siguiente tabla. Simultáneamente mantenga esas presiones nominales a través de la prueba.

Tabla 1.11: Pruebas de Conexión Cruzada

Gas Médico	Presiones	
	Pulg	Medidor en kPa
Mezcla de gases	20	140
Nitrógeno	30	210
Oxido Nitroso	40	280
Oxigeno	50	350
Aire Comprimido	60	420

3. Cualquier sistema de vacío quirúrgico debe estar en operación de tal modo que ese sistema sea probado al mismo tiempo que los otros sistemas.
4. Cada salida debe ser probada con un medidor de presión y esto debe ser calibrado con respecto al medidor de presión utilizado para suministrar la presión de prueba

1.8.6 PRUEBA DE PRESION FIJA

Después de la prueba inicial, las salidas completamente ensambladas y todos los demás componentes instalados, el sistema de tubería debe ser probado durante 24 horas con una presión de prueba con el 20 % arriba de la presión normal de operación de la línea. Esta prueba se debe hacer con nitrógeno seco libre de aceite. La válvula de suministro debe estar cerrada.

Después que el sistema de tuberías ha sido llenado con el gas de prueba, las válvulas de corte y todas las salidas deben ser cerradas y la fuente de gas desconectada. El sistema de tuberías debe permanecer por 24 horas libre de fugas. Los únicos que cambian que se aceptan son aquellos ocasionados por la variación de temperatura ambiente. Tales cambios pueden ser calculados por la ecuación:

$$Pf = \frac{Pi \times Tf}{Ti}$$

Donde:

Pi: es la presión inicial absoluta.

Pf: es la presión final absoluta.

Ti es la temperatura inicial absoluta.

Tf es la temperatura final absoluta.

La presión absoluta es la presión medida mas 14.7 Psig si el medidor está calibrado en Psi, la temperatura absoluta es la temperatura leída mas 460 ° F si el termómetro está calibrado en grados Fahrenheit.

1.8.7 PRUEBAS DE PRESION FINAL.

Todos los sistemas deben ser activados con el gas en uso por ejemplo oxígeno, óxido nítrico, etc., a la presión de operación normal. La válvula de la salida de fuente debe ser cerrada. La prueba deberá mantenerse estática por un periodo de 24 horas con una pérdida permitida de 5 psig.

Las fugas si existen deberán ser localizadas, reparadas y puestas nuevamente a prueba en concordancia con lo anterior.

1.8.8 PRUEBA DE FLUJO

Oxígeno, óxido nítrico, aire comprimido y las salidas de aire deben entregar 3.5 SCFM con una caída de presión no mayor de 5PSIG a una presión estática de 50 PSIG.

Las salidas de nitrógeno debe entregar 5.0 SCFM con una caída de presión no mayor de 5 PSI a una presión de 160 PSIG.

1.8.9 PURGA DE TUBERIA

De modo de eliminar materiales extraños en las tuberías, una purga fuerte e intermitente debe ser realizada. La purga se hace en las salidas y este se debe dejar de hacer hasta que no produce alguna coloración en un paño blanco.

La tubería deberá ser sellada en los extremos después de la prueba.

Se deben de aplicar altos porcentajes de purgas de al menos 225 L/ minuto (scfm) de nitrógeno libre de aceite para obtenerlos en cada salida.

1.8.10 PRUEBA DE PUREZA EN LA TUBERIA

La prueba debe ser realizada para el punto de rocío, total de Hidrocarburos (como metano) y los Hidrocarburos halogenados y comparados con la fuente de gas, las pruebas no deben de exceder lo indicado en la siguiente tabla

Tabla 1.12: Pruebas de Pureza

Punto de Rocío	5° C a 50 Psig
Total de Hidrocarburos	1 ppm
Halogenados Hidrocarburos	2 ppm

1.8.11 PRUEBAS DE PRESION OPERACIONAL

- Las pruebas deben ser ejecutadas en cada salida y entrada donde el operador tenga que hacer una conexión y desconexión
- Las tuberías deben ser mantenidas a una presión de ± 50 psig en todas las salidas al máximo flujo.
- El oxígeno, óxido nitroso y aire debe ser capaz de entregar 3.5 scfm con una caída de presión de no más de 5 psig y una presión estática de 50 psig
- Las salidas de oxígeno y aire que sirven las unidades de cuidados críticos deben de permitirse un transientes de flujo de 6.0 SCFM por 3 segundos

1.9 PRUEBAS DE CONCENTRACION DE GASES MEDICOS.

Después de purgar cada sistema de tubería de gas medico se debe de realizar la prueba de concentración de gases.

Cada presión de la fuente de gas y salida de gases deben ser analizadas para verificar dichas concentraciones.

La siguiente cuadro muestra las concentraciones validas de los componentes de gases.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">➤ oxígeno, mayor de 99% de oxígeno➤ óxido nitroso, 99% o más de N_2O➤ nitrógeno, menos del 1% de O_2 o 99% nitrógeno o más➤ aire medico, 19.5% a 23.5% de O_2 |
|---|

1.9.1 PRUEBA DE PUREZA DE AIRE MEDICO

La fuente de aire debe ser analizada en sus contaminantes por unidad de volumen. Los resultados de pruebas no deben de exceder los parámetros siguientes.

Tabla 1.13: Prueba de Pureza Aire Médico

Punto de Rocío	4 °C a 50 psig
monóxido de carbono	10 ppm
Bióxido de carbono- aire	500 ppm
Hidrocarburos - aire	25 ppm(como metano)
Hidrocarburos halogenados	Ppm

1.10 PRUEBA DE ALARMAS

Todos los sistemas de alarmas para cada tubería de gas médico deben ser puestos a pruebas a fin de asegurar que todos los componentes funcionan apropiadamente, previo a que el sistema de tubería sea puesto en servicio.

Los sistemas de alarmas deben ser probados previos a la conexión del sistema existente.

Pruebas de los sistemas de alarmas para nuevas instalaciones deben ser realizadas después de la prueba de conexión cruzada pero antes de la purga.

Los gases de prueba para pruebas iniciales deben ser libres de aceite, y deben de ser nitrógeno seco o el gas del sistema a diseñar.

1.11 ANEXOS

GLOSARIO

SISTEMAS Y SU FUNCIONAMIENTO.

DEFINICIONES IMPORTANTES

- **ACFM:** Pies cúbicos por minuto actuales. Es la unidad usada para expresar la medición del volumen del gas fluyendo a temperatura y presión de operación; considerando que la temperatura es de 21° C y la presión de 1 atmósfera.
- **OXIGENO:** descubierto por Priestley en 1774 y denominado oxígeno por Lavoisier en 1777, es un gas incoloro, inodoro, insípido y poco soluble en agua. Constituye aproximadamente el 21% del aire y se obtiene por destilación fraccionada del mismo. Puede suministrarse tanto en estado gaseoso como en estado líquido a baja temperatura.
No es un gas inflamable, pero sí es comburente (puede acelerar rápidamente la combustión).
- **OXIDO NITROSO:** El óxido nitroso (N_2O) fue preparado por primera vez por Priestley en 1772 y en 1799 Davy logró determinar su composición y propiedades. También llamado gas de la risa, es un gas incoloro, no inflamable y de olor ligeramente dulzón.
Se obtiene por descomposición térmica del nitrato de amonio o de la hidroxilamina.
Se descompone a altas temperaturas produciendo oxígeno, con lo que puede mantener la combustión.
Tiene propiedades anestésicas y analgésicas cuando se usa en altas proporciones.
- **SISTEMA DE OXIDO NITROSO TIPO BULK:** se define como un ensamblamiento de equipos que tiene la capacidad de almacenaje de más de 3200 lb (1452kg) y aproximadamente 28000 pies cúbicos (793 metros cúbicos) de N_2O .
- **SISTEMA DE OXIGENO TIPO BULK:** es un ensamblamiento de equipos, tales como, los depósitos almacenadores de oxígeno, reguladores de presión, dispositivos de seguridad por exceso de presión, manifolds y tuberías de interconexión que tienen una capacidad de almacenaje de más de 20000 pies cúbicos ($566m^3$), incluyendo reservas no conectadas a mano. El sistema tipo BULK termina en el punto donde el oxígeno y la presión de servicio entra a la línea de suministro.

- **AIRE:** El aire fue considerado como uno de los cuatro elementos por los antiguos griegos, junto con la *tierra*, el *fuego* y el *agua*. A mediados del siglo XVIII se demostró experimentalmente que es una mezcla compuesta principalmente de oxígeno y nitrógeno.
El aire medicinal es un gas incoloro, inodoro e insípido que se obtiene mediante la compresión de aire atmosférico o de la mezcla de oxígeno y nitrógeno en proporciones 21 y 79% respectivamente
- **AIRE MEDICO:** Se puede definir al aire médico, como el aire suministrado de cilindros o depósitos tipo Bulk, compresores de aire médico.
- **SISTEMA DE VACIO MEDICO QUIRURGICO:** es un sistema consistente de una central de vacío con controles de presión y operación, válvulas de corte, sistemas de alarmas, medidores y redes de tuberías extendiéndose hasta una terminal donde la succión del paciente es requerida.
- **SUMINISTRO PRIMARIO:** es la porción del equipo que está actualmente suministrando el sistema.
- **SUMINISTRO SECUNDARIO:** Cuando fuera existente, es un suministro que automáticamente proporciona el sistema cuando el suministro primario llega a terminarse.
- **TUBERIA:**
 - a. Línea ramal: Aquellas secciones o porciones del sistema de tuberías de vacío que sirve a un cuarto o grupo de cuartos de la misma instalación.
 - b. Elevaciones (risers). Las tuberías verticales conectando la línea principal con las líneas ramales en los diferentes niveles de la instalación.
 - c. Línea principal: Aquella parte del sistema que conectan la fuente (bombas, receptores, etc.) a las elevaciones o ramales o ambas.
- **ESTACION DE SALIDA:** Un punto de salida en un sistema de distribución de gas médico en el cual el usuario hace conexión o desconexión.
- **CILINDRO:** es un tanque de suministro que contiene gases a alta presión o mezclas a presión que pueden estar en exceso de 2000 psig.
- **OXIGENO LIQUIDO:** Existe a temperatura criogénica a aproximadamente a -300 °F (-184.4°C) a presión atmosférica. Este mantiene todas las propiedades del gaseoso, pero además, cuando calienta a la temperatura del cuarto a presión atmosférica, este se evapora y se expande para llenar un volumen de 860 veces su volumen líquido.

CAPÍTULO II

"ANÁLISIS DEL CONSUMO DE GASES EN UN HOSPITAL"

CAPITULO 2

"ANÁLISIS DEL CONSUMO DE GASES DENTRO DE UN HOSPITAL"

2.0 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

El capítulo "Análisis del Consumo de Gases dentro de un Hospital", presenta los resultados del estudio realizado al hospital de Especialidades del Seguro Social entre los meses de Enero a Marzo del 2002. Este capítulo ilustra los datos registrados durante el análisis del consumo de dicho Hospital de Tercer Nivel, tomando énfasis en el estudio de la red de distribución y en los registros de información captados por la unidad de Suministros Generales.

El análisis del consumo de gases en el hospital permitirá establecer los criterios, para determinar el estado actual de la distribución interna de los mismos, ya sea, por medio de tuberías o por transporte de cilindros, estableciendo los puntos en los cuales el consumo es mayor.

Este estudio, además, constituye parte fundamental para la realización de nuevas propuestas de diseño, basadas en los registros de información sobre el consumo en un período de tres meses, comprendido entre Enero y Marzo de 2002. Tales registros, comprenden la recolección de la información sobre el traslado de cilindros en el hospital, tanto a la central de gases, como a las diferentes áreas del mismo, ilustrando por medio de tablas estadísticas y procedimientos matemáticos simples, el grado de eficiencia de la red de distribución de gases actual.

De igual manera, el estudio muestra, aquellas áreas hacia las que el transporte de cilindros es mayor, así también, los puntos de consumo donde el uso de los mismos se vuelve una necesidad y no puede ser sustituido por un sistema de red, tal es el caso de los cilindros de menor tamaño y que por sus características son utilizados para transporte de pacientes.

Por consiguiente, el análisis de dicha información posibilita observar las necesidades de posibles ampliaciones, hacia nuevos puntos por medio de una red de tuberías, o en su debido caso, el efectivo rendimiento de la red actual (capacidad).

Para posibilitar todo esto, se describen ciertos parámetros tales como: análisis de las redes⁴ de distribución de gases, generación por medio de compresores de aire y vacío, compra, manejo, almacenamiento, transporte y distribución interna de los

⁴ Dimensionamiento

cilindros; lo que a su vez, es descrito por medio de comentarios, tablas resumen y gráficos que muestran las proporciones del consumo en las diferentes áreas del hospital.

Puede considerarse que parte fundamental de este proyecto, es el establecer las características de consumo de un hospital de tercer nivel en El Salvador, lo cual permite confrontar con aquellos parámetros sugeridos por entidades a nivel internacional.

ANÁLISIS DE LAS REDES

Para llevar a cabo el análisis de las redes de distribución de gases médicos se tomarán en cuenta, ciertos factores que contribuyen a que el sistema sea factible⁵, y que cumplan con los requerimientos⁶ mínimos para asegurar la aceptación del mismo.

Por lo tanto, a continuación se hará una descripción de la condición actual de cada una de ellas:

2.1 Central de Oxígeno y Óxido Nitroso

2.1.1 Central de oxígeno

La central de oxígeno del Hospital de Especialidades cuenta con un sistema caracterizado por:

- Sistema de banco primario y banco secundario manejado por manifold, donde un banco maneja un total de 8 cilindros de 220 P.C⁷ y el otro maneja 10 cilindros de la misma capacidad, para hacer un total de 18 cilindros.
- Regulador de presión de operación por cada banco para una reducción de 2200 a 116 PSI (8 bar).
- Change-over o Interruptor de cambio de banco que opera a una presión de trabajo de 8 bar.
- Medidores de presión (PSI) por cada regulador de presión de trabajo, y medidor de presión de línea de suministro incorporada al interruptor actuante.
- Una válvula de alivio conectada directamente a la entrada de la línea de suministro principal.
- Válvulas de escape en cada lado de los bancos derecho e izquierdo de $\frac{1}{4}$ ".
- Salidas de tubería a transductor de presión para señales de alarma en bancos primario y secundario.
- Cola de cochino para cada cilindro.

2.1.1.1 Dimensiones de la central de oxígeno.

La central de oxígeno esta diseñada en forma de L, ya que el espacio como se han ubicado los bancos lo permite.

⁵ Capaz de satisfacer la demanda

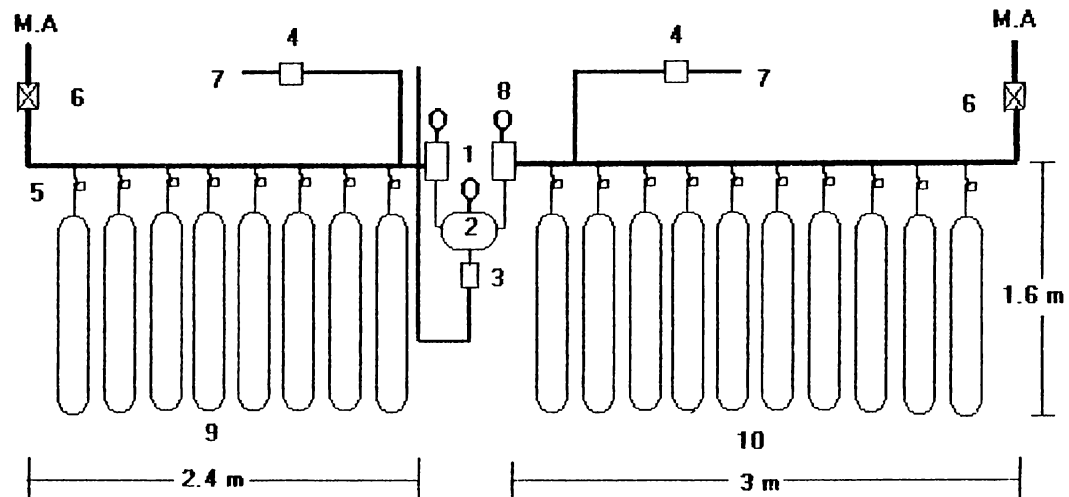
⁶ Normas y estándares internacionales

⁷ Pies Cúbicos

El banco izquierdo de la central ocupa una longitud de 2.4 metros, mientras que el banco derecho ocupa 3 metros de longitud.

La altura del manifold es de 1.6 metros desde el nivel del piso.

Figura 2.1 Central de Oxígeno.



1. Reguladores de presión de trabajo.
2. Interruptor de cambio de banco.
3. Válvula de alivio.
4. Transductores de presión para alarmas.
5. Cola de cochino.
6. Válvulas de escape.
7. Salida de tuberías al exterior.
8. Medidores de presión.
9. Banco de cilindros 1.
10. Banco de cilindros 2.

2.1.1.2 Red de distribución de oxígeno

Tabla 2.1: Resumen tuberías O₂

Ubicación	Diámetro Externo	Diámetro Nominal
Manifold	3/8"	1/4"
Salida manifold	9/16"	---
Elevación	9/16"	---
Principal	9/16"	---
Ramales	9/16"	---
Bajadas a tomas	1/2"	3/8"

2.1.2 Central de óxido nitroso.

La central de óxido nitroso del Hospital de Especialidades cuenta con un sistema caracterizado por:

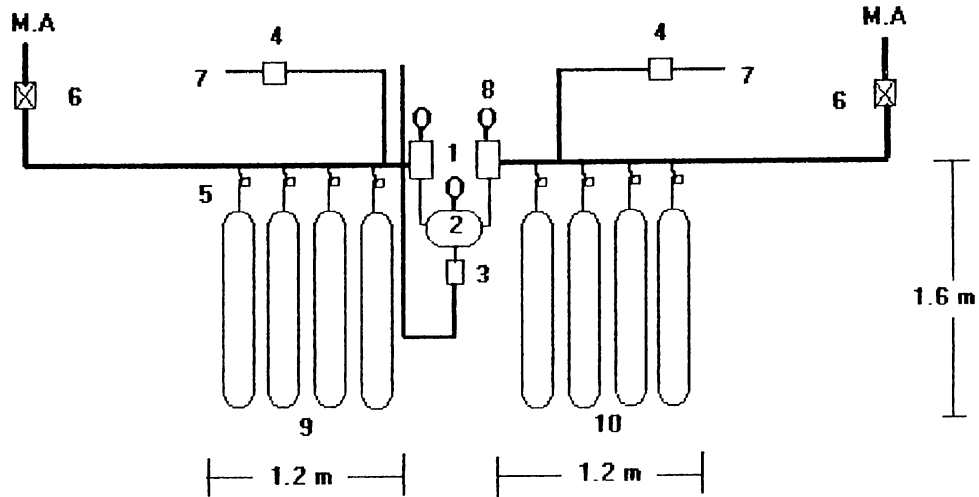
- Sistema de banco primario y banco secundario manejado por manifold, donde cada banco consta de 4 cilindros de 56 Libras para hacer un total de 8 cilindros.
- Regulador de presión de operación por cada banco, para una reducción de 900 PSI a 8.5 bares (123.28 PSI).
- Interruptor de cambio de banco que opera a una presión de trabajo de 8.5 bares.
- Medidores de presión (PSI) por cada regulador de presión de trabajo, y medidor de presión de línea de suministro (bares) incorporada al interruptor de cambio de banco.
- Una válvula de alivio conectada directamente a la entrada de la línea de suministro principal.
- Válvulas de escape en cada lado de los bancos derecho e izquierdo.
- Salidas de tubería a transductor de presión para señales de alarma en bancos primario y secundario.
- Cola de cochino por cilindro.

2.1.2.1 Dimensiones de la central de Óxido Nitroso.

La central de óxido nitroso esta diseñada en forma de L, ya que al igual que en el caso de la batería de oxígeno, la manera como éstos han sido ubicados los bancos lo permite.

Ambos bancos ocupan una longitud de aproximadamente 1.2 metros. La altura del manifold es de 1.6 metros desde el nivel del piso.

Figura 2.2 Central de N₂O



1. Reguladores de presión de trabajo.
2. Change-over.
3. Válvula de alivio.
4. Transductores de presión para alarmas.
5. Cola de cochino.
6. Válvulas de escape.
7. Salida de tuberías al exterior.
8. Medidores de presión.
9. Banco de cilindros de N₂O 1.
10. Banco de cilindros de N₂O 2.

2.1.2.2 Red de distribución de óxido nitroso

Tabla 2.2: Resumen tuberías N₂O

Ubicación	Diámetro Externo	Diámetro nominal
Manifold	3/8"	1/2"
Salida manifold	9/16"	---
Elevación	9/16"	---
Principal	9/16"	---
Ramales	9/16"	---
Bajadas a tomas	1/2"	3/8"

2.1.3 Dimensiones del local de la central de gases

La central de gases, compuesta de la central de oxígeno y óxido nitroso posee las siguientes medidas:

Largo: 4.80 metros.

Ancho: 3.8 metros.

Altura de piso a techo: 3.50 metros.

Total Área: 18.24 m²

2.2 Distribución de los tomas de Gases

El dimensionamiento de los tomas de gases del hospital de Especialidades del Seguro Social, es mostrado en la siguiente tabla, según el área o punto de distribución por red.

Tabla 2.3: Gases presentes por áreas y números de tomas por salidas.

AREAS	Oxígeno	N ₂ O	Aire Comp.	Vacío
Rayos X	1	1	1	1
Medicina IV	1 por cada dos camas	-	1 por cada dos camas	-
Medicina III	1 por cada 2 camas	-	1 por cada dos camas	-
UCI	1 por cama	-	1 por cama	1 por cama
Recuperación	1 por camilla	-	1 por camilla	1 por camilla
Salas Operaciones	1 por sala	1 por sala	2 por sala	2 por sala
Biomédica	-	-	1	-

Se logra observar la existencia de tomas únicos para cada área, según se lista en la tabla anterior.

2.2.1 Análisis de las salidas de oxígeno.

Según los datos mostrados en la tabla 2.3 existe la necesidad de comparar y analizar estos datos con aquellos recomendados por la NFPA, acerca del número de salidas según el área específica. A partir de esto se puede resumir dicho análisis en la tabla siguiente:

Tabla 2.4: Comparación Número de tomas actuales
Con la NFPA para O₂

AREAS	TOMAS ACTUALES	NORMA NFPA.	Cumple norma
Rayos x	1	1	Si
Medicina IV	1 en solo 2 camas	1 por cama	No
Medicina III	1 en solo 4 camas	1 por cama	No
UCI	1 por cama	2 por cama	No
Sala de Operaciones	1 por sala	2 por sala	No
Cirugía Mujeres	No existe	1 por cama	No
Cirugía Hombres	No existe	1 por cama	No
Recuperación	1 por camilla,	1 por camilla	Si

En base a los números de salidas que establece la NFPA comparado con el sistema actual, se aprecia la no singularidad para algunas áreas, ya que para el caso de las medicinas deben de existir 1 toma de oxígeno por cama,, mas sin embargo en algunas cuartos solo existe 1 toma para camas únicas quedando otras sin acceso a oxígeno. Es importante que se observe que las cirugías tanto hombres como mujeres no cuentan con salidas de oxígeno, cuando la NFPA declara la necesidad de ubicar 1 toma por cama.

Para el caso de recuperación y rayos x se cumplen los requisitos.

2.2.2 Análisis de salidas de Óxido Nitroso

Tabla 2.5: Tabla comparativa número de tomas
Comparada con IMSS. N₂O

ÁREAS	TOMAS ACTUALES	Criterio IMSS	Cumple norma
Salas de Operaciones	1	2 por Sala	No

2.2.3 Análisis de las salidas de aire comprimido

Tabla 2.6: Tabla comparativa número de tomas
Comparada con la NFPA. AC

ÁREAS	TOMAS ACTUALES	NORMA NFPA.	Cumple norma
Rayos x	1	2	No
Medicina IV	1 en solo 2 camas	----	----
Medicina III	1 en solo 4 camas	----	----
UCI	1 por cama	1 por cama	Sí
Sala Operaciones	2 por sala	1 por sala	Sí
Recuperación	1 por camilla,	----	----

Al igual que el caso del oxígeno, el número de salidas de aire comprimido actualmente existente, están abajo del propuesto por la NFPA, específicamente en lo que a las medicinas se refiere y a recuperación. En el caso de recuperación puede ser observado que para la NFPA no se requiere salidas de aire comprimido, aunque como se notará más adelante existen necesidades de aire en esa área debido al uso de ventiladores.

Igualmente esto determinará el porque gran cantidad de cilindros de aire son trasladados hacia esas ubicaciones. Un dato muy curioso, es que en el diseño del hospital de especialidades, en el área de medicinas han sido ubicados tomas de aire comprimido, cuando la norma de la NFPA no los requiere.

2.2.4 Análisis de las entradas de Vacío Médico

Tabla 2.7: Tabla comparativa número de tomas
Comparada con la NFPA. Vacío

AREAS	TOMAS ACTUALES	NORMA NFPA	Cumple norma NFPA99 ⁸
Rayos x	1	2	No
Medicina IV	-----	1 por cama	No
Medicina III	-----	1 por cama	No
UCI	1 por cama	3 por cama	No
Sala de Operaciones	2 por sala	3 por sala	No
Cirugía Mujeres	-----	1 por cama	No
Cirugía Hombres	-----	1 por cama	No
Recuperación	1 por camilla,	3 por camilla	No

Con respecto al número de entradas de vacío, la tabla indica que las zonas hacia las cuales han sido llevadas la red de distribución no cumplen con los requerimientos planteados por la NFPA.

2.2.5 Resumen del Número de Tomas por Áreas y Pisos

Tabla 2.8: Número de salidas totales por
Área y piso⁹ (nivel).

AREAS	Cuarto/Sala #	Oxígeno	Oxido nitroso	Aire Comp.	Vacío
Nivel 0					
Mantenimiento				6	
Nivel 1					
Rayos X		1	1	1	1
Nivel 2					
Medicina 1V	21	2		2	
Medicina 111	15	4		4	
Nivel 3					
UCI		8		8	8
Sala de Operaciones	1	1	1	1	1
Sala de Operaciones	2	1	1	1	1

⁸ Al igual que más adelante será mencionado, el Hospital en estudio fue construido tomando en consideración la norma AFNOR

⁹ El Hospital en estudio, está constituido de 4 niveles o pisos.

Sala de Operaciones	3	1	1	1	1
Sala de Operaciones	4	1	1	1	1
Sala de Operaciones	5	1	1	1	1
Sala de Operaciones	6	1	1	1	1
Recuperación		4	0	4	4
Total salidas		25	7	31	19

A partir de los datos reflejados en la tabla, acerca de los números totales de salidas de gases por cada área, afirman lo siguiente:

En mantenimiento existen salidas de tomas únicos de aire comprimido para cada uno de los cuartos de trabajo que en total son 6.

En una de las salas de rayos x existen salidas de tomas únicos para los cuatro gases listados en la tabla anterior.

En el cuarto 21 de Medicina IV existen salidas de tomas únicos de oxígeno y aire comprimido para dos camas.

En el cuarto 15 de Medicina III existen salidas de tomas único de oxígeno y aire comprimido para cuatro camas.

En dos cuartos de UCI existen salidas de tomas único de oxígeno, aire comprimido y vacío en dos camas, mientras que en otras cuatro salas se tiene salidas únicas para abastecer a una cama.

En sala de operaciones se tienen salidas para O_2 , N_2O , aire comprimido y vacío.

En recuperación existen salidas únicas para cuatro camillas de O_2 , aire comprimido y vacío.

2.3 Análisis de los Sistemas de Gases Médicos y Vacío

2.3.1 Análisis del Sistema de Vacío

La central generadora de vacío cuenta con un sistema dual de compresores de aceite, con potencias de trabajo de 1.5 KW (2 HP), y 1.85 KW (2.5 HP) respectivamente, donde uno de ellos proporciona un vacío máximo de 4 mbar de presión.

2.3.1.1 Tecnología utilizada

Las bombas de vacío ROTOMIL'S son máquinas rotativas con 3 paletas bañadas en aceite. La separación aceite/gas en la expulsión, se obtiene por choque y depresión. Las partículas sólidas que pueden encontrarse en el gas aspirado, son retenidas por un cartucho de espuma situado en la aspiración. Antes de este filtro, una válvula de retención automática permite mantener el vacío en el depósito o instalación cuando se para la bomba.

2.3.1.2 Red de distribución de vacío

Tabla 2.10: Resumen Red de Vacío

Función	Diámetro	Diámetro nominal
Salida ambiente		
Entrada a la bomba	1 3/8"	1 1/4"
Elevación	1 3/8"	1 1/4"
Principal	1 1/8"	1"
Ramales	5/8"	1/2"
Bajadas a tomas	1/2"	3/8"

2.3.2 Sistema de Aire Comprimido actual.

Para poder dar alternativas de mejoras, es necesario realizar un análisis del sistema de aire comprimido actual y comprender su modo de funcionamiento, así como también del tipo de tecnología que se utiliza.

2.3.2.1 Tecnología Utilizada en el sistema de Aire Comprimido

El sistema generador de aire comprimido del hospital es tecnología marca POWEREX. El sistema POWEREX esta diseñado para proveer aire médico para hospitales e instituciones médicas. Este producto cumple con los requerimientos de la NFPA 99.

2.3.2.1.1 Tanque receptor (Chimbo)

Se provee con un tanque receptor registrado por la junta nacional ASME¹⁰ en tamaño de 120 galones. Este trabaja a una presión de operación de 200 Psig. Los receptores son suministrados con visor de vidrio y drenaje de humedad (manual y automático).

2.3.2.1.2 Panel de control

Los paneles de control NEMA 12 es configuración duplex. Este cumple los requerimientos de NFPA 99 de aire médico comprimido. El panel contiene fusibles o circuitos para proteger el voltaje primario, con un transformador de control a 110 V protegido por fusibles secundarios.

¹⁰ ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

Los interruptores de control de presión mandan el ciclo de la entrada o salida y ordenan al compresor de respaldo a entrar, si la demanda de aire se incrementa. Un interruptor de presión lag/lag (retraso/retraso) o transductor activa una luz de señal y una alarma audible cuando detecta una condición de baja presión, la cual esta ajustada de fábrica a 40 Psig. Para la condición de arranque y mantenimiento se provee un botón de conocimiento. El alternador temporizador ajustable permite turnar cada compresor, alternándolos cada 10 minutos.

2.3.2.1.3 Monitor de punto de Rocío (DEW POINT).

El monitor de punto de rocío POWEREX indica el punto de rocío y temperatura. Este es controlado por un microprocesador con rangos de salidas programados por el usuario. El monitor de punto de rocío esta equipado con alarmas y equipo de calibración. El armazón del panel de control NEMA esta protegido por una cubierta completamente visible de polímero.

2.3.2.1.4 Monitor de alarma de monóxido de carbono

El monitor de monóxido de carbono advierte al usuario del suministro de aire para respiradores por medio de una señal de alarma acerca de la presencia de rangos no permisibles de monóxido de carbono¹¹.

Además del sistema de alarmas audibles y visuales, el medidor muestra la concentración de CO en el aire del compresor.

Este medidor opera a 110 VAC. Los puntos de alarma están ajustados a 10 PPM (bajo) y 20 PPM (alto).

2.3.2.1.5 Enfriador de aire

Hay cuatro modelos de enfriadores de aire los cuales proveen un aproximado de 20 °F (-6.66 °C). Cada uno esta construido de tubo de cobre y cabezales de metal para una construcción robusta.

2.3.2.1.6 Secadores de aire

Los sistemas secadores de aire proveen aire a 38 °F (3.33 °C) a 100 Psig para unidades refrigeradas y punto de rocío de -40 °F (-4 °C) para sistemas secadores disecantes. Cada sistema esta conectado por medio de un bypass.

Una válvula bypass de gas caliente es proveída para mantener una temperatura de evaporador a 38 °F (3.33 °C). El secador es auto regulable para cambios de cargas grandes. Los intercambiadores de calor están hechos de tubos de cobre y aislados.

¹¹ Ver tabla de niveles de pureza permisibles de aire médico, Numeral 1.1.

2.3.2.1.7 Válvula de drenaje de condensado

Esta válvula remueve el líquido que se acumula durante la operación del compresor. Remueve el líquido del tanque diariamente.

2.3.2.1.8 Sitio de instalación, Ventilación. Características

Si el compresor sin aceite esta localizado en un cuarto totalmente encerrado, se puede utilizar un ventilador con acceso al aire exterior.

De acuerdo a los requerimientos de instalación (ventilación y espacios mínimos) se observa claramente que dicho sistema de compresores no cuentan con un ambiente adecuado para satisfacer las necesidades del mismo, ya que esta en un entorno en el que existen generadores de calor como lo son calderas y calentadores de agua, además el ambiente carece de una ventilación ya que no se cuentan con extractores de calor ni ventiladores para mantener temperaturas adecuadas.

2.3.2.1.9 Tuberías

La tubería suministrada con la unidad es de bronce no corrosivo. Las tuberías de drenaje o visores de vidrio están hechos de polímero de alta resistencia.

2.3.2.1.10 Válvulas de seguridad

Los compresores con tanque montado son suministrados de la fábrica con válvulas de seguridad ASME de primera categoría instaladas en el manifold del tanque. La capacidad de flujo de las válvulas de seguridad es igual a, o mayor que la capacidad del compresor.

2.3.2.1.11 Operación

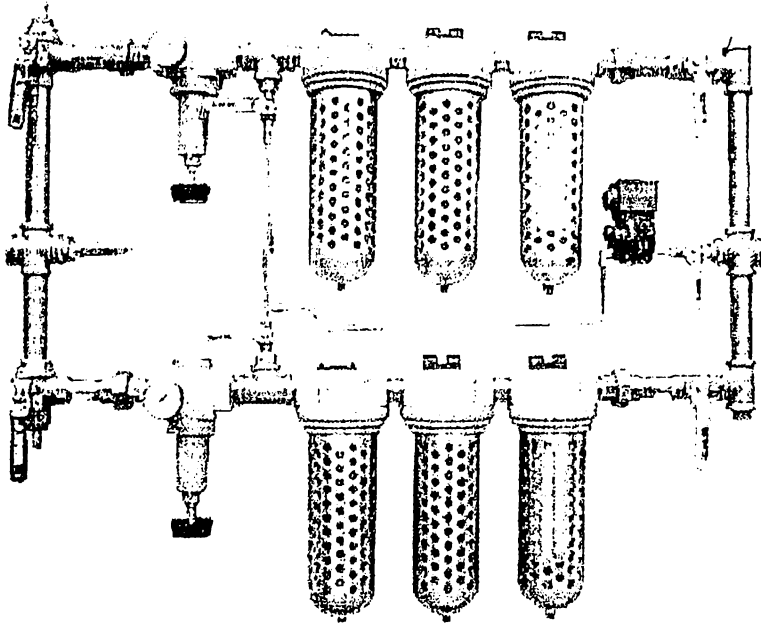
El sistema de aire médico estándar Powerex opera con control de conexión/desconexión. El paquete de aire médico Powerex tiene capacidad de compartir cargas que alternan la demanda de aire entre compresores, manteniendo las horas de operación iguales entre compresor.

2.3.2.1.12 Sistema de filtros de aire médico comprimido.

El sistema de filtros de aire comprimido esta diseñado especialmente para el uso de aplicaciones médicas. Este sistema excede los requerimientos NFPA 99 ya que posee tres etapas de filtración para remover aerosoles de aceite y agua, olores y partículas sólidas tan pequeñas como 0.01 micrones con una eficiencia del 99.9998%.

El sistema de filtración esta completamente duplicado para entregar servicio ininterrumpido y el tamaño adecuado para trabajar con una demanda del 100% a través de cualquiera de sus bancos de filtros. Los elementos del filtro están hechos con monitores visuales continuos y utilizan un interruptor de presión para permitir la instalación de señales a distancia de alarmas.

Figura 2.4: Sistema de Filtros para Aire Médico



Los filtros en ambos bancos son los mismos. El aire que entra esta controlado por válvulas de bola de giro de un cuarto para dirigir el aire hacia uno de estos bancos de filtros.

Los primeros filtros de 0.5 micrones, recogen las partículas sólidas y los aerosoles líquidos. Los aerosoles líquidos son condensados y drenados por una válvula de mecanismo.

Los segundos filtros de 0.01 micrones de carbón compactado recolectan partículas sólidas y los aerosoles líquidos remanentes. Este elemento del filtro suministra un drenaje manual.

Los terceros filtros contienen un cartón de carbón activado para eliminar los olores no gratos en el flujo de aire.

El segundo banco contiene filtros idénticos y esta disponible para operaciones de respaldo mientras se realiza el mantenimiento de sistema.

2.3.2.1.13 Interruptor diferencial

Este interruptor monitorea la presión del aire antes y después de que este pase a través de la serie de filtros. Cuando la diferencia de presión excede los 12 PSI, se activa un set de contactos secos. Estos contactos inician una alarma o señal para indicar que se necesita dar mantenimiento o reemplazar los elementos del filtro. Los filtros poseen monitores visuales que cambian de color del verde al rojo al tiempo que los filtros van recogiendo partículas.

2.3.2.2 Red de Distribución de Aire Comprimido

Tabla 2.12: Resumen de Tuberías
Aire Comprimido

Función	Diámetro	Diámetro nominal
Entrada ambiente	1 5/8"	1 1/2"
Salida compresor	1 1/8"	1"
Reducción en riser	5/8"	1/2"
Elevación	5/8"	1/2"
Principal	5/8"	1/2"
Ramales	5/8"	1/2"
Bajadas a tomas	1/2"	3/8"

2.3.3 Análisis Sistema de Óxido Nitroso

2.3.3.1 Capacidad de la central de Oxido Nitroso:

La central de óxido Nitroso, está compuesta por dos bancadas de 4 cilindros cada una, siendo los cilindros tipo G, el cual contiene 13800 litros, 745 Psig y un peso de 56 Lb.

El consumo de óxido nitroso para un hospital se calculará para este análisis a partir de las recomendaciones de la NFPA, tomando en cuenta el número de tomas y un gasto por toma de 10 L/min. Según la tabla 3.6, el número total de tomas que el hospital posee es de 7 (6 en sala de operaciones y uno para procedimientos especiales), por lo que el consumo por día para 100% de simultaneidad es de:

$$\text{Consumo día} = \text{Número de tomas} * 10 \text{ L/min} * 60 \text{ min} * 24 \text{ Horas}$$

Esto nos da como resultado:

Consumo día = 100800 L/día

Este dato nos permitirá hacer una estimación rápida del número de cilindros necesarios por día. Si se hace uso de cilindros tipo G, con una capacidad de 13800 L, el número de cilindros por día es de:

$$\# \text{ cilindros día} = \text{consumo día} / \text{capacidad cilindro}$$

Lo que resulta:

$$\# \text{ cilindros día} = 7.3 \text{ (Aprox. 8)}$$

2.4 Transporte, almacenamiento, manejo y distribución Interna de Cilindros de gases Médicos

2.4.1 Transporte hacia el hospital:

La empresa distribuidora de gases (OXGASA) transporta diariamente cantidades de cilindros correspondientes al consumo de un día¹², durante los 5 días hábiles de la semana. En el caso de fines de semana el hospital tiene que cubrir el transporte de los cilindros¹³. Es importante resaltar que esta actividad involucra cierta cantidad de personas¹⁴, lo que incide en costos por personal, y de oportunidad, ya que el tiempo invertido en este tipo de circunstancias podría ser utilizado en cualquier otra función más relevante, si se hiciera uso de oxígeno líquido¹⁵.

2.4.2 Almacenamiento.

El sitio en el cual los cilindros son almacenados, esta localizado en las afueras del hospital cercano al parqueo.

Una de las características del mismo es que no es un local cerrado, sino mas bien, se trata de un local abierto, donde la única protección de los cilindros es a los rayos del sol y lluvias.

Un inconveniente del sitio de almacenaje es que en caso de incendios no se cuenta con barreras de protección que puedan soportar elevadas temperaturas para protección de los cilindros.

El hecho de que el local de almacenamiento este localizado lejos de la central de máquinas es un factor favorable para dicho sistema.

¹² Aproximadamente entre 40 o 45 cilindros diarios

¹³ De igual manera como era realizado años antes, previo a que la empresa a cargo de la venta tomara responsabilidad del transporte de los cilindros.

¹⁴ 4 o 5 personas.

¹⁵ De lo cual se hará mención en el capítulo de tecnologías y en el capítulo de alternativas de diseño

En vista de que no se cuenta con un local completamente cerrado se considera que esto contribuye un alto grado de peligrosidad debido a calentamientos provocados por fuegos que se pudieran generar en las cercanías.

2.4.3 Distribución Interna de cilindros

El transporte y manejo interno de cilindros actualmente constituye un medio de abastecimiento muy intenso dentro del hospital, y esto se debe a que un 60.55 % de los cilindros (tipo H) que el hospital recibe de la empresa contratada, es transportado internamente hacia las diferentes áreas, por lo que apenas la central de gases consume lo restante. Por lo tanto, servicios generales¹⁶ ubica ciertos puntos hacia los cuales son llevados los cilindros, tomando como base, las fichas de pedidos internos que las diversas áreas del hospital entregan. El transporte es a través de carretillas, haciendo uso de los ascensores¹⁷, para lo cual, se han seleccionado ciertos puntos de ubicación de pequeños sitios de almacenamiento en los diversos niveles del hospital. Esto es así, atendiendo a medidas de contingencia en caso de una necesidad de abastecimiento de emergencia ya sea, por daños en el sistema de red o de los ascensores y a la rapidez en los tiempos de entrega. En dichos puntos, son ubicados entre ocho y diez cilindros.

2.5 Consumo de Cilindros de Gases en el Hospital de Especialidades

Para poder dar alternativas de soluciones es necesario conocer los índices de promedios de consumo de gases médicos, tanto de lo que se consume en la red como lo que se transporta internamente, a través del personal de servicios generales hacia cada una de las áreas donde los gases sean requeridos.

Según estadísticas que tiene dicho hospital, referentes al consumo de gases, se ha definido el promedio del consumo para un registro de al menos 3 meses¹⁸, datos que permitirán apreciar la demanda de cada uno de los gases¹⁹ para los diferentes puntos del hospital. Estos datos al mismo tiempo, destacan algunos puntos en los cuales el consumo de cilindros es elevado.

La tabla siguiente muestra el consumo de cilindros para los primeros tres meses del año 2002, tanto de la distribución interna como de la central.

¹⁶ Personal interno encargado del abastecimiento, transporte y distribución interna de los diferentes gases médicos

¹⁷ No existe un ascensor específico para este tipo de tareas.

¹⁸ El período de tiempo tomado permite obtener una medida confiable de la tendencia del consumo de cilindros para el hospital en estudio, es más, el mismo hospital establece su propia proyección del consumo para el año siguiente basado en este período de tiempo.

¹⁹ Oxígeno, Óxido Nitroso y aire comprimido.

**Tabla 2.13: Consumo Interno Gases Médicos Hospital
Especialidades Enero - Marzo 2002**

Capacidad	O ₂			AIRE	N ₂ O
	23 PC Tipo E	50 PC	220 PC Tipo H	210 PC Tipo K	56 Libras Tipo G
Neurología Hombres					
Enero	5	0	125	0	0
Febrero	1	0	33	0	0
Marzo	2	0	126	1	0
Neurología Mujeres					
Enero	0	0	51	2	0
Febrero	0	0	67	0	0
Marzo	3	0	47	1	0
Medicina III					
Enero	9	0	153	2	0
Febrero	8	0	159	0	0
Marzo	7	0	108	0	0
Medicina IV					
Enero	15	0	246	0	0
Febrero	9	1	183	1	0
Marzo	13	2	177	5	0
Medicina V					
Enero	4	0	85	1	0
Febrero	3	1	76	0	0
Marzo	1	0	113	1	0
Urología Hombres					
Enero	0	0	3	0	0
Febrero	3	0	18	2	0
Marzo	1	0	12	0	0
Urología Mujeres					
Enero	0	0	8	1	0
Febrero	0	0	2	1	0
Marzo	2	0	2	0	0
Domicilio					
Enero	0	1	32	0	0
Febrero	0	0	27	0	0
Marzo	0	0	31	0	0
Sala de Operaciones y recuperación					
Enero	0	0	5	13	0
Febrero	0	0	6	7	0
Marzo	0	0	6	6	0
Hemodiálisis					
Enero	0	0	3	0	0

Febrero	0	0	1	0	0
Marzo	0	0	2	0	0
UCI					
Enero	7	9	1	0	0
Febrero	6	3	2	0	0
Marzo	1	8	1	0	0
Cirugía Hombres					
Enero	0	0	27	2	0
Febrero	3	0	21	3	0
Marzo	1	0	19	0	0
Cirugía Mujeres					
Enero	0	0	6	1	0
Febrero	1	0	10	2	0
Marzo	0	0	5	0	0
Diálisis					
Enero	0	0	9	0	0
Febrero	0	0	3	0	0
Marzo	0	0	3	0	0
Central de Gases					
Enero	-	-	386	-	4
Febrero	-	-	494	-	0
Marzo	-	-	432	-	0

La tabla muestra el consumo de cilindros de 220, 50 y 23 PC de oxígeno, de 210 PC para aire y de 56 Libras para oxido nitroso.

2.5.1 Consumo promedio mensual de cilindros.

La siguiente tabla muestra el consumo promedio de cilindros por áreas establecido para un periodo de tres meses.

Tabla 2.14: Promedio mensual de consumo de Cilindros por áreas

Área	Promedio mensual de cilindros				
	O2 220 PC	O2 23 PC	O2 50 PC	Aire 210 PC	N2O 56 Libras
Neurología Hombres	94.67	2.67	0	0.34	0
Neurología Mujeres	55	1	0	1	0
Medicina III	140	8	0	0.67	0
Medicina IV	202	12.34	1	2	0
Medicina V	91.34	2.67	0.34	0.67	0
Urología Hombres	11	1.34	0	0.67	0

Urología Mujeres	4	0.67	0	0.67	0
Domicilio ²⁰	30	0	0.34	0	0
Sala de Operaciones y Recuperaciones	5.67	0	0	8.67	0
Hemodiálisis	2	0	0	0	0
UCI	1.34	4.67	6.67	0	0
Cirugía Hombres	22.34	1.34	0	1.67	0
Cirugía Mujeres	7	0.34	0	1	0
Diálisis	5	0	0	0	0
Central de gases	437.34	0	0	0	1.33
TOTAL	1108.67	35	8.34	17.34	1.33

2.5.1.1 Consumo de Oxígeno

Los datos estadísticos mostrados acerca del consumo de cilindros detalla la cantidad por tipo de cilindros de oxígeno que son distribuidos por área. Cabe destacar que los cilindros de 220 PC son los que en algunos puntos sustituyen la ausencia de red o la incrementan. Seguidamente se tiene el consumo de cilindros de 23 PC, los cuales son distribuidos hacia las diferentes áreas del hospital para transporte interno de pacientes o que son utilizados para transporte en ambulancias. En menor proporción se tiene el consumo de cilindros de 50 PC los cuales suman un promedio bastante bajo, éstos al igual que los de 23 PC son utilizados para la movilización de pacientes.

2.5.1.2 Consumo de cilindros de aire comprimido

Referente al consumo de cilindros de aire comprimido se observa que se ocupan en promedio unos 17.33 cilindros por mes; los cuales son llevados hacia ciertas áreas del hospital, ocupando una mayor cantidad el área de recuperación en sala de operaciones, según puede ser visto en la tabla 2.14.

2.5.1.3 Consumo de Óxido Nitroso.

Datos estadísticos muestran que el consumo de óxido nitroso es mínimo comparado con otros gases, puesto que durante un periodo de tres meses solo se logró realizar un cambio en una de las bancadas de la central de gases, donde cada una de ellas consta de cuatro cilindros de N₂O por banco. Esto demuestra que el consumo de N₂O es mínimo ya que únicamente se distribuye a través de la red de tuberías hacia

²⁰ *Domicilio*: éstos son cilindros que son entregados a pacientes, quienes continúan realizando sus terapias en sus casas.

sala de operaciones y procedimientos especiales de Rayos X, y no existe transporte de cilindros hacia otras áreas del hospital.

2.5.2 Consumo promedio por Áreas. Distribución interna de Cilindros

La tabla 2.15 muestra el porcentaje de cilindros de O₂, N₂O y aire comprimido que se transportan hacia cada una de las áreas, para cada una de las capacidades que se presentan en pies cúbicos (PC).

Tabla 2.15: Tabla porcentajes de consumo de cilindros
Por áreas

Área	% DE O ₂ 220 PC	% DE O ₂ 23 PC	% DE O ₂ 50 PC	% DE AIRE 210 PC	% DE N ₂ O 56 Libras
Neurología Hombres	14.10	7.62	0	1.92	
Neurología Mujeres	8.19	2.86	0	5.77	0
Medicina III	20.85	22.86	0	3.85	0
Medicina IV	30.09	35.24	12	11.54	0
Medicina V	13.60	7.62	4	3.85	0
Urología Hombres	1.64	3.81	0	3.85	0
Urología Mujeres	0.59	1.90	0	3.85	0
Domicilio ²¹	4.47	0	4	0	0
Sala de Operaciones y Recuperación	0.84	0	0	50	0
Hemodiálisis	0.30	0	0	0	0
UCI	0.20	13.34	80	0	0
Cirugía Hombres	3.33	3.81	0	9.61	0
Cirugía Mujeres	1.04	0.95	0	5.77	0
Díalisis	0.74	0	0	0	0
TOTAL	100	100	100	100	0

Si se observan los datos anteriores se puede ver en orden porcentual los respectivos porcentajes de cilindros de distribución interna que son trasladados hacia cada una de las áreas respectivas, lo cual permite visualizar los lugares hacia donde el transporte de cilindros es mayor respecto a otras áreas.

2.5.2.1 Oxígeno

²¹ *Domicilio*: éstos son cilindros que son entregados a pacientes, quienes continúan realizando sus terapias en sus casas.

Analizando el consumo de cilindros (*según se observa en la tabla 2.15*) de O₂ de 220 PC se pueden mencionar claramente las 5 primeras áreas donde el transporte interno de cilindros es mayor. Mencionando en orden prioritario se tiene: *Medicina IV* que consume el 30.089% del total de cilindros de transporte interno, seguido de *Medicina III* que ocupa un total de 20.85 % del total; *Neurología Hombres* con un total de 14.10%; *Medicina V* con 13.60% y *Neurología Mujeres* con 8.19%; seguido de las demás áreas que ocupan cada una un porcentaje menor del 5% del consumo total de distribución interna de cilindros.

Para el consumo de cilindros de 23 PC las primeras 5 áreas listadas en orden prioritario son: *Medicina IV* con 35.23%; *Medicina III* con 22.85%; *UCI* con 13.33%; *Neurología Hombres* y *Medicina V* con 7.619% del consumo total de cilindros de distribución interna.

Para cilindros de 50 PC se tienen las siguientes áreas: *UCI* con un 80%; *Medicina IV* con 12%; *Medicina V* y *Domicilio* que consumen cada una el 4% del total de cilindros.

2.5.2.2 Aire Comprimido

Los datos porcentuales muestran que la mayor demanda de cilindros de aire comprimido se da en *Recuperación* ya que este arroja un total del 50 % del consumo total de cilindros, seguido de *Medicina IV* con un total de 11.538%; *Cirugía Hombres* con 9.615%; *Cirugía mujeres* y *Neurología Mujeres* con 5.769% del consumo total, seguido de las demás áreas que ocupan porcentajes de 3.84% de cilindros transportados, estando el consumo mínimo en *Neurología Hombres*.

2.5.2.3 Óxido Nitroso

Según datos recopilados respecto a la distribución interna de cilindros se logra ver que durante un periodo de 3 meses no se realizó ningún traslado de cilindros de Oxido Nitroso hacia ninguna de las áreas del hospital, por lo que la red abastece la demanda total.

En los anexos se muestran algunas figuras (A2.2-A2.5) que de modo gráfico describen el consumo promedio y distribución interna para Oxígeno y Aire comprimido de acuerdo a los diferentes tamaños de cilindros para cada una de las áreas.

2.5.3 Consumo Promedio de Gases en Pies Cúbicos

La siguiente tabla muestra el consumo promedio total de gases en Pies Cúbicos (PC), resultado de la distribución interna y del consumo a través de la central de cilindros de la red de distribución. Además se presenta el consumo promedio de distribución

interna por áreas y el consumo promedio de la central de gases para un periodo de tres meses.

**Tabla 2.16: Consumo Promedio Mensual
De gases en Pies Cúbicos**

CONSUMO PROMEDIO MENSUAL DE GASES EN PIES CUBICOS					
Áreas	Cilindros de O₂ (220 PC)	Cilindros de O₂ (23 PC)	Cilindros de O₂ (50 PC)	Aire (210 PC)	Cilindros de N₂O
Neurología Hombres	20826.67	61.34	0	70	0
Neurología Mujeres	12100	23	0	210	0
Medicina III	30800	184	0	140	0
Medicina IV	44440	283.67	50	420	0
Medicina V	20093.34	61.34	16.67	140	0
Urología H	2420	30.67	0	140	0
Urología M	880	15.34	0	140	0
Domicilio	6600	0	16.67	0	0
Sala de Operaciones y Recuperación	1246.67	0	0	1820	0
Hemodiálisis	440	0	0	0	0
UCI	293.34	107.34	333.34	0	0
Cirugía H	4913.34	30.67	0	350	0
Cirugía M	1540	7.67	0	210	0
Diálisis	1100	0	0	0	0
Central	96213.34	0	0	0	840
TOTAL PC	243906.67	805	416.67	3640	279.3

Los resultados muestran que el consumo promedio total de oxígeno mensualmente es de 243,906.6667 PC para cilindros de 220 PC; 805 PC para cilindros de 23 PC y 416.66 PC para cilindros de 50 PC.

En el caso de Aire comprimido se tiene un consumo total de 3640 PC que corresponden a cilindros, sin tomar en cuenta la central de generación de aire comprimido.

El consumo promedio de óxido nitroso es de 279 PC que corresponden a la central de gases, ya que no se registran transporte interno de cilindros de dicho gas.

2.5.3.1 Consumo Promedio de Gases por día en Pies Cúbicos

A partir de los consumos de gases que se registran mensualmente es posible obtener los consumos promedios diarios a través de la siguiente relación:

$$\text{Consumo diarios} = \text{Consumo mensual} / 30 \text{ días}$$

La tabla siguiente muestra los resultados para cada una de las áreas

**Tabla 2.17: Consumo Promedio Diario
De Gases en Pies Cúbicos**

CONSUMO PROMEDIO DIARIO DE GASES EN PIES CUBICOS					
	O2 220 PC	O2 23 PC	O2 50 PC	Aire 210 PC	N2O
Neurología Hombres	694.23	2.04	0	2.33	0
Neurología Mujeres	403.33	0.76	0	16.15	0
Medicina III	1026.67	6.13	0	4.67	0
Medicina IV	1481.33	9.45	1.66	14	0
Medicina V	669.78	2.04	0.55	4.67	0
Urología Hombres	80.67	1.02	0	4.67	0
Urología Mujeres	29.33	0.51	0	4.67	0
Domicilio	220	0	0.55	0	0
Sala/Recuperación	41.56	0	0	60.67	0
Hemodiálisis	14.67	0	0	0	0
UCI	9.78	3.57	11.11	0	0
Cirugía Hombres	163.78	1.02	0	11.67	0
Cirugía Mujeres	51.33	0.25	0	7	0
Diálisis	36.67	0	0	0	0
Central	3207.11	0	0	0	28
TOTAL PC	8130.23	26.83	13.89	130.49	28

Los datos mostrados en la tabla, son acerca del consumo diario por área, incluida la central de gases. Los resultados totales dicen que el consumo diario de oxígeno para cilindros de 220 PC, fuera de la red y excluyendo domicilio es de 4703.12 PC, dato importante que permitiría sugerir en un primer momento una posible necesidad de expandir la red actual.

2.5.4 Determinación de Costos

Los costos que se determinarán a continuación, son los costos mensuales directos referentes a compras y manejo de cilindros de gas para el Hospital de Especialidades del Seguro Social.

2.5.4.1 Costos de Oxígeno. Costo del producto

En cuanto al costo del producto, se sabe que el hospital maneja cilindros de oxígeno de diferentes capacidades, dentro de los cuales, el más utilizado es el de 220 PC.

Al mismo tiempo, se ha dicho (según fue discutido anteriormente), que el hospital tiene un contrato anual con la compañía OXGASA, en el que se tiene plasmado los gastos totales de suministros para diferentes cargas de gases, incluyendo el servicio de transporte.

Según el contrato, se tiene que los costos por las cargas de los cilindros de oxígeno tienen un estimado de calculado por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Costos de } O_2 = \text{Costo de recarga de cilindro} * \text{consumo diario} * \# \text{ de días del mes}$$

Los costos tanto unitarios, como totales, pueden ser observados en las tablas 2.17 y 2.18, que se muestran a continuación:

Tabla 2.17: Costo Unitario Actual por carga de Cilindros de O₂

Costo unitario actual cilindros O ₂	
Cilindros de 220 PC ²²	\$ 15.64
Cilindros de 50 PC	\$ 7.22
Cilindros de 23 PC	\$ 5.19

Tabla 2.18: Costos Mensuales de consumo De cilindros de O₂

Cilindros	Consumo mensual de cilindros	Precio unitario	Total
220 PC	1108.6667	\$ 15.64	\$ 17339.547
50 PC	8.33	\$ 7.22	\$ 60.1426
23 PC	35	\$ 5.19	\$ 181.65
Total			\$ 17581.339

Observación: los costos por transporte de cilindros; depreciación de cilindros; Mantenimiento de vehículo; Combustible; Costo de personal (motorista y ayudantes) van incluidos dentro de los costos por la compra de cilindros, firmados dentro del contrato.

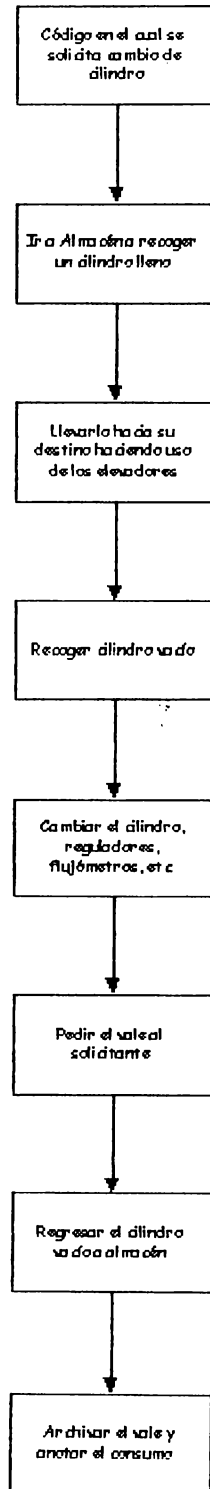
²² Pies cúbicos

2.5.4.1.1 Costos debidos al personal a cargo del transporte de cilindros a nivel interno

Para evaluar los costos invertidos en recurso humano debidos al transporte de cilindros, se determinará el costo por personal en función del tiempo que este utiliza en el manejo de los cilindros. Por ejemplo, en el hospital de especialidades, la unidad a cargo del almacenamiento de los cilindros es el almacén, mientras que los encargados del manejo y transporte a nivel interno es la unidad de servicios generales, quienes asignan a un empleado a cargo, el cual se conoce como el encargado de oxígeno. Dicho encargado, permanece atento a los códigos anunciados por los parlantes, en los cuales se haga mención de la necesidad de transportar oxígeno hacia cualquier punto del hospital. En el tiempo en el cual no exista necesidad de almacenar o transportar cilindros, éste tiene asignadas otras tareas como ordenanza. Por lo tanto, es necesario estimar el porcentaje de tiempo que el encargado de oxígeno destina al manejo y transporte de cilindros, lo que incluye el transporte hacia los diferentes puntos del hospital, el tiempo en cambiar los cilindros vacíos de la central de gases y el tiempo invertido en la recepción y almacenamiento de los cilindros, que MESSER entrega a diario en el hospital. Visualizando la tabla 2.19, puede observarse que la cantidad de cilindros de 220 PC manejados en un mes es de 1109 aproximadamente, los cuales si son distribuidos equitativamente en el período de treinta días, se estimaría un manejo diario aproximado de 37 cilindros. Según se muestra también en la tabla 2.19, se puede obtener una desviación típica mensual del 3%, la cual será adicionada al total de cilindros manejados diariamente. Por consiguiente, si a 37 cilindros se le aumenta un 3%, éste arrojaría un aproximado de 38 cilindros manejados diariamente, solo en cuanto a los cilindros de 220 PC. Considerando que diariamente, un mínimo de 8 cilindros siempre serán llevados hacia la central de gases, lógicamente los restantes 30 cilindros, serán conducidos hacia los diferentes puntos del hospital.

Otro punto interesante, es estimar el tiempo que el encargado de oxígeno, destina al cambio de los cilindros. La rutina que dicha persona sigue puede ser observada en el Flujograma 2.1.

Flujograma 2.1: Rutina normal del encargado de Oxígeno Para el transporte interno de cilindros



Tal rutina²³ le toma al encargado de oxígeno, un estimado de tiempo de 10 minutos, mientras que cambiar todos los cilindros de la central le toma un aproximado de 30 minutos, sólo faltando añadir un promedio más de 30 minutos en almacenar los cilindros llevados por MESSER.

A partir de los datos anteriores, se procederá a calcular el porcentaje de tiempo estimado que toma al trabajador, el manejo de los cilindros de oxígeno tipo²⁴ H. Por lo expuesto anteriormente (párrafo 2.5.4.2.1), se estimó que el promedio de cilindros manejados fuera de la red es de 30, cantidad que multiplicada por el tiempo que le lleva a dicha persona trasladarlos, arroja un total aproximado de 5 horas al día. Por lo cual, si se agregan los 30 minutos debidos al cambio de la bancada y los 30 minutos en el almacenamiento de los cilindros llevados hasta el hospital por la empresa encargada, esto arrojará un tiempo promedio total de 6 horas; las que representan un 25% del trabajo de un día.

Por consiguiente, si el manejo de los cilindros, implica para el hospital contratar personal que cubra las 24 horas del día, distribuidos en dos turnos de 12 horas, con un sueldo base de \$297.14 al mes, con un estimado de prestaciones anuales²⁵ calculadas en un 19.5% adicional al sueldo base. De manera que dicho empleado, recibe anualmente en concepto de pago mensual, aguinaldo y prestaciones, aproximadamente la cantidad de \$4596.76. De acuerdo a esto, el hospital estaría invirtiendo por los dos turnos un total aproximado de \$9193.51 por año, de los cuales un 25% representa el costo anual por el personal encargado del manejo de los cilindros. El costo sería entonces de \$2298.38 por año.

Tabla 2.19: Desviación Típica Consumo Mensual Oxígeno

	O2 220 PC	Desviación	Porcentaje	Aproximado
Enero	1140	31.33333333	2.826217679	3
Febrero	1102	6.666666667	0.60132291	0
Marzo	1084	24.66666667	2.224894768	2.5
Promedio	1108.666667			3

²³ Según se determinó después de observar en campo.

²⁴ La importancia radica, debido a que los cilindros de menor tamaño son inevitablemente necesarios e insustituibles, puesto que son utilizados para la movilización de pacientes.

²⁵ Dato que sirve para estimar el monto anual por prestaciones recibidas por un empleado del ISSS, el cual incluye zapatos, ropa, transporte, etc.

2.5.4.2 Costos de óxido nitroso. Costos del producto

Los costos de óxido nitroso según contrato establecido por la institución distribuidora de gases (OXGASA) se tiene que cada cilindro de gas licuado de 56 Libras tiene un precio de \$178.82 por lo que:

Costos por carga de cilindros de N_2O = Costo de recarga de cilindro * consumo diario* # de días del mes.

Según estadísticas se tiene que el consumo promedio mensuales de cilindros de N_2O es de 1.33 cilindros.

$$\begin{aligned}\text{Costos por carga de cilindros de } N_2O &= \$ 178.82 * 1.33 \text{ cilindros} \\ &= \$ 237.83\end{aligned}$$

Observación: los costos por transporte de cilindros; depreciación de vehículo; Mantenimiento de vehículo; Combustible; Costo de personal (motorista y ayudantes) van incluidos dentro de los costos por la compra de cilindros.

2.5.4.3 Costos de Aire Comprimido. Costos del producto

Los costos de cilindros de aire médico de 210 P.C es de \$ 15.19 cada uno.

Según promedios de consumo, se tiene que mensualmente se consumen un total de 17.33 cilindros, por lo que se tiene:

Costos por carga de cilindros de A. C = Costo de recarga de cilindro * consumo diario* # de días del mes.

De forma que los costos por la carga de los cilindros de aire comprimido se pueden estimar en:

$$\begin{aligned}\text{Costos por carga de cilindros de A. C} &= 17.33 \text{ cilindros} * \$ 15.19 \\ &= \$ 263.24\end{aligned}$$

2.5.4.4 Costos Mensuales por el consumo y manejo de los cilindros de gases médicos para el Hospital de Especialidades

Costos mensuales totales de Cilindros = Costos de compras + costos de personal a cargo del transporte interno²⁶.

$$\begin{aligned}\text{C.T. CILINDROS} &= \$ 17581.34 + \$237.83 + \$263.24 + \$ 191.53 \\ &= \$ 18273.94\end{aligned}$$

Nota: estos costos no incluyen gastos administrativos, o costos indirectos.

²⁶ Sueldo base, más un 21% adicional en concepto por prestaciones, por dos turnos.

2.6 ANEXOS

Gráficos estadísticos consumo de Cilindros en el Hospital de Especialidades

Figura A2.2

CONSUMO INTERNO DE CILINDROS DE OXIGENO DE 220 P.C.

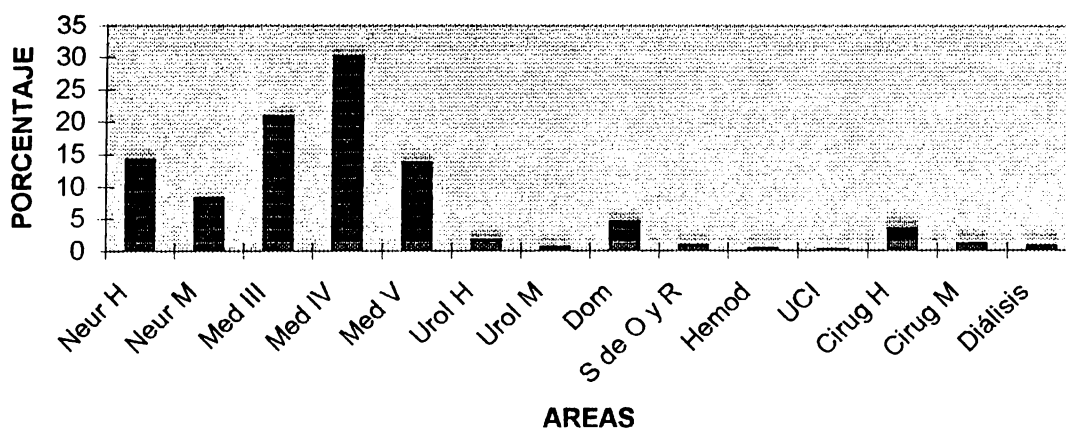


Figura A2.3

CONSUMO INTERNO DE CILINDROS DE OXIGENO DE 23 P.C

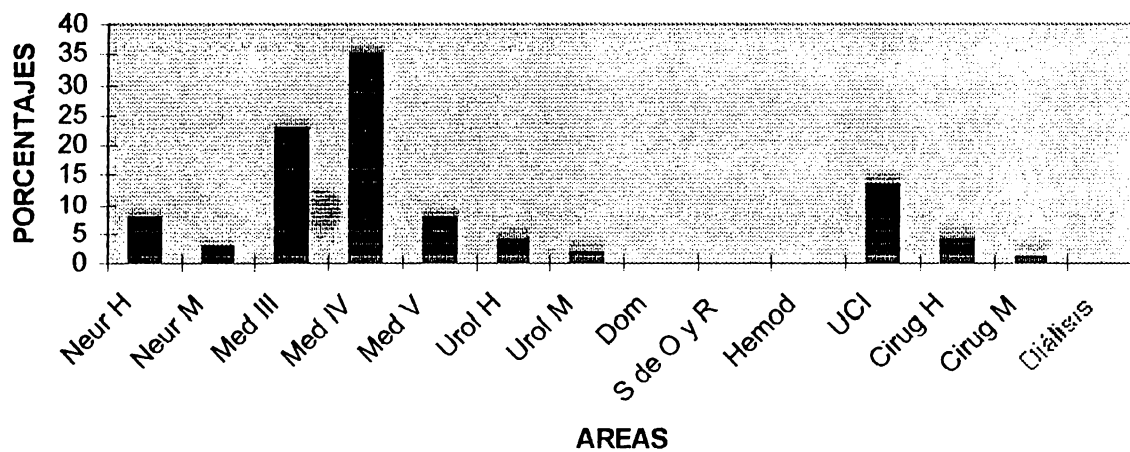


Figura A2.4

CONSUMO INTERNO DE CILINDROS DE OXIGENO DE 50 P.C.

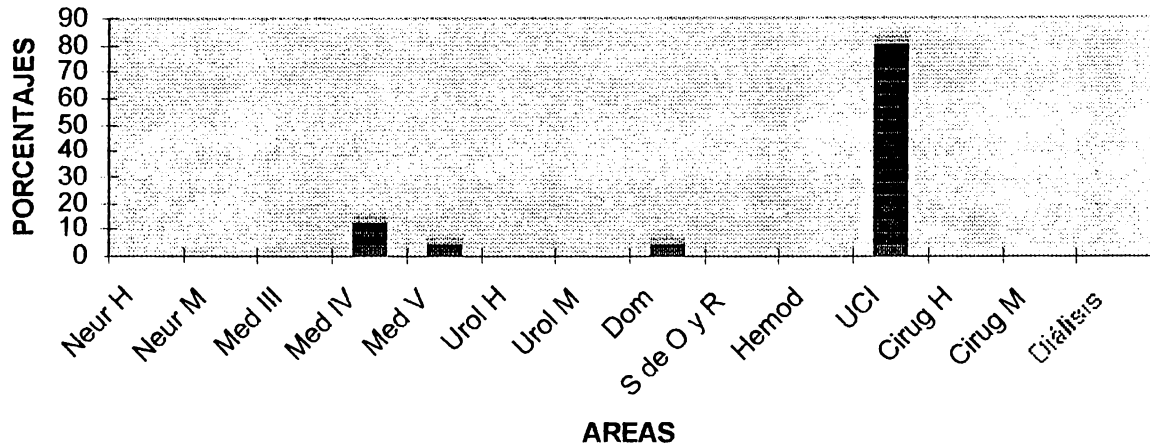
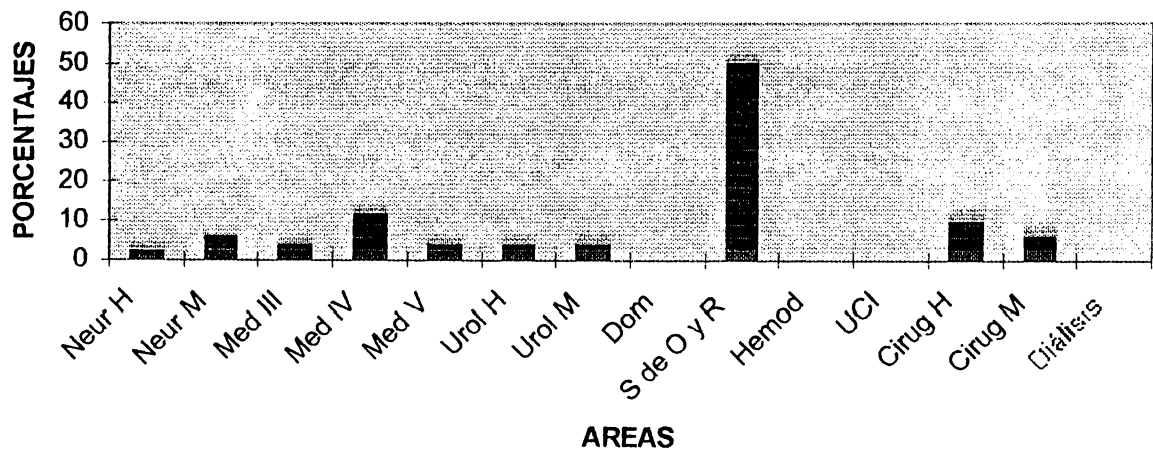


Figura A2.5

CONSUMO INTERNO DE CILINDROS DE AIRE COMPRIMIDO DE 210 P.C.



INFORMACIÓN DE TUBERÍAS DE COBRE

Stream Line MUELLER

Tabla A2.2

Tipo K							
OD	NOM	WT/FT	WALL	150 °F	200 °F	300 °F	400 °F
.375	$\frac{1}{4}$	.145	.035	913	860	842	537
.500	3/8	.269	.049	960	904	885	565
.625	$\frac{1}{2}$	.344	.049	758	713	698	446
.750	5/8	.418	.049	626	589	577	368
.875	$\frac{3}{4}$	.641	.065	724	682	668	426
1.125	1	.839	.065	557	524	513	327
1.375	1 $\frac{1}{4}$	1.04	.065	452	425	416	266
1.625	1 $\frac{1}{2}$	1.36	.072	420	396	387	247
2.125	2	2.06	.083	370	348	341	217
2.625	2 $\frac{1}{2}$	2.93	.095	338	319	312	199
3.125	3	4.00	.109	328	308	302	193
3.625	3 $\frac{1}{2}$	5.12	.120	311	293	286	183
4.125	4	6.51	.134	306	288	282	180
5.125	5	9.67	.160	293	276	270	172
6.125	6	13.9	.192	295	277	271	173
8.125	8	25.9	.271	314	295	289	184

Tabla A2.3

Tipo L							
OD	NOM	WT/FT	WALL	150 °F	200 °F	300 °F	400 °F
.375	$\frac{1}{4}$	.126	.030	775	729	714	456
.500	3/8	.198	.035	662	623	610	389
.625	$\frac{1}{2}$	.285	.040	613	577	565	361
.750	5/8	.362	.042	537	505	495	316
.875	$\frac{3}{4}$	.455	.045	495	466	456	291
1.125	1	.655	.050	420	395	387	247
1.375	1 $\frac{1}{4}$	.884	.055	373	351	344	219
1.625	1 $\frac{1}{2}$	1.14	.060	347	327	320	204
2.125	2	1.75	.070	309	291	285	182
2.625	2 $\frac{1}{2}$	2.48	.080	285	269	263	168
3.125	3	3.33	.090	270	254	248	159
3.625	3 $\frac{1}{2}$	4.29	.100	258	243	238	152
4.125	4	5.38	.110	249	235	230	147
5.125	5	7.61	.125	229	215	211	135
6.125	6	10.2	.140	213	201	196	125
8.125	8	19.3	.200	230	216	212	135

Tabla A2.4

Tipo M							
OD	NOM	WT/FT	WALL	150 °F	200 °F	300 °F	400 °F
.500	3/8	.145	.025	485	456	447	285
.625	$\frac{1}{2}$	.204	.028	420	395	387	247
.875	$\frac{3}{4}$	.328	.032	346	326	319	204
1.125	1	.465	.035	286	270	264	169
1.375	1 $\frac{1}{4}$	.682	.042	287	271	265	169
1.625	1 $\frac{1}{2}$	.940	.049	282	265	259	166
2.125	2	1.46	.058	254	239	264	149
2.625	2 $\frac{1}{2}$	2.03	.065	233	219	215	137
3.125	3	2.68	.072	215	203	199	127
3.625	3 $\frac{1}{2}$	3.58	.083	214	202	197	126
4.125	4	4.66	.095	213	201	197	126
5.125	5	6.66	.109	198	186	182	116
6.125	6	8.92	.122	186	175	171	109
8.125	8	16.5	.170	195	183	180	115

CAPÍTULO III

"ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS"

3.0 INTRODUCCION AL CAPITULO

En éste capítulo, se desarrollan los aspectos relacionados con las tecnologías utilizadas en el diseño de sistemas de gases y vacío médicos.

Este estudio permite hacer un recordatorio de aquellas normas mencionadas en el capítulo I, en el cual se dictan ciertos criterios de diseño de materiales y elementos relacionados a los sistemas de gases médicos.

El capítulo se divide de acuerdo a las tecnologías disponibles en los sistemas de gases médicos y de vacío, mostrando las características de tres marcas diferentes, las cuales cumplen con los criterios de la NFPA 99, pero que al hacer una revisión de cada una de ellas y compararlas, son apenas reconocibles algunos aspectos importantes que las diferencian una de la otra.

Cabe destacar que en el país son pocas las marcas ofertadas, y que una de las que se presentan en el análisis de tecnologías, es norteamericana y no existe distribuidor local alguno.

Por lo que será interesante que el lector descubra en este capítulo, aquellas características que al final, puedan hacer la diferencia, al momento de elegir entre una y otra marca ofrecida en el mercado. El capítulo al inicio se enmarca en la presentación de las diferentes tecnologías usadas en las redes de distribución de gases y vacío médico, tanto en oxígeno gas como en líquido, desde la fuente hasta los tomas, así como, un cuadro resumen de las marcas disponibles.

3.1 Tecnologías. Oxígeno Líquido y Gas

3.1.1 Apreciación global técnica de SGVM²⁷ y Subsistemas.

Los gases son típicamente entregados ya sea a través de un suministro de volumen o bulk (Por ejemplo.: cilindros de gas o tanques criogénicos) o, a través de un sistema de producción localizado en-sitio tal como es el caso del vacío o del aire comprimido.

3.1.2 Suministros de volumen (Tipo Bulk)

Para aplicaciones del bajo-volumen o suministros de la reserva de gases médicos, estos pueden usar cilindros que contienen ya sea alta-presión (sobre 1000 Psi) para los gases comprimidos (oxígeno, aire médico, helio) o gases que licuan bajo presión más baja (900 Psi) a temperatura del cuarto (dióxido del carbono, el óxido nitroso). Sin embargo, el suministro de gas más fácil y más barato para medios que usan volúmenes grandes de gases médicos son los sistemas basados en tanques criogénicos.

3.1.2.1 Cilindros de Gas

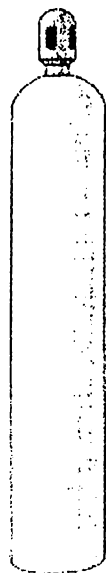
Los cilindros de gas que pueden o no contener gas comprimido o licuado, son conectados a menudo al sistema de gas médico y de vacío (MGVS) a través de manifolds. Estos manifolds combinan varios tanques a fin de proporcionar la capacidad necesaria y alimentar el gas a un regulador o reguladores que reducen la presión del cilindro (2000 Psi) a la presión del suministro.

Un cilindro de gas licuado (dióxido del carbono) contiene aproximadamente dos o tres veces más gas que un cilindro semejantemente clasificado por su tamaño y de alta-presión (oxígeno). Por ejemplo, como es mostrado en la **Figura 3.1**, un cilindro tipo "H" de oxígeno que contiene 7986 L, es similar en tamaño a un cilindro tipo "A" de dióxido del carbono que contiene 16086 L.

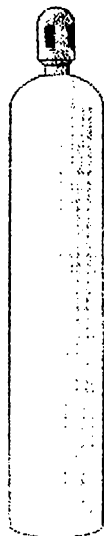
²⁷ SGVM: Sistemas de Gas y Vacío Médico (Medical Gas and Vacuum Systems)

Figura 3.1 Cilindros de Oxígeno

Alta Presión (2200 Psi)



J
9 x 55 in

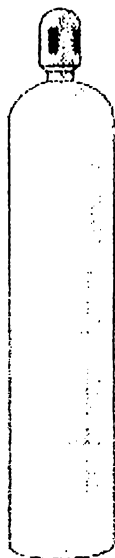


H
9 x 51 in

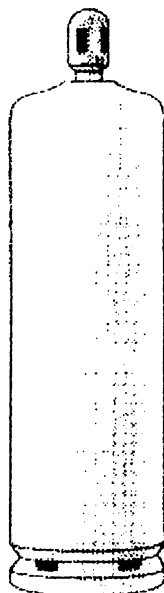


E
4 x 30 in

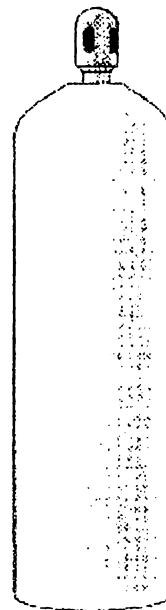
Baja Presión (Gases Licuados)



A
10 x 49 in



AA
15 x 52 in



A-4
15 x 54 in

Aunque la presión indica la cantidad de gas presurizado que permanece en un cilindro, no es un indicador directo de la cantidad de gas licuado. Durante el uso de

un gas licuado, la presión permanece relativamente constante hasta que todo el líquido se ha evaporado; en ese instante, cae rápidamente así como el gas restante sea usado. Las únicas medidas fiables del volumen restante son pesando o a partir del nivel del líquido.

Durante la expansión de líquido a gas, estos materiales deducen calor del aire circundante y pueden causar que los reguladores se enfríen si la temperatura del ambiente está fría; en tales situaciones, se usan calentadores para el regulador.

3.2 Manifolds para manejo de Tecnología de Oxígeno Gas

Las últimas tecnologías de manifolds fabricados para sistemas de gases médicos incorporan microprocesadores para el monitoreo de la distribución de gases médicos. Por lo tanto, de forma genérica se puede decir que las tecnologías de manifold se dividen en tres: manuales, semiautomáticas y automáticas. Cada una de ellas ha sido diseñada para proveer flexibilidad y confiabilidad. De ahí se comprende, que cada marca permite escoger entre las tecnologías mencionadas, ya sea haciendo uso de microprocesadores que controlen las variables sensadas o por contactores basados en mecanismos netamente análogos, por lo que será importante observar las especificaciones técnicas que se nos presentan.

3.2.1 Indicadores

Las diferentes tecnologías de manifold, muestran la cantidad de gas médico contenido en el lado derecho o izquierdo de los mismos, dato que es desplegado en la parte frontal del panel. Un indicador digital o análogo muestra la presión de los bancos de cilindros y la presión en el banco de reserva todo el tiempo.

Una condición de alarma ocurre usualmente, cuando se activa el interruptor de intercambio de bancos enviando una señal a la alarma master o alarma remota, causando que algún indicador (en algunos casos un LED de color específico) del banco que se ha vaciado se ilumine o muestre dicho estado. Este informa al personal del hospital que el lado secundario o de reserva esta en uso y que los cilindros vacíos necesitaran ser remplazados.

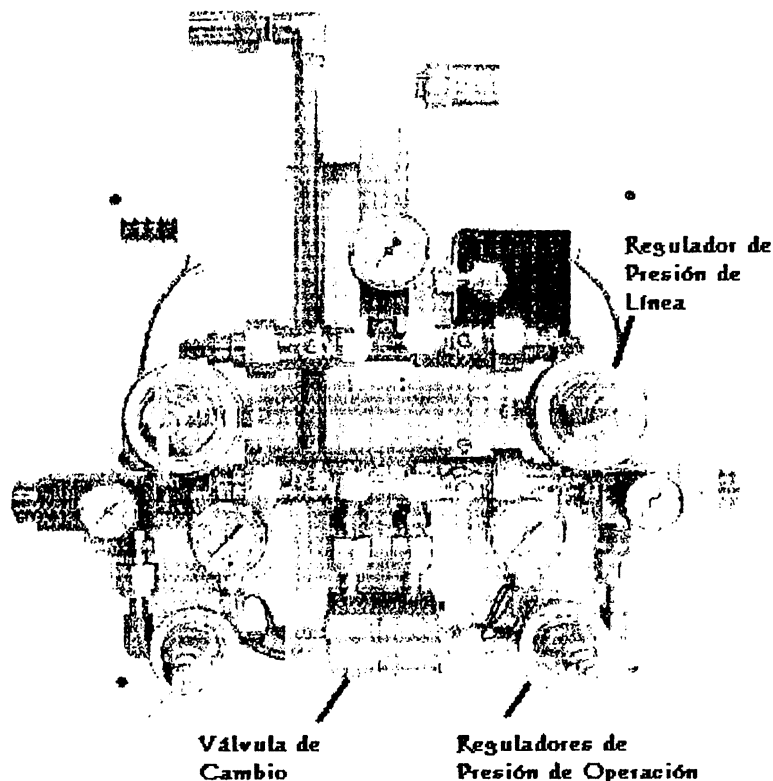
3.2.2 Cubierta de los Manifolds

La cubierta estándar de los manifolds debe ser tipo NEMA-1.²⁸ El gabinete estándar no debe ser montado si este estará expuesto a la intemperie. Una cubierta tipo NEMA-4²⁹ deberá ser usada en tal caso.

²⁸ NEMA-1: Para aplicaciones de propósito general

3.2.3 Descripción de las partes o componentes De un Manifold.

Figura 3.2: Vista Interna de un Manifold



Los manifolds generalmente están divididos en 4 principales partes, las cuales se pueden definir de la siguiente manera:

3.2.3.1 Válvula de Cambio (SHUTTLE).

El ensamble de las válvulas de cambio es diseñada para facilitar el cambio automático de banco a banco. La válvula de cambio es el centro de los manifolds y forma el punto de control del equipo asegurando el flujo continuo de gas, sin cambiar la presión de entrega.

Cuando la presión del banco de operación cae a un nivel predeterminado, la diferencia en presiones activa la válvula para dar paso al banco de cilindros secundario.

²⁹ NEMA-4: Hermética al agua

3.2.3.2 Tipo diafragma (Baja Presión)

Estas válvulas consisten de una maquinada de latón en dos divisiones u hojas. Posee dos conexiones de entrada y dos de salida.

El ensamble del eje está hecho de acero inoxidable y un diafragma de nylon reforzado con Neopreno, el cual se encuentra emparedado entre dos platos. El Neopreno es asentado contra estos platos por dos arandelas aseguradas por unas nueces. El eje de ensamblaje se ajusta dentro de la cámara formada por un cuerpo de hojas, que se atornillan y comprimen el diafragma, moviéndose de un lado hacia el otro.

El eje es libre de moverse de un lado a otro con el diafragma flexible, ya sea hacia atrás o hacia delante. Cuando la presión es introducida de un lado, el eje ensamblado ocupa la posición inicial, con el lado presionado abierto. Como la misma presión es permitida en el lado cerrado, el eje permanece en la misma posición, y ya que la presión actúa sobre un área reducida del diafragma, ésta no provee la suficiente fuerza para causar el cambio de posición.

Cuando la presión del lado de operación cae a una presión específica, la fuerza sobre el lado cerrado se sobrepone a la fuerza del lado abierto y el cambio ocurre, cambiando el suministro de un banco a otro. El cambio en posición del eje es detectado por los interruptores limitadores, lo cual será motivo de alarma o en un dado caso de aviso al microprocesador, para notificar que ha ocurrido un cambio.

3.2.3.3 Tipo Pistón (Alta Presión):

La válvula de cambio de alta presión es básicamente la misma comparada con una de baja presión, excepto por la reposición de el diafragma de ensamble del eje, por un pistón.

En lugar de la constricción de un diafragma entre las dos divisiones que forman las dos cámaras de presión, los lados son separados por un sellador O-RING alrededor de la circunferencia de un pistón. El eje del pistón acoplado por atrás y adelante permite el paso en los bancos de cilindros cuando ocurre la conmutación.

En ambos tipos de válvulas de conmutación, el gas es entregado a ellos desde uno de los reguladores de presión que están aguas arriba. Una vez que el gas pasa a través de la válvula de paso, este va hacia una de las líneas de los reguladores de presión, el cual permite mantener una presión constante.

3.2.3.4 Reguladores de Presión:

Hay dos tipos de reguladores de presión en los manifolds:

Los reguladores de presión de operación y los reguladores de presión de línea.
Ambos tipos cumplen la norma NFPA 99

3.2.3.5 Reguladores de Operación (De fuente)

Existen dos reguladores de operación en cada manifold, uno para el banco izquierdo y otro para el lado derecho. El regulador puede ser fijado al momento de la instalación, para servicio de oxígeno, óxido nitroso, aire comprimido y dióxido de carbono, los dos reguladores de operación pueden ser fijados a 150 Psig (10 bar/1034 KPa).³⁰

3.2.3.6 Reguladores de Línea

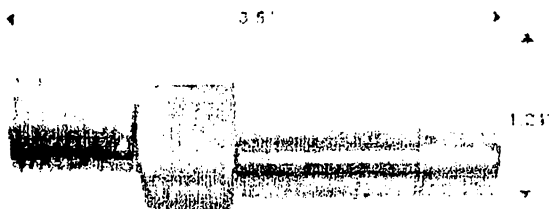
Están también los dos reguladores de línea en cada manifold. El regulador de línea es capaz de mantener una constante y dinámica entrega de presión a la máxima intensidad de tasa de flujo del sistema. Para oxígeno, óxido nitroso, aire comprimido y dióxido de carbono, los dos reguladores de línea deben ser fijados a 55 Psig (3.79 bar/379 KPa).

3.2.3.7 Válvulas de Alivio

Las válvulas de alivio de presión son instaladas aguas abajo de todos los reguladores de presión y son fijados a no más del 50% arriba de la presión de trabajo del regulador de presión que esta localizado inmediatamente aguas arriba.

Todas las válvulas (alivio) son capaces de aliviar completamente las presiones al punto de trabajo, y están aguas arriba de cualquier válvula de corte.

Figura 3.4: Válvula de Alivio



**Tabla 3.1: Selección de las Válvulas de Alivio
Para Diferentes Servicios de Gases³¹**

	OXIGENO	OXIDO NITROSO	AIRE MEDICO	OXIGENO LIQUIDO
Válvulas de alivio de presión de línea.	75 Psi [5.17 bar/517 KPa]	75 Psi [5.17 bar/517 KPa]	75 Psi [5.17 bar/517 KPa]	75 Psi [5.17 bar/517 KPa]
Válvulas de alivio de presión de operación	225 Psi [15.51bar/1551 KPa]	225 Psi [15.51bar/1551 KPa]	225 Psi [15.51bar/1551 KPa]	250 Psi [17.236bar/1723 KPa]

3.2.3.8 Transductor de presión:

Los transductores de presión monitorean el suministro de presión de un gas procedente de un sistema manifolds. La presión del gas es convertida en una señal que es transferida y presentada en un desplegador ya sea análogo o digital. Existen dos transductores en el gabinete del manifold, uno en el lado derecho y otro en el lado izquierdo de los bancos de presión.

3.2.3.9 Componentes del Sistema de Alarma

Las últimas tecnologías de manifolds contienen un control integral tipo panel, el cual trae un número de componentes cuya función es dar una continua información visual respecto al estado del sistema.

3.2.3.10 Indicadores del cambio de bancos

Estos sistemas traen indicadores (LED's) en la parte frontal de los manifolds, los que en algunos casos son controlados ya sea por contactores o mediante el uso de un microprocesador, sea al mismo tiempo análogo como digital. Para el caso específico del microprocesador, éste tiene la función de interpretar varias señales de entradas (presión en los cilindros y del interruptor de cambio), indicando a través de los indicadores digitales el estado del sistema.

³¹ En el caso de las válvulas de alivio de presión de operación, éstas pueden estar influenciadas por los diferentes criterios de los fabricantes

La presión dentro del manifold es medida por el transductor de presión, el cual envía la señal al microprocesador y este envía una señal digital a los indicadores correspondientes, al banco izquierdo o derecho del sistema.

Como la válvula de cambio (SHUTTLE) cambia de posición, de un banco a otro, y el interruptor de límite es activado. Esto causa una señal que será enviada desde el interruptor de límite al elemento microprocesador. Estas señales controlan el estatus de los indicadores (LED's) para los bancos izquierdo y derecho (IN USE, READY, EMPTY) para realizar el monitoreo remoto.

3.2.4 Rasgos de Seguridad:

Los manifolds deben estar claramente etiquetados según el gas a utilizar. De igual forma los indicadores en la parte frontal deben estar claramente marcados para especificar su función.

3.2.4.1 Indicadores de Operación

Bajo condiciones normales de operación, un LED de color definido estará iluminado en el lado del banco primario en uso. El banco secundario tendrá un indicador (LED), con algún otro color iluminado indicando que este se encuentra listo para entrar en operación. Si la presión de cilindros se agota en el lado primario, un interruptor automático se activa, dando paso al lado de reserva. El LED marcador de dicho lado será entonces, iluminado.

3.2.5 Conexiones de los cilindros:

Como medida de seguridad algunas marcas de manifolds están diseñadas para que únicamente se pueda conectar el gas designado.

Tabla 3.2: Resumen Características
Técnicas de Manifolds

Características	AMICO	MEDAES	TRI-TECH
MANIFOLDS			
Potencia de Entrada	110 - 240 VAC	120 VAC	90-220 VAC
Frecuencia de Trabajo	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60Hz
Modo de Control	Microprocesador	Microprocesador	Microprocesador
Indicadores de Panel	6 LED'S	6 LED'S	6 LED'S
Transductor para mensaje de Alarma remota	Sí	Si	Si
Monitoreo Presión de cilindros	Sí	Si	Si
Medición continua de presión central	Si	Si	Si

Unidades Desplegadas	Psi / KPa / bar	-----	-----
Interruptores de banco en uso	2 Interruptores	2 Interruptores	2 Interruptores
Barra Cabezal	CGA gas específico		
Cola de Cochino	Incorporada	Incorporada	Incorporada
Válvula Check	Incorporada	Incorporada	Incorporada
Regulador Dual de Línea	Incorporados	Incorporada	Incorporada
Norma que cumple	NFPA 99	NFPA 99	NFPA 99
Modo de trabajo	Automático	Automático	Automática
Tipo de tecnología	Digital	Análoga	Digital
Reguladores de línea Duplex	Si	Si	Ajustable de 30-60 Psig
Válvula de alivio	Si	Si	Si
Indicador de banco vacío	Rojo	Rojo	Rojo
Indicador de banco listo	Ámbar	Verde	Ámbar
Indicador para banco en uso	Verde	Ámbar	Verde
Capacidad de flujo de O ₂	---	30 SCFM (850 lpm)	75 SCFM (2,120 lpm)
Capacidad de flujo para N ₂ O	---	---	25 SCFM (700 lpm)
Máxima presión de entrada	---	---	3,000 Psig (20,680 kPa)
Perdida de presión para O ₂	---	10 Psi (69 Kpa)	10 Psi (69 Kpa)
Perdida de presión para N ₂ O	---	---	5 Psi
Presión de trabajo	150 Psi	150 Psi	---
Presión de entrega a la red	55 Psi	55 Psi	50 Psi
Ajuste de válvula de alivio presión de operación	225 Psi	---	---
Ajuste de válvula de alivio de línea	75 Psi	75 Psi	75 Psi

3.3 Tecnologías para el manejo de gases. Oxígeno Líquido

3.3.1 Tanques criogénicos

En un sistema de tanque criogénico, un solo tanque aislado puede contener desde decenas hasta miles de litros de gas (oxígeno, nitrógeno) los cuales son liquiificados a través de temperatura a una presión bastante baja (150 Psi). Un líquido criogénico tiene un punto de ebullición debajo de los -150 °C (-278 °F) y, cuando se vaporiza en un gas, produce 700 a 900 veces su volumen líquido.

Los tanques criogénicos más pequeños pueden moverse a mano o con un carro de mano; los más grandes se fijan a bases especialmente hechas y a menudo tienen cercamientos especiales. Sin tener en cuenta el tamaño del tanque o el tipo de gas,

los suministros criogénicos requieren de envases de presión aislados para mantener el gas licuado bajo presión (aproximadamente 150 Psi para los tanques grandes). Cada tanque tiene un sistema de cañerías y válvulas para permitir el llenado del gas licuado, controlar el tanque de forma segura y mantener la presión de gas, así como, para entregar el gas a la instalación (sistema).

3.3.2 Diseño, Construcción, y Ubicación

El diseño, construcción, y ubicación de los suministros de volumen de oxígenos líquidos deben estar conforme a los requisitos de los Sistemas de Oxígeno de Volumen a los Sitios del Consumidor de la NFPA (NFPA 50).

En el caso del Oxígeno líquido, al existir fugas, este puede crear fuego extremo y riesgos de la explosión. Debido a ello, y como es requerido por la NFPA 50, los suministros de volumen de oxígenos líquidos deben situarse a ciertas distancias de las estructuras. Semejantemente, los suministros criogénicos requieren ventilación efectiva para el funcionamiento óptimo. La mayoría de las instalaciones criogénicas usan vaporizadores (bancos de finos tubos intercambiadores de calor) para calentar el líquido y convertirlo a su estado gaseoso. En sitios mal ventilados, a menudo existen formaciones de hielo en los vaporizadores³² durante este proceso. Si existe un exceso de hielo en los vaporizadores, esta situación puede impedir el intercambio de calor, los coloca en riesgo de ser dañados por el hielo, y podrían permitir que gas sumamente frío o el líquido criogénico entre en la tubería de la instalación y dañe las válvulas, el sistema de alarmas, y otros dispositivos, o incluso, que dañe a los pacientes. Algunas instalaciones usan precalentadores que tiene intercambiadores de calor especiales (que transfieren calor del agua caliente al gas licuado) para calentar el líquido antes de que entre en los vaporizadores. Donde el espacio lo permite, pueden usarse bancos de vaporizadores duales con mecanismos que automáticamente dirigen el flujo a un banco del vaporizador mientras el otro banco está listo para calentar y descongelar.

Además del riesgo de la expansión, para el caso del óxido nitroso, este tiene la cualidad de descomponerse cuando es calentado, lo que puede ser causa de riesgo de explosión si éste es expuesto a las altas temperaturas y a las altas presiones causadas por el fuego. Debido a que también es un oxidante, el óxido nitroso acelerará un fuego, de forma similar a la que el oxígeno lo hace. Así también, deben instalarse sistemas de suministro de óxido nitrosos en una localización que minimice la exposición a fuegos potenciales según CGA Folleto G-8.1.

³² los cuales típicamente son las secciones más frías.

Otros suministros de gas de volumen también pueden beneficiarse de los requisitos propuestos en la NFPA y CGA; por ejemplo, ellos deben localizarse en sitios que minimicen la exposición al fuego y de las estructuras circundantes. Las localizaciones deben ventilarse adecuadamente para prevenir la acumulación peligrosa de gas bajo los vaporizadores y el área del tanque; los tanques deben colocarse en almohadillas de hormigón, y las válvulas de alivio de presión deben ser ventiladas hacia áreas seguras.

Todos los recipientes de gas médicos, ya sean cilindros o tanques criogénicos, debe protegerse de temperaturas sobre +54 °C (+130 °F) debido a que la expansión de gas puede causar problemas catastróficos en el recipiente, haciendo que este falle.

3.3.3 Manifolds para el manejo de Tecnología a base de Oxígeno Líquido

3.3.3.1 Configuración Oxígeno Líquido/Líquido

Los manifolds para uso de oxígeno líquido reducen la presión de los cilindros a la presión de línea del sistema de distribución. Estos, monitorean la presión de los bancos de cilindro líquido y cuando es necesario, automáticamente activaran el banco primario o secundario. Tales indicadores, al igual que para el caso de Oxígeno Gas, muestran el estado del sistema.

Los diferentes manifolds para cilindros líquidos están disponibles para oxígeno, óxido nitroso y nitrógeno.

3.3.3.2 Configuración Oxígeno Líquido/Gas

Este tipo de manifolds son diseñados para manejar un cilindro líquido en el lado derecho y un banco de cilindro gaseoso en el lado izquierdo, además manifolds que manejan cilindros líquidos en ambos lados. Estos pueden conectarse en dos cilindros³³ por banco haciendo un total de 4 cilindros.

Cuando la presión del banco de cilindros líquidos ha disminuido, el manifold automáticamente hace el cambio de banco y los cilindros líquidos son reemplazados.

Cada manifold incluye un transformador eléctrico y uniones para conexión a la línea de suministro. Los manifolds están disponibles para ser montados en pisos o murales.

³³ De Oxígeno Líquido

3.3.3.3 Requerimientos de Diseño:

- Cada manifold debe ser completamente encerrado en una cubierta fácilmente removible para mantenimiento.
- La línea de presión debe ser probada.
- Cada manifold debe de tener reguladores de presión duales con cuatro válvulas de aislamiento y sistema alterno de presiones intermediarias
- Cada manifold debe poseer válvulas de alivio.
- Los Manifolds para cilindros líquidos deben ser equipados para direccionar el gas ventilado de un cilindro a un regulador antes de la válvula de alivio.
- Cada manguera de cilindro debe contener válvula unidireccional³⁴ para permitir cambio de cilindros.
- Todos los componentes y materiales deben ser compatibles, ya sea con oxígeno u óxido nitroso.
- Pueden ser montados en muros o empotrado en pisos.

La capacidad de cada manifold para uso con cilindros líquidos con la ventilación de alivio conectada es la siguiente:

Oxígeno: 50 Psi - 10 CFM.

Óxido Nitroso: 50 Psi - 3.33 CFM.

3.3.3.4 Dimensiones y Flujo

Los manifold para uso con cilindros líquidos (montados en el piso o mural) son de 24" (0.6m) de ancho y 66" (1.7m) de alto.

Las longitudes de los espacios requeridos varían de acuerdo a la cantidad de los cilindros.

**Tabla 3.3: Longitudes Requeridos
De acuerdo a la cantidad de Cilindros**

CILINDROS	LONGITUD
2	1'4" (0.4m)
6	3'4" (1m)
10	5'4" (1.6m)
14	7'4" (2.2m)
18	9'4" (2.8m)

³⁴ Check

3.3.3.5 Capacidad de cilindros líquidos versus equivalencia de cilindros tipo H de alta presión.

Tabla 3.4: Equivalencia de Cilindros
Tipo H Vrs Líquidos
Diámetro de 26" (230 litros)

Tipo de gas	Cilindros líquidos	Equivalente de cilindro de alta presión.
Oxígeno	6,244 ft. ³	25
Oxido Nitroso	4,378 ft. ³	8

Tabla 3.5: Equivalencia de Cilindros
Tipo H Vrs Líquidos
Diámetro de 20" (196 litros)

Tipo de gas	Cilindros líquidos	Equivalente de cilindro de alta presión.
Oxígeno	5,435 ft. ³	22
Oxido Nitroso	3,810 ft. ³	7

3.3.4 Termos Portátiles

3.3.4.1 Fabricación

Los termos portátiles son dos recipientes, un tanque interior de acero inoxidable, y un tanque exterior que puede ser construido de acero inoxidable ó acero de carbón. Una de las principales características de estos equipos es, que en el espacio anular³⁵ se coloca un aislamiento térmico³⁶ que es el que impide el paso de calor del medio ambiente al interior del termo permitiendo mantener en estado líquido los gases medicinales.

La norma utilizada para fabricar este tipo de recipientes es la DOT³⁷.

³⁵ Espacio anular: espacio que existe entre dos recipientes circulares.

³⁶ Aislamiento térmico: conjunto de materiales destinados a reducir los intercambios de calor entre el medio interior y el medio exterior.

³⁷ DOT: norma de construcción, que significa Departamento de Transporte de los Estados Unidos.

Figura 3.5: Termo Portátil de Oxígeno Líquido



Las presiones de operación que generalmente se manejan son de 220 Psi (15.2bar) para el oxígeno y 391.14 Psi (26.97 bar) para el óxido nitroso. En cuanto a los dispositivos de seguridad, los termos cuentan con válvulas de alivio y discos de ruptura que permiten el escape de gas a la atmósfera que pudiera generarse por la vaporización de los gases en estado líquido.

3.3.4.2 Capacidad de los Termos Portátiles de Oxígeno Líquido

Una forma alternante de suministro de gases medicinales es utilizando termos portátiles. La principal característica de estos contenedores es que el volumen de líquido que pueden almacenar, está en un promedio de 165 litros.

3.3.4.3 Partes y Componentes

Es importante mencionar que el personal responsable de la central de gases, debe identificar claramente cuales son los componentes o accesorios que se estará monitoreando para asegurar que el abasto de gases medicinales se mantenga.

Con el objetivo de simplificar la explicación se marcarán con un color diferente dichos componentes.

- **Manómetro:** indica la presión de operación del termo, dicha presión deberá mantenerse siempre para garantizar el abasto en el punto más alejado de la red.
- **Válvulas de alivio:** cuando está operando frecuentemente puede llegar a descalibrarse, por lo que es posible que operen por debajo de la presión de

calibración (230 Psi). Si el consumo es interrumpido, parte del líquido almacenado se vaporizará y presiona el termo. Si la válvula esta descalibrada se puede estar aliviando presión (perdida de producto).

- **Indicador de nivel:** como su lo nombre lo indica permite saber cual es el nivel del contenido de líquido, y es la variable que se utiliza para tomar la decisión de cambio de banco.
- **Válvula de globo:** ésta solo se usará para conectar el termo portátil al manifold por medio de mangueras flexibles de acero inoxidable.

El consumo en los termos portátiles siempre es gas, debido a que se tiene un serpentín soldado internamente a las paredes del recipiente externo, de tal forma que el líquido fluye a través del serpentín, que al estar soldado a las paredes tendrá temperaturas muy similares a la temperatura ambiente, mientras que el líquido posee temperaturas muy bajas. Esta diferencia de temperaturas hace que el líquido pase a la fase gaseosa.

3.3.4.4 Identificación

Los termos portátiles de oxígeno, están fabricados de acero inoxidable y se les coloca una calcomanía perimetral con la leyenda Oxigeno. Si el cuerpo del termo es de acero de carbón, el hombro del termo será pintado en color verde además de calcomanía perimetral.

En el caso de Oxido Nitroso se aplica el mismo concepto, solo que en este caso se utilizará en lugar de verde un color azul.

3.4 Compresores para Vacío Médico

3.4.1 Componentes del sistema

El Vacío es producido usando sistemas similares, pero más simples que, los sistemas de compresor de aire comprimido médico. Aunque algunas bombas de vacío son idénticas a los compresores de aire médico, estos trabajan de la manera opuesta, tiran aire de las entradas y lo expulsan al exterior. Pueden ser usadas bombas conteniendo aceite, aunque tomando en consideración que éstas no se vean afectadas por ciertos materiales (los gases anestésicos) que pueden entrar en el sistema de suministro de vacío.

Los sistemas de suministro de vacío incluyen un tanque receptor y un sistema de desagüe automático, usualmente sistemas de bombas duales, y una línea de descarga. El tanque receptor (Chimbo) sirve como un depósito o reservorio del vacío para aliviar las cargas transeúntes en las bombas, y como un envase de colección para los

materiales que pueden fluir en el sistema. Este material debe ser drenado periódicamente del tanque en una cloaca sanitaria a manera de prevenir una obstrucción del sistema del vacío.

3.4.2 Usos impropios

Aunque el sistema del vacío médico puede usarse para quitar gas anestésico desechado, con tal de que esto no afecte la actuación del sistema, es preferible tener un sistema de levantamiento de gas especializado. Tal sistema es similar a un sistema de vacío médico, pero debe usar una bomba líquido-sellada o una bomba que no sea dañada por tales gases del anestésico que pueden entrar en la cámara de la bomba y los sellos. Algunos materiales usados como sellos y algunos aceites son degradados por los anestésicos y podrían causar fallas en la bomba.

La entrada accidental - ocasional de líquidos en el sistema del vacío no debe afectar su funcionamiento, pero restringirá flujo en el futuro en la medida que la tubería se cubre con polvo y desechos. Para minimizar esta ocurrencia, botes de la succión conectados a la entrada del vacío se usan para coleccionar materiales no-gaseosos, poseen válvulas de corte de sobreflujo, impidiendo a los líquidos entrar en la tubería. Para evitar interrumpir un procedimiento debido al reemplazo de un bote lleno, debe usarse un bote de volumen adecuado y deben usarse botes múltiples. En el caso de existir un grupo de ellos, sólo el último bote debe tener una válvula de corte por sobreflujo. También, deberá realizarse una inspección periódica y una continua limpieza de las entradas, lo que mantendrán un funcionamiento del vacío adecuado y proveerán una succión adecuada para cirugía y otros procedimientos críticos.

Algunas instalaciones usan el sistema de vacío para aclarar el humo proveniente de electrocirugías o sitios de cirugía de láser. Esto no debe hacerse; sólo deben usarse evacuadores de humo diseñados para este propósito. El sistema del vacío típico no tiene el flujo suficiente para capturar toda la pluma de humo eficazmente. Las partículas, hidrocarburos, y el agua depositadas en la pluma de humo, si capturado por el sistema de vacío. Se condensarán en la entrada y en la tubería y pueden causar la reducción en el flujo a lo largo del tiempo. Los depósitos de la pluma de humo consisten en más alquitrán y son más difíciles de quitar que los depósitos formados por los procedimientos de succión "típicos".

El uso de los llamados filtros de pluma láser en la entrada de vacío puede protegerla de la suciedad, líquidos, y puede condensar materiales, pero con el conocimiento de una disminución de la presión de vacío y por lo tanto, del flujo.

3.4.3 Ubicación

Como los compresores de aire médicos, las bombas del vacío son ruidosas y causan vibración, éstos deben localizarse en lugares adecuados para reducir la perturbación a los ambientes hospitalarios; el uso de conectores flexibles entre la bomba y la tubería es exigido, a fin de reducir la vibración transmitida hacia el sistema de tuberías. El aire contaminado y otros gases de expulsión de un sistema del vacío deben ser ventilados hacia afuera del edificio, y deben ser colocadas las salidas en lugares remotos de cualquier succión o ventana, y en una localización que no permitirá la exposición de personas a la pluma de la descarga y minimizando el riesgo provocado por los gases de la descarga hacia áreas de cuidado (soplándose en una ventana).

3.4.4 Duplicación y Regulación de la Presión de los Suministros

La duplicación es una medida de protección importante, y todos los suministros de MGVS deben tener un suministro de emergencia en caso de que el suministro principal se vacíe o se vuelva inoperable. (Similarmente, todos los suministros tienen subsistemas, como aquellos reguladores duales o desviados (bypass) y válvulas de corte, diseñados para la protección en contra de accidentes y fallas en el sistema, así como para el mantenimiento). Un tanque de suministro de reserva de 24-horas es típico en todos los suministros de gas de volumen. La mayoría de los suministros por manifold tiene dos bancos de cilindros que automáticamente cambian cuando un banco se termina. Las instalaciones del tanque criogénicas grandes normalmente tienen dos tanques aislados, un tanque principal grande y un suministro de la reserva más pequeño de por lo menos el suministro de gas de un día para la facilidad; a veces se usan manifolds para cilindros como suministros de la reserva para las instalaciones más pequeñas. Normalmente los sistemas de aire comprimido son duales para permitir el funcionamiento continuo en caso de fracaso de algún componente o por mantenimiento.

Todos los sistemas deben regular la presión. Con gases, un regular similar a aquéllos usados en cilindros se conecta en la tubería. Los reguladores usan una válvula de resorte para llevar el gas de alta-presión hacia una cámara de baja-presión. El gas de baja presión mueve un diafragma contra un resorte para cerrar la válvula cuando la presión fija se alcanza.

Todos los reguladores deben tener un filtro con aperturas de 66μ o más pequeñas para prevenir que partículas afecten el funcionamiento de la válvula del regulador. La presión del sistema de vacío está limitada a un máximo de aproximadamente 25 pulgadas de Hg (635 mm Hg) como criterio de diseño (pérdida de fricción de tubería, eficacia del compresor, la economía y la presión atmosférica del ambiente [30 Pulg. Hg {760 mm Hg}]). La presión de sistema de vacío debe ser mantenida en el

valor requerido de presión ≥ 12 pulgadas de Hg (≥ 305 mm Hg) por medio del funcionamiento de la bomba de vacío.

3.4.5 Tecnologías disponibles para sistemas de Vacío

Cada marca, al igual que para el caso de los manifolds, ofrece diferentes tipos de características especiales, sin embargo, de forma genérica estas pueden ser diferenciadas o seleccionadas entre bombas de veleta rotatoria lubricado y bombas de veleta rotatoria seco.

3.4.5.1 Los sistemas de veleta rotatoria lubricada son muy confiables y fáciles de dar mantenimiento. Las bombas de vacío de aceite lubricado, son los más usados, debido a sus ventajas, entre las que pueden ser mencionadas:

Ventajas:

- Vida del vano largo
- Bajo mantenimiento
- Bajo nivel de ruido

Desventajas:

- Inadecuado para sistemas de evacuación anestésica.

3.4.5.2 Veleta rotatoria de Libre de Aceite. Estos son similares a las bombas de vano lubricado, excepto, que están equipados con vanos de carbón auto lubricado y no requieren ningún tipo de aceite para su operación.

Ventajas:

- Adecuado para sistemas de evacuación anestésica.
- Bajo mantenimiento.

Desventajas:

- Vida muy corta de los vanos, comparado con las bombas de vano lubricado.
- Poca capacidad por HP.

Estos sistemas de vacío son ofrecidos sistemas de compresores duales, triples y cuádruples.

En un sistema dual, una bomba debe ser capaz de suministrar el 100% de la demanda pico calculada. A 19" Hg con una bomba en espera o retardo.

En un sistema triple, dos bombas deben ser capaces de suministrar el 100% de la demanda pico calculada, a 19" Hg con una bomba en espera.

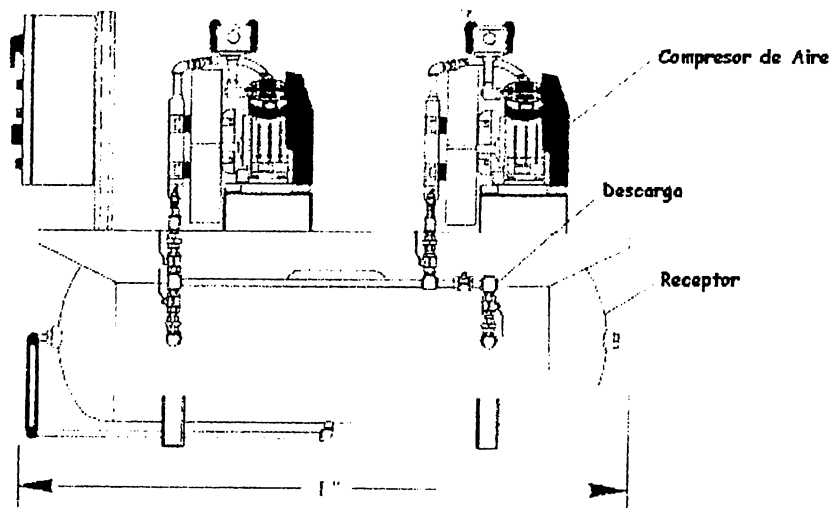
En un sistema cuádruple, tres bombas deben ser capaces de suministrar el 100% de la demandas pico calculada a 19" Hg con una bomba en espera.

3.4.6 Configuraciones de Sistemas de Vacío

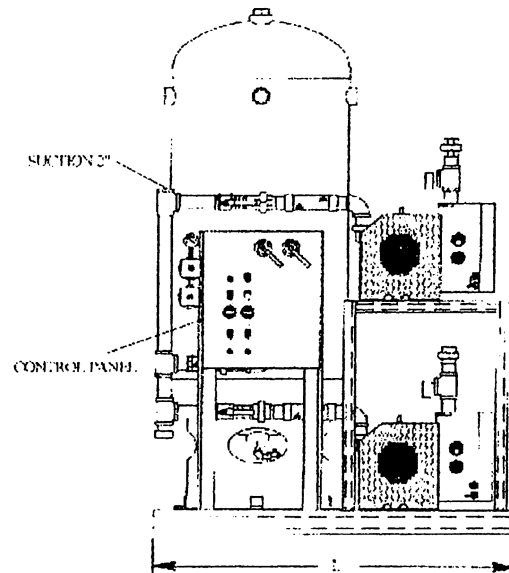
Existen diferentes configuraciones de sistemas de generación de vacío médico convenientes a elegir de acuerdo a los espacios disponibles para su instalación. Estas configuraciones se definen como:

- Sistemas de vacío montados en tanque vertical.
- Sistemas de vacío montados en tanque horizontal.

**Figura 3.6: Compresor de Vacío
Montado sobre Tanque**



**Figura 3.7: Compresor de Vacío
Montado en Estante**



3.4.7 Características de un sistema de Vacío marca AMICO.

AMICO ofrece variedades de configuraciones de sistemas de bombas de vacío, tanto Duplex, triples, y cuádruples ya sea para bombas montadas en tanques como montadas en bases.

La siguiente tabla muestra características para sistemas de vacío, para rangos de potencia de 1 a 5 HP

**Tabla 3.6: Resumen Características
AMICO**

Modelo	Pot. HP		SCFM C/U		Ø Succión	Ø Exhalación	Tanque (gal)	Dimensiones (Pulg)			Peso Lbs.
	Cad a	Tot al	19" Hg	25" Hg				Larg o	Anch o	Alto	
IDRA1T80	1	2	5.1	2.3	1"	½"	80	63	30	40	400
IDRR1.5T 80	1.5	3	7.4	3.3	1"	½"	80	63	35	40	550
IDRR2T80	2	4	10.4	4.7	1"	¾"	80	63	35	40	640
IDRR3T12 0	3	6	15.2	6.8	1"	¾"	120	69	36	45	850

IDRR5T12 0	5	10	23.3	10.5	1 ½"	1 ¼"	120	69	38	45	990
---------------	---	----	------	------	------	------	-----	----	----	----	-----

3.4.8 Características de un sistema de Vacío marca MEDAES.

Tabla 3.7: Características MEDAES

Modelo	Pot. HP		SCFM c/U		Tanque (Gal)	Ruido (dBA)	Dimensiones (Pulg)			Peso Lbs.
	Cad a	Tot al	19" Hg	25" Hg			Largo	Ancho	Alto	
6911-9007-124	1	2	5	2.1	80	62	64	24	57.5	440
6911-9007-125	1.5	3	6.4	2.7	80	68	64	28.25	57.5	598
6911-9007-126	2	4	9.3	3.9	80	69	64	28.25	57.5	638
6911-9007-127	3	6	12.9	5.4	120	70	69	28.63	61.5	841
6911-9007-128	5	10	20	8.4	120	71	69	28.3	61.5	961
6911-9007-129	7.5	15	40.8	17.3	200	79	72	38.13	68.75	1687
6911-9007-130	10	20	60.4	25.6	200	82	72	42.63	68.75	1718

3.5 Aire comprimido médico

3.5.1 Fuentes

La mayor parte del aire comprimido médico se produce en la instalación tomando aire del ambiente, típicamente por un sistema de compresor mecánico. Cuando el ambiente es contaminado, pueden usarse filtros especiales o limpiadores químicos o convertidores para quitar o mitigar el monóxido de carbono u otros contaminantes presentes. Alternativamente, en ambientes contaminados o donde no pueden usarse compresores, puede obtenerse aire comprimido médico de suministros tales como manifolds o por medio de mezclas de los suministros de oxígeno y nitrógeno a través de sistemas proporcionales. Ciertas instalaciones, especialmente en países como Canadá, producen el oxígeno usando grandes concentradores de oxígeno, similares a aquéllos usados para el cuidado de la casa. El Oxígeno producido de esta manera

está típicamente limitado al 93% de pureza; de igual manera nitrógeno con un 93% de pureza también puede ser producido con este sistema.³⁸

3.5.2 Sistemas de Compresor mecánico

Tipos

Los tipos de compresores mecánicos aceptables, incluyen líquido - anillo (agua-anillo), libre de aceite, o los compresores mecánicos con poco nivel de aceite. Estos compresores tienen veletas rodantes y pistones recíprocos, o diafragmas flexibles que forman una pared de la cámara movable que mueve el aire en la cámara y lo comprime fuera de la misma bajo presión. Los compresores libres de aceite tienen partes movibles que no requieren el uso de ningún aceite lubricante o grasa. Los compresores con mínimos niveles de aceite³⁹ se diseñan para excluir cualquier aceite lubricante de la cámara de condensación y de la corriente de aire comprimido. Los revestimientos de las partes móviles (cojinetes, sellos) deben reemplazarse periódicamente, especialmente en el caso de los compresores de poco aceite y libres de aceite.

En un compresor del agua-anillo⁴⁰, el aire está comprimido en los compartimientos de un rotor rodante debido al agua sostenida contra la carcasa del compresor gracias a la fuerza centrífuga impartida por el rotor. Cuando el aire está comprimido y se pone caliente, el agua lo refresca y lo limpia del polvo. Inmediatamente después de la descarga del compresor, el compresor separa el aire del agua, descargando el agua a un desagüe del alcantarillado o lo recicla a través de un sistema de enfriamiento y limpieza. Debe supervisarse el agua reciclada para asegurarse que las impurezas no aumentan y las bacterias o mohos no la colonizan.

3.5.3 Componentes del sistema

El sistema del compresor básico consiste de succiones filtradas, compresores, aftercoolers (si son necesarios), tanque receptor, secadores (también llamados "deshumidificadores" o "Chillers" cuando ellos usan refrigeración o "secadores disecantes" cuando ellos usan un absorbente para reducir el volumen de humedad), filtros de la línea, y reguladores. Todos estos componentes son conectados por medio de tuberías, que permiten el aislamiento de los componentes individuales, proporcionan alivio de presión a los puntos críticos, y removiendo el condensado a los puntos de trampeo.

³⁸ Ver CGA Z305.6, Medical Oxygen Concentrator Central Supply System: For use with Nonflammable Medical Gas Piping Systems.

³⁹ Oil-less

⁴⁰ Water-ring

El sistema de compresor debe configurarse para que la demanda de aire se alcance sin tener en cuenta estado del compresor. Por ejemplo, en un sistema dual de compresores, cada compresor debe tener la capacidad de proporcionar la demanda pico. Si un compresor falla, el compresor restante⁴¹ debe activarse automáticamente. Esto a veces es logrado por medio del funcionamiento principal/retraso.⁴² Cuando la presión del sistema se cae debido a uso o por falla, un compresor se activa a la presión fija (principal), y el otro compresor se activa si la presión continúa cayéndose (retraso). Esto permite que el compresor alterne de manera periódica su funcionamiento tanto como el principal o el compresor de retraso ayuden a asegurar incluso el uso y cubrimiento, minimizando el riesgo de una falla catastrófica.

3.5.4 Ubicación

Todos los sistemas de suministro deben cerrarse con llave o por otra parte debe controlarse el acceso, para permitir el ingreso únicamente a personal autorizado y prevenir cualquier manoseo. Los compresores de aire médicos son ruidosos y causan vibración por lo que deben ser localizados en lugares adecuados a fin de reducir la perturbación hacia otros ambientes. Es importante y a la vez una exigencia, el uso de conectores flexibles entre el compresor y la tubería como mecanismo para reducir la transmisión de vibración hacia la red de tuberías.

Más importante es resaltar, que la calidad del aire del ambiente afecta tanto por la cantidad de contaminantes en el aire comprimido médico que se produce, como en la actuación o vida de los sistemas. La ubicación de incineradores, cultivos, carreteras, y otras fuentes de polución cercanas a la succión pueden afectar la calidad del aire de forma adversa en algunos sistemas de aire comprimido médicos, especialmente en hospitales ubicados en zonas urbanas, donde los niveles de monóxido de carbono pueden subir arriba de 10 ppm. El gobierno federal de los EUA, considera un nivel arriba de 9 ppm como insalubre (U.S. Agencia de protección del ambiente 1991), por otra parte NFPA 99 exige al aire comprimido médico contener menos de 10 ppm, y la CSA (CSA Z305.1) requiere menos de 5 ppm.

3.5.5 Filtración y Monitoreo

La filtración eficaz y el monitoreo de contaminantes y del punto de rocío, además de las prácticas de mantenimiento regulares, son especialmente importantes en los sistemas de aire comprimido médico (compresores mecánicos), a bien de prevenir la contaminación de la corriente de aire producido (partículas debidas a la sobrecarga

⁴¹ O compresores, si se usa más de dos.

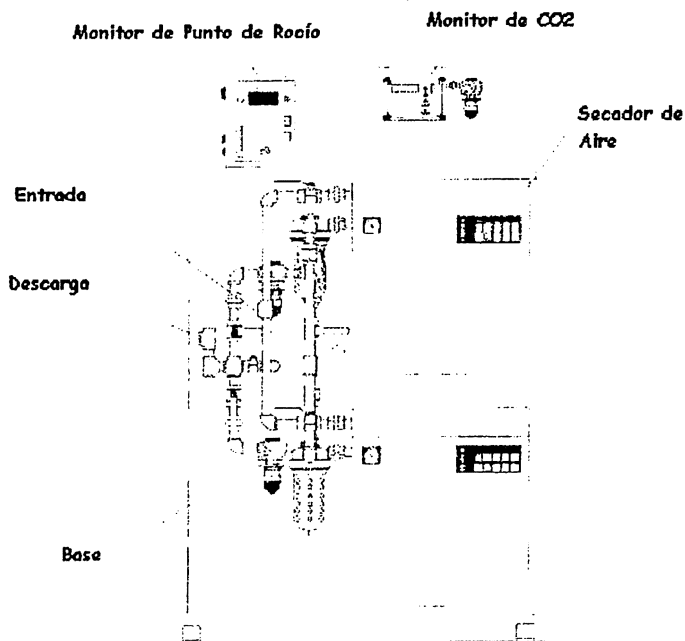
⁴² Lead/lag

excesiva de los filtros, hidrocarburos provenientes de fugas debidas al desgaste de los sellos de aceite, agua por desagües en mal estado). En los sistemas de aire médico el sistema de filtros es parte importante, aunque estos a menudo son incluidos como una medida de seguridad en otros sistemas de gas, para eliminar partículas que pueden venir de los suministros de volumen.

Los filtros entrapan las porciones pequeñas de polvo, suciedad, u otros materiales que fluyen en el gas, a través de una red fina de fibras. Cuanto más partículas se entrapen, la resistencia del flujo aumentará. Por lo tanto, la caída de presión debida a un filtro se usa a menudo como una indicación de cuando el filtro debe ser cambiado. Algunos filtros aglutinan los contaminantes a través de un movimiento en forma de remolino del flujo de gas en el contenedor del filtro, antes de pasar el gas a través de la media del filtro.

Para sistemas de aire comprimido médico es requerida una remoción de las partículas de 1μ contando con un 98% de eficiencia; algunas partículas pueden atravesar este tipo de filtros y por ende causar inconvenientes, dictando posiblemente, la necesidad de recurrir a una filtración mejor.

Figura 3.8: Accesorios de un Sistema De Aire Comprimido



Localizaciones secas y polvorientas causan a menudo, problemas con partículas finas, por lo que Filtros con eficacia de retención de micro-partículas, se encuentran actualmente disponibles por varios proveedores, los cuales pueden aliviar este tipo

de problemas; sin embargo, el uso de tales filtros pueden requerir de un reemplazo más frecuente.

Dispositivos especiales son usados para alertar a los usuarios sobre una pérdida de la calidad del aire comprimido médico y de los problemas inminentes con el sistema. Por ejemplo, los monitores de gas deben verificar los niveles de monóxido de carbono para todos los tipos de compresores; estos niveles pueden aumentar cuando la descarga del incinerador ha sido colocada cerca de la succión del aire proveniente del exterior del edificio.

Además, al estar alternando los compresores, debe supervisarse el contenido de hidrocarburos tanto en líquidos (continuamente) y gases (trimestralmente). Muchos sistemas tienen indicadores que detectan el nivel de hidrocarburos; éstos deben inspeccionarse visualmente de forma rutinaria para detectar cualquier cambio en el color. Los monitores de gas también realizan un muestreo el aire producido en la conexión a fin de detectar y verificar niveles elevados de humedad (punto de rocío), causados por ejemplo, por la alta humedad del ambiente, por bloqueos en los desagües, o por secadores degradados. La existencia de Vapor de agua en los sistemas de aire comprimido médico puede causar problemas al sistema compresor, a la tubería, a los dispositivos conectados a la tubería, y los pacientes (si porciones de agua acumulada alojan bacterias y moho colonizando la tubería).

Según NFPA 99, el aire comprimido médico producido por un sistema de compresor propiamente diseñado, tendrá un punto de rocío máximo de +4°C (+39°F) a 50 Psig, o -15°C (+5°F) a 14.7 Psia (presión atmosférica). Sin embargo, las recomendaciones de punto de rocío varían según el cuerpo de las normas que los establece, y el sistema debe diseñarse para producir un punto del rocío más bajo que éste, el cual es señalado como un valor máximo.

3.5.6 La importancia del Monitoreo del Punto del Rocío en Los Sistemas de aire comprimido médico

3.5.6.1 ¿Qué es el punto del rocío, y por qué es importante?

El punto del rocío es la temperatura a la que un gas se puede convertir en mezcla de vapor de agua y líquido, el cual está al nivel de saturación y se condensa para formar agua líquida. (Los términos raramente-usados son "el punto de hielo" o "el punto de escarcha", definen la temperatura a la que el vapor de agua se condensa de un gas para formar hielo o escarcha.). Determinar la cantidad de vapor de agua en el gas es posible convirtiendo la temperatura del punto de rocío a una medida cuantitativa (ppm). Entre más baja sea la temperatura de punto de rocío de un gas, más bajo será el volumen de humedad de ese gas.

Debido a los aumentos en el punto de rocío con la presión de gas, también debe especificarse la presión a la que la medida de punto de rocío se hace para cuantificar la cantidad de vapor de agua en el gas. El agua es eliminada de un gas aumentando la presión o la temperatura decreciente a un punto lo suficientemente adecuado como para causar que el vapor de agua se evapore y se convierta en un gas.

En invierno, el aire del ambiente está frío y sostiene menos agua que el aire de verano caluroso; así, los sistemas del compresor requieren menos energía para remover agua en invierno que en verano, que es cuando la mayoría de los problemas para secar el aire comprimido médico ocurren, sobre todo si la facilidad se localiza cerca de un cuerpo grande de agua.

3.5.6.2 ¿Cómo se produce el aire médico con un punto de rocío bajo?

En este sistema, cuando el aire del ambiente húmedo está comprimido, parte del vapor de agua se condensa; y el gas también se calienta. En tal condición se puede recurrir al uso de Aftercoolers, los cuales pueden ser necesitados para refrescar el aire caluroso que viene del compresor, condición que puede causar más vapor de agua para condensar. También, cuando el aire se refresca en el receptor, puede ocurrir una condensación adicional. Los secadores (chillers) entonces, refrescan aún más el aire y condensan más vapor de agua. El agua condensada del aire durante su producción debe ser entonces, drenada del sistema a través de los varios desagües automáticos puestos a lo largo del sistema (en los secadores, en el tanque del receptor).

El aire seco puede ser caro de producir, y la sequedad del aire comprimido médico debe ser equilibrada económicamente contra su necesidad. Considerando la electricidad y otros costos operacionales, un económico trueque existe entre las dos configuraciones del sistema de aire-suministro más comunes:

1. Usando compresores a fin de aplicar una presión lo suficientemente alta como para condensar tanta agua como sea posible, requiriendo aftercoolers, así como los secadores, para librar el aire del calor creado por la condensación, como fue descrito anteriormente (cuanto más alta sea la presión de operación del compresor, más vapor de agua se comprimirá del aire entrante, y el secado de aire producido por el sistema);
2. Usando compresores para proporcionar la presión del sistema y agregando más secadores (usualmente chillers) para refrescar y, así, condensar más agua del aire proveniente del compresor.

Aunque normalmente se usan secadores como el chiller en sistemas de aire comprimido médicos, pueden ser usados también secadores desecantes, los cuales hacen uso de un absorbente para producir aún más aire seco que el chiller, pero con el excedente por el incremento del consumo de aire comprimido debido al aire extra, usado por el ciclo de purga del desecante y los costos por reemplazarlo periódicamente.

3.5.7 ¿Qué pasa cuándo existen remanentes de Vapor de agua en el sistema?

El aire seco es importante en los sistemas de aire comprimido médico debido a que el vapor de agua puede causar problemas con el equipo y puede llevar a la lesión del paciente. Cuando el aire es comprimido, el vapor de agua de exceso se pone caliente y se mezcla con dióxido del carbono para formar ácido carbónico débil, que a su vez, ataca químicamente los compresores, tuberías, desagües, receptores, y secadores, antes de ser removido del sistema. Como resultado de estas reacciones, se corroen componentes del sistema, creando partículas y lodos que pueden tapan los filtros y los desagües automáticos que eliminan la humedad que se condensa en varias partes del sistema.

Debido a este tipo de funcionamientos defectuosos de los desagües, provocados por la corrosión, al fracaso del diafragma, obstrucciones, u otros problemas, se entrapará el agua en el sistema, lo que rehumidificará el aire y desbordará el sistema (el mantenimiento regular debe prevenir estos problemas). En las cañerías, el vapor de agua puede condensarse y ser acumulado en pequeñas áreas (como por ejemplo si el aire comprimido pasa a través de una área fría, tal es el caso de una línea de agua enfriada) y rehumidificar aire seco que se mueve encima de él. El agua acumulada también puede permitir a las bacterias y al moho colonizar la tubería y posiblemente infectar a los pacientes.⁴³

A fin de impedir a los contaminantes que alcancen a los pacientes, algunos médicos defienden el uso de filtros hidrófobos con poros del tamaño de unas micras en todos los tomas de aire comprimido médico. Sin embargo, en casos severos, las partículas son tan pequeñas que pueden atravesar los filtros y pueden contaminar el equipo que usa aire comprimido médico.⁴⁴ Una apropiada instalación y un adecuado funcionamiento del sistema de aire comprimido médico, reducen o eliminan la necesidad de estos filtros especiales.

⁴³ ECRI en una ocasión ha identificado sistemas de aire médico bacterianamente contaminados en Europa, pero no en América del Norte.

⁴⁴ Vapor de agua que no ha sido completamente condensado del aire comprimido médico también puede atravesar estos filtros.

Debe tomarse en cuenta también, que muchos dispositivos médicos que usan aire comprimido tienen pequeños canales que pueden ser bloqueados por agua condensada o por productos de la corrosión de la tubería, así como también que son hechos de materiales que pueden ser corroídos por el agua (aluminio, acero). Estos efectos pueden causar el funcionamiento defectuoso de los dispositivos; por ejemplo, los productos de la corrosión en un proporcionador de aire-oxígeno, lo que posibilita la presencia de fugas y la consecuente contaminación del aire comprimido médico con oxígeno.

Como es especificado por la NFPA 99, "Normas para los Medios de Cuidado de salud", desde la edición de 1987, la continua supervisión del punto del rocío en suministros de gas médico advierte a los operadores cuando el aire está demasiado húmedo; por lo que su monitoreo alerta a tiempo a los usuarios acerca de las acciones correctivas más oportunas y a prevenir la contaminación de la tubería, alguna lesión de los pacientes, y algún daño en los dispositivos médicos.

3.5.8 ¿Cuál es el Nivel apropiado del punto de Rocío, y cómo se mide?

Según la NFPA 99, el aire comprimido médico producido por un sistema de compresor propiamente diseñado y operado, debe tener un punto de rocío máximo de +4°C (+39°F) a 50 Psig, o -15°C (+5°F) a 14.7 Psia.

El valor recomendado por ECRI, es de -15°C (+5°F) a STP⁴⁵ para aire comprimido médico, el cual está basado en los niveles aceptables de contaminantes de la CSA (Z305.1) y en el requisito de la NFPA 99 de menos de +4°C (+39°F) a 50 Psig (equivalente a -15°C [+5°F] a 14.7 Psia). Esto sólo difiere ligeramente de los "Sistemas de Tubería de Gas Médicos de ISO2 (ISO 7396), el requisito de +5°C (+41°F) a 50 Psig (equivalente a -14 °C [+7°F] a 14.7 Psia).

El punto del rocío puede medirse directamente con monitores de punto de rocío; que son dispositivos electrónicos especiales que cambian características (capacitancia, voltaje) con la cantidad de la humedad en el gas.

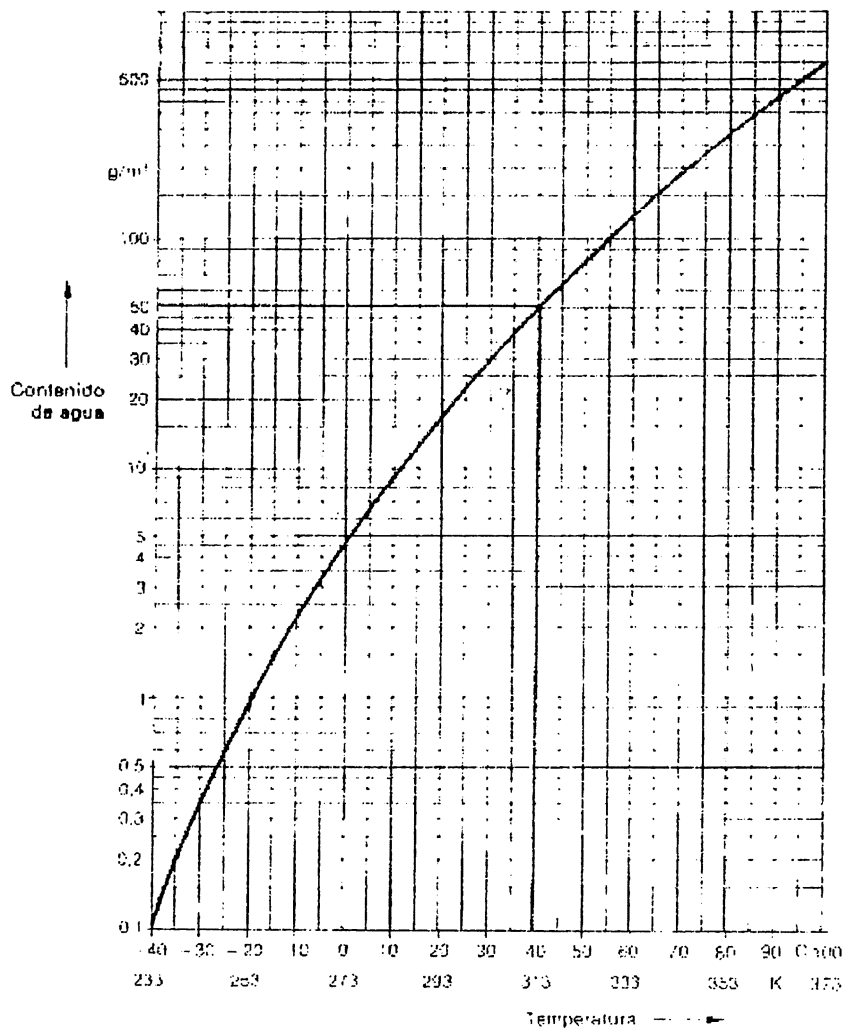
⁴⁵ STP: presión y temperatura estándar. Presión = 1 atm y 20°C

3.5.9 Secadores de aire comprimido

Existen varios procedimientos para el secado de aire comprimido

- Secado por absorción
- Secado por adsorción
- Secado por enfriamiento

Figura 3.9: Característica del punto de rocío



Ejemplo: Para un punto de rocío de 313 K (40 C) la humedad contenida en un m3 de aire es de 50 gramos.

3.5.9.1 Secado por absorción

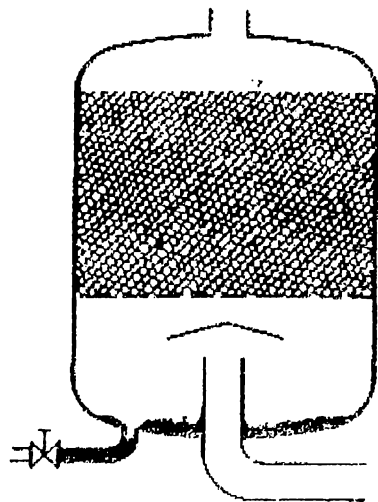
El secado por absorción es un procedimiento puramente químico. El aire comprimido pasa a través de un lecho de sustancias secantes. En cuanto el agua o vapor de agua entra en contacto con dicha sustancia, se combina químicamente con ésta y se desprende como mezcla de agua y sustancia secante.

Esta mezcla tiene que ser eliminada regularmente del absorbedor. Ello se puede realizar manual o automáticamente.

Con el tiempo se consume la sustancia secante, y debe suplirse en intervalos regulares (2 a 4 veces al año).

Al mismo tiempo, en el secador por absorción se separan vapores y partículas de aceite. No obstante, las cantidades de aceite, si son grandes, influyen en el funcionamiento del secador. Por esto conviene montar un filtro fino delante de éste.

Figura 3.10: Secado por absorción



El procedimiento de absorción se distingue:

- Instalación simple - Reducido desgaste mecánico, porque el secador no tiene piezas móviles - No necesita aportación de energía exterior

3.5.9.2 Secado por adsorción

Este principio se basa en un proceso físico. (Adsorber: Deposito de sustancias sobre la superficie de cuerpos sólidos.)

El material de secado es granuloso con cantos vivos o en forma de perlas. Se compone de casi un 100% de dióxido de silicio. En general se le da el nombre de Gel .

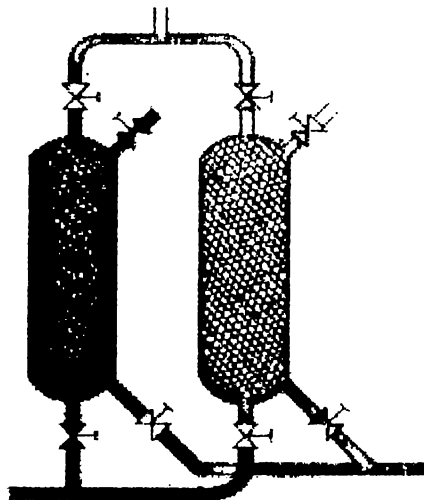
La misión del gel consiste en adsorber el agua y el vapor de agua. El aire comprimido húmedo se hace pasar a través del lecho de gel, que fija la humedad.

La capacidad adsorbente de un lecho de gel es naturalmente limitada. Si está saturado, se regenera de forma simple. A través del secador se sopla aire caliente, que absorbe la humedad del material de secado.

El calor necesario para la regeneración puede aplicarse por medio de corriente eléctrica o también con aire comprimido caliente.

Disponiendo en paralelo dos secadores, se puede emplear uno para el secado del aire, mientras el otro es regenera (soplándolo con aire caliente).

Figura 3.11: Secado por adsorción



3.5.9.3 Secado por enfriamiento:

Los secadores de aire comprimido por enfriamiento se basan en el principio de una reducción de la temperatura del punto de rocío.

Se entiende por temperatura del punto de rocío aquella a la que hay que enfriar un gas, al objeto de que se condense el vapor de agua contenido. El aire comprimido a secar entra en el secador pasando primero por el llamado intercambiador de calor de aire-aire.

El aire caliente que entra en el secador se enfría mediante aire seco y frío proveniente del intercambiador de calor (vaporizador).

El condensado de aceite y agua se evacua del intercambiador de calor, a través del separador .

Este aire preenfriado pasa por el grupo frigorífico (vaporizador) y se enfría más hasta una temperatura de unos 274,7 K (1,7 °C) En este proceso se elimina por segunda vez el agua y aceite condensados.

Seguidamente se puede hacer pasar el aire comprimido por un filtro fino, al objeto de eliminar nuevamente partículas de suciedad.

Figura 3.12: Secado por enfriamiento

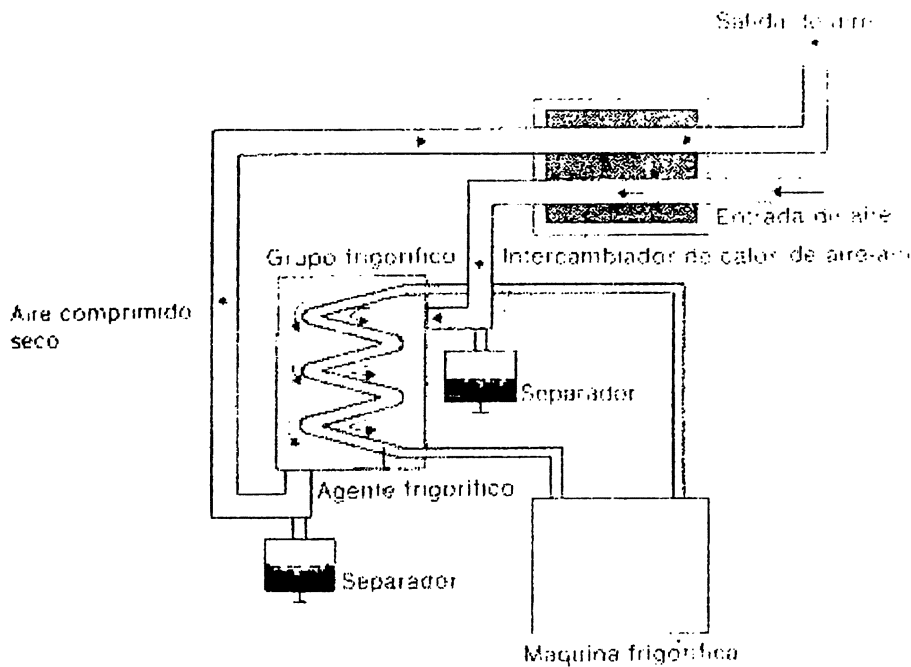


Tabla 3.8: Resumen de Tecnologías de Aire Comprimido

Características	AMICO	MEDAES
Tipo de compresor	NEMA. Libre de aceite y lubricado	NEMA, libre de aceite
Rasgos de voltaje	208, 230, 460 VAC, 60 HZ	208, 230, 460VAC, 60 HZ
Configuraciones	Duplex, triples, cuádruples	Duplex, triplex, cuádruplex
Rasgos de potencia	1 a 15 HP	1 a 30 HP
Presión de salida	50 Psig	50 Psig
Flujo de salida		4 - 360 SCFM
Niveles de ruido	---	80 dBA max
Secadores de aire		
Tipo		Refrigerado
Filtro interno		3 micrones
Rango de voltaje		115, 208/230, 460 VAC, 60 Hz
Temperatura de punto de rocío a 50 Psi	35°F (1.6 °C) max.	35°F (1.6 °C) max.
Aftercoolers		
Tipo		Refrigerado
Rangos		-4 °C (25 °F)
Receptor		
Medidas		80, 120, 200, 240 galones
Filas de Entrada		
Nivel de filtrado	0.5 micrones	10 micrones
Filtros de Salida(dual)		
Nivel de filtrado	0.01 micrones	0.01 micrones
Medidor de Punto de Rocío		
Rango	alarma a 39 °F	-25°C a 25 °C (-13 °F a 77 °F)
Exactitud		+ 1 °C (+ 2°F)
Medidor de CO₂		
Rango	Alarma a 10 PPM	0 - 100 PPM
Exactitud		+ 5%

3.6 Tuberías

El Gas médico o el vacío, son llevados del suministro a los puntos de uso a través de un sistema de cañerías que incluyen válvulas, alarmas, y monitores de presión.

3.6.1 Sistema básico

Las tuberías deben ser escogidas sobre la base del nivel de daño tanto químico o mecánico al cual será inmersa. Determinar el tipo ya sea K, L o M dependerá del grado de resistencia que se requiere en el diseño de la red. Debe usarse debido a su conocida fuerza y resistencia a la corrosión tubería de cobre. Otros requisitos como limpieza y mantenimiento serán incluidos en el capítulo 5.

3.6.2 Requisitos de la construcción. Tamaño de la cañería

El tamaño de la cañería es normalmente determinado por el diseñador, basado en las necesidades esperadas y proyectadas de la facilidad (sistema). El diámetro interno (ID), la longitud de la cañería, la densidad y la presión del gas, son esenciales para determinar la caída de presión para un flujo dado.⁴⁶ El flujo requerido es determinado del número de tomas de corriente o entradas en cada rama de tubería y la cantidad de gas que cada toma necesitará. Tamaño de la cañería no debe tener un ID de menos de 0.5 de pulgada, para asegurar flujo adecuado a las presiones requeridas. El uso de tuberías con ID de 0.25 de pulgada sólo se permite para conexión de sensores y alarmas.

3.6.3 Válvulas y Montajes de la Cañería

Además de aquéllos en el sistema del suministro, se requieren también tipos especiales de válvulas en la tubería. Por ejemplo, válvulas de alivio de presión como medida de seguridad ante un exceso de presión causado por un fuego, falla de algún regulador, u otro accidente. Las válvulas cheque deben colocarse aguas abajo de la válvula de corte principal y de emergencia a fin de prevenir flujos de gas en retorno.

También, durante la construcción, las válvulas y otros ajustes de la cañería especiales pueden ser estratégicamente puestos para aislar secciones; permitiendo nuevas modificaciones, purgas, y pruebas del estado de las mismas.

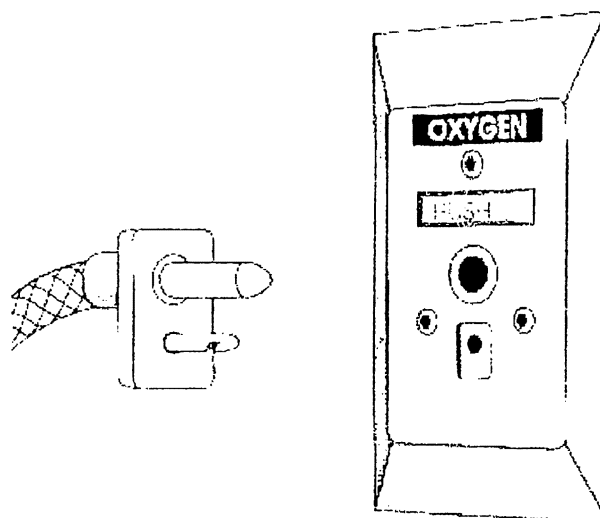
Durante la construcción y después de esto, las tuberías deben etiquetarse claramente con el gas que llevan y la dirección de flujo, para minimizar el riesgo de conexión cruzada.

⁴⁶ Tema que es tratado en el capítulo 4.

3.7 Salidas. Tipos de Tomas

El MGVS ideal acostumbra sólo un tipo de conector de toma, a fin de permitir la movilidad del equipo y prevenir conexiones cruzadas, causadas por el uso de conectores no estandarizados. Sin embargo, los tomas pueden ser uno de seis tipos: Chemetron, Ohmeda, Oxequip, Puritan-Bennett, o Schrader que son todos dispositivos de rápida conexión, o Diámetro Índice de Seguridad de Sistema (DISS) que es una conexión tipo tornillo.

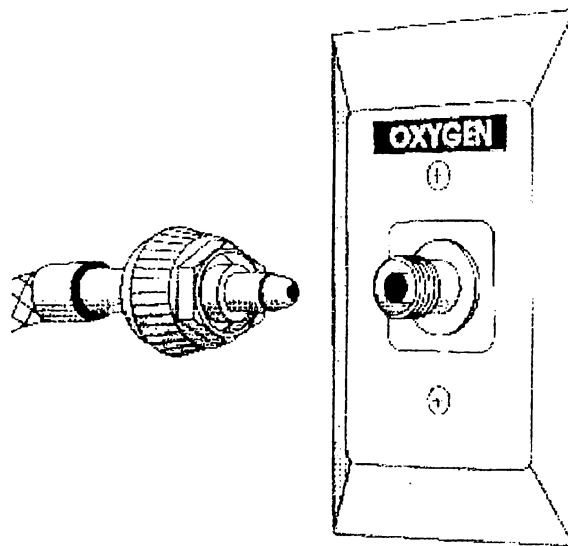
Figura 3.13: Salida Tipo Chemetron



Chemetron

La mayoría los fabricantes de salidas proporcionan varios tipos de tomas. Los tomas tipo de rápida conexión permiten como su nombre lo dice, una conexión/desconexión rápida y sencilla. NFPA 99 requiere que conexiones tipo DISS sea usadas en todos los sistemas de gas que operan sobre los 80 Psig (Nitrógeno). Las conexiones deben etiquetarse para mostrar claramente el tipo de gas y mecánicamente deben codificarse para prevenir la desconexión de dispositivos atados a las líneas de gas. Ellos también pueden ser codificados por color, tal como es mostrado según el Folleto C-9 de la CGA para los sistemas en los Estados Unidos o ISO 32 para aquéllos en otra parte.

Figura 3.14: Salida tipo DISS



DISS

Cada toma, sin tener en cuenta el tipo, tiene una válvula que sólo puede abrirse cuando un encaje emparejado se inserta. Una vez insertado, el montaje es unido en el lugar y es difícil quitarlo accidentalmente. Anillos tipo O u otros tipos de sellos previenen fugas alrededor del montaje o de la válvula, pero éstos deben reemplazarse periódicamente. Cada toma de gas tiene una válvula secundaria para detener flujo de gas si la válvula primaria es removida (por ejemplo, para dar mantenimiento). Puede ser observado en la. Las entradas del vacío no deben tener una válvula secundaria que restrinja el flujo.

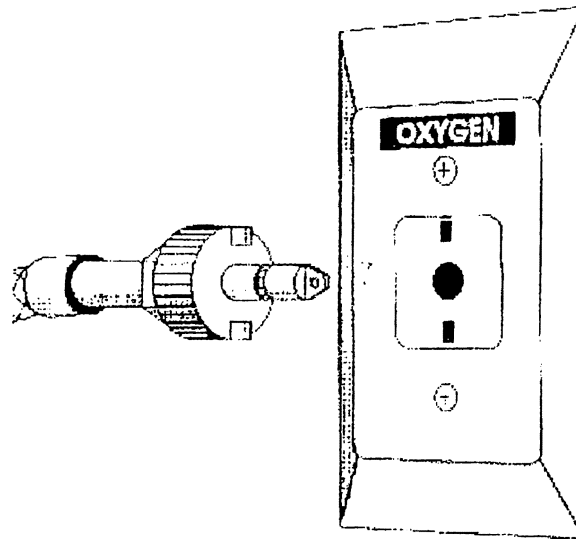
Tabla 3.9: Resumen Características Salidas

Características	CHEMETRON	PURITAN	DISS	OHMEDA
CONSOLA				
Longitud	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K
OD entrada	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{1}{2}$ "	3/8 "	$\frac{1}{2}$ "
Material	Cu	Cu	Cu	Cu
OD Salida	1- 5/16 "	1- 5/16 "	1- 5/16 "	1- 5/16 "
Caída de Presión ⁴⁷	3 Psi	3 Psi	3 Psi	3 Psi
Adaptadores gas	Chemetron	Puritan	DISS	Ohmeda
Indexado	Sí	Sí	Sí	Sí

⁴⁷ @ 120 l/min y 50 Psi presión de entrada.

Ajuste Espesor	Arriba $\frac{3}{4}$ "	Arriba $\frac{3}{4}$ "	Arriba $\frac{3}{4}$ "	Arriba $\frac{3}{4}$ "
Adaptador Frontal	DISS	DISS	DISS	DISS
MURALES				
Longitud	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K	6- $\frac{1}{2}$ " Tipo K
OD entrada	$\frac{3}{8}$ "	$\frac{1}{4}$ "	$\frac{3}{8}$ "	$\frac{3}{8}$ "
Material	Cu	Cu	Cu	Cu
OD Salida	1- $\frac{5}{16}$ "	1- $\frac{5}{16}$ "	1- $\frac{5}{16}$ "	1- $\frac{5}{16}$ "
Caída de Presión	2.5 Psi	3 Psi	2.5 Psi	2.5 Psi
Adaptadores gas	Chemetron	Puritan	DISS	Ohmeda - D
Indexado	Sí	Si	Si	Si
Ajuste Espesor	Arriba 1 "	Arriba 1 "	Arriba 1 "	Arriba 1 "
Adaptador Frontal	DISS	DISS	DISS	DISS

Figura 3.15: Salida Ohmeda



Ohmeda

CAPÍTULO IV

"PROPUESTA DE DISEÑO Y ALTERNATIVAS A LA RED ACTUAL DE GASES"

CAPÍTULO 4

"PROPUESTA DE DISEÑO Y ALTERNATIVAS A LA RED ACTUAL DE GASES"

4.0 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

Parte importante del presente trabajo de graduación, constituye la presentación de la "Propuesta de Diseño y Alternativas a la Red Actual de Gases", la que tiene su base en las normas presentadas en el capítulo I ("Criterios de Diseño: Definición de Normas"), en el estudio de la situación actual del hospital de Especialidades del Instituto Salvadoreño del Seguro Social presentado en el capítulo II ("Análisis del Consumo de Gases en un Hospital") y a los criterios de diseño que se mostrarán en conjunto con los métodos MEDAES⁴⁸, IMSS⁴⁹, NFPA⁵⁰ y CHEMETRON⁵¹.

En el capítulo se incorporan las diferentes variables que inclinan hacia la decisión de modificar o ampliar la red de distribución de gases actual o en su defecto de mantenerla tal como está, debido a la creciente necesidad de satisfacer algunos puntos de alto consumo.

Para lograr lo anterior, se han localizado aquellos aspectos que contribuyan a disminuir el alto porcentaje de consumo de gases fuera de la red, tomando en consideración no solo los registros de consumo, sino también, las normas y criterios de diseño necesarios. Cabe mencionar que han sido utilizados 4 diferentes métodos de diseño, aplicando dos métodos por gas, con el objetivo de obtener una base muy útil para el dimensionamiento de la red de distribución de gases médicos hospitalarios. Es debido de igual forma, mostrar algunos ejemplos de cálculo que permitan al lector conocer algunos detalles prácticos acerca del dimensionamiento de la red de gases. Por lo tanto, el capítulo "Propuesta de Diseño y Alternativas a la Red Actual de Gases" tiene como objetivo, analizar, proponer y crear alternativas de solución, en base a los resultados obtenidos en el capítulo II.

⁴⁸ MEDAES: Sociedad de Ingeniería y Arquitectura Médica

⁴⁹ IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social

⁵⁰ NFPA: Asociación Nacional de Protección contra Incendios

⁵¹ CHEMETRON: División Médica

"PROPUESTA DE DISEÑO Y ALTERNATIVAS A LA RED ACTUAL DE GASES"

4.1 Red de Oxígeno

4.1.1 Condiciones Actuales

De acuerdo a lo analizado en el capítulo 2, "Análisis del consumo en un Hospital", la distribución de cilindros de oxígeno tipo H en la actualidad, representa un poco más del 60% fuera de la red⁵² de distribución de gas. Lo cual, identifica que el dimensionamiento actual de la red, por diferentes causas, no es el adecuado. Sin embargo, esto se ve influenciado por variables tales como, una planificación hospitalaria que fue prevista para un hospital de nivel diferente al actual, un inadecuado uso de las instalaciones, la falta de áreas de cuidados críticos e intermedios de acuerdo a las condiciones actuales del hospital, falta de los instrumentos adecuados para el manejo de los gases y del sistema de tuberías⁵³, etc.

Los datos acerca del consumo actual del hospital descrito en el capítulo 2, indican el tipo de demanda según los diferentes puntos de consumo dentro del hospital, mostrando en algunos casos, que la demanda actual supera en gran medida la capacidad de la red de abastecimiento actual. Y esto, no solo sucede para aquellas áreas en las cuales existe red, sino también abarca muchos otros en los cuales la ausencia de red es notoria. Tales puntos en algunos casos, no concuerdan con las condiciones del hospital en estudio (es importante mencionar, que el hospital de especialidades del instituto salvadoreño del seguro social, no fue diseñado para funcionar como un hospital de segundo nivel, sino más bien para uno de tercero), ya que el tipo de atención va dirigida a pacientes que necesitan de ciertos cuidados relacionados a un hospital de segundo nivel, y en los que el nivel de criticidad es alto. De ahí, que surge la necesidad de analizar la capacidad de la unidad de cuidados intensivos del hospital, y de la concepción de las unidades de cuidados intermedios, los cuales posibiliten la adecuación de ciertas áreas especiales para el cuidado de cierto tipo de pacientes que han superado etapas muy críticas y que al mismo tiempo, no pueden ser atendidos de manera tan general como los pacientes de hospitalización.

Esto de igual forma, facilita la ubicación de áreas específicas hacia las cuales podrá ser llevada la red de gases, de acuerdo a los diferentes tipos de pacientes que usualmente son llevados o tratados en esos puntos. Y es que, en los puntos en los que el consumo es elevado, poseen tecnologías sólo comparables a las que pertenecen a una unidad de cuidados críticos.

⁵² Numeral: 2.4.3 Distribución Interna de cilindros

⁵³ Flujómetros de baja presión, en concordancia al tipo de toma.

En conformidad a lo anterior, surge la propuesta de ubicar en los puntos de más alto consumo, cuartos específicos (según el área en estudio) que funcionen como pequeñas áreas de cuidados intermedios, los que al mismo tiempo se constituyan en elementos de solución a las necesidades, de acuerdo a los tipos de pacientes remitidos al hospital.

Tales áreas se adecuan a las condiciones físicas del hospital, aunque no a la capacidad de la red actual en algunos casos. Sin embargo, la ampliación de la red, permitirá entonces, la ampliación de la capacidad de la misma y la consecuente disminución en el transporte interno de los cilindros de oxígeno de alta presión, los cuales se consideran en muchas circunstancias en elementos que provocan alarma cuando éstos son volteados a causa de movimientos telúricos y demás situaciones imprevistas.

Y es que, creer que la solución es llevar tuberías a todos los puntos como solución al problema, no puede ser considerado como algo válido si el elemento económico cuenta como la variable de más peso al momento de la toma de decisiones. Por tales circunstancias, es indispensable que exista un equilibrio entre el beneficio económico y el beneficio social, que permita al hospital contar con una red de tuberías de oxígeno adecuada a la realidad económica del mismo como adecuado al nivel de consumo interno actual.

4.1.2 Datos del consumo

Según lo desarrollado en el numeral 2.5.2.1 y en la tabla 2.15, existen cinco puntos de alto consumo de cilindros de oxígeno tipo H dentro del hospital de especialidades, como lo son, la Medicina IV con un 30%, Medicina III con casi 21%, Neurología Hombres con un 14%, Medicina V con un 13.6% y Neurología Mujeres con un 8.19% del total de cilindros manejados trimestralmente por el hospital. Cabe recordar que en promedio, son manejados 38 cilindros de oxígeno tipo H por día, tomando en cuenta el área de la central de gases que consume al menos 8 cilindros por día.

En menor proporción, aunque casi despreciable, se encuentran las cirugías, tanto hombres y mujeres, en las que el consumo para hombres alcanza el 3.81% y para mujeres el 1.04%. En total, tanto las cirugías como las demás áreas faltantes, entre todas suman el 5% restante del consumo de cilindros transportados internamente.

4.1.3 Propuesta de ampliación de la red de Tuberías

La propuesta de ampliación de la red de tuberías para la distribución de oxígeno, abarca los siguientes puntos: Medicina IV, Medicina III, Medicina V, en el nivel 2 y Neurología Hombres, Neurología Mujeres en el nivel 3. Como un anexo virtual se

propone dejar un punto de conexión para posibles ampliaciones⁵⁴ hasta las cirugías Hombres y Mujeres, en el nivel 2, tomando en consideración que se llevaría tubería hasta la medicina III, la cual se ubica cercana a las áreas mencionadas. En las secciones siguientes se detallará el proceso de cálculo de las pérdidas de presión para el sistema de red de oxígeno.

4.1.4 Métodos de Diseño Utilizados en la Red de Oxígeno. Cálculo de pérdidas de presión

En el diseño de redes de tuberías para la distribución de gases médicos, es importante saber elegir los diámetros adecuados de cada uno de los tramos de la red, de tal manera, que las caídas de presión para cada una de las líneas de suministro, desde la fuente hasta la salida, cumplan con requerimientos mínimos de pérdidas de presión para todo el sistema.

Para el diseño de las redes de distribución de gases propuestos, se hará uso de dos métodos de cálculo de pérdidas de presión por fricción para cada uno de los cuatro gases y así obtener una mayor apreciación de cuál método es el más factible.

4.1.4.1 PRIMER MÉTODO. Cálculo de pérdidas de presión por medio del Método de MEDAES

Para dar inicio al proceso de cálculo de las pérdidas de presión de un sistema determinado, es necesario contar con los planos arquitectónicos de la distribución de tuberías según las áreas a las cuales dicho suministro será llevado. Posteriormente deberá seccionarse la red, estableciendo una numeración, la cual permita identificar cada parte o componente de la misma, a fin de que en el procedimiento de cálculo, sea fácil identificar los diferentes secciones de tubería, sus longitudes, caudales, pérdidas de presión, etc. En el cálculo de pérdidas de presión por el método de MEDAES, habiendo obtenido ya las longitudes correspondientes a cada una de las secciones de tuberías (en pies), con asignación de caudales diferentes, se debe proceder a agregar un 50% más a la longitud actual, con el propósito de abarcar las caídas de presión debido a codos, reguladores y accesorios que existen en la red.

4.1.4.1.1 Determinación del Número de salidas por sección

Se deben de obtener la cantidad de salidas de gases a la que cada sección de tuberías deberá suplir.

4.1.4.1.2 Designación de caudal por sección.

Se deben de considerar 10 LPM por salida para oxígeno, correspondiente a cada sección de tubería de la línea de suministro.

⁵⁴ Debidamente dimensionado.

4.1.4.1.3 Designación del flujo por rama y factor de uso.

Para asignar los factores de uso se debe de acudir a la tabla 4.1 que muestra porcentajes promedios de flujos por salidas y flujos mínimos por rama en función del número de salidas.

Tabla 4.1: Flujo por rama de acuerdo al
Número de salidas. MEDAES

Números de salidas	Porcentaje promedio de flujo por salida (%)	N ₂ O, O ₂ , CO ₂ , LPM (SCFM)
1-10	100	100(3.5)
11-25	75	100(3.5)
26-100	50	190(6.7)
101 ó mayores	25	500(17.7)

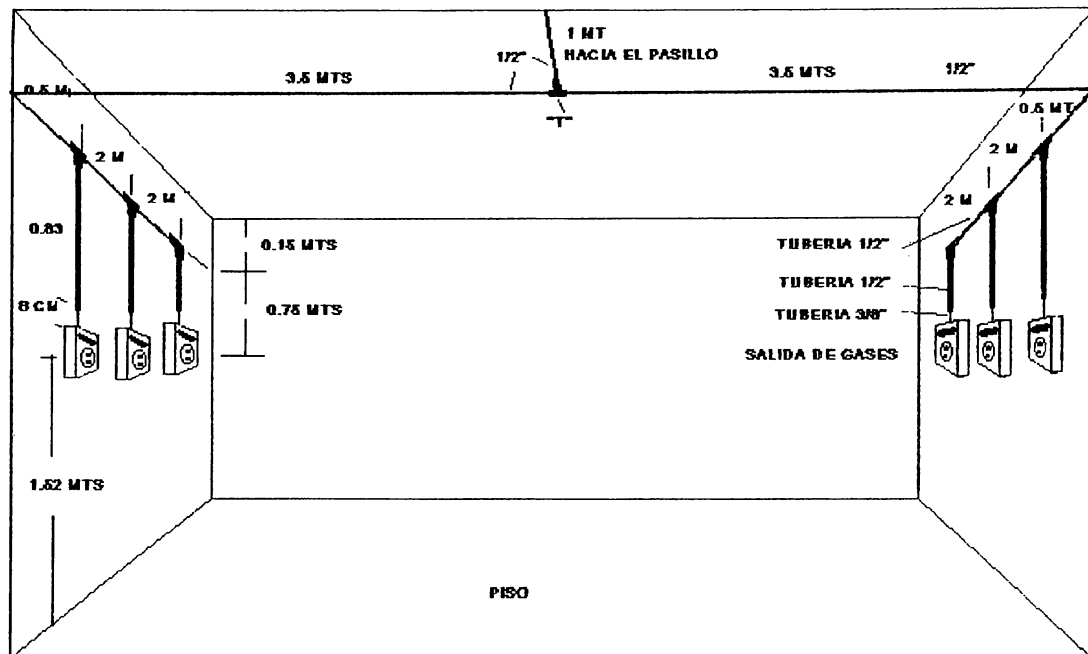
4.1.4.1.4 Flujo de sección usando el caudal más alto de la sección

Habiendo obtenido el caudal de cada sección (número de salidas/sección x 10 LPM), se debe de comparar con el caudal mínimo que debe de tener, según la Tabla 4.1 y asignar el más alto de los dos caudales.

4.1.4.1.5 Cálculo de pérdida de presión para 100 pies de tubería (PSI/PIES).

Con el caudal obtenido por cada sección LPM o SCFM se debe de elegir un diámetro adecuado, de tal manera, que ofrezca una pérdida correspondiente a cada línea de suministro lo suficientemente pequeña, que al sumar cada una de ellas, no supere los 5 Psig. Con el diámetro y el caudal correspondientemente asignados se busca en la tabla A4.1 las pérdidas de presión para 100 pies de tuberías para oxígeno.

Figura 4.1: Diagrama de Cuartos Neurocirugías
3er Nivel



4.1.4.1.6 Pérdidas de presión por sección equivalente

Obteniendo las pérdidas de presión para 100 pies de tuberías se procede a obtener la pérdida equivalente a la sección requerida. Para esto se utiliza la siguiente relación:

$$\text{Pérdida de presión por sección} = (\text{pérdida para 100 pies de tuberías} \times \text{tramo de tubería}) / 100$$

Teniendo las pérdidas equivalentes a cada sección de la línea de suministro se procede a sumar cada una de ellas, tomando en consideración, que éstas no deben de superar los 5 Psig de pérdida de presión.

4.1.4.1.7 Ejemplo de Cálculo

Como ejemplo de cálculo se presenta, la determinación del diámetro de tubería y de las pérdidas de presión de la sección de tubería 1-2 para el tramo 1-46 de la red de distribución propuesta. Dichos cálculos pueden ser visualizados a través de la sección A4-1, en los anexos. La tabla 4.2, muestra el total de los datos calculados de las pérdidas de presión por sección y perdidas totales para el sistema de red de oxígeno propuesto.

Figura 4.2: Diagrama de Cuartos Medicinas
Segundo Nivel

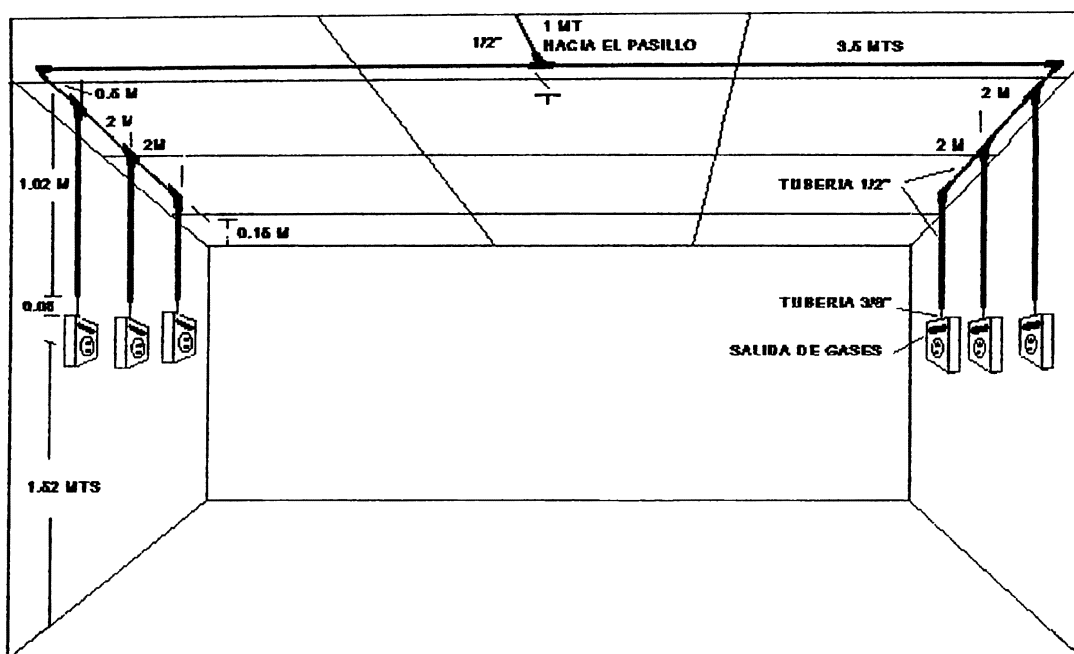


Tabla 4.2: Matriz de Cálculo para el Sistema de Suministro de Oxígeno. MEDAES

MÉTODO MEDAES											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Sección de tuberías	Longitud medida (Pies)	Longitud Efectiva (B x 1.5)	Número de salidas por sección.	Caudal por sección (D x 10) (LPM).	Factor de uso (%) Fig (4-1)	Ajuste de flujo (ExF/100) (LPM)	Flujo mínimo por rama (LPM) (Fig 4-1)	Flujo de sección usando el caudal mas alto de columna G ó H	Diámetro (pulg)	Pérdida de presión para 100 pies de tubería (Psi/Pies)	Pérdidas de presión por sección (CxK/100) (Psi).
1--2	98.30	147.45	42	420	50	210	190	210	3/4.	0.153	0.2256
2--3	9.18	13.78	12	120	75	90	100	100	1/2.	0.199	0.0274
3--4	5.90	8.86	6	60	100	60	100	100	1/2.	0.199	0.0176
4--5	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
5--6	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
7--8	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
9--10	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
5--7	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
7--9	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
4--11	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
11--12	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
13--14	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
15--16	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
11--13	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
13--15	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
3--17	110.21	165.31	6	60	100	60	100	100	1/2.	0.199	0.3290
17--18	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
18--19	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
20--21	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099

22--23	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
18--20	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
20--22	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
17--24	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
24--25	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
26--27	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
28--29	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
24--26	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
26--28	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
2--30	113.49	170.23	30	300	50	150	190	190	1/2.	0.672	1.1440
30--31	5.90	8.86	6	60	100	60	100	100	1/2.	0.199	0.0176
31--32	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
32--33	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
34--35	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
36--37	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
32--34	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
34--36	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
31--38	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
38--39	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
40--41	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
42--43	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
38--40	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
40--42	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
30--44	74.13	111.19	24	240	75	180	100	180	1/2.	0.558	0.6205
44--45	37.72	56.58	12	120	75	90	100	100	1/2.	0.199	0.1126
45--46	5.90	8.86	6	60	100	60	100	100	1/2.	0.199	0.0176
46--47	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
47--48	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
49--50	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
51--52	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
47--49	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
49--51	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
46--53	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
53--54	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
55--56	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
57--58	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
53--55	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

55--57	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
45--59	108.57	162.85	6	60	100	60	100	100	1/2.	0.199	0.3241
59--60	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
60--61	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
62--63	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
64--65	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
60--62	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
62--64	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
59--66	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
66--67	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
68--69	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
70--71	2.46	3.69	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0073
66--68	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
68--70	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
44--72	27.88	41.82	12	120	75	90	100	100	1/2.	0.199	0.0832
72--73	5.90	8.86	6	60	100	60	100	100	1/2.	0.199	0.0176
73--74	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
74--75	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
76--77	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
78--79	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
74--76	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
76--78	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
73--80	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
80--81	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
82--83	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
84--85	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
80--82	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
82--84	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
72--86	108.57	162.85	6	60	100	60	100	100	1/2.	0.199	0.3241
86--87	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
87--88	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
89--90	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
91--92	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
87--89	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
89--91	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
86--93	13.12	19.68	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.199	0.0392
93--94	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

95--96	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
97--98	3.31	4.97	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0099
93--95	6.56	9.84	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.199	0.0196
95--97	6.56	9.84	1	10	100	10	100	100	1/2.	0.199	0.0196
										Perd. Total	4.7422

4.1.4.2 **SEGUNDO MÉTODO: Cálculo de pérdidas de presión por método CHEMETRON.**

Contando de igual forma que para el método MEDAES con la distribución de red en los planos arquitectónicos, y habiendo identificado cada una de las secciones de tubería, se procede a determinar las pérdidas de presión por el método de CHEMETRON, obteniendo las longitudes correspondientes a cada una de los secciones de tuberías (en pies) con designación de caudales diferentes, a las cuales se les agrega un 25 o 50% de la longitud actual, con el propósito de abarcar las caídas de presión debidas a codos, reguladores y accesorios que existen en la red.

4.1.4.2.1 **Designación de caudal por sección**

Según el método, se debe considerar 20 LPM por cada salida de oxígeno, correspondiente a cada sección de tubería de la línea de suministro. Cabe mencionar, que puede ser sugerido un 50% de factor de uso, lo que para efectos de cálculos de pérdidas de tuberías, provocará que estos caudales se reduzcan a la mitad, en comparación al dato mencionado anteriormente. El caudal correspondiente a cada sección será entonces, la sumatoria de los caudales que alimentan a cada salida posterior a cada sección de tubería.

4.1.4.2.2 **Determinación de pérdidas por fricción**

Para la determinación de las pérdidas de presión por fricción en la "Regla" de cálculo de CHEMETRON División Médica, se debe escoger un diámetro adecuado para la cantidad de caudal a manejar por la sección de tubería. Esta se hace coincidir con la longitud asignada del tramo de tuberías más la compensación de longitud por "pérdidas adicionales." Habiendo hecho lo anterior se busca el caudal correspondiente a la sección, el cual se muestra en la parte inferior, en conjunto con la respectiva pérdida asignada para dicho tramo de tubería.

La siguiente tabla muestra las pérdidas de presión por fricción para algunas líneas de suministro de oxígeno.

4.1.4.2.3 **Ejemplo de Cálculo**

Como ejemplo de cálculo, se muestra la determinación de las pérdidas de presión para una sección de tubería, la cual se muestra en la sección A4-2 en anexos. Los cálculos para el sistema completo pueden ser visualizados en la tabla 4.3. la cual presenta las perdidas totales del sistema.

**Tabla 4.3: Matriz de Cálculo para el Sistema de Suministro
Para la Red de Oxígeno. CHEMETRON**

METODO CHEMETRON.						
A	B	C	D	E	F	G
Tramos	Longitud (pies)	Longitud + 25% (Bx1.25)	Caudal (LPM) según NFPA	Caudal (LPM) según NFPA, Factor de uso 50%	Diámetro	Pérdidas para 50% de factor de uso. (PSI)
1-2	98.3016	122.88	840	420	3/4.	0.4
2-3	9.184	11.48	240	120	1/2.	0
3-4	5.904	7.38	120	60	1/2.	0
4-5	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
5-6	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
7-8	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
9-10	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
5-7	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
7-9	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
4-11	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
11-12	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
13-14	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
15-16	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
11-13	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
13-15	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
3-17	110.208	137.76	120	60	1/2.	0.08
17-18	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
18-19	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
20-21	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
22-23	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
18-20	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
20-22	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
17-24	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
24-25	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
26-27	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
28-29	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
24-26	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
26-28	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
2-30	113.488	141.86	600	300	1/2.	2
30-31	5.904	7.38	120	60	1/2.	0
31-32	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
32-33	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
34-35	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
36-37	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
32-34	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
34-36	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
31-38	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
38-39	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
40-41	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
42-43	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
38-40	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
40-42	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
30-44	74.128	92.66	480	240	1/2.	0.84
44-45	37.72	47.15	240	120	1/2.	0.11
45-46	5.904	7.38	120	60	1/2.	0

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

46-47	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
47-48	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
49-50	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
51-52	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
47-49	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
49-51	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
46-53	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
53-54	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
55-56	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
57-58	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
53-55	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
55-57	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
45-59	108.568	135.71	120	60	1/2.	0.081
59-60	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
60-61	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
62-63	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
64-65	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
60-62	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
62-64	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
59-66	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
66-67	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
68-69	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
70-71	2.46	3.08	20	10	1/2.	0
66-68	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
68-70	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
44-72	27.08	34.85	240	120	1/2.	0.08
72-73	5.904	7.38	120	60	1/2.	0
73-74	13.2	16.40	60	30	1/2.	0
74-75	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
76-77	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
78-79	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
74-76	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
76-78	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
73-80	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
80-81	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
82-83	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
84-85	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
80-82	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
82-84	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
72-86	108.568	135.71	120	60	1/2.	0.08
86-87	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
87-88	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
89-90	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
91-92	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
87-89	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
89-91	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
86-93	13.12	16.40	60	30	1/2.	0
93-94	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
95-96	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
97-98	3.3128	4.14	20	10	1/2.	0
93-95	6.56	8.20	40	20	1/2.	0
95-97	6.56	8.20	20	10	1/2.	0
					Perd. Total:	3.671

4.1.5 Utilización de Oxígeno Líquido

Según los ejemplos de cálculo realizados en el apartado 4.1.4 "*Métodos de Diseño Utilizados en la Red de Oxígeno. Cálculo de pérdidas de presión*", se logró determinar por dos métodos el caudal para la línea de suministro, tanto por el método de MEDAES (4.1.4.1) y por el método de CHEMETRON (4.1.4.2), siendo los resultados los siguientes:

- Método de MEDAES: 315 LPM
- Método CHEMETRON: 630 LPM, para un 50% de factor de uso.

La importancia de los datos mostrados, radica en que por medio de ellos puede ser estimado el consumo de oxígeno de un día para el hospital. Esto permite, proyectar el diseño de la Central de Oxígeno. Es necesario recordar que la NFPA99C en el Numeral 4-3.1.1.5, establece que cada bancada debe contener como mínimo 2 cilindros o al menos "*el suministro promedio para un día.*" Esto implica, que el caudal de la línea principal nos brinda la oportunidad de estimar la cantidad de oxígeno que la red diseñada consumiría en un día. Siendo esto así, el caudal obtenido por el Método MEDAES (315 LPM) equivale en SCFM a 11.02, por lo tanto para una hora de consumo esto daría 661.5 PC y para 24 horas o un día de consumo sería 15876 pies cúbicos.

Si un cilindro tipo H, contiene 220PC de oxígeno gaseoso, esto equivaldría a tener "*72 cilindros,*" ¡Lo cual significaría una bancada demasiado grande!, considerando los pequeños espacios con los que un hospital salvadoreño cuenta. Según CHEMETRON, ésta debería contener 144 Cilindros, algo en la práctica totalmente imposible. Es obvio que estos datos resultan exorbitantes, y que por esa razón, es necesario establecer algún otro criterio de peso que permita al diseñador estimar el consumo promedio por día. Tales criterios, son obtenidos a partir de la experiencia y de la investigación. El IMSS por ejemplo, para hospitales menores de 100 camas establece que éstos deben estimar 10 cilindros por cama en cada bancada; y más aún especifican que para hospitales con más de 100 camas, los hospitales deberían hacer uso de oxígeno líquido.

4.1.5.1 Análisis de la Condición Actual.

En la tabla 2.17 del capítulo 2 (Análisis del Consumo en un Hospital), se muestra el consumo promedio para un día del hospital de Especialidades, el cual servirá como elemento importante para estimar la capacidad que deberá tener la bancada. El consumo diario promedio para el primer trimestre del año 2002, es de 8130.23 Pies Cúbicos (un poco más de la mitad del dato dado por el método MEDAES), de los cuales según puede ser observado en la tabla 4.4, apenas el 39.45% del consumo mensual es manejado en la red. Por lo tanto, es totalmente indispensable que la propuesta del uso del Oxígeno Líquido, vaya acompañada de la propuesta de diseño

que en el presente capítulo se expone. Es indispensable que esta propuesta tenga dos pilares básicos:

1. *Consumo de Oxígeno Alto:* el hospital no deberá ser menor de 100 camas.
2. *Red Eficiente:* es decir, que la red tenga una cobertura casi total.

4.1.5.2 Propuesta de Diseño

Con el diseño de red propuesto⁵⁵, se estima que al menos un 85 o 90 % del consumo interno de O₂ por parte del hospital sería distribuido a través de la red, según la tabla 4.4 que hace referencia acerca del Consumo Promedio Mensual y Distribución Porcentual del consumo por Área. Los demás cilindros serían entonces, distribuidos a las diferentes áreas, dado que por condiciones de costo no es posible diseñar una red demasiado grande.

Tabla 4.4: Consumo Promedio Mensual y Distribución Porcentual del consumo por Área

Área	Promedio Mensual	Porcentajes
Cilindros de O₂ 220 PC		
Neurología Hombres	94.67	8.54
Neurología Mujeres	55	4.96
Medicina III	140	12.63
Medicina IV	202	18.22
Medicina V	91.34	8.24
Urología Hombres	11	0.99
Urología Mujeres	4	0.36
Domicilio	30	2.71
Sala de O y R	5.67	0.51
Hemodiálisis	2	0.18
UCI	1.34	0.12
Cirugía Hombres	22.34	2.01
Cirugía Mujeres	7	0.63
Diálisis	5	0.45
Central de Gases	437.34	39.45
TOTAL	1108.67	100
Cobertura de la Red Actual		39.45
Cobertura de la Red Propuesta		92.67

⁵⁵ En la tabla se puede observar que la cobertura sería incrementada al 92.67%

4.1.5.3 Pronóstico del Consumo de Cilindros de O₂ de 220 PC

En este punto, es necesario para el diseñador ahondar en la medida de lo posible en los registros de consumo del hospital en los últimos años, a fin de poder pronosticar el consumo de Oxígeno para los años siguientes. De ahí que se presenta en la tabla 4.5, el consumo promedio mensual de oxígeno desde 1999 hasta el presente año.

Tabla 4.5: Consumo de Cilindros de Oxígeno de 220 PC desde 1999 hasta 2002

	1999	2000	2001	2002
Enero	781	705	988	1140
Febrero	634	660	773	1102
Marzo	692	908	1014	1084
Abril	771	771	986	
Mayo	843	756	870	
Junio	795	753	836	
Julio	883	890	936	
Agosto	737	603	861	
Septiembre	865	736	838	
Octubre	719	792	1064	
Noviembre	755	816	1192	
Diciembre	584	806	1006	
Total	9059	9196	11364	
Promedio Mensual	754.92	766.33	947.00	1108.67
Crecimiento Annual	0.00 %	1.49 %	19.08 %	14.58 %
Crecimiento Porcentual en los últimos 3 años				31.91 %

De la misma tabla se pueden extraer los consumos promedios por mes, los cuales han tenido un crecimiento deduciblemente lento para los primeros años y acelerado en los siguientes. Es lógico pensar que esto debe tener un origen en el tipo de hospital que se estudia. Cabe mencionar que el hospital de Especialidades en algunos momentos, surge como un hospital de apoyo para su vecino el Hospital Médico Quirúrgico del ISSS, por lo que el incremento en el tipo de pacientes comunes a un hospital de tipo general para un hospital previamente determinado como de Tercer Nivel, vuelve difícil precisar para cualquier diseñador el tipo de servicios que el hospital dará en el futuro. Y aún más, el hospital de Especialidades algunas veces, cubre las necesidades de Oxígeno del hospital Médico Quirúrgico, por lo que no parecería raro encontrar la respuesta al alto incremento en el consumo de dicho gas.

Otro factor relevante es que el hospital de Especialidades a fin de reducir el número de ingresos por pacientes, incrementó la cantidad de cilindros a domicilio. Es

decir que muchos pacientes reciben su terapia respiratoria en su casa, llevando cilindros desde el hospital, aunque actualmente esto representa apenas el 2.71% del total de cilindros consumidos por mes.

Tal situación, sin embargo, no impedirá tomar en consideración los datos anteriores, y usarlos para pronosticar el consumo para los siguientes 5 ó 10 años. Será necesario entonces, obtener una ecuación lineal a partir de los datos anteriores, por lo que se hará uso de la ecuación punto pendiente. Es decir, a través de los datos tabulados en la tabla anterior, se formarán tres ecuaciones lineales, las cuales serán promediadas para obtener una única ecuación que servirá como ecuación pronóstico del consumo de O₂ en el hospital de Especialidades.

En la tabla 4.6, se muestra los cálculos realizados para obtener la pendiente y el intercepto de cada una de las tres ecuaciones y la ecuación que servirá para pronosticar el consumo.⁵⁶

**Tabla 4.6: Ecuaciones que describen el comportamiento
Del consumo de Oxígeno para el Hospital de Especialidades**

	2000-1999	2001-2000	2002-2001	Promedio
Pendiente	11.42	180.67	161.67	117.92
Intercepto	743.50	405.00	461.99	536.83

La ecuación sería entonces:

$$\begin{array}{l} \text{Consumo de Oxígeno} \\ \text{En cilindros 220 PC} \end{array} = 117.92 X + 536.83$$

Donde:

X: Cantidad de años posterior a 1998. Por ejemplo, para pronosticar la cantidad de cilindros del año 2002, X será 4.

Por consiguiente, el consumo promedio mensual pronosticado para el año 2003 sería de 1126.43, para el 2004 1244.33 y así en adelante, lo cual puede ser observado en la siguiente tabla:

⁵⁶ Ver anexos

**Tabla 4.7: Pronóstico del Consumo Promedio Mensual
Para el Hospital de Especialidades**

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Por Fórmula	654.7	772.6	890.5	1009	1126	1244	1362	1480	1598	1716	1833
% Error	13.27	0.83	5.96	9.04							

De acuerdo a lo presentado en la tabla 4.7, el consumo del hospital si sigue el ritmo establecido en los años anteriores y el presente, puede incrementar hasta un 45% para el año 2009, desde luego, deberán examinarse más detenidamente las razones por las cuales el consumo ha incrementado tanto en los últimos años. Todo esto, servirá para pronosticar el consumo para dentro de cinco años, el cual sería 1598 cilindros de 220 PC. Esto equivale a 351560 Pies Cúbicos de Oxígeno Gas.

Sin embargo, no se debe obviar que por las características del hospital, por el espacio libre de construcción disponible, el tipo de pacientes que recibe, la capacidad máxima de flujo para la cual se ha diseñado la red⁵⁷ y otros factores relacionados, éste no tendrá, por consiguiente, altas posibilidades de crecer al ritmo que se ha especificado anteriormente. Por lo tanto, deberá tomarse en consideración lo anterior, simplemente como un elemento interesante de pronóstico, el cual tiene que ir acompañado de las características del hospital que se está estudiando, sin olvidar aquellos factores que influyen para que dicho evento no sea del todo posible.

La equivalencia de O₂ Líquido y O₂ gas es de 1 Galón de O₂ Líquido por 115.19 PC de O₂ gas, esto equivale a que un cilindro de 220 PC de Oxígeno Gas tenga el mismo contenido que 1.91 Galones de Oxígeno Líquido. De tal forma que el consumo sería de 3052 galones de O₂ Líquido. Por lo tanto, puede a partir de esto sugerirse la instalación de un tanque de 3000 galones. Es importante destacar que normalmente y según las políticas de las empresas que venden Oxígeno, los tanques no deben ser descargados menos de un cuarto o un tercio de su capacidad total. Esto equivaldría a decir que el tanque será llenado nuevamente cuando éste tenga un volumen de 1000 galones (1/3) ó de 750 galones (1/4) en su defecto. El consumo promedio mensual actual de oxígeno gas es de 243980 pies cúbicos, lo que equivale a 2118 galones de oxígeno líquido, por lo tanto, si el volumen útil del tanque⁵⁸ es de 2000 galones, el llenado del tanque sería aproximadamente cada 28 días, es decir, casi una vez por mes. En el caso que se utilice un tanque de 1500 galones, el volumen útil sería de 1000; por lo que el llenado debería ser cada 14 días. La diferencia entre uno y otro,

⁵⁷ 315 LPM según MEDAES y 630 según CHEMETRON.

⁵⁸ Para el caso de un tanque de 3000 galones.

además del período de llenado, radica en los costos debidos a la construcción de la base para cada uno de ellos y de los costos por alquiler. Otro aspecto importante, es que la empresa a cargo del suministro, tiene a disposición únicamente dos camiones para el llenado de los tanques, de los cuales uno tiene una capacidad de transporte de 800 galones y el otro de 3000.

Sin duda alguna, esto permitiría la reducción de costos por recurso humano, y facilitaría la utilización del mismo en otras tareas más importantes; reduciría el problema del ingreso de los camiones con cilindros de 220 PC a diario y las molestias que esto ocasiona.

4.1.5.4 Análisis Costo Beneficio

4.1.5.4.1 Propuesta Oxígeno Líquido y Ampliación de la Red.

Naturalmente es mucho más importante mostrar estos beneficios a través del ahorro de dinero. Por ejemplo, si un cilindro de gas de 220 PC cuesta aproximadamente \$15.64 y su equivalente en gas Líquido cuesta alrededor de \$14.39* (1.91 galones de O₂ Líquido), y mensualmente se consumen alrededor de 1109 cilindros de O₂ gas, esto representa un gasto mensual aproximado de \$17,344.76. Según la tabla 4.4, si es tomada en cuenta la propuesta de diseño presentada, se lograría ampliar la cobertura de la red a un 92.65%, lo que reduciría la compra de cilindros a únicamente el 7.5% del consumo actual. Si aún en una situación menos optimista, se logra que la red cubra al menos un 85% del consumo de oxígeno en el hospital, esto equivaldría a que el equivalente en O₂ Líquido consumido en un mes corresponda a 943 cilindros de 220 PC, los cuales corresponderían a un costo mensual de \$13,569.77 más \$600⁵⁹ por el alquiler del tanque, es decir, \$14,169.77. El otro 15% (166 cilindros de 220 PC) serían comprados a un costo de \$2,596.24, lo que haría un total de \$16,766.01. Esto representa un ahorro mensual de \$578.75, sin incluir los costos por recurso humano a cargo. Si esto es incluido, el ahorro mensual sería entonces de \$578.75 más \$191.53⁶⁰ (costo por recurso humano a cargo), sumando un total de \$770.28. Es decir, ¡El hospital estaría ahorrando anualmente \$9,243.36! En un dado caso se instale un tanque de 3000 galones el costo por alquiler asciende a más o menos \$800, por lo que el ahorro mensual se vería reducido a \$470.28, por lo que el ahorro anual sería de \$5,643.36, sin incluir los costos derivados por recurso humano a cargo.

4.1.5.4.2 Infactibilidad del Oxígeno Líquido para la Red Actual

* Dato proporcionado por la empresa suministrante del producto, lo cual representa un costo inferior aproximado del 8%. Cabe mencionar que estos costos incluyen Fletes.

⁵⁹ En el caso de un tanque de 1500 galones.

⁶⁰ Ver numeral 2.5.4.1.1

Resulta interesante pensar si en las condiciones actuales del hospital, es factible o no el uso de Oxígeno Líquido, es decir, si no se considerara ninguna de las propuestas de diseño de una nueva Red de Gases para el hospital de Especialidades. Dado que la capacidad y cobertura de la red permanece igual (39.45%); el hacer uso de Oxígeno Líquido podría resultar contrario a lo esperado, ya que en lugar de obtener un ahorro de dinero en comparación con el uso de oxígeno gas, implicaría una alza en los costos actuales. Esto puede ser demostrado, tomando nuevamente los criterios presentados anteriormente. Si el restante 60.55% del consumo de cilindros se mantiene, esto representa una cantidad de 671.5 cilindros lo que equivale en costos a \$10,502.26. Dicha cantidad de dinero, sería sumada a los costos por el consumo de Oxígeno Líquido, lo que significaría \$7,095.63 (equivalente en O_2 líquido de 437.5 cilindros de O_2 gas a un costo aproximado de \$14.39), más el costo por el alquiler del tanque⁶¹. Todo esto ascendería a \$17,597.87, los cuales al ser comparados con los \$17,344.76 que se pagan actualmente por la carga de 1109 cilindros de O_2 gas de 220 PC cada mes, se deduce un balance negativo de \$253.13 cada mes. En pocas palabras, El hospital perdería anualmente la cantidad de \$3,037.5, sin tomar en cuenta los costos por recurso humano a cargo.

De ahí que puede ser obtenida una desigualdad, que permita establecer el límite inferior de cargas mensuales de cilindros de oxígeno de 220 PC para un hospital⁶², a fin de determinar el punto crítico de beneficio. Dicha desigualdad sería la siguiente:

$$\text{Costos por uso de Oxígeno Líquido} < \text{Costos por uso Oxígeno Gas}$$
$$N * C_{\text{Equi Lox}} + C_{\text{Alquiler Tanque}} < N * C_{\text{EquiGox}}$$

Donde:

N : Número de cargas por mes de cilindros de Oxígeno de 220 PC.

C_{EquiLox} : Costo Equivalente por Oxígeno Líquido Asumido (\$14.39).

$C_{\text{Alquiler Tanque}}$: Costo por Alquiler del Tanque (Tanque 3000 galones \$800)

C_{EquiGox} : Costo Equivalente por Oxígeno Gas Asumido (\$15.64).

Resolviendo la desigualdad anterior se determina que dicho hospital debería consumir al mes, más de 640 cargas⁶³, a fin de lograr un beneficio económico real. Esto refleja también, el por qué es necesario lograr que la red de distribución de Oxígeno tenga un nivel aceptable de cobertura para cualquier hospital.

4.1.5.5 Ubicación del tanque de O_2 Líquido

⁶¹ Tomando en cuenta que el alquiler de un tanque de 3000 galones asciende a \$800.

⁶² Instalando un tanque de 3000 galones.

⁶³ Lo cual representa un 43.28% del consumo actual.

Analizar el sitio más adecuado para la colocación del tanque de O₂ Líquido, se vuelve un elemento importante para el diseño de la red, puesto que se espera que el tanque abarque, tanto a la red actual como a la red propuesta. Por lo que definir el sitio, tendrá como elementos de peso tanto el costo económico, como el administrativo, el cual se ve influenciado por la capacidad del hospital de adaptarse a reubicar en algunos casos ciertas áreas o a la pérdida de espacios significativos. Además, es indispensable tomar en cuenta ciertas normas que la NFPA99 menciona acerca de la ubicación de tanques de O₂ Líquido, por lo tanto cada una de ellas deberán ser acatadas de la mejor manera posible, a bien de evitar ubicaciones riesgosas.

Como es obvio, es fundamental que previo a la determinación de ciertos sitios de ubicación del tanque de Oxígeno Líquido, sean tomados en consideración algunos aspectos logísticos que inciden en ello, como lo es, la posibilidad de que los camiones o pipas para el llenado del tanque puedan acceder a dicho sitio y ejecutar maniobras sin un mayor grado de dificultad. Por tal motivo se presentan a continuación, dos sitios como propuesta de ubicación del tanque de Oxígeno Líquido, enumerando sus ventajas y desventajas entre cada uno de ellos

4.1.5.5.1 Propuestas de Localización

La NFPA99 con referencia a los tanques de Oxígeno Líquido especifica que estos serán tratados como un sistema de tipo Bulk, por lo que aquellas normas que tengan referencia a los sistemas de más de 20,000 pies cúbicos. Este primer sitio, se ha ubicado cercano a la central de gases actual, separado por menos de 1 metro del edificio. Mientras que el segundo sitio se encuentra un poco más alejado de la actual central, siempre ubicado dentro del parqueo (parte posterior del hospital), a unos 13 metros de separación del edificio. Las ventajas y desventajas de cada una de las ubicaciones se resumen en la siguiente tabla comparativa:

**Tabla 4.8: Resumen comparativo entre los Sitios Propuestos
Para la Localización del Tanque de Oxígeno Líquido**

Características	Primera Propuesta	Segunda Propuesta
Separación del edificio	Menos de 1 m	13 m
Distancia de la Planta de Emergencia	7 m	29 m
Ventilación	Buena	Muy Buena
Parqueos Perdidos (Aprox.)	3	2
Distancia de Materiales de Rápida Combustión (Papel, basura)	Menos de 1 m	22.2 m
Distancia de Materiales de Lenta Combustión (Madera, árboles)	18 m	Menos de 4 m
Distancia del más cercano cuarto de Paciente	Menos de 3 m	Más de 13 m
Distancia de la ventana o puerta más cercana	Menos de 1 m	Más de 13 m

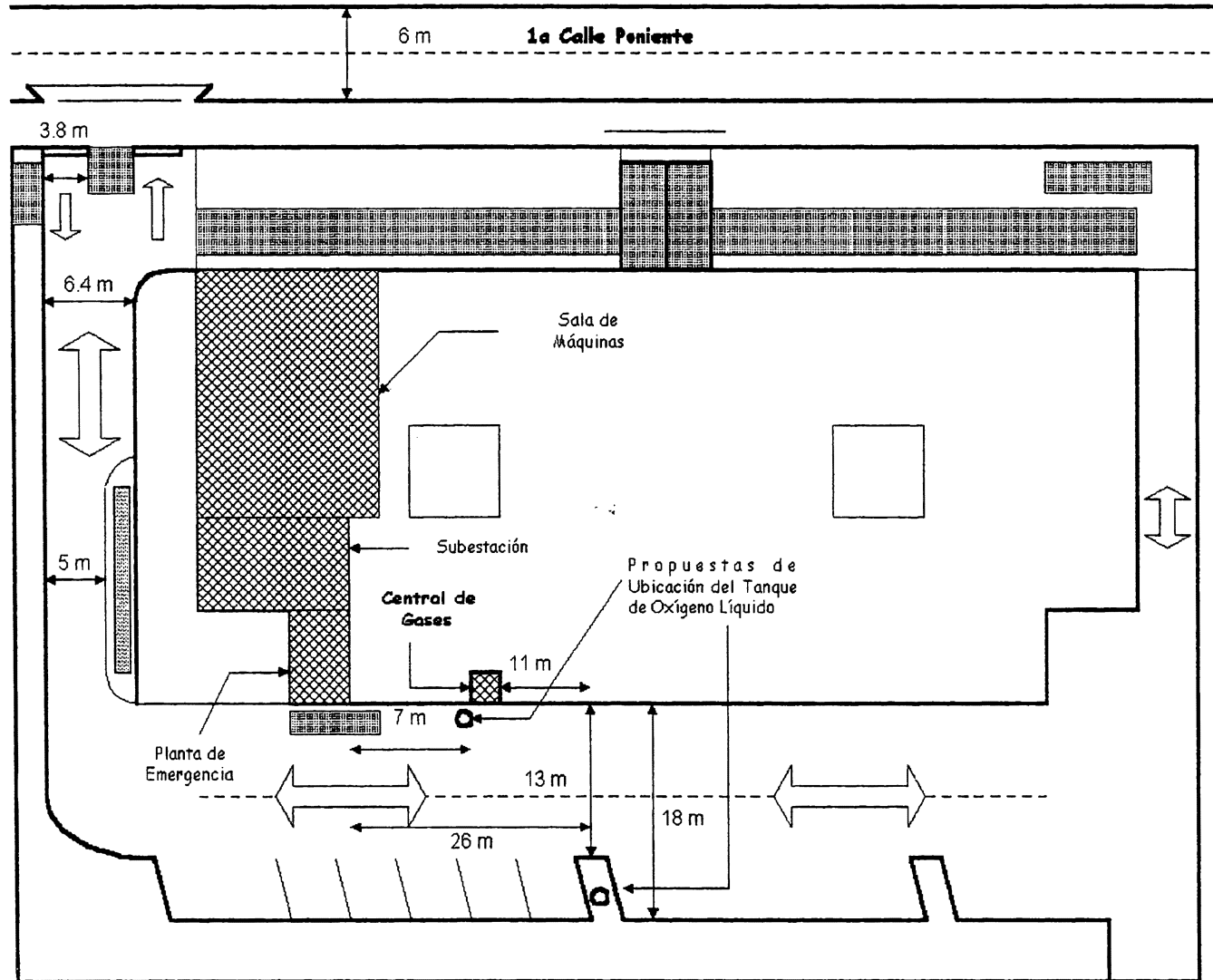
Separación de área de circulación no restringida de personas	Menos de 3 m	Menos de 4 m
Distancia de Parqueo	Menos de 3 m	Menos de 3 m

Es muy importante mencionar que debido a la ubicación del tanque de Oxígeno Líquido, será necesario que los vehículos que vayan a ubicarse en los sitios de parqueo cercanos al tanque, deban permanecer en dichos sitios la mayor cantidad de tiempo posible, es decir sin movimiento frecuente, a fin de no convertirse en fuentes de producción de calor. Otro aspecto es, que la ubicación de la primera propuesta ofrece según lo descrito, menos ventajas en relación a la segunda, ya que brinda mayores niveles de riesgo, debido a su cercanía con el hospital, así como de materiales de fácil combustión, y de máquinas en las que pueden existir posibles derrames de aceite. Hay que tomar en cuenta que el hospital está obligado a pagar por la plataforma para la ubicación del tanque, más la empresa contratante del servicio coloca la tubería necesaria para la conexión con el manifold gaseoso. En este caso a pesar de los riesgos que supone la ubicación de la central⁶⁴, podría ser instalada la caja de interconexión de los sistemas de gas y líquido. Aunque no puede dejarse a un lado, recomendar que en dicha central sean realizados algunas modificaciones, tal como, la ampliación de las ventanas para ventilación y de una mejora en el aislamiento de las áreas aledañas, así como determinar la posibilidad de reubicar los materiales cercanos a la central.

El tanque debe ser ubicado en una plataforma capaz de soportar un peso de 44,100 Lb, con unas dimensiones de 2.9 x 2.9 m, cercado por una malla ciclón de 3.5 x 3.5 m, a fin de obtener mayores detalles, éstos pueden ser observados en los planos correspondientes. En la figura 4.3, se muestra una representación comparativa de las propuestas de ubicación del tanque de Oxígeno Líquido.

⁶⁴ Sótano o nivel cero.

Figura 4.3: Ubicación del Tanque de Oxígeno Líquido



4.1.6 Materiales Necesarios para la Propuesta de Red de Oxígeno

Para la red propuesta de oxígeno se presenta a continuación el listado y cantidad de materiales a utilizar, necesarios para la construcción de las redes de gases que abastecerán las nuevas áreas asignadas.

Se hace notar que si bien, algunos elementos primordiales no se mencionan en el listado de materiales a utilizar, es porque ya existen o forman parte de la red actual, tal es el caso del compresor de aire y manifold de oxígeno, y que formarán parte de la nueva red de gases

Tabla 4.9: Descripción y cantidad de Materiales a Utilizar para ampliar la Red de Oxígeno

Materiales necesarios para la red paralela Oxígeno		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CANTIDAD SUGERIDA
Tuberías tipo "L" de $\frac{1}{2}$ "	291.28 m	364.1 m
Tuberías tipo "L" de 3/8"	2.4 m	3 m
Codos de Cobre $\frac{1}{2}$ "	62	62
Codos cobre "T" de $\frac{1}{2}$ "	31	31
Tomas de oxígeno Ohmeda	24	24
Válvulas de corte de $\frac{1}{2}$ " con $\frac{1}{4}$ " de giro.	10	10
Reductores de $\frac{1}{2}$ " a 3/8"	30	30
Regulador de Presión de Línea @ 55 Psi	1	1
Tanque de Oxígeno líquido de	1 (Alquiler)	Capacidad opcional
Alarmas	3	3

4.2 Red de Óxido Nitroso

4.2.1 Condiciones Actuales

Sin mayor problema, se puede definir que la red de Óxido Nitroso para el estudio, no representa ninguna complicación. Esta red es la más sencilla, y que se localiza únicamente en dos puntos del hospital, éstos son Sala de Operaciones (6 tomas) y Procedimientos Especiales en Rayos X (1 toma), con un total de 7 tomas.

Según los perfiles mostrados en el capítulo 2, específicamente en el numeral 2.5.1.3, para el caso de los cilindros de Óxido Nitroso, no existe registro alguno acerca del manejo de cilindros hacia algún punto del hospital, a excepción de la central de gases. De manera que puede afirmarse, que la red estaría abarcando todos los puntos o localizaciones, hacia las cuales existe la necesidad de llevar el mencionado gas; dicho de otra manera, la red en tales circunstancias, estaría cumpliendo de forma efectiva con la demanda interna.

4.2.2 Métodos de Diseño Utilizados para el dimensionamiento de la Red de Óxido Nitroso

4.2.2.1 Método de MEDAES para Óxido Nitroso

De igual manera que para el oxígeno, en el cálculo de pérdidas de presión por el método de MEDAES se debe tener una distribución arquitectónica de la distribución de tuberías con las longitudes correspondientes de cada una de las secciones (en pies), con asignación de caudales diferentes, para lo cual se deben de agregar un 50% más a la longitud actual con el propósito de abarcar las caídas de presión debido a codos reguladores y accesorios que existen en la red.

4.2.2.1.1 Determinación del Número de salidas por sección

Se deben de obtener los números de salidas de gases a la que cada sección de tuberías deberá suplir.

4.2.2.1.2 Designación de caudal por sección

Se deben de considerar 10 LPM para óxido nitroso por salida, correspondiente a cada sección de tubería de la línea de suministro.

4.2.2.1.3 Designación del flujo por rama y factor de uso

Para asignar los factores de uso se debe de acudir a la siguiente tabla 4.1 que muestra porcentajes promedios de flujos por salidas y flujos mínimos por rama en función del número de salidas.

4.2.2.1.4 Flujo de sección usando el caudal más alto de la sección

Habiendo obtenido el caudal para cada sección (número de salidas/sección x 10 LPM), éste debe de ser comparado con el caudal mínimo que la misma sección deberá manejar, según la Tabla 4.1 y asignar el más alto de los dos caudales.

4.2.2.1.5 Cálculo de pérdida de presión para 100 pies de tubería (PSI/PIES).

Con el caudal obtenido por cada sección LPM o SCFM, se debe elegir un diámetro adecuado, de tal manera, que ofrezca una pérdida correspondiente a cada línea de suministro lo suficientemente pequeña, que al sumar cada una de ellas, no supere los 5 Psig. Con el diámetro y el caudal convenientemente asignados se busca en la tabla A4.2 las pérdidas de presión para 100 pies de tuberías para Óxido Nitroso.

4.2.2.1.6 Pérdidas de presión por sección

Obteniendo las pérdidas de presión para 100 pies de tuberías, se procede a obtener la pérdida equivalente a la sección requerida. Para esto se utiliza la siguiente relación:

Pérdida de presión por sección = (pérdida para 100 pies de tuberías x tramo de tubería) / 100

Conociendo las pérdidas equivalentes a cada sección de la línea de suministro se procede a sumar cada una de ellas, tomando en consideración, que éstas no deben de superar los 5 Psig de pérdida de presión.

4.2.2.2 SEGUNDO MÉTODO: Cálculo de pérdidas de presión por método CHEMETRON.

De la misma forma que para el oxígeno, en el cálculo de perdidas de presión por el método de CHEMETRON para Óxido Nitroso, a partir de una distribución arquitectónica de las tuberías, se deben de obtener las longitudes correspondientes, a cada una de los secciones de tuberías (en pies) con designación de caudales diferentes, a las cuales se les debe de agregar un 25 o 50% de la longitud actual, con el propósito de abarcar las caídas de presión debidas a codos reguladores y accesorios que existen en la red.

4.2.2.2.1 Designación de caudal por sección

Según el método, se debe considerar 20 LPM de Óxido Nitroso por cada salida, correspondiente a cada sección de tubería de la línea de suministro. Cabe mencionar, que puede ser sugerido un 50% de factor de uso, lo que para efectos de cálculos de pérdidas de tuberías, provocará que estos caudales se reduzcan a la mitad, en comparación al dato mencionado anteriormente. El caudal correspondiente a cada sección será entonces, la sumatoria de los caudales que alimentan a cada salida posterior a cada sección de tubería.

4.2.2.2.2 Determinación de pérdidas por fricción

Para la determinación de las pérdidas de presión por fricción en la "Regla" de cálculo de CHEMETRON División Médica, se debe de escoger un diámetro adecuado para la cantidad de caudal a manejar por la sección de tubería. Esta se hace coincidir con la longitud asignada del tramo de tuberías más la compensación de longitud por "pérdidas adicionales." Realizado lo anterior, se busca el caudal correspondiente a la sección, el cual se muestra en la parte inferior, en conjunto con la respectiva pérdida asignada para dicho tramo de tubería.

4.3 Red de Aire Comprimido

4.3.1 Condiciones Actuales

Analizar la capacidad de la red actual de Aire Comprimido resulta un procedimiento no muy sencillo de evaluar, puesto que tal gas es producido en la misma instalación hospitalaria, por medio de un sistema dual de compresores de aire médico. Para analizar la capacidad de producción del sistema actual, los datos importantes a tener en cuenta son los siguientes:

- El sistema de compresores es un sistema dual.
- Lo cual nos dice que, cualquiera de los compresores debe tener la capacidad de suministrar toda la demanda de aire comprimido.
- Cada uno de los compresores tienen una potencia de 5 HP. El sistema tendrá entonces, la capacidad de suministrar un determinado flujo o caudal, dato que puede ser revisado en el manual del fabricante. El sistema utilizado en el Hospital de Especialidades, la marca es POWEREX, el cual tiene una capacidad @ 100 Psig de 33.4 SCFM, con una velocidad de 870 RPM. Cabe mencionar que se toma en consideración el sistema @ 100 Psig puesto que la de red de aire comprimido abastece el área de quirófanos con dos presiones diferentes, 100 Psi y 50 Psi, existiendo un regulador que separa tales flujos en el nivel 3, y otro antes de llegar a procedimientos especiales de Rayos X en el nivel 1.

4.3.2 Datos del consumo de cilindros de aire comprimido

Según los registros presentados en el capítulo 2, la red de aire comprimido, en el numeral 2.5.1.2, el consumo o transporte de cilindros de aire es mayor hacia el área de recuperación y sala de operaciones, y en mucha menor proporción hacia las medicinas, neurocirugías y cirugías.⁶⁵

El promedio de consumo mensual de cilindros en Recuperación es de aproximadamente 9 por día, y casi 2 por día en cirugía hombres.

4.3.3 Propuesta de Diseño a la red Actual

Estos datos resultan importantes, puesto que al existir la propuesta de convertir ciertos sitios estratégicos (como los ya mencionados en el numeral 4.1.3), en áreas de cuidados intermedios, debido al alto consumo de oxígeno y lógicamente a la alta demanda. Por tal motivo no puede más que recomendarse al mismo tiempo, llevar red de aire comprimido hacia tales puntos, como elemento complementario a la propuesta realizada.

4.3.4 Propuestas de Diseño para Aire Comprimido

4.3.4.1 PRIMERA ALTERNATIVA de Diseño para Aire Comprimido. Red paralela.

Una primera alternativa de diseño de red para la distribución de aire, es construir un red independiente de la red actual, que de suministro de aire a las medicinas 3, 4, 5, a las neurocirugías (tanto hombres y mujeres) y para futura ampliación en cirugía hombres y mujeres.

⁶⁵ Tabla 2.15: Tabla porcentajes de consumo de cilindros por áreas

Realizando los cálculos correspondientes de pérdidas de presión se obtiene que para dar suministro a las áreas asignadas, la nueva red de tubería tendría como diámetro mayor $\frac{1}{2}$ " , necesarios para asegurar las pérdidas máximas de presión requeridas.

El considerar una alternativa de esta clase permite tener como ventaja, que su diseño no afectaría el servicio de la red actual durante las pruebas de pureza y pérdidas de presión del nuevo sistema, más sin embargo, si deberá ser interrumpido el suministro por un período corto para lograr empalmar ambos sistemas de red.

4.3.4.1.1 Cálculo de pérdida de presión para la red de distribución de aire comprimido

4.3.4.1.1.1 Método de MEDAES.

En el cálculo de pérdidas de presión por el método de MEDAES se debe partir de una distribución arquitectónica de las tuberías que suministran aire a las diferentes áreas, con las longitudes correspondientes de cada uno de los secciones de tubería (en pies) con designación de caudales diferentes.

A cada sección de tubería se le deben agregar un 50% de la longitud actual, con el propósito de abarcar las caídas de presión debido a codos reguladores y accesorios que existen en la red.

4.3.4.1.1.1.1 Designación de flujos

Para la designación de flujos se hace uso de la tabla 4.7 que muestra la demanda pico estimada por área para aire médico.

Tabla 4.10: Designación del flujo de aire
En SCFM (LPM)

Área	Unidad	Por cama	Por cuarto	Por salida	Factor de uso (%)
Salas operaciones	---	---	0.5 (14)	---	100
Cuarto de recuperación	---	---	2.0 (60)	---	50
UCI	---	---	2.0 (60)	---	50
Radiología	---	---	1.0 (30)	---	10
Reparaciones de equipos	---	---	---	0.5 (14)	10
Medicinas	---	---	2.0 (60)	---	50

4.3.4.1.1.1.2 Cálculo de pérdidas de presión para 100 pies de tubería (PSI/PIES)

Con el caudal obtenido por cada sección ya sea en LPM o en SCFM, se debe de elegir un diámetro adecuado de tal manera, que ofrezca una pérdida que al sumarla con cada una de las demás correspondientes a cada línea de suministro, no supere los 5 Psig de pérdida de presión. Con el diámetro asignado y el caudal, se busca en la tabla A4.3 las pérdidas de presión para 100 pies de tuberías de aire comprimido.

4.3.4.1.1.1.3 Pérdidas de presión por sección

Obteniendo las perdidas de presión para 100 pies de tuberías se procede a obtener la perdida equivalente a la sección requerida. Para esto se utiliza la siguiente relación:

Pérdidas de Presión por Sección: (pérdida para 100 pies de tuberías x tramo de tubería en pies) / 100

Teniendo las pérdidas equivalentes a cada sección de la línea de suministro, se procede a sumar cada una de ellas, considerando que éstas al final no deben de superar los 5 Psig de pérdida de presión.

4.3.4.1.1.1.4 Ejemplo de Cálculo

Como ejemplo de cálculo de perdidas de presión se calcula la perdida de presión de la sección 1-2 del sistema propuesto en el apartado A4-3 anexos.

La siguiente tabla muestra las pedidas por sección y sumatoria de perdidas totales del sistema donde esta última no debe superar los 5 PSI de perdida de presión.

**Tabla 4.11: Matriz de Cálculo Método MEDAES
Sistema de Aire Comprimido**

MEDAES						
A	B	C	D	E	F	G
Sección de tuberías	Longitud medida (Pies)	Longitud Efectiva (B x 1.5)	Designación de flujo por sección (LPM)	Diámetro (pulg)	Pérdida de presión para 100 pies de tubería (PSI/PIES) (TABLA A4-3)	Pérdidas de presión por sección (CxF/100) (PSI).
1--2	234.68	352.02	210	1/2	0.723	2.5451
2--3	12.46	18.69	60	1/2	0.075	0.0140
3--4	5.24	7.86	30	1/2	0.023	0.0018
4--5	13.12	19.68	15	1/2	0.012	0.0024
5--6	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
5--7	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
7--8	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
7--9	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
9--10	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
4--11	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
11--12	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
13--14	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
15--16	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
11--13	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
13--15	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
3--17	109.22	163.84	30	1/2,	0.023	0.0377
17--18	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
18--19	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
20--21	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
22--23	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
18--20	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
20--22	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
17--24	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
24--25	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
26--27	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
28--29	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
24--26	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
26--28	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
2--30	113.16	169.74	150	1/2,	0.413	0.7010

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

30--31	3.28	4.92	30	1/2,	0.023	0.0011
31--32	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
32--33	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
34--35	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
36--37	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
32--34	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
34--36	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
31--38	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
38--39	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
40--41	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
42--43	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
38--40	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
40--42	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
30--44	73.80	110.70	120	1/2,	0.250	0.2768
44--45	27.88	41.82	60	1/2,	0.075	0.0314
45--46	5.24	7.86	30	1/2,	0.023	0.0018
46--47	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
47--48	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
49--50	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
51--52	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
47--49	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
49--51	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
46--53	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
53--54	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
55--56	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
57--58	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
53--55	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
55--57	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
45--59	108.24	162.36	30	1/2,	0.023	0.0373
59--60	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
60--61	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
62--63	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
64--65	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
60--62	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
62--64	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
59--66	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
66--67	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
68--69	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
70--71	3.34	5.01	5	1/2,	0.004	0.0002
66--68	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
68--70	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
44--98	37.72	56.58	60	1/2,	0.075	0.0424
98--72	5.24	7.86	30	1/2,	0.023	0.0018
72--73	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024

73--74	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
75--76	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
77--78	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
73--75	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
75--77	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
72--79	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
79--80	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
81--82	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
83--84	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
79--81	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
81--83	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
98--85	108.24	162.36	30	1/2,	0.023	0.0373
85--86	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
86--87	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
88--89	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
90--91	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
86--88	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
88--90	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
85--92	13.12	19.68	15	1/2,	0.012	0.0024
92--93	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
94--95	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
96--97	2.72	4.08	5	1/2,	0.004	0.0002
92--94	6.56	9.84	10	1/2,	0.004	0.0004
94--96	6.56	9.84	5	1/2,	0.004	0.0004
				Pérdida total del sistema;		3.7817

4.3.4.1.2 CALCULO DE PERDIDAS POR METODO CHEMETRON (RED PARALELA)

En el cálculo de pérdidas de presión por el método de CHEMETRON, se debe de tener obtener una distribución arquitectónica de tuberías, con longitudes correspondientes de cada una de las secciones de tuberías (en pies) con designación de caudales diferentes, a las cuales se les deben de agregar un 25 ó 50% de la longitud dada, con el propósito de abarcar las caídas de presión debido a codos, reguladores y accesorios que existen en la red.

4.3.4.1.2.1.1 Designación de caudal por sección

Se deben de considerar 20 LPM por salida de aire comprimido, correspondiente a cada sección de tubería de la línea de suministro. A esto se le puede sugerir un 50% de factor de uso lo que para efectos de cálculos de perdidas de tuberías, hace que estos caudales, se reduzcan a la mitad de lo asignado previamente. El caudal correspondiente a cada sección es la sumatoria de los caudales que alimentan a cada salida posterior a cada sección de tubería.

4.3.4.1.2.1.2 Determinación de pérdidas por fricción

Para la determinación de las pérdidas de presión por fricción en la regla CHEMETRON, se debe de escoger un diámetro adecuado para la cantidad de caudal que manejará la sección. Esta se hace coincidir con la longitud asignada del tramo de tuberías más la compensación de longitud por pérdidas adicionales. Habiendo hecho lo anterior, se busca el caudal correspondiente a la sección que muestra en la parte inferior la respectiva pérdida asignada.

La siguiente tabla muestra la matriz de pérdidas por sección de tuberías y pérdidas totales del sistema por el método Chemetron.

**Tabla 4.12: Matriz de datos para Aire Comprimido
Método CHEMETRON**

Pérdidas por método CHEMETRON						
Tramos	Longitud (pies)	Longitud + 25%	Caudal (LPM) según NFPA	Caudal (LPM) según NFPA al 50%	Diámetro	Pérdidas para 50% de factor de uso
1--2	234.68	293.35	420	210	1/2,	2.05
2--3	12.46	15.58	120	60	1/2,	0
3--4	5.24	6.55	60	30	1/2,	0
4--5	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
5--6	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
5--7	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
7--8	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
7--9	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
9--10	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
4--11	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
11--12	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
13--14	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
15--16	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
11--13	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
13--15	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
3--17	109.22	136.53	60	30	1/2,	0
17--18	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
18--19	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
20--21	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
22--23	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
18--20	6.56	8.20	20	10	1/2,	0

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

20--22	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
17--24	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
24--25	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
26--27	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
28--29	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
24--26	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
26--28	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
2--30	113.16	141.45	300	150	1/2,	0.5
30--31	3.28	4.10	60	30	1/2,	0
31--32	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
32--33	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
34--35	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
36--37	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
32--34	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
34--36	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
31--38	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
38--39	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
40--41	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
42--43	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
38--40	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
40--42	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
30--44	73.80	92.25	240	120	1/2,	0.21
44--45	27.88	34.85	120	60	1/2,	0
45--46	5.24	6.55	60	30	1/2,	0
46--47	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
47--48	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
49--50	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
51--52	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
47--49	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
49--51	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
46--53	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
53--54	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
55--56	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
57--58	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
53--55	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
55--57	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
45--59	108.24	135.30	60	30	1/2,	0
59--60	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
60--61	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
62--63	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
64--65	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
60--62	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
62--64	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
59--66	13.12	16.40	30	15	1/2,	0

66--67	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
68--69	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
70--71	3.34	4.18	10	5	1/2,	0
66--68	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
68--70	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
44--98	37.72	47.15	120	60	1/2,	0
98--72	5.24	6.55	60	30	1/2,	0
72--73	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
73--74	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
75--76	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
77--78	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
73--75	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
75--77	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
72--79	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
79--80	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
81--82	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
83--84	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
79--81	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
81--83	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
98--85	108.24	135.30	60	30	1/2,	0
85--86	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
86--87	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
88--89	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
90--91	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
86--88	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
88--90	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
85--92	13.12	16.40	30	15	1/2,	0
92--93	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
94--95	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
96--97	2.72	3.40	10	5	1/2,	0
92--94	6.56	8.20	20	10	1/2,	0
94--96	6.56	8.20	10	5	1/2,	0
					Total	2.76

4.3.4.2 SEGUNDA ALTERNATIVA: Ampliación del sistema actual.

Una de las alternativas de diseño para el abastecimiento de aire comprimido es la de distribuir tuberías hacia las áreas requeridas a partir de ciertos puntos de la red actual. Debido a que se requieren llevar tuberías de aire hacia las medicinas y cirugías, se vuelve necesario realizar conexiones a partir del segundo nivel, como también realizar conexión de tuberías a partir

de las salas de operaciones para la distribución de aire hacia las neurocirugías, en el tercer nivel.

En vista de que la rama principal de tuberías del sistema actual de aire comprimido no es apto para suplir esta nueva demanda, es indispensable cambiar a 1" de diámetro la tubería de elevación actual, que va desde de la fuente de aire hasta el segundo nivel y con $\frac{3}{4}$ " hasta el tercer nivel realizando las ampliaciones con tuberías de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y así asegurar las pérdidas máximas de presión requeridas.

Esta alternativa no parece por simple deducción la más ventajosa para un hospital ya operando, ya que es necesario cambiar todas las elevaciones, mas sin embargo las tuberías ramales permiten hacer ampliaciones hacia las áreas designadas a llevar dicho gas.

Desventajas de dicha propuesta:

- ❖ Se requiere cambiar la tubería de elevación que va desde la fuente hasta el tercer nivel.
- ❖ Debido a lo anterior, cabe recordar que existe la obligación de realizar las respectivas pruebas de pureza, presión y fugas a las conexiones de las tuberías que van hacia cada una de las áreas con la nueva tubería de elevación, lo cual indica que se debe interrumpir el suministro de aire a todo el hospital, al menos durante 24 horas.⁶⁶

⁶⁶ En el capítulo 6 se retoma esta temática, haciendo alusión a las diferentes pruebas pos-instalación y de mantenimiento de la red de gases médicos.

4.3.4.2.1 Cálculo de pérdidas de presión para la red de distribución de aire comprimido

Tabla 4.13: Método MEDAES para Aire Comprimido

A	B	C	D	E	F	G
Sección de tuberías	Longitud medida (Pies)	Longitud Efectiva (B x 1.5)	Designación de flujo por sección (Ver tabla 4.7)	Diámetro (pulg)	Pérdida de presión para 100 pies de tubería (PSI/PIES)	Pérdidas de presión por sección (CxF/100) (PSI).
1-2	37.72	56.58	530.6	1	0.1760	0.0996
2-3	49.2	73.8	25.2	1/2.	0.023	0.0170
3-5	17.38	26.07	4.2	3/8.	0.004	0.0010
3-6	1.64	2.46	21	1/2.	0.023	0.0006
6-8	17.38	26.07	4.2	3/8.	0.004	0.0010
6-9	9.84	14.76	16.8	1/2.	0.012	0.0018
9-11	17.38	26.07	4.2	3/8.	0.004	0.0010
9-12	1.64	2.46	12.6	1/2.	0.012	0.0003
12-14	17.38	26.07	4.2	3/8.	0.004	0.0010
12-15	9.84	14.76	8.4	1/2.	0.004	0.0006
15-17	17.38	26.07	4.2	3/8.	0.004	0.0010
15-20	19	28.5	4.2	3/8.	0.004	0.0011
2-21	115.95	173.925	505.4	1	0.148	0.2574
21-23	12.56	18.84	1.4	3/8.	0.004	0.0008
21-24	79.7	119.55	504	3/4.	0.701	0.8380
24-24_1	6.88	10.32	150	1/2.	0.413	0.0426
24_1-25	7.87	11.805	60	1/2.	0.075	0.0089
25-26	5.24	7.86	30	1/2.	0.023	0.0018
26-27	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
27-28	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
29-30	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
31-32	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
27-29	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
29-31	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
26-33	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
33-34	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
35-36	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
37-38	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
33-35	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

35-37	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
25-39	108.9	163.35	5	1/2.	0.004	0.0065
39-40	13.12	19.68	30	1/2.	0.023	0.0045
40-41	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
42-43	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
44-45	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
40-42	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
42-44	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
39-46	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
46-47	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
48-49	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
50-51	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
46-48	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
48-50	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
24-53	113.16	169.74	90	1/2.	0.0151	0.0256
53-54	5.24	7.86	30	1/2.	0.023	0.0018
54-55	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
55-56	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
57-58	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
59-60	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
55-57	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
57-59	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
54-61	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
61-62	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
63-64	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
65-66	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
61-63	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
63-65	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
53-67	101.68	152.52	60	1/2.	0.075	0.1144
67-68	5.24	7.86	30	1/2.	0.023	0.0018
68-69	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
69-70	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
71-72	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
73-74	3.34	5.01	5	1/2.	0.055	0.0028
69-71	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
71-73	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
68-75	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
75-76	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
77-78	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
79-80	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
75-77	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
77-79	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
67-81	104.96	157.44	30	1/2.	0.023	0.0362
81-82	5.24	7.86	30	1/2.	0.023	0.0018

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

82-83	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
83-84	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
85-86	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
87-88	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
83-85	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
85-87	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
82-89	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
89-90	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
91-92	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
93-94	3.34	5.01	5	1/2.	0.004	0.0002
89-91	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
91-93	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
24--95	25.9	38.85	354	1/2.	1.648	0.6402
95--96	26.56	39.84	180	1/2.	0.508	0.2024
96-98	10.92	16.38	30	3/8.	0.023	0.0038
96--99	0.33	0.495	150	1/2.	0.413	0.0020
99--101	10.92	16.38	30	3/8.	0.023	0.0038
99--102	19	28.5	120	1/2.	0.25	0.0713
102--103	18.69	28.035	60	1/2.	0.075	0.0210
103--105	10.26	15.39	30	3/8.	0.023	0.0035
103--108	10.59	15.885	30	3/8.	0.023	0.0037
102--109	11.8	17.7	60	1/2.	0.075	0.0133
109--110	8.2	12.3	30	1/2.	0.023	0.0028
110--111	2.72	4.08	15	3/8.	0.012	0.0005
110--113	12.52	18.78	15	3/8.	0.012	0.0023
109--114	8.2	12.3	30	1/2.	0.023	0.0028
114--115	2.72	4.08	15	3/8.	0.012	0.0005
114--117	12.56	18.84	15	3/8.	0.012	0.0023
95--118	14.82	22.23	174	1/2.	0.508	0.1129
118--172	3.6	5.4	42	1/2.	0.055	0.0030
172--173	15.1	22.65	7	3/8.	0.004	0.0009
172--174	11.48	17.22	35	1/2.	0.037	0.0064
174--175	14.43	21.645	7	3/8.	0.004	0.0009
176--177	14.43	21.645	7	3/8.	0.004	0.0009
178--179	14.43	21.645	7	3/8.	0.004	0.0009
180--181	14.43	21.645	7	3/8.	0.004	0.0009
174--176	19	28.5	28	1/2.	0.023	0.0066
176--178	22.3	33.45	21	1/2.	0.023	0.0077
178-180	19	28.5	14	1/2.	0.012	0.0034
180--182	16.4	24.6	7	1/2.	0.004	0.0010
182--183	9.84	14.76	7	3/8.	0.004	0.0006
118--132	0.32	0.48	132	1/2.	0.004	0.0000
132--133	4.26	6.39	102	1/2.	0.25	0.0160
133--134	7.87	11.805	7	3/8.	0.004	0.0005

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

135--136	7.87	11.805	7	3/8.	0.004	0.0005
137--138	7.87	11.805	7	3/8.	0.004	0.0005
139--140	7.87	11.805	7	3/8.	0.004	0.0005
141--142	7.87	11.805	7	3/8.	0.004	0.0005
133--135	11.15	16.725	95	1/2.	0.182	0.0304
135--137	19	28.5	88	1/2.	0.151	0.0430
137--139	22.3	33.45	81	1/2.	0.151	0.0505
139--141	19	28.5	74	1/2.	0.123	0.0351
141--143	16.4	24.6	67	1/2.	0.098	0.0241
143--144	3.28	4.92	7	3/8.	0.004	0.0002
143-145	121.36	182.04	60	1/2.	0.075	0.1365
145-146	5.24	7.86	15	1/2.	0.012	0.0009
146-147	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
147-148	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
149-150	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
151-152	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
147-149	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
149-151	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
146-153	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
153-154	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
155-156	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
157-158	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
153-155	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
155-157	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
145-159	108.24	162.36	30	1/2.	0.023	0.0373
159-160	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
160-161	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
162-163	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
164-165	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
160-162	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
162-164	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
159-166	13.12	19.68	15	1/2.	0.012	0.0024
166-167	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
168-169	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
170-171	2.46	3.69	5	1/2.	0.004	0.0001
166-168	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
168-170	6.56	9.84	5	1/2.	0.004	0.0004
132--119	4.92	7.38	30	1/2.	0.023	0.0017
120--121	2.72	4.08	5	3/8.	0.004	0.0002
122--123	2.72	4.08	5	3/8.	0.004	0.0002
126--127	2.72	4.08	5	3/8.	0.004	0.0002
128--129	2.72	4.08	5	3/8.	0.004	0.0002
119--120	5.25	7.875	15	1/2.	0.012	0.0009
120--122	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

119--126	20.66	30.99	15	1/2.	0.012	0.0037
126--128	6.56	9.84	10	1/2.	0.004	0.0004
122--125	9.28	13.92	5	3/8.	0.004	0.0006
128--131	9.28	13.92	5	3/8.	0.004	0.0006
				Perdidas Totales del sistema		3.027

Tabla 4.14: Matriz de Cálculo de pérdidas de presión por método CHEMETRON para aire comprimido

Cálculo de pérdidas método CHEMETRON (aire comprimido)						
Tramos	Longitud (pies)	Longitud + 25%	Caudal (LPM)	Caudal (LPM) al 50%	Diámetro (Pulg.)	Pérdida por tramos para 50% de simultaneidad (PSI)
1--2	37.72	47.15	750	375	3/4.	0.123
2--3	49.2	61.5	60	30	1/2.	0
3--5	17.38	21.725	10	5	3/8.	0
3--6	1.64	2.05	50	25	1/2.	0
6--8	17.38	21.725	10	5	3/8.	0
6--9	9.84	12.3	40	20	1/2.	0
9--11	17.38	21.725	10	5	3/8.	0
9--12	1.64	2.05	30	15	1/2.	0
12--14	17.38	21.725	10	5	3/8.	0
12--15	9.84	12.3	20	10	1/2.	0
15--17	17.38	21.725	10	5	3/8.	0
15--20	19	23.75	10	5	3/8.	0
2--21	110.7	138.375	690	345	3/4.	0.3
21--23	12.56	15.7	10	5	3/8.	0
21--24	79.7	99.625	680	340	1/2.	1.75
24-24_1	6.88	8.6	300	150	1/2.	0.035
24_1--25	7.87	9.8375	120	60	1/2.	0
25-26	5.24	6.55	60	30	1/2.	0
26-27	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
27-28	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
29-30	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
31-32	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
27-29	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
29-31	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
26-33	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
33-34	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
35-36	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
37-38	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
33-35	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
35-37	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
25-39	108.9	136.125	60	30	1/2.	0
39-40	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
40-41	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
42-43	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
44-45	3.34	4.175	10	5	1/2.	0

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

40-42	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
42-44	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
39-46	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
46-47	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
48-49	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
50-51	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
46-48	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
48-50	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
24-53	113.16	141.45	180	90	1/2.	0.185
53-54	5.24	6.55	60	30	1/2.	0
54-55	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
55-56	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
57-58	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
59-60	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
55-57	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
57-59	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
54-61	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
61-62	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
63-64	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
65-66	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
61-63	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
63-65	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
53-67	101.68	127.1	120	60	1/2.	0.075
67-68	5.24	6.55	60	30	1/2.	0
68-69	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
69-70	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
71-72	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
73-74	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
69-71	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
71-73	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
68-75	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
75-76	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
77-78	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
79-80	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
75-77	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
77-79	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
67-81	104.96	131.2	60	30	1/2.	0
81-82	5.24	6.55	60	30	1/2.	0
82-83	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
83-84	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
85-86	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
87-88	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
83-85	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
85-87	6.56	8.2	10	5	1/2.	0

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

82-89	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
89-90	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
91-92	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
93-94	3.34	4.175	10	5	1/2.	0
89-91	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
91-93	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
24--95	25.9	32.375	380	190	1/2.	0.182
95--96	26.56	33.2	80	40	1/2.	0
96-98	10.92	13.65	10	5	3/8.	0
96--99	0.33	0.4125	70	35	1/2.	0
99--101	10.92	13.65	10	5	3/8.	0
99--102	19	23.75	60	30	1/2.	0
102--103	18.69	23.3625	20	10	1/2.	0
103--105	10.26	12.825	10	5	3/8.	0
103--108	10.59	13.2375	10	5	3/8.	0
102--109	11.8	14.75	40	20	1/2.	0
109--110	8.2	10.25	20	10	1/2.	0
110--111	2.72	3.4	10	5	3/8.	0
110--113	12.52	15.65	10	5	3/8.	0
109--114	8.2	10.25	20	10	1/2.	0
114--115	2.72	3.4	10	5	3/8.	0
114--117	12.56	15.7	10	5	3/8.	0
95--118	14.82	18.525	300	150	1/2.	0.066
118--172	3.6	4.5	60	30	1/2.	0
172--173	15.1	18.875	10	5	3/8.	0
172--174	11.48	14.35	50	25	1/2.	0
174--175	14.43	18.0375	10	5	3/8.	0
176--177	14.43	18.0375	10	5	3/8.	0
178--179	14.43	18.0375	10	5	3/8.	0
180--181	14.43	18.0375	10	5	3/8.	0
174--176	19	23.75	40	20	1/2.	0
176--178	22.3	27.875	30	15	1/2.	0
178-180	19	23.75	20	10	1/2.	0
180--182	16.4	20.5	10	5	1/2.	0
182--183	9.84	12.3	10	5	3/8.	0
118--132	0.32	0.4	240	120	1/2.	0
132--133	4.26	5.325	180	90	1/2.	0
133--134	7.87	9.8375	10	5	3/8.	0
135--136	7.87	9.8375	10	5	3/8.	0
137--138	7.87	9.8375	10	5	3/8.	0
139--140	7.87	9.8375	10	5	3/8.	0
141--142	7.87	9.8375	10	5	3/8.	0
133--135	11.15	13.9375	170	85	1/2.	0
135--137	19	23.75	160	80	1/2.	0

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

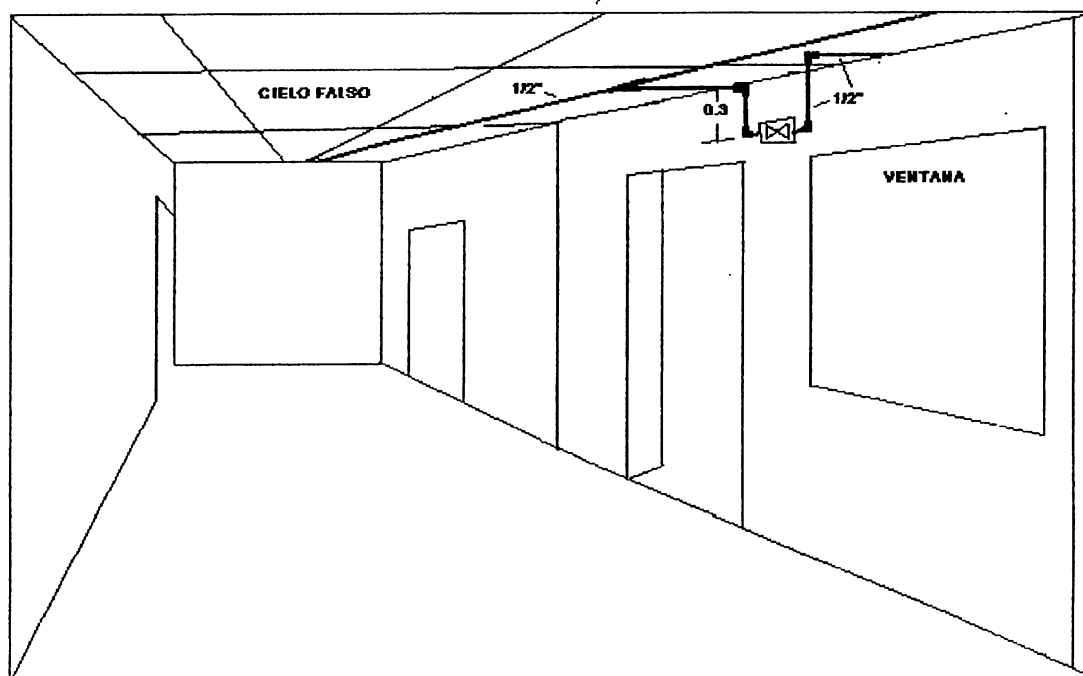
137--139	22.3	27.875	150	75	1/2.	0
139--141	19	23.75	140	70	1/2.	0
141--143	16.4	20.5	130	65	1/2.	0
143--144	3.28	4.1	10	5	3/8.	0
143-145	121.36	151.7	120	60	1/2.	0.09
145-146	5.24	6.55	60	30	1/2.	0
146-147	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
147-148	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
149-150	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
151-152	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
147-149	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
149-151	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
146-153	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
153-154	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
155-156	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
157-158	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
153-155	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
155-157	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
145-159	108.24	135.3	60	30	1/2.	0
159-160	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
160-161	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
162-163	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
164-165	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
160-162	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
162-164	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
159-166	13.12	16.4	30	15	1/2.	0
166-167	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
168-169	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
170-171	2.46	3.075	10	5	1/2.	0
166-168	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
168-170	6.56	8.2	10	5	1/2.	0
132--119	4.92	6.15	60	30	1/2.	0
120--121	2.72	3.4	10	5	3/8.	0
122--123	2.72	3.4	10	5	3/8.	0
126--127	2.72	3.4	10	5	3/8.	0
128--129	2.72	3.4	10	5	3/8.	0
119--120	5.25	6.5625	30	15	1/2.	0
120--122	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
119--126	20.66	25.825	30	15	1/2.	0
126--128	6.56	8.2	20	10	1/2.	0
122--125	9.28	11.6	10	5	3/8.	0
128--131	9.28	11.6	10	5	3/8.	0
					Perdidas totales del sistema:	2.806

4.3.5 Materiales Necesarios para la Propuesta de Red de Aire Comprimido

Tabla 4.15: Descripción y cantidad de Materiales a Utilizar para ampliar la Red de aire Comprimido

Red de Aire Comprimido		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CANTIDAD SUGERIDA
Tuberías tipo "L" de 1/2"	327.21 mts	409 mts
Tuberías Tipo "L" de 3/8"	2.4 mts	3 mts
Codos de cobre de 1/2"	69	69
Codos de cobre "T" de 1/2"	31	31
Tomas de oxígeno Ohmeda	24	24
Válvulas de corte de 1/2" con 1/4" de giro.	10	10
Reductores de 1/2" a 3/8"	30	30
Regulador de presión de Línea @ 55 Psi.	1	1
Alarmas locales	3	3

Figura 4.4: Ubicación de Válvulas de Corte o Zona



4.4 Red de Vacío Médico

4.4.1 Condiciones Actuales

La red de vacío médico actual, posee 27 entradas en los diferentes servicios del hospital, siendo éstos UCI (8 tomas), procedimientos especiales Rayos X (1 toma), Recuperación (6 tomas) y Sala de Operaciones (12 tomas).

4.4.2 Capacidad Instalada del Sistema de Vacío

Para determinar la capacidad instalada del sistema de vacío se hará uso de técnicas dadas por la NFPA, la cual se basa en calcular la demanda en SCFM que la bomba de vacío debe de proporcionar al sistema, trabajando a máxima carga.

Para calcular el caudal suministrado a máxima carga por parte de la bomba de vacío, en SCFM se hace uso de la siguiente fórmula:

$$SCFM = Na * 0.25 * UFa + Nb * 0.25 * UFb + Nor * 1.5.$$

Donde:

Na = Número de terminales tipo A.

Nb = número de terminales tipo B.

UFa = factor de uso para el total de terminales tipo A.

UFb = factor de uso para el total de terminales tipo B.

Nor = número de salas de operaciones.

La siguiente tabla muestra las áreas donde existe suministro de vacío y su clasificación (A o B) según la NFPA.

**Tabla 4.16: Clasificación de los tipos
De tomas de Vacío**

Área	Grupo de clasificación
Rayos X	A
Sala de operaciones	A
UCI	A
Recuperación	A

De la figura A4.1 que se encuentra en anexos, se encuentra que para un cantidad de 26 tomas tipo "A" y 1 toma tipo "B", el factor de uso es del 100%.

Por lo tanto, la capacidad de la bomba de vacío es la siguiente:

$$\text{Flujo Línea Principal} = 26 "A" \times 0.25 \times 1 + 1 "B" \times 0.25 \times 1 + 6 \text{ S.O.} \times 1.5$$

En SCFM

Flujo Línea Principal = 15.75

En SCFM

En este caso, debe buscarse un factor de corrección relacionado a la altitud sobre el nivel del mar del sistema de vacío del hospital, éste es obtenido en la tabla A4.2, en los anexos del presente capítulo.

Dado que el sistema de vacío se encuentra a una altura aproximada de 900 m (2972.76 pies), esta equivale a un factor de corrección de 1.12. De acuerdo a esto, el valor compensado de la carga pico total en SCFM será de:

$$SCFM = 15.75 * 1.12 = 17.64$$

Tomando en consideración la siguiente equivalencia:

1 SCFM = 28.31685 litros/min, entonces:

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 28.31685 * 17.64 \\ \text{Litros/min} &= 499.51 \text{ litros/min} \end{aligned}$$

Convirtiendo a m³/hr:

$$499.51 \frac{\text{litros}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ Hora}} = 29.97 \text{ m}^3/\text{h}$$

Debido a que el hospital posee un sistema dual⁶⁷ en el que la capacidad por bomba es de 1.5 KW (2 HP) y 1.85 KW (2.5 HP), puede observarse de la tabla suministrada por el fabricante de la bomba (ROTOMIL'S) que el modelo es de 16 R3 para la primera. Tal modelo tiene un flujo nominal a 60 ciclos por segundo de 30 m³/Hora, dato que resulta exacto para el cálculo obtenido a través del método de la NFPA. Obviamente esto supondrá un gran esfuerzo de las bombas a fin de poder rendir cuando el sistema trabaje al menos a un 70% de su capacidad, suceso que resulta hasta cierto punto poco probable.

⁶⁷ No debe olvidarse que un sistema dual implica que cada bomba debe ser capaz de manejar la demanda por sí sola, de manera totalmente independiente de la otra, la cual funciona como un ayudador ante la sobrecarga y como elemento de emergencia.

Este resultado muestra que el sistema de bombas posee un dimensionamiento adecuado para las condiciones actuales, ya que el sistema de bombas tiene como mínimo, la capacidad de manejar flujos de 30 m³/Hora, con el inconveniente que la red no puede ser ampliada, debido a tales circunstancias.

Cabe señalar que ante esto y otras observaciones más, como los costos y las necesidades clínicas reales, que no se propone dentro del capítulo de diseño, ampliar la red del sistema de vacío para el Hospital de Especialidades, sino más bien se expone si ésta cumple con el dimensionamiento calculado a partir de los métodos planteados.

4.4.3 Propuesta de diseño a la Red Actual

Para el caso de la red de vacío médico del hospital de Especialidades, no existe una propuesta de diseño alternativa, puesto que ante el diseño actual surgen tres valoraciones importantes.

- Capacidad Instalada insuficiente para nuevas ampliaciones, según se mencionó en el párrafo 4.4.2.
- No existe una necesidad Clínica de alto peso en los puntos en los cuales no existe red, tanto las Neurocirugías y Cirugías⁶⁸, aún tratándose de una unidad de cuidados intermedios como se sugiere.
- Los costos son muy elevados, tanto en la adquisición de nuevos compresores, como en la ampliación de la red (tubería, accesorios y posibles cambios en las tuberías principales, etc.).

4.4.4 Métodos de diseño y cálculo de la red de Vacío

Al igual que para el oxígeno, óxido nitroso y el aire comprimido, se hará uso de dos métodos de cálculo de las pérdidas de presión según los diámetros de tubería actuales. Estos datos deberán sugerir entonces, la capacidad actual de la red y las posibilidades de una ampliación de la misma.

4.4.4.1 Método CHEMETRON

En el cálculo de pérdidas de presión por el método de la regla CHEMETRON, al igual que los otros gases, se debe partir de una distribución arquitectónica de las tuberías de suministro, con las longitudes correspondientes de cada una de las secciones (en pies) con designación de caudales (SCFM) diferentes, a las cuales se les debe agregar un 25 ó 50% adicional a la longitud medida, con el propósito de

⁶⁸ En el caso de que exista la necesidad de succión, ésta puede ser cubierta a través del uso de bombas de succión portátiles.

abarcar las caídas de presión debido a codos, reguladores y accesorios que existen en la red.

4.4.4.1.1 Designación de caudal por sección.

Se debe considerar 1 SCFM por salida en sala de operaciones y en otras localizaciones anestésicas y 0.5 SCFM para otras áreas.

El caudal correspondiente a cada sección es la sumatoria de los caudales que alimentan a cada salida por sección de tubería.

4.4.4.1.2 Determinación de pérdidas por fricción

Para la determinación de pérdidas de presión por fricción en la regla CHEMETRON, se debe escoger un diámetro adecuado para la cantidad de caudal que manejará la sección, este se hace coincidir con la longitud asignada del tramo de tubería más la compensación de longitud por pérdidas adicionales. Habiendo realizado lo anterior, con el caudal correspondiente se busca en la parte inferior la pérdida por fricción respectiva.

Se debe tener presente que las pérdidas totales del sistema no deben superar las 4 Pulg Hg, como también en una línea de suministro.

La tabla siguiente muestra la matriz por sección del de tuberías y pérdidas totales del sistema en pulgadas de mercurio (Pulg. HG)

NOTA: los pasos a seguir en el cálculo de pérdidas de presión por la regla CHEMETRON son los mismos que en el ejemplo de oxígeno excepto, la designación de caudales.

**Tabla 4.17: Matriz de Cálculo para Vacío
Método CHEMETRON**

Tramos	Longitud (pies)	Longitud + 25%	Caudal (SCFM)	Caudal (lpm)	diámetro	Pérdida para 50% de factor de uso (Pulg. Hg)
1--2	150.38	187.98	19.5	552.16	1 1/4.	0.8
2--4	10.59	13.243	0.5	14.16	3/4.	0
2--5	113.55	141.94	19	538	1	1.78
5--6	39.688	49.61	4	113.26	1	0.048
6--8	10.59	13.24	0.5	14.16	3/4.	0
6--9	0.32	0.41	3.5	99.1	1	0
9--11	10.59	13.24	0.5	14.16	3/4.	0
9--12	18.368	22.96	3	84.95	1	0
12--13	18.7	23.37	1	38.31	1	0

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

13--15	9.94	12.42	0.5	14.16	3/4.	0
13--16	0.32	0.41	3.5	99.1	1	0
16--18	9.94	12.42	0.5	14.16	3/4.	0
12--19	11.8	14.76	2	56.63	1	0
19--20	7.87	9.84	1	28.31	1	0
20--21	2.72	3.4	0.5	14.16	3/4.	0
20--23	12.56	15.7	0.5	14.16	3/4.	0
19--24	7.87	9.84	1	28.31	1	0
24--25	2.72	3.4	0.5	14.16	3/4.	0
24--27	12.56	15.7	0.5	14.16	3/4.	0
5--28	2.62	3.28	15	424.74	1	0.084
28--47	5.25	6.56	3	84.95	1	0
47--48	4.92	6.15	1.5	42.47	1	0
48--49	2.72	3.4	0.5	14.16	3/4.	0
48--50	6.56	8.2	1	28.31	1	0
50--51	2.72	3.4	0.5	14.16	3/4.	0
50--53	9.28	11.6	0.5	14.16	3/4.	0
47--54	20.34	25.42	1.5	42.47	1	0
54--55	2.72	3.4	0.5	14.16	3/4.	0
54--56	6.56	8.2	1	28.31	1	0
56--57	2.72	3.4	0.5	14.16	3/4.	0
56--59	9.28	11.6	0.5	14.16	3/4.	0
28--29	3.28	4.1	12	339.79	1	0.059
29--30	8.53	10.66	2	56.63	3/4.	0
30--31	6.56	8.2	1	28.31	3/4.	0
29--32	11.48	14.35	10	283.16	1	0.063
32--33	7.87	9.84	2	56.63	3/4.	0
33--34	6.56	8.2	1	28.31	3/4.	0
32--35	19.02	23.78	8	226.53	1	0.074
35--36	7.87	9.84	2	56.63	3/4.	0
36--37	6.56	8.2	1	28.31	3/4.	0
35--38	22.3	27.88	6	169.89	1	0.052
38--39	7.87	9.84	2	56.63	3/4.	0
39--40	6.56	8.2	1	28.31	3/4.	0
38--41	19.02	23.78	4	113.26	1	0
41--42	7.87	9.84	2	56.63	3/4.	0
42--43	6.56	8.2	1	28.31	3/4.	0
41--44	16.4	20.5	2	56.63	1	0
44--45	4.59	5.74	2	56.63	3/4.	0
45--46	6.56	8.2	1	28.31	3/4.	0
				Perdidas totales		2.96

4.4.4.2 Método de la NFPA

El uso de NFPA para la determinación de pérdidas de presión para redes de vacío, requiere conocer ciertos términos importantes, los cuales facilitan la determinación de los caudales para cada tramo de tuberías. Dichos términos son:

- **Trayectoria principal:** es aquella trayectoria de tubería que alimenta a más de un cuarto.
- **Cuarto:** un cuarto es el equivalente a 6 cuartos que contienen tomas tipo "A" según se asignado en la tabla A4.4. Si hay más cuartos, cada cuarto se toma como uno individual.
- **Trayectoria ramal:** sistema de tubería que alimenta a un solo cuarto.

4.4.4.2.1 Cálculo del caudal en trayectoria principal.

Para calcular los caudales en trayectorias principales se debe de utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal (SCFM)} = N_a \times 0.25 \times F_{Ua} + N_b \times 0.25 \times F_{Ub} + N_{sop} \times 1.5$$

Donde:

N_a: cantidad de tomas existentes del tipo "A" que debe alimentar el tramo de tubería.

F_{Ua}: factor de uso asignado de acuerdo al número de tomas tipo "A" existentes. Ver figura A4.1

N_b: cantidad de tomas existentes del tipo "B" que debe alimentar el tramo de tubería.

F_{Ub}: factor de uso asignado de acuerdo al numero de tomas tipo "B" existentes. Ver figura A4.1

N_{sop}: cantidad de salas de operaciones próximas a ese tramo.

Para el cálculo de los caudales en las trayectorias ramales se debe de utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal en trayectoria ramal (SCFM)} = N \times 1.5 \times FU$$

Donde,

N: números de salidas (tipo "A" o "B")

FU: factor de uso. Ver figura A4.1

4.4.4.2.2 Determinación de la pérdida de presión

Con en caudal encontrado para el tramo de tubería y con el diámetro de tubería propuesto, se procede a determinar de la figura A4.2 las pérdidas en pulgadas de mercurio para longitudes de 100 pies de tuberías y 15 pulgadas de mercurio de presión de trabajo.

Para determinar las pérdidas de presión para otros niveles de presión de vacío diferentes de 15 Pulgadas de Hg, se debe dividir la pérdida de presión encontrada por la siguiente relación:

30 - Nuevo Nivel de Vacío

15

Luego de encontrar la pérdida equivalente en 100 pies de tubería, se debe calcular para la longitud requerida.

4.4.4.2.3 Ejemplo de Cálculo

Para mostrar un ejemplo de cálculo de la pérdida de presión para vacío, se presenta un ejemplo de cálculo en la sección A4.5 en los anexos del capítulo.

4.5 Conclusiones acerca del Capítulo

4.5.1 Conclusiones acerca de los Métodos de Cálculo empleados:

Según pudo observarse en las secciones anteriores, se han descrito ciertos procedimientos para el cálculo de las pérdidas de presión en los diferentes sistemas, presentando para ello, dos diferentes métodos de cálculo por sistema, ya sea para el cálculo de redes de oxígeno, aire comprimido, óxido nitroso o vacío.

De los procedimientos utilizados, los destacados son el método MEDAES y el método CHEMETRON, los cuales fueron descritos para el cálculo de la red de oxígeno, óxido nitroso y aire comprimido. En el caso del vacío se hizo uso del método de la NFPA y el método CHEMETRON. A partir de ello, se vuelve necesario resaltar aquellos elementos que cada uno de ellos considera, lo cual se muestra en la tabla 4.15.

Tabla 4.18: Tabla Comparativa Métodos
De Cálculo de Pérdida de Presión

Elementos que Considera	CHEMETRON	MEDAES	NFPA
Oxígeno, Óxido Nitroso, Aire Comprimido			
Longitud correspondiente a la sección	Sí	Sí	-----
Factor de compensación de pérdidas por codos, reguladores, válvulas, etc.	25%*	50%	-----
El número total de salidas a alimentar	Sí	Sí	-----

Flujo por Salida	20 LPM	10 LPM	-----
Factor de uso	50 %	Variable ⁶⁹	-----
Método de Cálculo de las Pérdidas de presión	Regla	Tablas	-----
Vacío			
Longitud correspondiente a la sección	Sí	Sí	Sí
Factor de Compensación	25%*	50%	50%
Designación del Caudal	Según No Salidas	Según No Salidas	Según Áreas
Factor de uso	50%	Variable	Variable
Método de Cálculo de las Pérdidas de Presión	Regla	Tablas	Gráfico

De acuerdo a lo anterior, puede notarse que el método MEDAES tiende a incorporar más elementos de juicio para el cálculo, mientras que el método CHEMETRON es un método más sencillo y directo. En cuanto al método de la NFPA puede observarse según lo descrito también en la sección 4.4.4.2 y A4-5 que se trata de un método mucho más profundo que los anteriores debido a los criterios que abarca. Cabe destacar que el método que más se valoró para los diseños propuestos tanto en oxígeno, aire comprimido fue el método de MEDAES, y esto a razón tanto de lo dicho anteriormente, como por los resultados obtenidos, los cuales van más arriba de la regla CHEMETRON.

En el caso del sistema de vacío, puede notarse en la sección 4.4.4.1 que las pérdidas de presión para la red actual están acorde a lo especificado⁷⁰, mientras que la NFPA aún para el cálculo de un tramo de tubería casi llegan a las 8 pulgadas de mercurio. Debe recordarse sin embargo, que el método de la NFPA asume una presión de trabajo, la cual no ha podido ser constatada para el hospital en estudio, ya que no existen manómetros que permitan obtener una idea acerca de la medida de la presión de vacío con la cual se trabaja en las diferentes áreas. Por lo tanto, resultaría muy curioso verificar si las presiones en las entradas corresponden a un mínimo de 15 pulgadas de Mercurio, lo cual estaría acorde a la pérdida máxima de 4 pulgadas para el sistema completo. Lamentablemente aspectos como el citado, se convirtieron en una limitante más al proyecto.

4.5.2 Acerca de las propuestas:

En cuanto a las propuestas de diseño presentadas, es importante sugerir el uso de oxígeno líquido en lugar de gaseoso como algo totalmente necesario para las características de consumo del hospital. Aunque, no deberá olvidarse que antes de proceder a su uso, es necesario mejorar las condiciones actuales de la red de

⁶⁹ Se determina a partir del número de tomas que son alimentados a través de la sección de tubería.

* No existe un factor específico determinado por CHEMETRON, aunque se ha asumido un factor del 25%

⁷⁰ Menos de 4 pulgadas de Mercurio.

suministro de oxígeno. Ante eso, la propuesta de diseño de oxígeno ameritaría una discusión muy amplia.

De igual forma, para las propuestas de diseño de aire comprimido, deberá ser imperativo que tanto el personal a cargo de la implementación como del personal clínico, establezcan las bases para la minimización del impacto que su aplicación implicaría en el hospital. Es por ello, que la propuesta de la red paralela, al igual que en el caso del oxígeno, se torna la más adecuada a las condiciones actuales del hospital.

Se aclara que para el caso de la red de óxido nitroso, no se muestra un procedimiento de cálculo de las pérdidas de presión debido a que el diámetro de tubería, al igual que para el caso del oxígeno, se encuentra bajo la norma⁷¹. Esto naturalmente, impide la aplicabilidad de los métodos, ya que éstos fueron creados bajo tales criterios de norma.

⁷¹ Menor a $\frac{1}{2}$ " de diámetro nominal.

4.6 ANEXOS

Tabla A4.1: Pérdida de Presión en PSI para 100 pies
De Tubería para Oxígeno

MEDAES OXÍGENO						
LPM	SCFM	1/2"	3/4"			
10	0.35	0.004	0			
20	0.71	0.013	0.003			
30	1.06	0.025	0.005			
40	1.41	0.041	0.008			
50	1.77	0.06	0.012			
60	2.12	0.082	0.016			
70	2.47	0.107	0.021			
80	2.82	0.135	0.026			
90	3.18	0.166	0.032			
100	3.53	0.199	0.039			
120	4.24	0.274	0.053			
140	4.94	0.359	0.069			
160	5.65	0.454	0.087			
180	6.36	0.558	0.107	1"		
200	7.06	0.672	0.129	0.033		
220	7.77	0.795	0.153	0.039		
240	8.47	0.927	0.178	0.045		
260	9.18	1.068	0.205	0.052		
280	9.89	1.218	0.233	0.059		
300	10.59	1.377	0.263	0.066		
350	12.36	1.811	0.346	0.087		
400	14.12	2.298	0.438	0.11		
450	15.89	2.837	0.539	0.135		
500	17.66	3.426	0.65	0.163	1 1/4"	
550	19.42		0.771	0.193	0.066	
600	21.19		0.9	0.225	0.077	
650	22.95		1.038	0.26	0.089	
700	24.72		1.185	0.296	0.101	
800	28.25		1.505	0.375	0.128	
900	31.78		1.859	0.463	0.156	1 1/2"
1000	35.31		2.247	0.559	0.191	0.083
1100	38.84		2.667	0.663	0.226	0.099
1200	42.37		3.121	0.775	0.264	0.115
1300	45.9		3.607	0.895	0.305	0.133
1400	49.44	2"	4.125	1.022	0.348	0.151

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

1500	52.97	0.045		1.157	0.394	0.171
1600	56.5	0.05		1.299	0.442	0.192
1700	60.03	0.056		1.449	0.493	0.214
1800	63.56	0.062		1.507	0.546	0.237
1900	67.09	0.068	2 1/2"	1.772	0.602	0.261
2000	70.62	0.075	0.026	1.944	0.66	0.287
2300	81.21	0.096	0.034	2.503	0.849	0.368
2600	91.81	0.12	0.042	3.127	1.059	0.459
2900	102.4	0.146	0.051	3.813	1.29	0.559
3200	112.99	0.174	0.061	3"	1.542	0.667
3500	123.59	0.204	0.072	0.031	1.814	0.785
3800	134.18	0.237	0.083	0.036	2.107	0.911
4100	144.77	0.271	0.095	0.041	2.419	1.045
4400	155.37	0.308	0.108	0.046	2.751	1.188
4700	165.96	0.347	0.122	0.052	3.102	1.339
5000	176.55	0.388	0.136	0.058		1.498
5300	187.15	0.431	0.151	0.065		1.665
5600	197.74	0.477	0.167	0.071		1.841

**Tabla A4.2: Pérdida de Presión en PSI para 100 pies
 De Tubería para Óxido Nitroso**

MEDAES ÓXIDO NITROSO Y DIOXIDO DE CARBONO						
LPM	SCFM	1/2"				
10	0.35	0.004				
20	0.71	0.014				
30	1.06	0.029				
40	1.41	0.047				
50	1.77	0.07				
60	2.12	0.096				
70	2.47	0.125				
80	2.82	0.159				
90	3.18	0.195	3/4"			
100	3.53	0.235	0.045			
120	4.24	0.324	0.062			
140	4.94	0.425	0.081			
160	5.65	0.539	0.103			
180	6.36	0.664	0.127	1"		
200	7.06	0.802	0.153	0.038		
220	7.77	0.95	0.181	0.045		
240	8.47	1.11	0.211	0.053		
260	9.18	1.281	0.243	0.061		
280	9.89	1.463	0.278	0.07		
300	10.59	1.656	0.314	0.079		
350	12.36	2.186	0.413	0.103		
400	14.12	2.781	0.525	0.131		
450	15.89	3.442	0.648	0.162		
500	17.66	4.166	0.783	0.195	1 1/4"	1 1/2"
550	19.42		0.929	0.231	0.079	0.034
600	21.19		1.087	0.27	0.092	0.04
650	22.95		1.256	0.312	0.106	0.046
700	24.72		1.436	0.356	0.121	0.053
800	28.25		1.829	0.453	0.154	0.067
900	31.78		2.264	0.56	0.19	0.083
1000	35.31		2.742	0.677	0.023	0.1
1100	38.84		3.262	0.804	0.273	0.118
1200	42.37		3.824	0.941	0.319	0.139
1300	45.9			1.088	0.369	0.16
1400	49.44			1.245	0.422	0.183
1500	52.97			1.411	0.478	0.207
1600	56.5			1.587	0.537	0.232
1700	60.03			1.772	0.599	0.259

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

1800	63.56			1.967	0.665	0.288
1900	67.09	2"	2 1/2"	2.171	0.733	0.317
2000	70.62	0.09	0.032	2.385	0.805	0.348
2250	79.45	0.112	0.039	2.959	0.997	0.431
2500	88.28	0.135	0.047	3.589	1.208	0.521
2750	97.1	0.161	0.056		1.437	0.62
3000	105.93	0.188	0.066		1.685	0.726
3250	114.76	0.217	0.076		1.951	0.84
3500	123.59	0.249	0.087		2.235	0.962
3750	132.42	0.282	0.099		2.537	1.091
4000	141.24	0.317	0.111		2.857	1.228
4250	150.07	0.354	0.124		3.194	1.372
4500	158.9	0.392	0.137			1.524
4750	167.73	0.433	0.151			

**Tabla A4.3: Pérdida de Presión en PSI para 100 pies
 De Tubería para Aire Comprimido**

AIRE COMPRIMIDO MEDAES						
LPM	SCFM	1/2"	3/4"			
10	0.35	0.004	0.001			
20	0.71	0.012	0.002			
30	1.06	0.023	0.005			
40	1.41	0.037	0.007			
50	1.77	0.055	0.011			
60	2.12	0.075	0.015			
70	2.47	0.098	0.019			
80	2.82	0.123	0.024			
90	3.18	0.151	0.029			
100	3.53	0.182	0.035			
120	4.24	0.25	0.048			
140	4.94	0.327	0.063			
160	5.65	0.413	0.08			
180	6.36	0.508	0.098	1"		
200	7.06	0.611	0.118	0.03		
220	7.77	0.723	0.139	0.035		
240	8.47	0.843	0.162	0.041		
260	9.18	0.972	0.186	0.047		
280	9.89	1.108	0.212	0.054	1 1/4"	
300	10.59	1.253	0.24	0.06	0.021	
350	12.36	1.648	0.314	0.079	0.027	
400	14.12	2.09	0.398	0.1	0.034	
450	15.89	2.58	0.491	0.123	0.042	
500	17.66	4.116	0.592	0.148	0.051	1 1/2"
550	19.42		0.701	0.176	0.06	0.026
600	21.19		0.819	0.205	0.07	0.031
650	22.95		0.944	0.236	0.081	0.035
700	24.72		1.078	0.269	0.092	0.04
800	28.25		1.369	0.342	0.117	0.051
900	31.78		1.691	0.421	0.144	0.063
1000	35.31		2.044	0.509	0.174	0.076
1100	38.84		2.426	0.603	0.206	0.09
1200	42.37		2.838	0.705	0.24	0.105
1300	45.9		3.279	0.814	0.227	0.121
1400	49.44	2"	3.75	0.929	0.317	0.138
1500	52.97	0.041	4.249	1.052	0.358	0.156
1600	56.5	0.046		1.182	0.402	0.175
1700	60.03	0.051		1.318	0.448	0.195

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

1800	63.56	0.056		1.461	0.497	0.216
1900	67.09	0.062	2 1/2"	1.611	0.547	0.238
2000	70.62	0.068	0.024	1.767	0.6	0.261
2300	81.21	0.087	0.031	2.276	0.772	0.335
2500	88.28	0.102	0.036	2.647	0.897	0.389
2700	95.34	0.117	0.041	3.044	1.031	0.447
2900	102.4	0.132	0.047	3"	1.173	0.508
3100	109.46	0.149	0.053	0.023	1.324	0.573
3300	116.53	0.167	0.059	0.025	1.483	0.642
3500	123.59	0.186	0.065	0.028	1.649	0.714
3700	130.65	0.205	0.072	0.031	1.824	0.789
3900	137.71	0.225	0.079	0.034	2.008	0.868
4100	144.77	0.247	0.087	0.037	2.199	0.95
4300	151.84	0.269	0.095	0.04	2.398	1.036
4500	158.9	0.292	0.103	0.044	2.605	1.125
LPM	SCFM	2"				
3100	109.46	0.149				
3300	116.53	0.167				
3500	123.59	0.166				
3700	130.65	0.205	2 1/2"			
3900	137.71	0.225	0.079			
4100	144.77	0.247	0.087			
4300	151.84	0.269	0.095			
4500	158.9	0.292	0.103			
4700	165.96	0.316	0.111			
4900	173.02	0.34	0.119			
5100	180.08	0.366	0.128			
5300	187.15	0.392	0.138			
5500	194.21	0.419	0.147			
5700	201.27	0.447	0.157	3"		
5900	208.33	0.476	0.167	0.071		
5000	211.86	0.491	0.172	0.073		
6250	220.69	0.529	0.185	0.079		
6500	229.52	0.567	0.199	0.085		
6750	238.35	0.608	0.213	0.091		
7000	247.18	0.649	0.227	0.097		
7250	256	0.692	0.242	0.103		
7500	264.83	0.736	0.258	0.11		
7750	273.66	0.781	0.273	0.116		
8000	282.49	0.79	0.29	0.123		
8250	291.31	0.875	0.306	0.13		
8500	300.14	0.924	0.323	0.138		
8750	308.97	0.974	0.341	0.145		

9000	317.8	1.025	0.358	0.153		
9250	326.62	1.078	0.377	0.16		
9500	335.45	1.132	0.395	0.168		
9750	344.28	1.187	0.415	0.176		
10000	353.11	1.243	0.434	0.185		
10250	361.94	1.3	0.454	0.193		
10500	370.76	1.358	0.474	0.202		
10750	379.59	1.418	0.495	0.21	4"	
11000	388.42	1.479	0.516	0.219	0.056	
11500	406.07	1.604	0.56	0.238	0.061	
12000	423.73	1.734	0.605	0.257	0.066	
12500	441.38	1.869	0.651	0.277	0.071	
12000	459.04	2.08	0.7	0.297	0.076	
13500	476.69	2.152	0.749	0.318	0.081	
14000	494.35	2.3	0.801	0.34	0.087	
14500	512.01	2.453	0.854	0.362	0.093	
15000	529.66	2.611	0.908	0.385	0.098	
15500	547.32	2.773	0.964	0.409	0.104	
16000	564.97	2.94	1.022	0.433	0.111	
16500	582.63		1.081	0.458	0.117	
17000	600.28		1.142	0.484	0.124	
17500	617.94		1.204	0.51	0.13	
18000	635.59		1.268	0.537	0.137	
18500	653.25		1.333	0.565	0.144	
19000	670.9		1.4	0.593	0.151	
19500	688.56		1.468	0.622	0.158	

Perdidas de presión en puntos por pulgadas cuadradas (Psi) por 100 pies de tuberías de ASTM B819 tipo K de cobre para aire a 55 PSI de presión y 68 °F

**Tabla A4.4: Pérdida de Presión en PSI para 100 pies
 De Tubería para Vacío**

MEDAES VACÍO MÉDICO						
LPM	SCFM		3/4"			
10	0.35		0.019			
20	0.71		0.061			
30	1.06		0.12			
40	1.41		0.194			
50	1.77		0.284			
60	2.12		0.387			
70	2.47		0.504			
80	2.82		0.634			
90	3.18		0.777	1"		
100	3.53		0.932	0.238		
120	4.24		1.277	0.325		
140	4.94		1.669	0.424		
160	5.65		2.106	0.534		
180	6.36		2.586	0.655	1 1/4"	
200	7.06		3.11	0.787	0.272	
220	7.77		3.674	0.929	0.321	
240	8.47		4.28	1.081	0.373	
260	9.18		4.927	1.243	0.429	
280	9.89		5.613	1.416	0.488	1 1/2"
300	10.59		6.338	1.597	0.551	0.242
320	11.3			1.78	0.616	0.27
340	12.01			1.99	0.685	0.3
360	12.71			2.2	0.757	0.332
380	13.42			2.419	0.832	0.365
400	14.12			2.648	0.911	0.399
420	14.83			2886	0.992	0.435
440	15.54			3.132	1.077	0.471
460	16.24			3.388	1.164	0.51
480	16.95			3.652	1.254	0.549
500	17.66	2"		3.925	1.348	0.59
520	18.36	0.167		4.207	1.444	0.632
540	19.07	0.179		4.498	1.543	0.675
560	19.77	0.19		4.797	1.646	0.72
580	20.48	0.202		5.104	1.751	0.766
600	21.19	0.215	2 1/2"	5.42	1.859	0.813
700	24.72	0.281	0.1		2.441	1.066
800	28.25	0.356	0.126		3.092	1.35

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

900	31.78	0.438	0.155		3.811	1.662
1000	35.31	0.527	0.187		4.596	2.004
1100	38.84	0.624	0.221	3"	5.446	2.373
1200	42.37	0.728	0.258	0.111	6.36	2.77
1300	45.9	0.838	0.297	0.128		3.194
1400	49.44	0.956	0.338	0.145		3.645
1500	52.97	1.081	0.382	0.164		4.122
1600	56.5	1.212	0.429	0.184		4.626
1800	63.56	1.495	0.528	0.227		
2000	70.62	1.803	0.637	0.273		
2200	77.68	2.138	0.755	0.323		
2400	84.75	2.497	0.881	0.378		
2600	91.81	2.882	1.016	0.435		
2800	98.87	3.291	1.16	0.497		
3000	105.93	3.724	1.312	0.562		
3200	112.99	4.181	1.472	0.63		
		2 1/2"	3"			
1800	63.56	0.528	0.227			
2000	70.62	0.637	0.273			
2200	77.58	0.755	0.323			
2400	84.75	0.881	0.278			
2600	91.81	1.016	0.435			
2800	98.87	1.16	0.497			
3000	105.93	1.312	0.562			
3200	112.99	1.472	0.63			
3400	120.06	1.641	0.702	4"		
3600	127.12	1.818	0.777	0.201		
3800	134.18	2.003	0.856	0.221		
4000	141.24	2.196	0.939	0.242		
4200	148.31	2.397	1.024	0.264		
4400	155.37	2.606	1.113	0.287		
4600	162.43	2.822	1.205	0.311		
4800	169.49	3.047	1.301	0.335		
5000	176.55	3.279	1.4	0.361		
5200	183.62	3.519	1.502	0.387		
5400	190.68	3.766	1.607	0.414	6"	
5600	197.74	4.031	1.716	0.442	0.066	
5800	204.8		1.828	0.47	0.07	
6000	211.86		1.942	0.5	0.074	
6200	218.93		2.061	0.53	0.079	
6400	225.99		2.182	0.561	0.083	
6600	233.05		2.306	0.593	0.088	
6800	240.11		2.433	0.626	0.093	

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

7000	247.18		2.564	0.659	0.098	
7200	254.24		2.697	0.693	0.103	
7400	361.3		2.834	0.728	0.108	
7600	368.36		2.973	0.764	0.113	
7800	275.42		3.116	0.8	0.119	
8000	282.49		3.262	0.838	0.124	
8200	289.55		3.411	0.876	0.13	
8400	296.61		3.563	0.914	0.136	
8600	303.67		3.717	0.954	0.142	
8800	310.73		3.875	0.994	0.147	
9000	317.8		4.036	1.035	0.154	
9200	324.86		4.199	1.077	0.16	
9400	331.92		4.366	1.12	0.166	
9600	338.98		4.535	1.163	0.172	8"
9800	346.05			1.207	0.179	0.047
10000	353.11			1.252	0.185	0.049
11000	388.42			1.486	0.22	0.058
12000	423.73			1.739	0.257	0.068
13000	459.04			2.01	0.297	0.078
14000	494.35			2.298	0.339	0.089
15000	529.66			2.604	0.384	0.101
16000	564.97			2.927	0.431	0.113
17000	600.28			3.268	0.481	0.126
18000	635.59			3.625	0.534	0.14
19000	670.9			3.999	0.588	0.154
20000	706.21			4.369	0.645	0.169
21000	741.53				0.705	0.185

Pérdidas de presión para vacío en pulgadas de mercurio (Pulg. Hg) por 100 pies de tuberías de ASTM B819 tipo K de cobre para aire a 19 pulg. Hg de presión y 68 °F

**Tabla A4.5: Tabla de compensación de flujo
Debido a alturas**

Altitud pies	Presión barométrica normal (pulgadas de mercurio)	Multiplicador usado para un SCFM requerido
0	29.92"Hg(760 mm Hg)	1.0
500	29.39"Hg(760 mm Hg)	1.02
1000	28.36"Hg(747mm Hg)	1.04
1500	28.33"Hg(733mm Hg)	1.06
2000	27.82"Hg(707 mm Hg)	1.08
2500	27.32"Hg(694 mm Hg)	1.10
3000	26.82"Hg(681 mm Hg)	1.12
3500	26.33"Hg(669 mm Hg)	1.14
4000	25.84 Hg(656 mm Hg)	1.16
5000	24.90 Hg(633mm Hg)	1.20
6000	23.98"Hg(609 mm Hg)	1.25
7000	23.09"Hg(587 mm Hg)	1.30
8000	22.23"Hg(565 mm Hg)	1.35
9000	21.39"Hg(543 mm Hg)	1.40
10000	20.58"Hg(523 mm Hg)	1.45

**Tabla A4.6: Determinación del Grupo de uso
Para entradas de vacío**

Localización	Grupo de uso
Cuartos de operaciones y localizaciones anestésicas	A
Cistoscopia	A
Salas de partos	A
Procedimientos especiales	A
Sala de recuperación	A
UCI	A
Procedimientos especiales	A
Cuartos de emergencia	A
Laboratorio de cateterización	B
Unidad de diálisis	B
Nurserías	B
Cuartos de pacientes	B
Cuartos de tratamientos y exámenes	B
Autopsia	B

A4-1 Ejemplo de cálculo de Pérdidas de presión por el Método de MEDAES para Redes de distribución de Oxígeno:

Para el tramo de tubería 1-65 de la red de oxígeno propuesta se detalla los pasos a seguir para el cálculo de pérdida de presión de la sección 1--2

1. Primeramente se debe determinar a partir de los planos arquitectónicos, la longitud correspondiente de la sección, lo que para este caso es de 98.30 pies
2. La longitud correspondiente en el paso anterior se multiplica por un factor de 1.5 para compensar pérdidas debido a codos, reguladores, válvulas, etc. Lo que equivale a 147.45 pies, correspondiente al tramo.
3. Se determina la cantidad de salidas de oxígeno que están posterior a dicha sección de tuberías, donde se tienen un total de 42.
4. EL número de salidas de oxígeno se multiplica por 10, esto dará el caudal que manejará dicha sección en litros / minuto. Para dicho sección es de 420 lpm.
5. De la tabla 4-1 se determina el factor de uso de acuerdo al número de tomas que maneja dicha sección, para 42 tomas equivale a 50% de factor de flujo por salida.
6. Aplicando el 50% de factor de uso al caudal de la sección, se tiene: $420 * 0.5 = 210$ litros / minuto
7. De la tabla 4.1 se determina el caudal mínimo de dicha sección en función del número salidas correspondientes, lo que para 42 salidas equivale a 190 lpm.
8. Luego se procede a calcular la pérdida de presión de la sección utilizando el caudal más alto entre los numerales 6 y 7. De la tabla A4.1 se calcula la pérdida de presión equivalente a 100 pies de tuberías. Para un caudal de 210 litros y $\frac{3}{4}$ " de diámetro se tiene una pérdida de 0.153 PSI.
9. Para encontrar la pérdida de presión equivalente a la longitud de la sección se tiene: $(0.153 * 147.45 \text{ pies}) / 100 = 0.2256 \text{ PSI}$.
10. Se deben repetir todos los pasos anteriores para cada sección del sistema de tuberías y asegurar de que las pérdidas de presión en todo el sistema y en un tramo de tubería que alimenta a una salida de gas, no sobrepasen los 5 PSIG de presión.

Tabla A4.7: Matriz de Cálculo para una línea⁷² de Suministro para la Red de Oxígeno. MEDAES

MÉTODO MEDAES														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Sección de tuberías	Longitud medida (Pies)	Longitud Efectiva (B x 1.5)	Presión del sistema al inicio de la sección (Psi)	Caída de presión disponible (E-N)	Número de salidas por sección	Caudal por sección (F x 10) (LPM).	Factor de uso (%) Fig (4-16)	Ajuste de flujo (GxH/100) (LPM)	Flujo mínimo por rama (LPM) (Fig 4-16)	Flujo de sección usando el caudal mas alto de columna I o J	Diámetro (pulg)	Pérdida de presión para 100 pies de tubería (Psi/Pies)	Pérdidas de presión por sección (CxM/100) (Psi).	Presión del sistema al final de cada sección (D-N) (PSI)
TRAMO 1-65														
1--2	98.30	147.45	55	5	42	420	50	210	190	210	$\frac{1}{4}$.	0.153	0.2256	54.7744
2--30	113.49	170.23	54.7744	4.7744	30	300	50	150	190	190	$\frac{1}{2}$.	0.672	1.1440	53.6304
30--44	74.13	111.19	53.6304	3.6304	24	240	75	180	100	180	$\frac{1}{2}$.	0.558	0.6205	53.0100
44-45	37.72	56.58	53.0100	3.0100	12	120	75	90	100	100	$\frac{1}{2}$.	0.199	0.1126	52.8974
45--59	108.57	162.85	52.8974	2.8974	6	60	100	60	100	100	$\frac{1}{2}$.	0.199	0.3241	52.5733
59--60	13.12	19.68	52.5733	2.5733	3	30	100	30	100	100	$\frac{1}{2}$.	0.199	0.0392	52.5342
60--62	6.56	9.84	52.5342	2.5342	2	20	100	20	100	100	$\frac{1}{2}$.	0.199	0.0196	52.5146
62--64	6.56	9.84	52.5146	2.5146	1	10	100	10	100	100	$\frac{1}{2}$.	0.199	0.0196	52.4950
64--65	2.46	3.69	52.4950	2.4950	1	10	100	10	100	100	$\frac{1}{2}$.	0.199	0.0073	52.4876
												SUMA:	2.5124	

⁷² El término Tramo o línea hace referencia a la longitud de tubería que va desde la fuente hasta la salida.

A4-2 Ejemplo de cálculo de Pérdidas de presión por el Método de CHEMETRON para Redes de distribución de Oxígeno:

Para el tramo de tubería 1-65 de la red de oxígeno propuesta se detalla los pasos a seguir para el cálculo de pérdida de presión de la sección 1--2

1. Primeramente se debe determinar a partir de los planos arquitectónicos, la longitud correspondiente de la sección, lo que para este caso es de 98.30 pies
2. La longitud correspondiente en el paso anterior se multiplica por un factor de 1.25 para compensar pérdidas debido a codos, reguladores, válvulas, etc. Lo que equivale a 122.8 pies, correspondiente al tramo.
3. Se determina la cantidad de salidas de oxígeno que están posterior a dicha sección de tuberías, donde se tienen un total de 42.
4. EL número de salidas de oxígeno se multiplica por 20, esto dará el caudal que manejará dicha sección en litros / minuto. Para dicho sección es de 840 lpm.
5. CHEMETRON sugiere aplicar un factor de uso del 50% por cada salida de gas. Aplicando el 50% de factor de uso al caudal de la sección, se tiene: $840 * 0.5 = 420$ litros / minuto.
6. Con la longitud correspondiente de 122.88 y con un diámetro de $\frac{3}{4}$ " se obtiene que para un caudal de 420 litros se tiene una pérdida de presión de 0.4 PSI.
7. Se deben repetir todos los pasos anteriores para cada sección del sistema de tuberías y asegurar de que las pérdidas de presión en todo el sistema y en un tramo de tubería que alimenta a una salida de gas, no sobrepasen los 5 PSIG de pérdidas de presión.

A4-3 Ejemplo de cálculo de Pérdidas de presión por el Método de MEDAES para Redes de distribución de aire comprimido:

Calculando las pérdidas de presión para la sección de tuberías 1-2 de la red propuesta de aire comprimido se tiene:

- Longitud del tramo de tubería: 234.68 pies
- Longitud tramo con 50% compensación de pérdidas: $234.68 * 1.5 = 352.02$ pies

- Determinación del caudal: para la determinación del caudal se hace uso de la tabla 4.7 la cual muestra los caudales y factor de uso para las diferentes áreas

Tabla A4.8: Caudal de la sección de tubería 1-2

Area	Caudal (LPM)	Factor de uso	Unidad	Total (LPM)
Neurología mujeres	60/cuarto	50%	1	30
Neurología hombres	60/cuarto	50%	1	30
Cirugía mujeres	60/cuarto	50%	1	30
Cirugía hombres	60/cuarto	50%	1	30
Medicina III	60/cuarto	50%	1	30
Medicina IV	60/cuarto	50%	1	30
Medicina V	60/cuarto	50%	1	30
Total de la sección 1-2				210

Según la tabla A4.3 de pérdidas de MEDAES, se tiene que para un diámetro de 1/2" y un caudal de 210 LPM, éste último se aproxima a la cantidad inmediata superior la cual es 220 LPM, por lo que la pérdida de presión será de 0.723 Psi/pie.

Para obtener la pérdida equivalente a 352.02 pies, se utiliza la siguiente ecuación:

Pérdida de presión en la sección 1-2 = (pérdida para 100 pies de tuberías x tramo de tubería) / 100

Resolviendo:

$$\text{Pérdida de presión en la sección 1-2} = 0.723 \times 352.02 \text{ pies} / 100 \text{ pies} = 2.5451 \text{ Psi.}$$

A4-4 Ejemplo de Cálculo Método CHEMETRON para Aire Comprimido: en la tabla A4.9, se muestran los cálculos realizados para el tramo de tubería 1-171 para aire comprimido. En la sección A4-2 se muestran los pasos para realizar el procedimiento de cálculo.

Tabla A4.9: Matriz de Cálculo para algunos tramos de líneas de Suministro para la Red de Aire Comprimido. CHEMETRON

CHEMETRON					
A	B	C	D	E	F
Tramos	Longitud (pies)	Longitud + 25%	Caudal con 50% en factor de uso (LPM)	Diámetro (Pulg.)	Pérdida por tramos para 50% de simultaneidad (PSI)
TRAMO 1-171					
1-2	36.08	45.10	375	$\frac{3}{4}$.	0.118
2-21	115.95	144.94	345	$\frac{3}{4}$.	0.32
21-24	79.7	99.625	340	$\frac{1}{2}$.	1.75
24-95	25.9	32.375	190	$\frac{1}{2}$.	0.182
95-118	2.95	3.69	150	$\frac{1}{2}$.	0.036
118-132	0.32	0.40	120	$\frac{1}{2}$.	0
132-133	4.26	5.33	90	$\frac{1}{2}$.	0
133-135	11.15	13.94	85	$\frac{1}{2}$.	0
135-137	19	23.75	80	$\frac{1}{2}$.	0
137-139	22.3	27.88	75	$\frac{1}{2}$.	0
139-141	19	23.75	70	$\frac{1}{2}$.	0
141-143	16.4	20.50	65	$\frac{1}{2}$.	0
143-145	121.36	151.70	60	$\frac{1}{2}$.	0.09
145-159	108.24	135.30	30	$\frac{1}{2}$.	0
159-166	13.12	16.40	15	$\frac{1}{2}$.	0
166-168	6.56	8.20	10	$\frac{1}{2}$.	0
168-170	6.56	8.20	5	$\frac{1}{2}$.	0
170-171	2.46	3.08	5	$\frac{1}{2}$.	0
TOTAL DEL TRAMO					1.948 PSI

Los (1.948 PSI) representa la pérdida total en un tramo, desde la fuente de suministro hasta el toma mas lejano en la trayectoria 1-171 de la red propuesta.

A4-5 Ejemplo de Cálculo para El Sistema de Vacío Médico Método NFPA

Para efectos de cálculo se tomará el tramo de tubería 1-2 de la red actual de vacío del hospital.

Longitud del tramo = 150.38 pies

Longitud del tramo + 50% por compensación = 187.97 pies.

Característica del tramo: línea principal.

Designación de caudal:

Caudal (SCFM) = $N_a \times 0.25 \times F_{Ua} + N_b \times 0.25 \times F_{Ub} + N_{sop} \times 1.5$.

Caudal (SCFM) = $26 \times 0.25 \times 1 + 1 \times 0.25 \times 1 + 6 \times 1.5$

Caudal (SCFM) = 15.75.

Antes de asignar este caudal se debe de comparar con el encontrado en la rama más lejana y asignar el mayor.

Debido a que la rama más lejana es la que supe a quirófanos con un caudal de 18 SCFM, el caudal a asignar será este último.

Según la figura A4.2, para un diámetro de $1 \frac{1}{4}$ " y 18 SCFM, la pérdida de presión para 100 pies de tubería y 15 Pulgadas de Hg de nivel de presión de trabajo, es de aproximadamente 1 pulgada de Hg.

Debido a que el nivel máximo de presión es de 19 Pulgadas de Hg, el factor que divide la pérdida de presión encontrada será de 0.73.

Perdida de presión asignada

Para 100 pies de tubería = $1 \text{ Pulgada Hg} / 0.73 = 1.37$

La pérdida de presión para la longitud del tramo equivalente, se determina de la siguiente manera:

Pérdida de Presión Tramo 1-2 = $(\text{pérdida para 100 pies de tubería} \times \text{longitud del tramo (pies)} / 100)$

Por consiguiente, la pérdida de presión equivalente para el tramo 1-2 será de:

Perdida equivalente = $1.37 \times 187.97 / 100 = 2.57 \text{ Pulg Hg}$.

Este valor significa una pérdida bastante alta para dicho tramo, tomando en cuenta que la pérdida total en toda una línea de suministro no debe de exceder las 4" de Hg.

En la tabla 4.12 se resumen los cálculos para una línea de suministro de vacío.

Tabla A4.10: Cálculo para Vacío
Método NFPA

MÉTODO NFPA VACÍO MÉDICO												
Sección de tuberías	Longitud medida (Pies)	Longitud Efectiva (B x 1.25)	Tomas tipo A	Tomas tipo B	Fórmula	Designación de flujo por sección (SCFM)	Flujo en la rama mas lejana (SCFM)	Flujo de uso (SCFM)	Diámetro (pulg.)	Pérdida para 100 pies de tubería (pulg. Hg)	Perdida para nivel de 19" Hg. (K/0.73)	Pérdidas de presión por sección (CxL/100) (pulg. Hg)
1--2	150.38	187.975	26	1	26 "A" x 0.25 x 1+ 1"B" x 0.25 x 1 + 6 S.O. X 1.5	15.75	18	18	1 1/4.	1	1.369863014	2.575
2--5	113.55	170.325	26	0	26 "A" x 0.25 x 1+ 0"B" x 0.25 x 1 + 6 S.O. X 1.5	15.5	18	18	1	2.6	3.561643836	4.42845
5--6	39.688	49.61	8	0	8x1.5x1	12	3	12	1	1.3	1.780821918	0.64493
6--9	0.32	0.4	7	0	7x1.5x1.0	10.5		10.5	1	1.8	2.465753425	0.0072
9--12	18.368	22.96	6	0	6x1.5x1.0	9		9	1	0.9	1.232876712	0.20664
12--19	11.8	14.75	4	0	4x1.5x1.0	6		6	1	0.38	0.520547945	0.05605
19--24	7.87	9.8375	2	0	2x1.5x1.0	3		3	1	0.12	0.164383562	0.011805
24--27	12.56	15.7	1	0	1x1.5x1.0	1.5		1.5	3/4.	0.12	0.164383562	0.01884
											PERDIDAS TOTALES	7.948915

A4-6 Propuesta de óxido nitroso

Anteriormente, tanto en la sección 4.2.1 así como al final del presente capítulo, se hizo referencia a las condiciones actuales de la red de Óxido Nitroso considerando lo siguiente:

- La Red de Óxido Nitroso es la más sencilla de todas, ya que está focalizada hacia únicamente dos puntos del hospital, siendo éstos Sala de Operaciones (6 tomas) y Procedimientos Especiales en Rayos X (1 toma), con un total de 7 tomas.
- Según los perfiles mostrados en el capítulo 2, específicamente en el numeral 2.5.1.3, para el caso de los cilindros de Óxido Nitroso, no existe registro alguno acerca del manejo interno de cilindros hacia algún punto del hospital, a excepción de la central de gases.
- La tubería de Óxido Nitroso al igual que la red de Oxígeno está constituida por una medida menor al diámetro sugerido por la NFPA99.⁷³

En vista de lo anterior, se torna complicado para cualquier diseñador proceder a realizar una valoración acerca de la posibilidad de ampliar la Red de Óxido Nitroso, a menos que se trate de una situación de extrema necesidad clínica. Una de las observaciones al proyecto, hace referencia a que el hospital no cuenta con servicio de óxido nitroso en el área de litotripsia y dado que las necesidades son apreciables, se recomendó tomar alguna medida para solucionar el problema.

De acuerdo a ello, una de las posibles soluciones planteadas, es analizar y diseñar una ampliación de la red actual de distribución de N_2O , aún a pesar de las consideraciones antes mencionadas. Se procederá entonces, a realizar los cálculos de ampliación de la red, estimando que la tubería tiene un diámetro de $\frac{1}{2}$ ", tomando como premisa que dicha red no tiene un alto nivel de consumo y que no se encuentra por lo tanto sobrecargada. Otro aspecto, es que los diseñadores no disminuyen a la presión de trabajo desde la salida del manifold, sino hasta que la red llega a los servicios previos a su distribución, lo cual permitirá que no existan pérdidas de presión mayores a causa de lo agregado.

⁷³ $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro nominal.

Tabla A4.11: Cálculos de Pérdidas de Presión para Red de Óxido Nitroso.

CÁLCULOS DE LA RED DE ÓXIDO NITROSO											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Sección de tuberías	Longitud medida (Pies)	Longitud Efectiva (B x 1.5)	Número de salidas por sección.	Caudal por sección (F x 10) (LPM).	Factor de uso (%) Tabla (4.1)	Ajuste de flujo (ExF/100) (LPM)	Flujo mínimo por rama (LPM) (Tabla 4.1)	Flujo de sección usando el caudal mas alto de la sección G o H	Diámetro (pulg)	Pérdida de presión para 100 pies de tubería (PSI/PIES)	Pérdidas de presión por sección (CxK/100) (PSI).
1-2	29.58	44.37	8	80	100	80	100	100	1/2.	0.235	0.1043
2-3	7.87	11.805	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0277
3-4	2.72	4.08	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0096
2-5	127.9	159.98	7	70	100	70	100	100	1/2.	0.235	0.3760
5-6	7.54	11.31	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0266
5-7	12.3	18.45	5	50	100	50	100	100	1/2.	0.235	0.0434
7-8	7.87	11.805	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0277
7-9	19.19	28.785	4	40	100	40	100	100	1/2.	0.235	0.0676
9-10	7.87	11.805	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0277
9-11	22.47	33.705	3	30	100	30	100	100	1/2.	0.235	0.0792
11-12	7.87	11.805	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0277
11-13	19.19	28.785	2	20	100	20	100	100	1/2.	0.235	0.0676
13-14	7.87	11.805	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0277
13-16	21.32	31.98	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.0752
Expansión	91.47	137.205	1	10	100	10	100	100	3/8.	0.235	0.32243
Pérdidas Totales del sistema											1.3105

Tomando el diámetro mínimo sugerido por la NFPA para propósitos de calculos de pérdidas de presión, se obtiene que las pérdidas totales del sistema suman 1.3105 Psi.

Tabla A4.12: Materiales a utilizar

Descripción	Cantidad	cantidad sugerida	Precio unitario (US dólares)	Precio total (US dólares)
Tuberías de 3/8"	27.88 metros	34.85 metros	3.22	112.22
Codos de 3/8"	7	7	1.55	10.85
Codos "T" de 3/8"	1	1	2.72	2.72
Toma de óxido nitroso (Ohmeda)	1	1	70	70
Sujetadores	15	15	37.5	37.5
Total				233.29

Figura A4.1: Curva de factor de uso de tomas de vacío

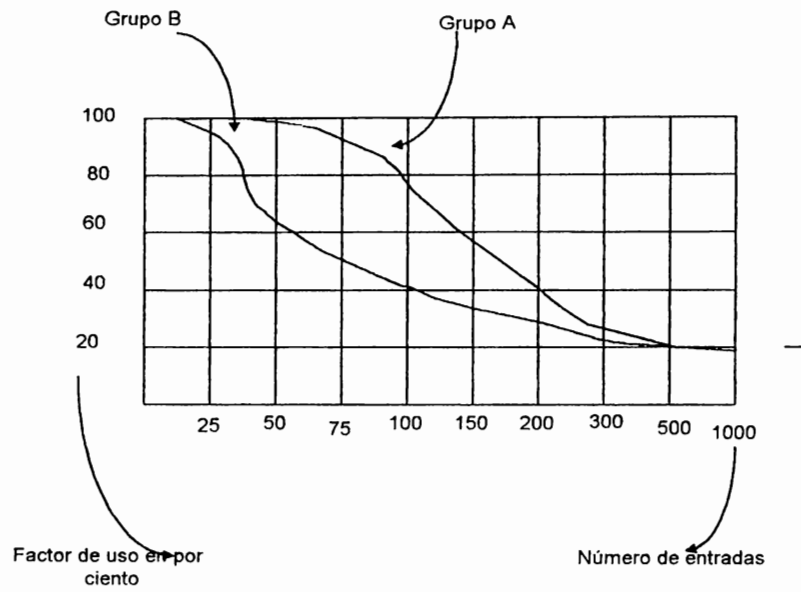


Figura A4.2: Gráfico de Flujo para Vacío

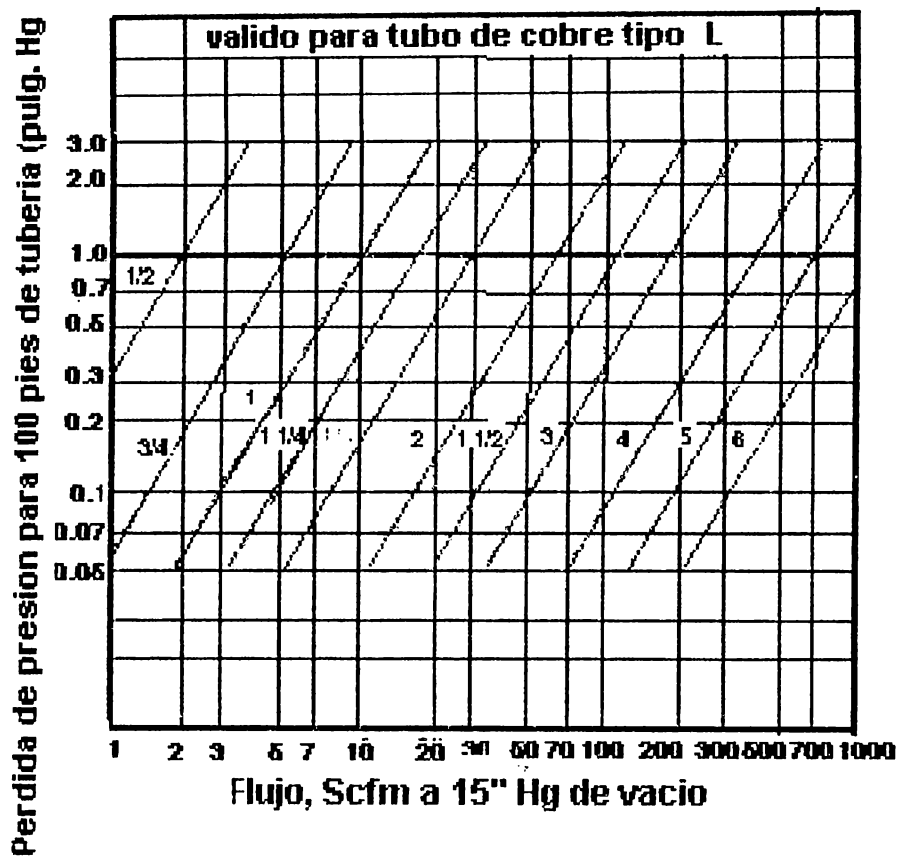
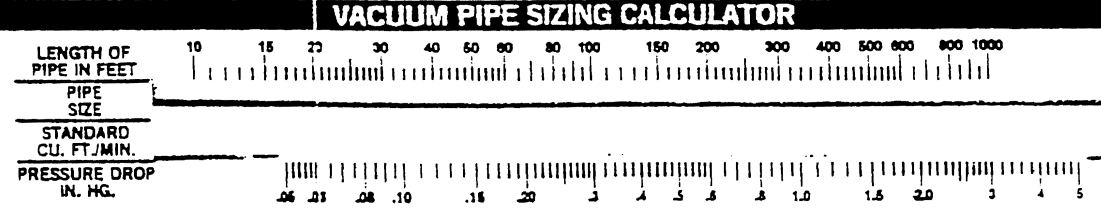
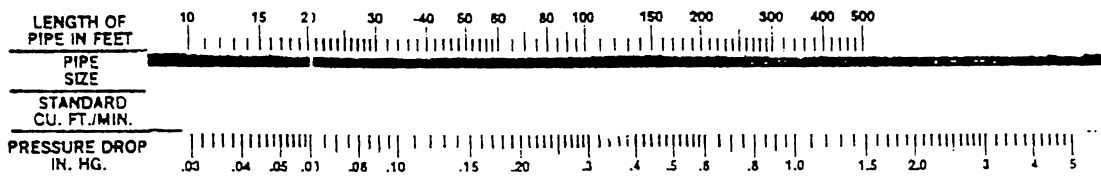


Figura A4.3: Regla CHEMETRON para Vacío

CHEMETRON Medical Division NCG[®]



Allied Healthcare Products, Inc. 1720 Sublette Ave., St. Louis, Missouri 63110

Minimum vacuum of 15" Hg maintained at farthest outlet from pump.
 Maximum drop in the vacuum line from farthest outlet to pump is 4" Hg.
 Direction of calculation is from the pump to the farthest outlet.

DIRIGIRSE A LA TABLA PARA SIZING VACUUM LINES
 Mark on architect's drawings the anticipated flowrates throughout the system. Base these upon a flowrate of 1 cfm for operating rooms and other anesthetizing locations and 1/2 cfm for all other rooms. With the scfm flow known, begin at the pump with 19" Hg. Using 1" minimum pipe size, set under "Length of Pipe in Feet", the number of feet running between the pump and the intersection of the first lateral and the riser. Read the pressure drop below the scfm flow required for the entire hospital. Subtract this answer from 19" Hg. This is the new vacuum at this intersection. Continuing along the first lateral to the first lateral feeder connection and starting with a minimum of 3/4" pipe, set this pipe size under the "Length of Pipe in Feet", using information for length taken from the architectural prints. Now read the pressure drop below the scfm flowrate for that lateral.
 Again, subtract this pressure drop from the vacuum at the intersection of the lateral and the riser. The result is the vacuum at the connection of the lateral with the first feeder connection.
 Subtract the flowrate of the first feeder connection from the total scfm flow through that lateral to obtain the remaining flowrate. Continue this process of subtracting flowrates from the remaining flowrate for each remaining section passed.
 If the pressure drop for that lateral seems high in comparison to the allowable 4" Hg drop in the complete system, go back and re-size part of the lateral, using larger pipe. Bear in mind that the actual flowrate is in an opposite direction from the direction of calculation.
 After all laterals have been sized, make sure that the combined pressure drop for the complete system is 4" Hg or less.

© 1970 AMERICAN Shop-Chart Corp., Whittier, CA 90617 Printed in U.S.A.

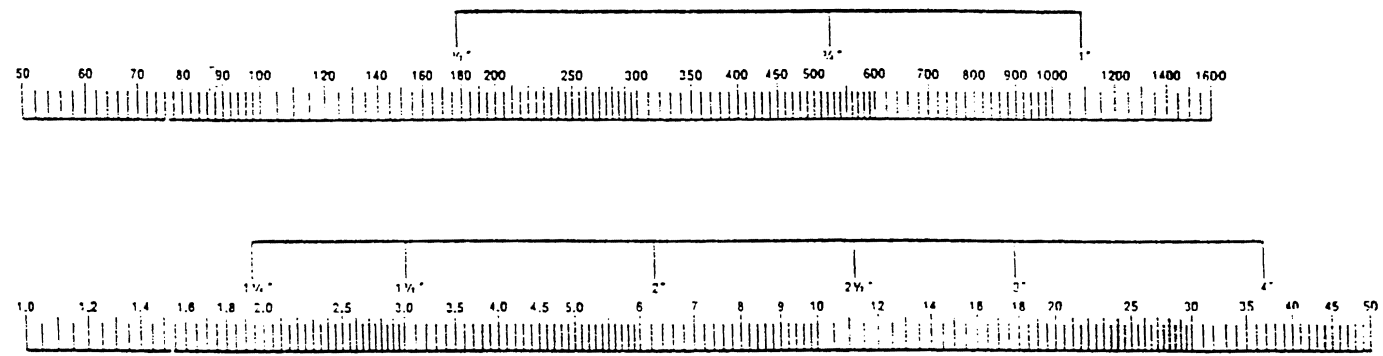


Figura A4.4: Regla CHEMETRON para Oxígeno

CHEMETRON Medical Division NCG®

LENGTH OF PIPE IN FEET

PIPE SIZE

LITERS PER MINUTE

PRESSURE DROP PSIG

OXYGEN PIPE SIZING CALCULATOR

LENGTH OF PIPE IN FEET

PIPE SIZE

1000's LITERS PER MINUTE

PRESSURE DROP PSIG

Allied Healthcare Products, Inc. 1720 Sublette Ave., St. Louis, Missouri 63110

Line pressure: 55 psig at source of supply.
 Maximum pressure drop from source of supply to farthest outlet: 5 psig.
 Direction of calculation is from the supply source to the farthest outlet.

DIRECTIONS FOR SIZING OXYGEN LINES

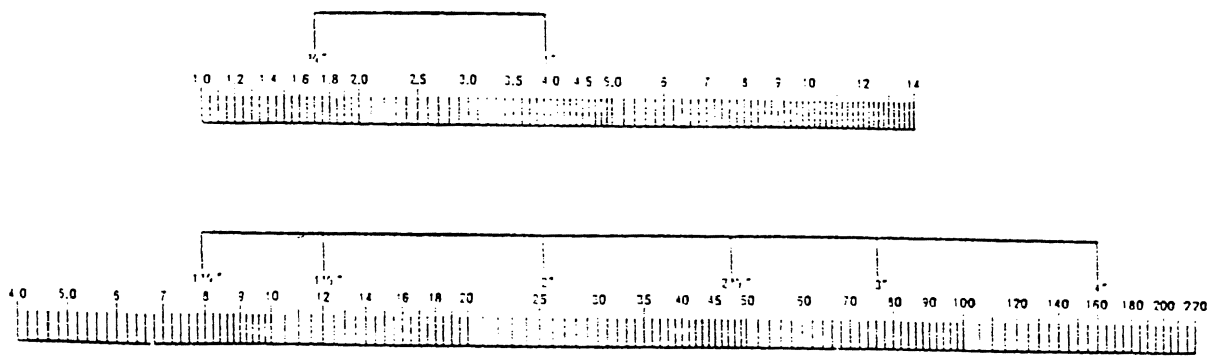
Mark on this rule the anticipated flowrates throughout the system. Base these upon a flowrate of 20 lpm per outlet. With the lpm flow known, begin at the oxygen supply with 55 psig. Using 3/4" minimum pipe size, set under "Length of Pipe in Feet", the number of feet running between source of supply to the intersection of the first lateral and the riser. Read the pressure drop below the lpm flow required for the entire hospital. Subtract this answer from 55 psig — this is the new pressure at this intersection. Continuing along the first lateral to the first lateral feeder connection and starting with a minimum of 1/2" pipe, set this pipe size under the "Length of Pipe in Feet", using information for length taken from the architectural prints. Now read the pressure drop below the lpm flowrate for that particular section of lateral. Again, subtract this pressure drop from the pressure at the intersection of the lateral and the riser. The result is the pressure at the connection of the lateral with the first feeder connection.

Subtract the flowrate of the first feeder connection from the total lpm flow through that lateral to obtain the remaining flowrate. Continue this process of subtracting flowrates from the remaining flowrate for each remaining section passed.

If the pressure drop for that lateral seems high in comparison to the allowable 5 psig drop in the complete system, go back and re-size part of the lateral, using larger pipe.

After all laterals have been sized, make sure that the combined pressure drop for the complete system is 5 psig or less.

*Suggest 50% use factor



CAPÍTULO V

"MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE GASES MÉDICOS"

"CAPÍTULO V"

"MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE GASES MÉDICOS"

5.0 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

En los diseños de sistemas de gases médicos, es muy importante llevar a cabo procedimientos, que harán que el sistema posteriormente diseñado sea factible, seguro y confiable.

El capítulo IV referente a "propuestas de diseño y alternativas a la red actual de gases", se presentan algunos métodos de diseños referentes a cálculos de pérdidas de presión en los sistemas de distribución de gases aplicables a redes de oxígeno, óxido nítrico, aire comprimido y vacío, pero antes y después de todo este proceso fueron muchos los parámetros que se tomaron en cuenta para poder decidir sobre la mejor distribución en base a muchos factores que se mencionarán en el presente capítulo.

Es por ello, que debido a lo mencionado anteriormente se hace necesario elaborar un manual de diseño que pueda servir de guía, en los diseños de sistemas de gases médicos, el cual, puede ser aplicable a cualquier institución que brinde servicio a atención de pacientes.

OBJETIVO:

Definir los pasos que sirvan como guía en el diseño de sistemas de gases médicos en una institución dedicada al cuidado de la salud, de tal manera de poder realizar en una forma efectiva y segura, el dimensionamiento y distribución de una red de gases.

5.1 UTILIDAD DEL MANUAL:

El manual podrá ser utilizado por el personal involucrado en el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas hospitalarios como el, Ingeniero Biomédico, Mecánico, etc., y empresas que se dedican a diseñar este tipo de sistemas.

REFERENCIAS: en el presente manual se hacen referencias a cantidades, valores, procedimientos y tablas, dados por organismos normados y diseñadores de sistemas de gases médicos tales como: NFPA 99, AHA⁷⁴, IMSS, MEDAES, etc.

ACTIVIDADES:

5.1.1 Como parte inicial en el proceso de diseño, se debe disponer de los planos arquitectónicos del establecimiento donde será diseñada e instalada la red de distribución de gases, ya sea que la institución este en proceso de planeamiento o que ya exista y se piense diseñar una red nueva o modificar la existente. En caso de que no existan será necesario contratar a un arquitecto para que realice dicha actividad, obteniendo como producto final, planos representativos a escala (1:200) de todas las áreas donde sea necesario una distribución de gas.

5.1.2 Para cualquiera de los casos mencionados en el punto 1, es necesario que se defina un equipo de diseño, el cual establezca las áreas a las cuales se les suministrará el servicio de gases en calidad y cantidad requerida. Este equipo debe contar al menos con el ingeniero de mantenimiento, arquitecto de la institución, director médico, administrador y adicionalmente se deben de llamar a los respectivos jefes de áreas según el avance del diseño. Este equipo deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

5.1.2.1 Si el establecimiento de salud esta brindando servicio continuo de atención a pacientes en un centro de 2^{do} nivel, y en este no se cuente con un sistema de distribución de gases, será necesario realizar una planeación sobre la reestructuración clínica del manejo de pacientes por grado de criticidad, a tal manera de poder concentrar en ciertos puntos idóneos, servicios de gases a pacientes, y así de esta forma facilitar en términos de costos y complejidad el diseño de una red de servicios de gases.

5.1.2.2 Si existe la posibilidad de que se cuente con un establecimiento donde se manejen especialidades y no exista una sistema de distribución de gases, para tal caso se recomienda realizar un estudio sobre los consumos

⁷⁴ AHA: American Hospital Association

de cilindros que son transportados diariamente, mensualmente o anualmente a cada área del hospital, a efectos de determinar un consumo promedio y en base a ellos, poder decidir si es factible o no llevar tuberías de distribución de gases a las áreas afines, en función del máximo consumo y la eficiencia del diseño.

5.1.2.3 Si la institución de salud tiene demasiados cuartos de hospitalización por especialidad, se debe analizar cuál de ellos, sería en función de su ubicación y de la concentración de pacientes, el más adecuado para llevarle la red de gases, a tal grado de movilizar pacientes de otros cuartos hacia dichos puntos para así dar servicio a toda la especialidad.

5.1.2.4 Si se tratase de una ampliación de los servicios de gases, y ya existe una red de distribución, es necesario realizar un estudio de la capacidad de la red actual y así determinar si es posible expandir los servicios de gas, a partir de la red existente, asegurando que no se sobrepasen las pérdidas mínimas de presión, debido a la nueva ampliación. Las pérdidas de presión totales no deberán sobrepasar los 5 PSIG, incluyendo la red existente mas la ampliación, si fuera O_2 , N_2O , AC y en caso de vacío lo que sugieren las entidades.

5.1.3 Analizar las posibles distribuciones de las trayectorias de tuberías y ubicaciones de las fuentes de gases y vacío, tomando en cuenta factores de ventilación y cercanía a las áreas a la cual se dará suministro de gases, como también áreas seguras en función de la mitigación de desastres y fácil acceso para el suministro del tipo de fuente de gas. El método del análisis será en función de las tipificaciones mencionadas en los numerales 5.1.1 y 5.1.2.

5.1.4 Tomando de referencia el literal 5.1.3, plasmar sobre el plano arquitectónico la ubicación ideal que haya resultado del análisis mencionado en dicho literal.

5.1.5 Tomando de referencia normas nacionales o internacionales aplicadas al diseño, tales como las establecidas por la NFPA, AHA o de instituciones diseñadoras como IMSS, MEDAES, o la experiencia del diseñador o del equipo de diseño, determinar los números de tomas y el respectivo caudal en función del servicio hospitalario al que se le dará servicio. Para este caso tomar en cuenta el factor de simultaneidad, longitudes de seguridad por accesorios, etc. En el caso de la asignación de caudales ya existen tablas dadas por los organismos mencionados anteriormente, y para tuberías algunas instituciones recomiendan

dar un factor de tolerancia del 20%, el cual comprende las longitudes que se adicionan por el uso de los diferentes accesorios de interconexión.

5.1.6 Trazar en los planos arquitectónicos, la distribución en planta de tuberías hacia las áreas donde se dará servicio de gas médico, definiendo en forma clara las medidas lineales correspondientes de los tramos de tuberías, iniciando desde la fuente y finalizando en el toma más lejano.

5.1.7 Para efectos de realización de cálculos y una mejor visualización de la red, realizar un esquema en tres dimensiones de la red de tuberías del sistema con la ubicación de todos sus componentes.

5.1.8 Establecer una nomenclatura de las secciones de tuberías de todo el sistema con letras o números con el propósito de hacer referencia a los diámetros de tuberías, caudales y pérdidas de presión de los mismos. Esto se debe hacer en cada sección donde exista un cambio de caudal, y deben quedar claramente identificados en el plano del gas respectivo.

5.1.9 Se deben determinar los números de tomas de gases ya sea por cuarto, o por cama según sea el caso. Para tal caso puede hacerse uso de la información brindada de algunas entidades especializadas y encargadas de dimensionar sistemas de gases médicos como lo son IMSS, MEDAES, CHEMETRON, NFPA99 entre otras, o basándose en los datos estadísticos de consumo o la experiencia del diseñador (Ver tablas **A5.1**, **A5.2** en la sección de anexos)

5.1.10 Elaborar una matriz donde estén indicados los tramos, diámetros seleccionados, perdidas de presión, etc., a efectos de llevar un control de los datos calculados (Ver anexos tabla **A5.3**, **A5.4**)

5.1.11 Calcular las pérdidas de presión del sistema. Para realizar el dimensionamiento de la red y cálculos de perdidas de presión del sistema, el diseñador puede escoger el método de diseño que más crea conveniente, pero se recomienda en función de la experiencia acumulada utilizar los métodos de la NFPA, MEDAES, CHEMETRON, IMSS, etc. Al aplicar los pasos, normalmente los métodos definen una máxima pérdida de presión en todo el sistema, la cuál se debe respetar. Si las pérdidas de presión calculadas por sección son demasiadas altas, deben irse ajustando los diámetros a tal manera de no sobrepasar las pérdidas mínimas de presión del sistema, es decir variar los diámetros en función de los datos de pérdidas parciales obtenidas. Se debe tener presente que aplicando cualquier método de diseño, los sistemas de gases deben de cumplir lo siguiente.

**Tabla 5.1: Presiones de Salida a los Servicios
 Y Caída de Presión permitida del Sistema**

Suministro	Presión de salida a los servicios	Caída de presión del sistema
Oxígeno	50 a 55 PSI	<= 5 PSI
Oxido nitroso	50 a 55 PSI	<= 5 PSI
Aire comprimido	50 a 55 PSI	<= 5 PSI
Vacío	15 Pulg. Hg	4 Pulg. Hg

5.1.11.1 El los anexos A5-1 se explican ejemplos y procedimientos a utilizar en los métodos de diseño para el calculo de pérdidas de presión como CHEMETRON, MEDAES y NFPA99 para los gases O₂, A.C, N₂O y vacío.

5.1.11.2 Cuando se dimensiona la red de tuberías se deben de respetar los diámetros mínimos, definido por las normas los, cuales son:

**Tabla 5.2: Diámetros Mínimos Requeridos
 Por la NFPA99**

Gas	Diámetro mínimo
Oxígeno	$\frac{1}{2}$ "
Aire comprimido	$\frac{1}{2}$ "
Oxido nitroso	$\frac{1}{2}$ "
Vacío	$\frac{3}{4}$ "

5.1.12 Una ves calculadas las pérdidas de presión, de deben determinar la calidad y cantidad de tuberías y accesorios a utilizar en el diseño, para tal caso se recomienda presentar los datos en una matriz. La calidad de las tuberías debe estar en función de las normas. Para oxígeno, aire comprimido, oxido nitroso y vacío definir tipo K, L, ACR, etc.

5.1.13 Dimensionamiento de las fuentes de suministros.

Para el dimensionamiento de las fuentes de suministros se deben de tomar los criterios de las mismas entidades mencionadas anteriormente.

5.1.13.1 Dimensionamiento de las fuentes de Oxígeno

Tomando de referencia los pasos 5.1.1 y 5.1.2 y consideraciones anteriores en función del máximo caudal de suministro se debe tomar en cuenta lo siguiente:

5.1.13.1.1 Si la institución es superior a 100 camas se recomienda utilizar Oxígeno líquido, siempre y cuando el consumo de oxígeno sea lo pertinente en función de los servicios de atención.

5.1.13.1.2 En caso contrario al punto anterior, es necesario sumar los caudales de todas las salidas de gases por servicio, caudales que son especificadas en la información suministrada por entidades diseñadoras y normadas como la CHEMETRON Medical Division, MEDAES, etc. Se deben considerar los factores de uso de las salidas de gases por área, los cuales también son especificadas por las entidades mencionadas, pero también se pueden considerar en función de la experiencia del diseñador.

5.1.13.1.3 Se puede considerar 1 cilindro de 220 pies cúbicos (tipo G o H) por cada 10 camas.

5.1.13.1.4 En caso de tratarse de una institución que cuente con atención continua de pacientes, carente de un sistema de distribución de oxígeno, es necesario lo siguiente:

5.1.13.1.4.1 Realizar un estudio del consumo total actual de oxígeno a través de los cilindros que son ingresados a la institución y que son distribuidos hacia cada una de las áreas del hospital. Con esto es posible calcular los volúmenes en pies cúbicos o su equivalente en litros y plasmar los resultados en una matriz.

5.1.13.1.4.2 Si los consumos son demasiado altos, se debe pensar en la alternativa de utilizar oxígeno líquido. Se recomienda utilizar oxígeno líquido si la institución es mayor de 100 camas.

5.1.13.1.4.3 Si no es posible determinar el consumo de oxígeno puede considerarse 1 cilindro de 220 pies cúbicos (G ó H) por cada 10 camas, o tener presente que cada bancada de cilindro debe ser capaz de brindar como mínimo el consumo de un promedio de un día.

5.1.13.1.4.4 Se deben de tomar en cuenta los factores de crecimiento de la institución en atención de pacientes.

5.1.13.1.4.5 Determinar cantidad y calidad de los materiales, especificar todos los dispositivos de seguridad y alarmas respectivas.

5.1.13.1.4.6 Se recomienda utilizar el diseño de suministro con banco primario y secundario y sistema de emergencia.

5.1.13.2 Dimensionamiento de la central de óxido nitroso.

5.1.13.2.1 Sumar los caudales de todas las salidas de gases por servicio, caudales que son suministrados por entidades diseñadoras como la CHEMETRÓN, MEDAES, etc., considerando los factores de uso de las salidas de gases por área.

5.1.13.2.2 Una alternativa de dimensionamiento es considerar 1 cilindro de 6 metros cúbicos por cada dos salas de operaciones y de expulsión o ambas.

5.1.13.2.3 En caso de tratarse de una institución que esta carente de una red de distribución, se deben analizar los registros de consumo de cilindros, y en base a ello dimensionar la central de gas.

5.1.13.2.4 Se deben de tomar en cuenta los factores de crecimiento de la institución en atención de pacientes.

5.1.13.2.5 Determinar cantidad y calidad de los materiales, especificar todos los dispositivos de seguridad y alarmas respectivas.

5.1.13.2.6 Se recomienda utilizar el diseño de suministro con banco primario y secundario y sistema de emergencia.

5.1.13.3 Dimensionamiento de la central de Aire Comprimido.

5.1.13.3.1 Para el dimensionamiento de la fuente de suministro de aire comprimido se debe considerar:

5.1.13.3.2 De acuerdo al método de dimensionamiento que haya utilizado, debe sumar todos los caudales asignados (SCFM ó LPM) de cada estación de salida con sus respectivos factores de uso de acuerdo a las áreas a las que se darán suministros de aire.

5.1.13.3.3 Elegir la potencia y caudal de suministro del compresor de acuerdo a la demanda total del sistema, tomando en cuenta la máxima presión que se le debe brindar al sistema. Si existen suministros de aire a 50 y 100 PSI, elegir el compresor para brindar la máxima presión.

5.1.13.3.4 Con la presión de trabajo y el flujo máximo del sistema definido, recopilar información de los fabricantes y seleccionar la potencia del compresor que sea capaz de suministrar la demanda total. Debe tomar en cuenta las compensaciones debido a las pérdidas de presión por altura sobre el nivel del mar (Ver tabla A5.7).

5.1.13.3.5 Debe instalarse un sistema duplex de compresores de aire, donde cada uno de ellos debe ser capaz de suministrar la demanda total del sistema.

5.1.13.3.6 Con la demanda, y a través de la información del fabricante, escoger el chimbo (receptor) adecuado, acorde al compresor de aire elegido.

5.1.13.3.7 Dimensionar los diámetros de entrada de aire comprimido hacia los compresores, y tomar en cuenta la ubicación del mismo referente a las distancias mínimas que debe existir entre ventanas, puertas y sobre el nivel del suelo. (Ver tabla A5.8).

5.1.13.4 Dimensionamiento de la central de vacío

Para el dimensionamiento de la central de vacío se deben seguir los siguientes pasos:

5.1.13.4.1 Determinar la demanda total del sistema a través de la información dados por instituciones dedicadas al diseño de sistemas de vacío, aplicando los respectivos caudales y factores de uso. Se recomienda el método de la NFPA, ya que establece un procedimiento muy preciso para determinar el caudal total del sistema de vacío en SCFM. (Ver sección A5-2)

5.1.13.4.2 Agregar las pérdidas de presión por altura. (Ver tabla A5.5 en la sección de Anexos)

5.1.13.4.3 Con la demanda calculada, elegir a través de los manuales de fabricantes la potencia del compresor necesaria para que pueda suplir la demanda pico calculada del sistema de vacío.

5.1.13.4.4 La central de vacío debe contener un sistema duplex de compresores, donde cada uno de ellos debe ser capaz de suministrar la demanda total del sistema.

5.1.13.4.5 Con la demanda total y el compresor elegido, a través de los manuales de fabricantes elegir el chimbo (receptor) necesario para mantener los niveles de vacío requeridos. Para sistemas de vacío se recomienda que el nivel de vacío sea de 15 pulgadas de mercurio en la salida mas lejana,

5.1.13.4.6 Determinar cantidad y calidad de los materiales a utilizar, especificar todos los dispositivos de seguridad y alarmas respectivas.

5.1.13.4.7 En función de la potencia del compresor seleccionado, utilizar la información que da el fabricante para determinar el diámetro de la tubería de descarga. (Ver Tabla A5.6).

5.2 ANEXOS

A5-1 Ejemplo de cálculo de Pérdidas de presión por el Método de MEDAES para Redes de distribución de Oxígeno:

Para el tramo de tubería 1-65 de la red de oxígeno propuesta se detalla los pasos a seguir para el cálculo de pérdida de presión de la sección 1--2

11. Primeramente se debe determinar a partir de los planos arquitectónicos, la longitud correspondiente de la sección, lo que para este caso es de 98.30 pies
12. La longitud correspondiente en el paso anterior se multiplica por un factor de 1.5 para compensar pérdidas debido a codos, reguladores, válvulas, etc. Lo que equivale a 147.45 pies, correspondiente al tramo.
13. Se determina la cantidad de salidas de oxígeno que están posterior a dicha sección de tuberías, donde se tienen un total de 42.
14. EL número de salidas de oxígeno se multiplica por 10, esto dará el caudal que manejará dicha sección en litros / minuto. Para dicho sección es de 420 lpm.
15. De la tabla 4-1 se determina el factor de uso de acuerdo al número de tomas que maneja dicha sección, para 42 tomas equivale a 50% de factor de flujo por salida.
16. Aplicando el 50% de factor de uso al caudal de la sección, se tiene: $420 * 0.5 = 210$ litros / minuto
17. De la tabla 4.1 se determina el caudal mínimo de dicha sección en función del número salidas correspondientes, lo que para 42 salidas equivale a 190 lpm.
18. Luego se procede a calcular la pérdida de presión de la sección utilizando el caudal más alto entre los numerales 6 y 7. De la tabla A4.1 se calcula la pérdida de presión equivalente a 100 pies de tuberías. Para un caudal de 210 litros y $\frac{3}{4}$ " de diámetro se tiene una pérdida de 0.153 PSI.
19. Para encontrar la pérdida de presión equivalente a la longitud de la sección se tiene: $(0.153 * 147.45 \text{ pies}) / 100 = 0.2256$ PSI.
20. Se deben repetir todos los pasos anteriores para cada sección del sistema de tuberías y asegurar de que las pérdidas de presión en todo el sistema y en un tramo de tubería que alimenta a una salida de gas, no sobrepasen los 5 PSIG de presión.

A5-2 Ejemplo Cálculo de la Capacidad Instalada del Sistema de Vacío

Para determinar la capacidad instalada del sistema de vacío se hará uso de técnicas dadas por la NFPA, la cual se basa en calcular la demanda en SCFM que la bomba de vacío debe de proporcionar al sistema, trabajando a máxima carga.

Para calcular el caudal suministrado a máxima carga por parte de la bomba de vacío, en SCFM se hace uso de la siguiente fórmula:

$$SCFM = Na \cdot 0.25 \cdot UFa + Nb \cdot 0.25 \cdot UFb + Nor \cdot 1.5.$$

Donde:

Na = Número de terminales tipo A.

Nb = número de terminales tipo B.

UFa = factor de uso para el total de terminales tipo A.

UFb = factor de uso para el total de terminales tipo B.

Nor = número de salas de operaciones.

La siguiente tabla muestra las áreas donde existe suministro de vacío y su clasificación (A o B) según la NFPA.

**Tabla 4.16: Clasificación de los tipos
De tomas de Vacío**

Área	Grupo de clasificación
Rayos X	A
Sala de operaciones	A
UCI	A
Recuperación	A

De la figura A4.1 que se encuentra en anexos, se encuentra que para un cantidad de 26 tomas tipo "A" y 1 toma tipo "B", el factor de uso es del 100%.

Por lo tanto, la capacidad de la bomba de vacío es la siguiente:

$$\text{Flujo Línea Principal} = 26 "A" \times 0.25 \times 1 + 1 "B" \times 0.25 \times 1 + 6 \text{ S.O.} \times 1.5$$

En SCFM

$$\text{Flujo Línea Principal} = 15.75$$

En SCFM

En este caso, debe buscarse un factor de corrección relacionado a la altitud sobre el nivel del mar del sistema de vacío del hospital, éste es obtenido en la tabla A4.2, en los anexos del presente capítulo.

Dado que el sistema de vacío se encuentra a una altura aproximada de 900 m (2972.76 pies), esta equivale a un factor de corrección de 1.12. De acuerdo a esto, el valor compensado de la carga pico total en SCFM será de:

$$\text{SCFM} = 15.75 * 1.12 = 17.64$$

Tomando en consideración la siguiente equivalencia:

1 SCFM = 28.31685 litros/min, entonces:

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 28.31685 * 17.64 \\ \text{Litros/min} &= 499.51 \text{ litros/min} \end{aligned}$$

Convirtiendo a m³/hr:

$$499.51 \frac{\text{litros}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ Hora}} = 29.97 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Tabla A5.1: Salidas murales según la NFPA

LOCALIZACION	SALIDAS DE OXIGENO
Cuarto de pacientes	1 por cama
Exámenes y tratamiento (medicina cirugía y cuidados después del parto)	1
Aislamiento	1
Cuidados intensivos general	2
Aislamiento critico	2
Cuidados críticos coronarios	2
Cuidados críticos pediátricos	2
Cuidados intensivos neonatales	3
Nurserías	1
Pediatría	1
Cuartos de operaciones generales	2
Cardio-orto y neurología	2
Cirugía ortopédica	2
Cistoscopia y endoscopia	1
Unidad de cuidados pos-anestésicos	1
Cuartos de anestesia	1 por estación de trabajo
Recuperación	1
Cuarto post-parto	1
Salas de parto	2
Emergencia	1
Cuarto para cardiaco	1
Laboratorio de cateterización cardiaca	2

Tabla A5.2: Salidas murales según el IMSS

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

Tabla A5.3: Matriz Ejemplo de Cálculo para una línea⁷⁵ de Suministro para la Red de Oxígeno. MEDAES

MÉTODO MEDAES														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Sección de tuberías	Longitud medida (Pies)	Longitud Efectiva (B x 1.5)	Presión del sistema al inicio de la sección (Psi)	Caída de presión disponible (E-N)	Número de salidas por sección	Caudal por sección (F x 10) (LPM).	Factor de uso (%) Fig (4-16)	Ajuste de flujo (GxH/100) (LPM)	Flujo mínimo por rama (LPM) (Fig 4-16)	Flujo de sección usando el caudal mas alto de columna I o J	Diámetro (pulg)	Pérdida de presión para 100 pies de tubería (Psi/Pies)	Pérdidas de presión por sección (CxM/100) (Psi).	Presión del sistema al final de cada sección (D-N) (PSI)
TRAMO 1-65:														
1--2	98.30	147.45	55	5	42	420	50	210	190	210	$\frac{1}{2}$	0.153	0.2256	54.7744
2--30	113.49	170.23	54.7744	4.7744	30	300	50	150	190	190	$\frac{1}{2}$	0.672	1.1440	53.6304
30--44	74.13	111.19	53.6304	3.6304	24	240	75	180	100	180	$\frac{1}{2}$	0.558	0.6205	53.0100
44--45	37.72	56.58	53.0100	3.0100	12	120	75	90	100	100	$\frac{1}{2}$	0.199	0.1126	52.8974
45--59	108.57	162.85	52.8974	2.8974	6	60	100	60	100	100	$\frac{1}{2}$	0.199	0.3241	52.5733
59--60	13.12	19.68	52.5733	2.5733	3	30	100	30	100	100	$\frac{1}{2}$	0.199	0.0392	52.5342
60--62	6.56	9.84	52.5342	2.5342	2	20	100	20	100	100	$\frac{1}{2}$	0.199	0.0196	52.5146
62--64	6.56	9.84	52.5146	2.5146	1	10	100	10	100	100	$\frac{1}{2}$	0.199	0.0196	52.4950
64--65	2.46	3.69	52.4950	2.4950	1	10	100	10	100	100	$\frac{1}{2}$	0.199	0.0073	52.4876
													SUMA:	2.5124

⁷⁵ El término Tramo o línea hace referencia a la longitud de tubería que va desde la fuente hasta la salida.

Tabla A5.4: Matriz Ejemplo de Cálculo para algunos tramos de líneas de Suministro para la Red de Aire Comprimido. CHEMETRON

CHEMETRON					
A	B	C	D	E	F
Tramos	Longitud (pies)	Longitud + 25%	Caudal con 50% en factor de uso (LPM)	Diámetro (Pulg.)	Pérdida por tramos para 50% de simultaneidad (PSI)
TRAMO 1-171					
1-2	36.08	45.10	375	$\frac{3}{4}$.	0.118
2-21	115.95	144.94	345	$\frac{3}{4}$.	0.32
21-24	79.7	99.625	340	$\frac{1}{2}$.	1.75
24-95	25.9	32.375	190	$\frac{1}{2}$.	0.182
95-118	2.95	3.69	150	$\frac{1}{2}$.	0.036
118-132	0.32	0.40	120	$\frac{1}{2}$.	0
132-133	4.26	5.33	90	$\frac{1}{2}$.	0
133-135	11.15	13.94	85	$\frac{1}{2}$.	0
135-137	19	23.75	80	$\frac{1}{2}$.	0
137-139	22.3	27.88	75	$\frac{1}{2}$.	0
139-141	19	23.75	70	$\frac{1}{2}$.	0
141-143	16.4	20.50	65	$\frac{1}{2}$.	0
143-145	121.36	151.70	60	$\frac{1}{2}$.	0.09
145-159	108.24	135.30	30	$\frac{1}{2}$.	0
159-166	13.12	16.40	15	$\frac{1}{2}$.	0
166-168	6.56	8.20	10	$\frac{1}{2}$.	0
168-170	6.56	8.20	5	$\frac{1}{2}$.	0
170-171	2.46	3.08	5	$\frac{1}{2}$.	0
TOTAL DEL TRAMO					1.948 PSI

**Tabla A5.5: Tabla de compensación de flujo
Debido a alturas**

Altitud pies	Presión barométrica normal (pulgadas de mercurio)	Multiplicador usado para un SCFM requerido
0	29.92"Hg(760 mm Hg)	1.0
500	29.39"Hg(760 mm Hg)	1.02
1000	28.36"Hg(747mm Hg)	1.04
1500	28.33"Hg(733mm Hg)	1.06
2000	27.82"Hg(707 mm Hg)	1.08
2500	27.32"Hg(694 mm Hg)	1.10
3000	26.82"Hg(681 mm Hg)	1.12
3500	26.33"Hg(669 mm Hg)	1.14
4000	25.84 Hg(656 mm Hg)	1.16
5000	24.90 Hg(633mm Hg)	1.20
6000	23.98"Hg(609 mm Hg)	1.25
7000	23.09"Hg(587 mm Hg)	1.30
8000	22.23"Hg(565 mm Hg)	1.35
9000	21.39"Hg(543 mm Hg)	1.40
10000	20.58"Hg(523 mm Hg)	1.45

**Tabla A5.6: Medidas de las tuberías de escape
 Para el Sistema de Vacío Médico**

Planta de vacío médico duplex													
Potencia de la bomba (HP)	Tubería de escape	Longitud total de la tubería (pies)											
		25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1.0	0.75"	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
1.5	1.25"	2.0	2.0	2.0	2.50	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
2.0	1.25"	2.0	2.0	2.0	2.50	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
3.0	1.25"	2.0	2.0	2.0	2.50	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
5.0	1.25"	2.0	2.0	2.0	2.50	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
7.5	2.0"	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
10.0	2.0"	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
15.0	3.0"	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
25.0	3.0"	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0
Planta de vacío médico triplex													
Potencia de la bomba (HP)	Tubería de escape	Longitud total de la tubería (pies)											
		25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500
7.5	2.0"	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
10.0	2.0"	4.0	4.0	4.0	4.0	4.05	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
15.0	3.0"	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0
25.0	3.0"	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0

**Tabla A5.7: Sistema de Aire Médico
Compensación por Altitud**

Altitud sobre el nivel del mar (pies)	Presión barométrica	Factor de corrección (SCFM) Operación de compresor a 100 PSIG
0	29.92" Hg	1.0
1.000	28.86" Hg	1.01
2000	27.82" Hg	1.03
3000	26.82" Hg	1.05
4000	25.84" Hg	1.06
5000	24.90" Hg	1.08
6000	23.98" Hg	1.10
7000	23.09" Hg	1.12
8000	22.23" Hg	1.15
9000	21.39" Hg	1.17
10000	20.58" Hg	1.19

**Tabla A5.8: Dimensionamiento de las Tuberías
De entrada de aire**

Planta de aire médico duplex													
Potencia (HP)	Diámetro de entrada	Longitud total de tubería en pies											
		25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1.0	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50
2.0	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.00
3.0	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.50
5.0	1.25	1.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.00
Planta de aire duplex modular													
Potencia (HP)	Longitud de la tubería en pies												
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
7.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
10.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	
15.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	
20.0	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Planta de aire triplex modular													
Potencia (HP)	Longitud de la tubería en pies												
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
7.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
10.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	
15.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	
20.0	3.0	3.50	3.5	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	
Planta de aire cuádruples													
Potencia (HP)	Longitud de la tubería en pies												
	25	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
7.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	
10.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	
15.0	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
20.0	3.5	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	

CAPÍTULO VI

"MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE GAS Y VACÍO MÉDICO"

"CAPÍTULO VI"

"MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE GAS Y VACÍO MÉDICO"

6.0 INTRODUCCIÓN AL CAPÍTULO

En los Capítulos anteriores han sido tratados muchos aspectos relacionados a los Sistemas de Gas y Vacío Médico, a excepción de un elemento fundamental para lograr que la instalación se mantenga funcionando, según los criterios para la cual fue diseñada. Es por tanto necesario, destinar el presente capítulo a la presentación de un manual de Mantenimiento Preventivo, el cual afronte la obligatoriedad de los encargados de la red, de establecer un programa de actividades que contribuya a que el sistema prolongue su vida útil y minimice los riesgos potenciales a su uso.

Este manual muestra de una manera general, las pautas que permiten crear un programa de mantenimiento preventivo en instalaciones hospitalarias, sin establecer criterios de índole específico para una red determinada. Esto permitirá analizar las múltiples variables que deberán ser tomadas en consideración al momento de planificar la ejecución de programas de tal tipo, los cuales tendrá que ser del conocimiento no sólo del personal directamente asignado, sino también del personal clínicamente supeditado a éste, como es el caso de las unidades de terapia respiratoria, UCI, sala de operaciones, etc.

Objetivo:

Presentar un manual que defina las actividades fundamentales y esenciales de mantenimiento, a realizar diariamente, mensualmente, trimestralmente o anualmente, en un sistema de gas médico.

"Sistemas de Inspección y Mantenimiento Preventivo para Sistemas de Gases y Vacío Médico"

6.1 Importancia de los Programas de Mantenimiento

Los sistemas de gas por tubería, presentan ciertos riesgos característicos, usualmente relacionados a su construcción original, a alguna modificación o reparación. Sin embargo, ciertos problemas pueden ser descubiertos durante la vida útil de los sistemas, particularmente en los sistemas de aire comprimido médico y las entradas de vacío. Los peligros incluyen errores de conexión, uso y degradación de materiales incompatibles con los gases a ser acarreados, o por flujo obstruido debido a la migración de partículas acumuladas en las tuberías; contaminación del gas por desechos residuales o materia extraña acumulada⁷⁶; contaminación de gas debida a iteraciones químicas, incluyendo fuego y explosiones, o entre gases y componentes de tubería o materiales extraños; y así como la contaminación del gas debido a una fuente contaminada⁷⁷.

Los problemas relacionados al uso y mantenimiento del sistema durante su vida útil, incluyen revisión de fugas por daños en los sellos de las salidas, entradas de vacío y tuberías obstruidas o congestionadas (por polvo, por fluidos corporales), inadecuada filtración de las partículas, corrosión de los drenajes de condensado automáticos, daños en los revestimientos o destrucción de los sellos al volverse quebradizos⁷⁸, lo que puede derivarse en el surgimiento de fugas en las salidas, o en los revestimientos del compresor, de los sellos de las bombas, cojinetes y del sensor de presión de deriva.

6.2 La NFPA99 y los Programas de Mantenimiento

La NFPA99 establece en su capítulo 4, específicamente en la sección que hace referencia a los Sistemas de Gas y Vacío Médicos, que los sistemas de tuberías deben ser siempre puestos a prueba posterior a cualquier construcción, adición, renovación o reparación de los mismos. Declarando pruebas para válvulas de zona y del funcionamiento del sistema de alarma, fugas y conexiones cruzadas.

Se requiere para ello, del concurso de los instaladores, a fin de ejecutar algunas pruebas en los sistemas, previo a su uso y contacto con los pacientes. La NFPA 99 al mismo tiempo llama a los operadores de salud y encargados de los sistemas, a desarrollar e implementar procedimientos para la prueba de los sistemas de gas

⁷⁶ Incrustaciones, hidrocarburos, microorganismos, humedad, o suciedad en las tuberías de aire médico comprimido.

⁷⁷ Tomas de aire cercanos a tubos de escape provenientes de motores

⁷⁸ En lenguaje técnico se usa la palabra en inglés embrittlement.

médico y vacío y de sus sistemas de alarma. Este procedimiento de Inspección y Mantenimiento deberá satisfacer dicho requerimiento para la prueba del sistema de tuberías y el de alarmas. El estándar al mismo tiempo requiere que la pureza y la concentración del gas médico sean verificadas y que el sistema de suministro sea puesto a prueba después de cualquier ramal que se añada o modifique al sistema.

Además, desde la versión del 1993 el "Manual de Acreditación de Hospitales", de la Comisión Unida en la Acreditación de Organizaciones de Salud (JCAHO) establece, que el hospital desarrolle sus propios procedimientos, y establezca los intervalos para la prueba y mantenimiento de todos los sistemas que utiliza para prestar servicio, siendo indispensable en tal caso una documentación de los mismos. De igual manera, el manual de JCAHO en acreditación hace referencia directamente a las secciones de la NFPA 99 bajo servicios de emergencia, ES5.4. El manual también hace referencia a la NFPA 99 indirectamente a través de la NFPA 101, "el Código de Seguridad de Vida", y por inferencia en numerosos requerimientos de diseño, pruebas de rutina, mantenimiento y protección contra incendios.

6.3 Responsabilidades de los Hospitales en relación a los PMP

Los hospitales deberán insistir en las responsabilidades acerca del diseño del documento en el que se establezcan los métodos de prueba y los resultados, con el fin de lograr que dicho documento esté en conformidad con lo requerido por la NFPA 99. Los hospitales de igual forma deben también obtener documentación verificando la pureza de los gases médicos desde los suministros. En adición, el hospital debe realizar una inspección de aceptabilidad y prueba de los sistemas de gas y vacío médicos independientemente de las pruebas producidas por el instalador contratista. El área de mantenimiento o Ingeniería Clínica del Hospital en conjunto con el departamento de terapia respiratoria debe realizar esta prueba. Si existen problemas debido a que no se cuenta con el personal adecuado, ya sea por inexperiencia o por que se carece de los equipos necesarios para su realización, puede emplearse una organización independiente que se especialice en este tipo de actividades.

En un hospital típico, los sistemas de gas y vacío son frecuentemente reparados, modificados y expandidos. Estas actividades deben incluir cambios de tomas de salidas o entradas defectuosas, válvulas, o tuberías, cambio de localización de salidas y adición de tomas al sistema actual. Los platos de identificación u otros marcadores o etiquetados son removidos de manera frecuente durante esta actividad, incrementando la probabilidad de error.

Cabe recordar que los procedimientos trazados por la NFPA 99 han sido creados para la realización de pruebas en sistemas recién construidos, y que no han sido aún

puestos aún servicio. El proceso descrito por el estándar requiere pruebas en diferentes etapas de la instalación, antes de proceder con instalaciones adicionales. Por ejemplo, las pruebas de 150 Psig de presión y de "blow-down"⁷⁹ deben ser realizadas antes que sean instalados ciertos componentes, como los interruptores de alarma actuantes, alarmas, manifolds, manómetros y válvulas de alivio.

6.4 Inconvenientes debidos a la aplicación de PMP⁸⁰

Hay que tomar en consideración que llevar a cabo ciertas porciones de las pruebas o procedimientos de la NFPA 99 requieren del cierre completo del sistema. De tal manera, el hospital debe proveer un gran número de fuentes alternas de gas o vacío (cilindros con reguladores, sistemas portátiles de succión) y deben por lo tanto minimizar el uso de la fuentes de gas y vacío (redistribuyendo las fechas de cirugías) a fin de realizar una prueba de las modificaciones al sistema de gas y vacío completa.

Debido a las dificultades, a los costos que trae consigo y el posible compromiso del cuidado del paciente, los hospitales son renuentes a pruebas completas de los sistemas cambiados, excepto después de modificaciones o ampliaciones. Desafortunadamente, fallas en las pruebas completas a los sistemas pueden permitir que serios problemas (conexiones cruzadas, que son usualmente asociadas únicamente con sistemas nuevos) no sean detectados.

6.5 Equipos y Suministros Necesarios para la Realización de PMP

Los sistemas de gases médicos contienen contaminantes que pueden afectar los instrumentos de prueba; por tanto, las limpiezas periódicas en adición a la calibración podrán ser necesitadas.

6.5.1 Analizadores de Oxígeno: deben mantener precisión y exactitud y no ser dañados ante la presencia de óxido nitroso (analizadores usados con unidades de anestesia son los más adecuados).

6.5.2 Mecanismos de Medición de Vacío, 0 a 30 pulgadas de mercurio (0 a 760 mm Hg), con 5% de exactitud.

6.5.3 Flujómetros, 0 a 250 L/min, con un 5% de exactitud (fabricantes de flujómetros normalmente suministran curvas de calibración para un rango de gases comunes con cada instrumento); alternativamente, si un flujómetro calibrado para un gas a ser medido no está disponible, se puede usar la siguiente fórmula:

⁷⁹ o purga inicial.

⁸⁰ Programas de Mantenimiento Preventivo

$$\text{Flujo Corregido} = \text{Flujo Indicado} * \sqrt{\frac{\text{Densidad (gas)}}{\text{Densidad (gas de Prueba)}}}$$

6.5.4 Manómetros, mecanismos de medición de la presión, 0 a 100 y 0 a 400 Psig, con un 5% de exactitud.

6.5.5 Válvulas de control de flujo.

Cabe destacar que otros mecanismos disponibles pueden ser usados en lugar de los listados anteriormente; por ejemplo, algunos instrumentos especializados incorporan mecanismos para la medición de la presión, vacío, flujo y la concentración de oxígeno todo dentro de un instrumento compacto. También, algunos modelos de calibradores portátiles de tipo neumático o calibradores/analizadores de máquinas de anestesia pueden ser una alternativa muy útil.

6.5.6 Otros

Una fuente de Nitrógeno seco libre de aceite con regulador de presión para suministrar el gas de prueba.

Mangueras y adaptadores para conectar el equipo para la medición del vacío y de la presión y el cilindro del gas de prueba a cada salida de gas.

Herramientas de mano, como desatornilladores, llaves mecánicas, llaves tipo Allen, alicates y tenazas.

Etiquetas y marcadores, como "No Tocar", "No Usar" y "Sistema bajo Prueba".

Botes para muestreo y filtros para recolección de muestras para análisis; típicamente, estos son obtenidos de un laboratorio que no conduce el análisis.

6.5.7 Herramientas Mecánicas y Partes

Parte del Juego de herramientas mecánicas que pueden ser base útil para la realización de un programa de mantenimiento preventivo puede resumirse a partir de las siguientes:

- Juego completo de desatornilladores que incluya tanto del tipo philips como plano.
- Un juego pequeño y mediano de tenazas con punta plana.
- Tenazas de junta deslizante tipo Perica.
- Juego de Llaves

- Espejo dental
- Escariador
- Lámpara tipo Lápiz
- Cepillo de alambre
- Juego completo de anillos tipo "O" de goma de neopreno ("O" Ring)
- Juego misceláneo de resortes.
- Adaptadores de pared para salidas de oxígeno, óxido nitroso, aire médico y vacío.
- Caja para cargar herramientas.

Costo Aproximado: \$1,250

6.5.8 Equipo de Prueba

Dentro de los elementos necesarios para la realización de un programa de mantenimiento preventivo y de pruebas, se sugieren los siguientes:

- Analizador de Oxígeno Portátil
- Medidor de presión de Vacío, 0-30 pulgadas de Mercurio
- Flujómetros: 0-10 LPM, 0-100 LPM
- Manómetro de Presión 0-100 Psig, 0-500 Psig
- Válvula de Control de flujo, 0-10 LPM, ajustable
- Velocímetros de Aire electrónicos, escalas de 0-100 pies/minuto
- Indicador electrónico de Humedad
- Bomba con Bolsa para muestreo*
- Espectrofotómetro Infrarrojo*

* Accesorios opcionales para prueba de contaminación de gases.

Costo Aproximado sin los Accesorios Opcionales:	\$ 6,250
Costo Aproximado Accesorios:	\$17,500
Total:	<hr/> \$23,750

6.6 Precauciones Especiales con los PMP⁸¹ de los SGVM⁸². Generalidades

- Antes de realizar pruebas, se debe alertar al personal clínico, y asegurar que exista un adecuado suministro de los cilindros de gas apropiados y/o fuentes de vacío, a fin de que estén disponibles en el área inmediata como soporte para gases suministrados por tubería. Proveyendo un amplio tiempo de

⁸¹ PMP: Programas de Mantenimiento Preventivo.

⁸² MGVS: Sistemas de Gas y Vacío Médico.

preparación, especialmente si un sistema o zona debe ser cerrada para la prueba.

- Nunca debe desconectarse o probarse alguna salida de gas médico, entrada de vacío, o sistema de servicio a paciente en áreas de cuidados para pacientes sin la aprobación del personal clínico.
- De igual manera, no debe desarrollarse ninguna prueba que pueda interferir el suministro de gas a pacientes (cerrar válvulas de zona, presurizar con otro gas o alterar alguna presión con otra diferente a la presión usual de suministro) cuando tal sección del sistema, esté en uso por pacientes.
- Nunca debe usarse oxígeno como gas de prueba (prueba de presión). Para ello debe usarse Nitrógeno seco libre de aceite. No debe permitirse fumar o otras fuentes abiertas de ignición en el área inmediata al área de prueba, especialmente en la presencia de óxido nitroso u oxígeno.
- Debido a la alta presión, debe tomarse un especial cuidado cuando son insertados y desconectados los adaptadores de las salidas puestas a prueba. También, antes de la prueba, habrá que cerciorarse que el adaptador esta seguramente conectado en el toma de salida.
- Nunca deberá aplicarse una prueba de presión al sistema de vacío con manómetros en la sección del sistema a ser presurizada; esto puede dañar los medidores de presión de vacío.

Si son sobrepresurizadas las líneas de gas comprimido, como es requerido para ciertos sensores (sistemas nuevos instalados o modificados), pueden ser dañados ciertos medidores, interruptores de alarma y salidas en estos sistemas. Ciertas pruebas de presión deben ser llevadas a cabo antes de que estos componentes sean instalados por este sistema, según lo dictado por la NFPA 99 en la sección 4-5.1.2.1.

6.7 Precauciones al Purgar

Cuando se hace uso del gas de prueba (nitrógeno seco libre de aceite) para inspeccionar un panel de alarma o para presurizar un sistema de tuberías, éste debe ser removido del sistema antes de usarlo y que entre en contacto con pacientes. Con la válvula de zona apropiada cerrada, se abre una salida para así despresurizar el sistema. Después de esto, debe ser cerrada la salida; para luego abrir la válvula de zona y cada salida en la zona en orden, comenzando por la salida más cercana a la válvula de zona. Puede ser cerrada cada salida antes de abrir la siguiente en la línea. Cuando sea apropiado (con tuberías de aire comprimido y oxígeno), puede usarse un

analizador de oxígeno a fin de verificar el contenido de oxígeno en cada salida, o puede ser enjuagada cada salida con el gas etiquetado para ella por aproximadamente 1 minuto (excepto óxido Nitroso). Al mismo tiempo debe notarse que un analizador de oxígeno, por definición, no detectará nitrógeno u óxido nitroso.

6.8 Precauciones con el óxido Nitroso

Debe tomarse una precaución especial cuando se realizan pruebas o se remueve óxido nitroso de los sistemas a bien de minimizar el nivel de exposición al gas expelido. Aunque una exposición aguda ocasional a óxido nitroso, no ha dado muestras de ser peligrosa, se recomienda que se tomen precauciones a fin de minimizar el nivel de exposición. Por ejemplo:

- Mujeres en estado de embarazo no deberán realizar y/o estar presentes de manera rutinaria, o aún, estar cerca del área durante el desarrollo de este tipo de procedimientos.
- Debe usarse una sección o pedazo de tubo corrugado (de una pulgada de diámetro) para direccionar el gas expelido del sistema lejos del personal, y cuando sea posible, dentro de un ducto de retorno de la ventilación o hacia fuera por una ventana.
- Limitar el tiempo de purgado y de medición del flujo de cada salida a 10 segundos. (Cerca de 200 pies de tubería pueden ser purgados durante tal tiempo; correspondientemente sistemas de tuberías de menor longitud pueden ser purgados en menor tiempo a ese).
- Purgar el sistema de óxido nitroso por último, y desalojar el cuarto después de apagar o cerrar todas las salidas, restringiendo al personal de entrar al cuarto, a fin de permitir que el gas expulsado se disipe. En el caso de las salas de operaciones, 15 minutos podrían ser adecuados, aunque eso dependerá de la razón de cambio establecido del sistema de aire acondicionado. En cuartos más pequeños con un rango de cambio del volumen de aire de la habitación menor, la disipación puede requerir de 1 hora. Aunque, es lógico restringir la entrada innecesaria de pacientes a la habitación durante este tiempo, éste puede ser usado si es esencial para el cuidado de pacientes.

6.9 Programa de Mantenimiento Preventivo

Algo fundamental para los Sistemas de Gas y Vacío Médico es verificar y certificar el funcionamiento del sistema tanto inmediatamente después de ser instalado y posterior a haber sufrido alguna una modificación como también es esencial

asegurar que el sistema continúa funcionando tal como fue diseñado al comienzo. Los costos totales de operación pueden ser reducidos con un efectivo programa de mantenimiento preventivo⁸³.

Este programa requiere que los componentes del sistema de gas médico sean puestos a prueba sobre una base regular, permitiendo que los resultados de dichas pruebas sean documentados, que el personal sea entrenado y que las políticas y procedimientos sean desarrollados e implementados adecuadamente.

A fin de diseñar un efectivo programa de administración del mantenimiento para sistemas de gas y vacío médico, los siguientes puntos pueden ser ejecutados:

1. *Desarrollar un inventario técnico del Equipo existente.* Determinar que equipos deben ser parte del programa de mantenimiento. Para sistemas de gas y vacío médico, esto incluye el almacenamiento de cilindros, manifolds, válvulas de corte, sistemas de alarmas, conectores, bombas, entradas, salidas y otros dispositivos misceláneos⁸⁴ que pueden tener un impacto en el cuidado del paciente o que puedan requerir mantenimiento sobre una base, a fin de lograr su funcionamiento continuo.
2. *Crear un plan sistemático.* Obtener o crear el plano actual del sistema de gas y vacío médico o alguno que al menos se aproxime. Éstos dibujos deben identificar claramente donde están ubicados cada uno de los elementos, como por ejemplo, válvulas de corte y paneles de alarma.
3. *Evaluar el Equipo.* Después de que cada componente del sistema haya sido ubicado, identificado e inventariado, debe completarse el proceso mediante una evaluación del estado del equipo. La condición de los elementos del sistema variará y el equipo que necesite reparación inmediata será detectado. La condición de cada pieza de un equipo con fallas y el historial de reparación serán importantes para determinar los intervalos apropiados para el mantenimiento preventivo. Los componentes que son sujetos a uso frecuente y a condiciones ásperas o rigurosas requerirán una atención más frecuente, frente a aquellas que raramente son usadas o que tienen un historial libre de problemas. La evaluación del equipo debe al mismo tiempo incluir un estimado de la vida útil, con el objetivo de establecer planes en relación al reemplazo del equipo.

⁸³ Esto es posible debido a las reducciones en fallas tempranas o inesperadas de los componentes del sistema.

⁸⁴ Como interruptores de presión y mangueras flexibles.

4. *Creación de Políticas y Procedimientos.* Después de que el inventario técnico ha sido completado y los componentes del sistema han sido evaluados, deben ser desarrolladas y escritas las políticas y procedimientos para el mantenimiento del sistema de gas y vacío médico del hospital. Deben ser incluidas las consideraciones de la relación costo-beneficio⁸⁵. Muchas instituciones tienden a alcanzar los estándares mínimos, aunque esto al final no represente la solución a largo plazo, aún desde la perspectiva financiera. Adicionalmente, las políticas tienen que tomar en consideración la seguridad tanto del paciente como del personal y de los riesgos potenciales derivados del uso y mantenimiento de SGVM.
5. *Ejecutar el proceso.* Cada uno de los encargados del mantenimiento deben comprender la naturaleza crítica de ejecutar el mantenimiento preventivo o reparar un sistema de gas y vacío médico. Si el sistema debe ser desconectado en determinadas zonas o completamente, deben tomarse las respectivas medidas de minimización del impacto que esto implica, permitiendo a los departamentos o unidades afectadas tener suficiente tiempo para prepararse al inicio de la ejecución del proyecto. Suministros de respaldo o emergencia ya sea oxígeno, óxido nitroso y tanques o cilindros de aire comprimido deben ser colocados en sitios estratégicos para su uso así como bombas extras de vacío en caso de que sean requeridas. Si es necesario, personal auxiliar deberá ser solicitado.
6. *Documentación de los Resultados.* No es suficiente, sin embargo, tener simplemente un inventario técnico actualizado y los procedimientos para la realización de pruebas y de mantenimiento de cada uno de los componentes del sistema de gas y vacío médico, sino también es necesario documentar los registros de cuando el sistema ha sido puesto a prueba, del mantenimiento preventivo que ha sido ejecutado y de las reparaciones que han sido completadas. Ya sea que esos registros sean mantenidos en archivos en papel o en discos de computadoras, estos deben estar a la mano para propósitos de revisión.
7. *Evaluación de los Resultados.* Un programa que administre de manera efectiva el mantenimiento de los sistemas de gas y vacío médico requiere de una revisión y evaluación periódica, es decir, de un análisis programado del trabajo que ha sido llevado a cabo. Las siguientes preguntas deben ser completadas a fin de evaluar el tipo de programa de Mantenimiento preventivo que ha sido ejecutado:

⁸⁵ Por ejemplo, cuánto deberá gastarse para extender la vida del sistema 20 años más.

- ¿El trabajo planificado ha sido completado?
- ¿Es la calidad del trabajo la adecuada?
- ¿Ha sido el trabajo completado en el tiempo adecuado y de la manera más eficiente?
- ¿Los resultados de las pruebas o los errores cometidos indican qué cambios se necesitan hacer en las políticas, procedimientos o en la frecuencia de las mismas?
- ¿La razón de fallos de los componentes sugieren que es tiempo de reemplazar algunos de ellos o rediseñar parte del sistema?

Para responder estas interrogantes, algunos indicadores cuantitativos pueden ser seleccionados a fin de medir la ejecución del programa. En la tabla 6.1, pueden ser observados algunos de ellos.

Tabla 6.1: Indicadores de Desempeño del PMP⁸⁶

Indicadores de Desempeño del Programa de PMP para Sistemas de Gas y Vacío Médico		
Función	Indicador y tipo	Medición
Cumplimiento de las Tareas	Pruebas de MP Completadas (Regulatorio)	No Tareas Completadas/Total de tareas programadas
Calidad del Trabajo	Rellamadas para Reparación (Crítico)	No. de Rellamadas/Total Reparaciones
Tiempo Ejecución	Tiempo promedio de retardo	Tiempo Promedio para iniciar la orden de trabajo
Eficiencia	Tiempo para completar el trabajo (Crítico)	Tiempo promedio por orden de trabajo
Capacitación del Recurso Humano	Entrenamiento Completado	% del RR HH completando entrenamiento
Capacitación del Recurso Humano	Conocimiento del RR HH (Crítico)	% del Personal que conoce los procedimientos de emergencia

Los Indicadores "Críticos" miden el nivel de desempeño, como podría ser el porcentaje de enfermeras que pueden explicar donde están ubicados las válvulas de zona y como ellas pueden cerrarlas durante una emergencia. Ambos tipos de indicadores son comúnmente usadas y son beneficiosas para monitorear el grado de conocimiento del personal del hospital.

⁸⁶ PMP: Programa de Mantenimiento Preventivo.

Los Indicadores "Regulatorios" miden el acatamiento de los requisitos de tipo regulatorios, como el número de los paneles de alarma probados.

En la tabla 6.2, se muestran el tipo de pruebas y las frecuencias de realización de las mismas recomendadas por la NFPA99. Es obvio que para cada caso a aplicar dependerá de las condiciones actuales, así como del uso que se le da a cada elemento del sistema de gas y vacío médico.

Posteriormente en la sección de anexos, pueden encontrarse algunos tipos de formularios propuestos para el registro de la información concerniente a los programas de mantenimiento preventivo en los sistemas de gas y vacío médico propuestos por la Asociación Americana de Hospitales, la cual cumple con las normas propuestas por la NFPA99.

**Tabla 6.2: Pruebas y Frecuencia recomendadas
Por la NFPA99**

RECOMENDACIONES DE LA NFPA99 ACERCA DE LA FRECUENCIA DE LAS PRUEBAS		
SISTEMAS BULK		
<u>Descripción de Componentes</u>	<u>Tarea de mantenimiento preventivo</u>	<u>Frecuencia de prueba.</u>
Sistema de Oxígeno Bulk.	Inspección y mantenimiento por personal cualificado	Anualmente.
Sistemas de cilindros Bulk o de reserva	Chequear visualmente el sistema de presión y el estatus del interruptor de cambio (changeover).	Diariamente
Contenido de la fuente de reserva Bulk	Chequear la correcta activación	Anualmente
Sistema de suministro	Revisar los contenidos de los tanques	Diariamente
Panel de alarmas master del sistema	Revisar la operación de la señal del sistema panel	Periódica
Medidas de la presión de la línea principal	Presiones entre límites aceptables	Diariamente.
COMPONENTES DEL		

COMPRESOR DE AIRE MEDICO <u>Descripción de componentes.</u>	<u>Pruebas de mantenimiento preventivo</u>	<u>Frecuencia de prueba.</u>
Compresor de aire médico.	Revisar localización para ver una colocación satisfactoria.	Trimestralmente.
Medidores de presión	Verificar límites aceptables de presión	Anualmente
Sensor de nivel de agua	Operación del sensor.	Anualmente.
Receptor de drenaje	Acumulación de agua	Diariamente.
Compresor de aire	Pruebas mecánicas.	Especificaciones del fabricante.
Capa absorbedora.	Revisar la saturación de agua.	Especificaciones del fabricante.
Sensor de punto de rocío.	Revisar operación correcta	Anualmente.
Sistema de instrumentación	Calibración y correcta operación.	Rutinariamente.
Sistemas de alarmas de aire	Pruebas funcionales	Anualmente
COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE ALARMAS <u>Descripción de componentes.</u>	<u>Pruebas de mantenimiento preventivo</u>	<u>Frecuencia de prueba.</u>
Panel de señal de alarma	Prueba de presiones de alarmas audibles y visuales.	Mensualmente
Componentes de sistemas de advertencias	Pruebas funcionales	Anualmente.
Indicadores de presión en alarmas y alarmas master	Presión correcta del sistema.	Diariamente.
SISTEMA DE MANIFOLD <u>Descripción de componentes.</u>	<u>Tarea de mantenimiento preventivo</u>	<u>Frecuencia de prueba.</u>
Reserva en uso y sistema de advertencia de bajo suministro	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba de presión correcta. 2. Pruebas de señales audibles y visuales 	<p>Anualmente.</p> <p>Mensualmente</p>

ACCESORIOS DEL SISTEMA. <u>Descripción de componentes.</u>	<u>Pruebas de mantenimiento preventivo.</u>	<u>Frecuencia de prueba.</u>
Válvulas de corte.	Pruebas de fuga.	Anualmente.
Estación de salidas.	Flujo correcto y fuga.	Anualmente.

6.7 ANEXOS

A6.1 Hojas de Procedimientos para el PMP

Tabla A6.1: Evaluación Sistema Bulk

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Procedimiento para prueba de equipamiento de gas médico y vacío

Descripción: Sistema de tanque tipo Bulk Departamento: _____

Localización: _____

PRUEBA A: VISUAL		Frecuencia: diariamente							
Procedimiento.		Parámetro: + / - 10% de nominal.							
1. Revisar la presión del sistema									
Dias	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Estado.									
3. Verificar el estado del changeover									
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estado.									
2. Verificar el contenido del tanque.									
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Litros/ Pies ³									
PRUEBA B: FUNCIONAMIENTO		Frecuencia: anual							
Procedimiento.									
Revisar el sistema de panel de señal para:									
a. Apropiaada función de la señal audible.									
Estado: _____									
b. Apropiaada función de alarma visual.									
Estado: _____									
PRUEBA C: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Frecuencia: anual							
Procedimiento.									
Verificar las conexiones y juntas de tuberías.									
Estado: _____									
1. Inspeccionar las estructuras mecánicas.									
Estado: _____									
2. Verificar corrosiones									
Estado: _____									
3. Reparar cuando sea necesario.									
Estado: _____									
PRUEBA D: APROBADO O REPROBADO		Frecuencia: Diariamente							
Procedimiento.									
Parámetro:									
1. Describir que el sistema tanque pasa todas las pruebas descritas.									
2. Documentar los resultados con una "A" (aprobado) o "R" (reprobado)									

Tabla A6.2: Evaluación Manifold

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Procedimiento para prueba de equipamiento de gas médico y vacío

Descripción: Sistema Manifold

Departamento: _____

Localización: _____

PRUEBA A: FUNCIONAMIENTO										
										Frecuencia: diariamente
Procedimiento.										
Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Revisar la medida de depresión de línea (+ / - 10% de nominal.)										
2. Verificar contenidos de la bancada										
3. Verificar indicadores de banco izquierdo y derecho										
PRUEBA B: FUNCIONAMIENTO										
										Frecuencia: Mensualmente
Procedimiento.										
Probar las señales audibles y visuales del sistema de advertencia de la fuente.										
Fecha: _____										
Estado: _____										
PRUEBA C: MANTENIMIENTO PREVENTIVO										
										Frecuencia: anual
Procedimiento.										
Año	1	2	3	4	5					
Verificar la presión de línea estabiliza.										
Verificar la operación del interruptor que indica cambio de bancada.										
Probar el interruptor de operación de alarmas										
Reparar o reemplazar partes si fuesen necesarios.										
PRUEBA D: APROBADO O REPROBADO										
										Frecuencia: Diariamente
Procedimiento.										
1. Describir que el sistema manifold pasa todas las pruebas descritas.										

2. Documentar los resultados con una "A" (aprobado) o "R" (reprobado)

Tabla A6.3: Evaluación Compresor Aire Médico

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Procedimiento para prueba de equipamiento de gas médico y vacío.

Descripción: **Compresor de aire médico** Departamento: _____
 Localización _____

PRUEBA A: VISUAL

Frecuencia: **diariamente.**

Procedimiento.

1. Visualmente inspeccionar el compresor por una función inusual.
4. Verificar acumulación de agua en el receptor y vaciar si fuese necesario.

PRUEBA B: FUNCIONAMIENTO

Frecuencia: **Mensualmente**

Procedimiento.

Fecha.						
Verificar si la entrada de aire es el adecuado.						
Observar las medidas de presiones exactas.						
Verificar los sensores de niveles de agua y punto de rocío para adecuada operación.						
Verificar la función de instrumentación y calibración .						
Probar los sistemas de alarmas de aire.						

PRUEBA C: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Frecuencia: **trimestralmente**

Procedimiento.

1. Limpiar los contactos del ciclo alternante de la bomba si fuesen necesarios.
2. Ajustar reguladores.
3. Realizar ajustes mecánicos por especificaciones técnicas.

PRUEBA D: APROBADO O REPROBADO

Frecuencia: **Diariamente**

Procedimiento.

1. Describir que el compresor de aire pasa todas las pruebas descritas.
2. Documentar los resultados con una "A" (aprobado) o "R" (reprobado)

Tabla A6.4: Tabla Evaluación Panel de Alarmas

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Procedimiento para prueba de equipamiento de gas médico y vacío.

Descripción: Sistemas de panel de alarmas Departamento: _____

Localización _____

PRUEBA A: VISUAL		Frecuencia: Diariamente.			
Procedimiento.					
Observar la presión en el panel de medición. + / - 10%					
PRUEBA B: FUNCIONAMIENTO		Frecuencia: Mensualmente			
Procedimiento.					
Parámetro:					
Fecha					
Verificar indicadores color verde (normal).					
Probar los interruptores de alarmas audibles y visuales.					
Verificar la operación del interruptor de silencio de alarma.					
PRUEBA C: FUNCIONAMIENTO		Frecuencia: Anual			
Procedimiento.					
Fecha					
Probar la función de las alarmas con cambios de presiones. (+ / - 10 % de la nominal)					
Recalibrar los presiones de operación si fuesen necesarios					
PRUEBA D: APROBADO O REPROBADO		Frecuencia: Diariamente			
Procedimiento.					
Parámetro:					
1. Describir que los paneles de alarmas pasan todas las pruebas descritas.					
1. Documentar los resultados con una "A" (aprobado) o "R" (reprobado)					

Tabla A6.5: Hojas de Inspección de Paneles
 De Alarma y Válvulas de Zona

Hospital de Especialidades Sistema de Gas y Vacío Médico Panel de Alarmas e Inspección de Válvulas de Zona Hoja de Inspección HE01							
Inspector:			Inspección Correspondiente a: Instalación Nueva [] Annual [] Modificación []				
Fecha Inspección:							
Inspección:							
Aprobada [] Reprobado []							
Paneles de Alarma							
Ubicación	No.	Presión	Alarma Baja Psi	Alarma Alta Psi	Acción Requerida	No usar	OK
Válvulas de Zona							
Ubicación	Área / Función	No.	Presión	Acción Requerida	No usar	OK	
OBSERVACIONES:							

Tabla A6.6: Evaluación Tomas

PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Procedimiento para prueba de equipamiento de gas médico y vacío

Descripción: Salidas de gases y vacío

Departamento: _____

Localización: _____

PRUEBA A: VISUAL		Frecuencia: Diariamente.		
Procedimiento.				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar el propio etiquetado y código de color. 2. Observar desprendimientos o daños en hardware. 3. Verificar la estabilidad mecánica 				
PRUEBA B: FUNCIONAMIENTO		Frecuencia: Anual.		
Procedimiento.				
Fecha:				
Medida de la presión de vacío en la salida. (+ / - 10% de nominal)				
Verificar flujos adecuados Vacío 35 lpm, gas 100 lpm.				
Verificar fugas o escape de gas usando analizadores.				
Verificar la presencia del correcto gas por salida.				
PRUEBA C: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Frecuencia: Anual		
Procedimiento.				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desensamblar y limpiar la unidad, si es necesario. 2. Verificar la alineación mecánica. 3. Reparar si es necesario. 4. Reensamblar la unidad. 				
PRUEBA D: APROBADO O REPROBADO		Frecuencia: Anual		
Procedimiento.				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Describir que las salidas pasan todas las pruebas descritas. 2. Documentar los resultados con una "A" (aprobado) o "R" (reprobado) 				

Tabla A6.7: Hoja de Inspección de Pureza de Tomas

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES																		
Sistemas de Gas y Vacío Médico																		
Inspecciones de Tomas de Gas y Vacío																		
Formulario de Inspecciones HE02-0102																		
Inspector:				Inspección Correspondiente a:								EVALUACIÓN:						
				Nueva Instalación []								Aprobado []						
Fecha Realización Inspección:		Día	Mes	Año	Mantenimiento Preventivo []								Requiere Servicio []					
Hoja No. de				Modificación o Ampliación []														
Cuarto No	Estación No.	Etiqueta y Condición	O ₂			N ₂ O			Aire			Vacío		Requerimiento	No usar	OK		
			%O ₂	Psi	L/mi n	%O ₂	Psi	L/mi n	%O ₂	Psi	L/mi n	Pulg Hg	L/mi n					
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		

Tabla A6.8: Evaluación de Pureza Aire Comprimido

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES							
Sistema de Gas y Vacío Médico							
Formulario de Inspección HE03-0102							
Inspector:				Inspección correspondiente a:		Evaluación:	
				Nueva Instalación:	[]		
Fecha Realización:	Día	Mes	Año	Mtto. Preventivo:	[]	Aprobado	[]
Hoja No _____ de _____				Modificación:	[]	Reprobado	[]
CONFIRMACIÓN DE PUREZA*			ANÁLISIS DEL AIRE COMPRIMIDO MÉDICO				
GAS	FUENTE DE PUREZA	FECHA REPORTE	IMPUREZA	Punto Muestreo	Fecha Muestreo	Análisis de Resultados**	
O ₂			Oxígeno				
N ₂ O			CO, entrada Compresor				
NOTAS:			CO, salida de gas				
* La certificación de pureza y el análisis de resultados debe ser guardado dentro de los archivos de las Inspecciones de Mantenimiento Preventivo.			Dióxido de Carbono				
			Total Hidrocarburos				
			Hidrocarburos Halogenados				
** Anexar los resultados del análisis de pureza a este formulario.			Punto de Rocío				
			Partículas				
ANÁLISIS DE PUREZA EN CONSTRUCCIONES NUEVAS							
GAS							

CAPÍTULO VII

"COSTO DEL PROYECTO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"

7. COSTO DEL PROYECTO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 COSTO DEL PROYECTO

7.1.1 Costo Aproximado de los Materiales

En las tablas 4.9 y 4.15, se hizo referencia a los materiales necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño de las redes de oxígeno y de aire comprimido. De acuerdo a esto, en la tabla 7.1 se muestran los mismos junto con sus costos aproximados.⁸⁷ En la tabla aparece la columna que especifica "Cantidad Sugerida", la cual se presenta como una propuesta de compra de tubería, a fin de crear un excedente de seguridad del 25%, con el objetivo de evitar contratiempos causados por faltantes durante la instalación.

Tabla 7.1: Tabla resumen de Materiales y Costos aproximados

COSTOS DEL PROYECTO				
Propuesta De Ampliación de Red de Oxígeno y Aire Comprimido				
Descripción	Cantidad	Cantidad Sugerida = (Cantidad neta + 25%)	Precio Uni. (US Dólares)	Total (US Dólares)
OXÍGENO				
Equipos				
Alarmas Locales	3	3	1,750	5,250
Tuberías				
Tuberías tipo "L" de ½"	291.28 m	364.1 m	7.03	2,558.92
Tuberías tipo "L" de 3/8"	2.4 m	3 m	6.03	18.09
Accesorios				
Codos de Cobre 90° ½"	62	62	1.55	96.1
Codos cobre "T" de ½"	31	31	2.72	84.32
Tomas de oxígeno Ohmeda	24	24	70	1,680
Válvulas de corte de ½" con ¼" de giro.	10	10	90	900
Reductores de ½" a 3/8"	30	30	1.63	48.9
Regulador @ 55 Psi	1	1	500	500
Sujetadores *	159	159	2.50	397.50
Varios				
Nitrógeno seco purgante	2	2	15.4	30.8
Plata estaño para soldadura	15	15	4.5	67.5
Red de Aire Comprimido				
Equipos				

⁸⁷ Tales Costos fueron obtenidos de algunas empresas que ofrecen el servicio en el mercado.

MANUAL BIOMÉDICO DE DISEÑO DE REDES DE GASES Y VACÍO MÉDICO
A PARTIR DE UN ESTUDIO EN UN HOSPITAL SALVADOREÑO

Alarmas Locales	3	3	1,750	5,250
Tuberías				
Tuberías tipo "L" de ½"	327.21 mts	409 mts	4.04	1,652.36
Tuberías Tipo "L" de 3/8"	2.4 mts	3 mts	3.22	9.66
Accesorios				
Codos de cobre 90° de 1/2"	69	69	1.55	106.95
Codos de cobre "T" de ½"	31	31	2.72	84.32
Tomas de aire Ohmeda	24	24	70	1,680
Válvulas de corte de ½" con ¼" de giro.	10	10	90	900
Reductores de ½" a 3/8"	30	30	1.63	48.9
Regulador @ 55 Psi.	1	1	500	500
Sujetadores*	180	180	2.50	450
Varios				
Nitrógeno Seco Purgante	2	2	15.40	30.80
Plata estaño para soldadura	15	15	4.50	67.50
Válvulas de Corte				
Cajas de Válvulas de corte de ½" con ¼" de Giro (Duplex)	8	8	420	3,360
Válvulas de Zona de ½" con ¼" Giro	4	4	90	360
Oxígeno Líquido				
Costo aproximado base de Concreto (4X4X0.8) m	1	1	4,500	4,500
Costo Malla Ciclón (4X4X6) m	1	1	1,000	1,000
Costo Por Alquiler del Tanque ⁸⁸				800
Costos por Mano de Obra				
Elaboración de Planos				
Análisis del Sistema Actual				
Diseño del sistema de Aire				2,500
TOTAL (Sin IVA)⁸⁹				34,132.62

7.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.2.1 Acerca de la Red de oxígeno

- 7.2.1.1 La red actual de oxígeno no esta sujeta bajo los criterios establecidos por la NFPA99, más cabe recordar que el diseño del Hospital en estudio corresponde a la norma AFNOR.⁹⁰

* El costo de los sujetadores incluye platina de soporte, abrazadera, varilla roscada y tornillos.

⁸⁸ Costo Mensual

⁸⁹ No incluye costos por alquiler del tanque y del producto en su primera compra.

⁹⁰ AFNOR: "Asociación Francesa de Normas".

- 7.2.1.2 Se recomienda implementar una red paralela, que permita extender el suministro de oxígeno hacia las medicinas 3, 4 y 5, al área de neurocirugías hombres, y a neurocirugías mujeres, dejando una mecha para futura ampliación de la red hacia las cirugías hombres y mujeres, según se detallan en los planos arquitectónicos. Esta propuesta no implica que la red se extienda a todos los cuartos de dichas unidades hospitalarias, sino de aprovechar las condiciones arquitectónicas y tecnológicas que brindan ciertos puntos estratégicos del hospital, lo cual de igual manera puede ser observado en los planos arquitectónicos.
- 7.2.1.3 Los datos estadísticos del consumo actual de oxígeno, demuestra que un 60% del consumo total de cilindros es distribuido manualmente hacia cada una de las áreas del hospital, es decir, fuera de la Red.
- 7.2.1.4 De acuerdo al punto anterior se puede decir que solo un 40% del consumo de oxígeno lo cubre la red actual de distribución de oxígeno.
- 7.2.1.5 Los resultados del análisis de oxígeno demuestran que utilizar oxígeno líquido e implementando la expansión de la red de distribución propuesta, existiría un ahorro mensual de \$447.5, lo que equivale a un ahorro anual de \$ 5,370.
- 7.2.1.6 El utilizar oxígeno líquido sin implementar un nuevo diseño de red, el cual de abastecimiento a las áreas propuestas, no ofrecerá beneficio alguno para la institución en términos de costos.

7.2.2 Acerca de la Red de Óxido Nitroso

- 7.2.2.1 Los registros de consumo de óxido nitroso demuestran la casi inexistente demanda de manejo o distribución interna de cilindros, lo cuál indica que la central brinda servicio a la mayor parte de las áreas requeridas.
- 7.2.2.2 La red actual de Óxido Nitroso, al igual que la de Oxígeno, no cumple con los requerimientos que establece la NFPA99, considerando que su diseño y construcción corresponde a los procedimientos dictador por la AFNOR.
- 7.2.2.3 Se recomienda transportar cilindros de Óxido Nitroso, en el caso de que fuese necesario, hacia el área de Litotripsia, debido a que la red actual de suministro no cumple con los requerimientos mínimos que establece la NFPA99⁹¹, en relación a los diámetros de tuberías; ya que éstos según dicha norma, no deben ser menores de $\frac{1}{2}$ ". Tal aspecto en consecuencia, limita al diseñador, el poder realizar los respectivos cálculos de pérdidas de presión en caso de una eventual expansión, ya que no existirá fiabilidad alguna del proceso. Cabe destacar que según los registros de consumo, no existe demanda alguna de N₂O en la Unidad mencionada.

7.2.3 Red de aire comprimido

- 7.2.3.1 La asignación de aire comprimido a las áreas descritas es importante, ya que los equipos que se utilizan en los puntos propuestos, permiten catalogarlas como áreas de cuidados intermedios.
- 7.2.3.2 En cuanto a las propuestas de los sistemas de distribución de aire dadas, se recomienda implementar una red paralela que de suministro a las medicinas 3, 4 y 5, una localidad específica para neurocirugías hombres, y una localidad específica para neurocirugías mujeres, y una mecha para futura ampliación de la red hacia las cirugías hombres y mujeres.

⁹¹ Norma que ha sido base para la realización del proyecto.

7.2.3.3 El sistema de compresor de aire médico actual, tiene un dimensionamiento adecuado, capaz de abastecer las redes de suministro actual y propuesta para el sistema.

7.2.3.4 La utilización de una red paralela de aire comprimido no interrumpirá el servicio del gas a cada área durante el período de construcción de la red y conexión de las tuberías, accesorios, pruebas de presión y pureza por un período demasiado largo. Solo así. Requerirá, solo entonces, cuando sea necesario, un período corto para la interconexión de la nueva red con la red actual, en el punto cercano a la fuente.

7.2.3.5 Expandir la red de aire comprimido hacia los servicios propuestos a partir de la red actual de gases, requiere la necesidad de cambiar las tuberías de gases de las elevaciones (raisers), a diámetros de $\frac{3}{4}$ " para asegurar que las pérdidas de presión del sistema no sobrepasen los límites permitidos (5 psi.) para su adecuado dimensionamiento.

7.2.4 Sistema de vacío médico

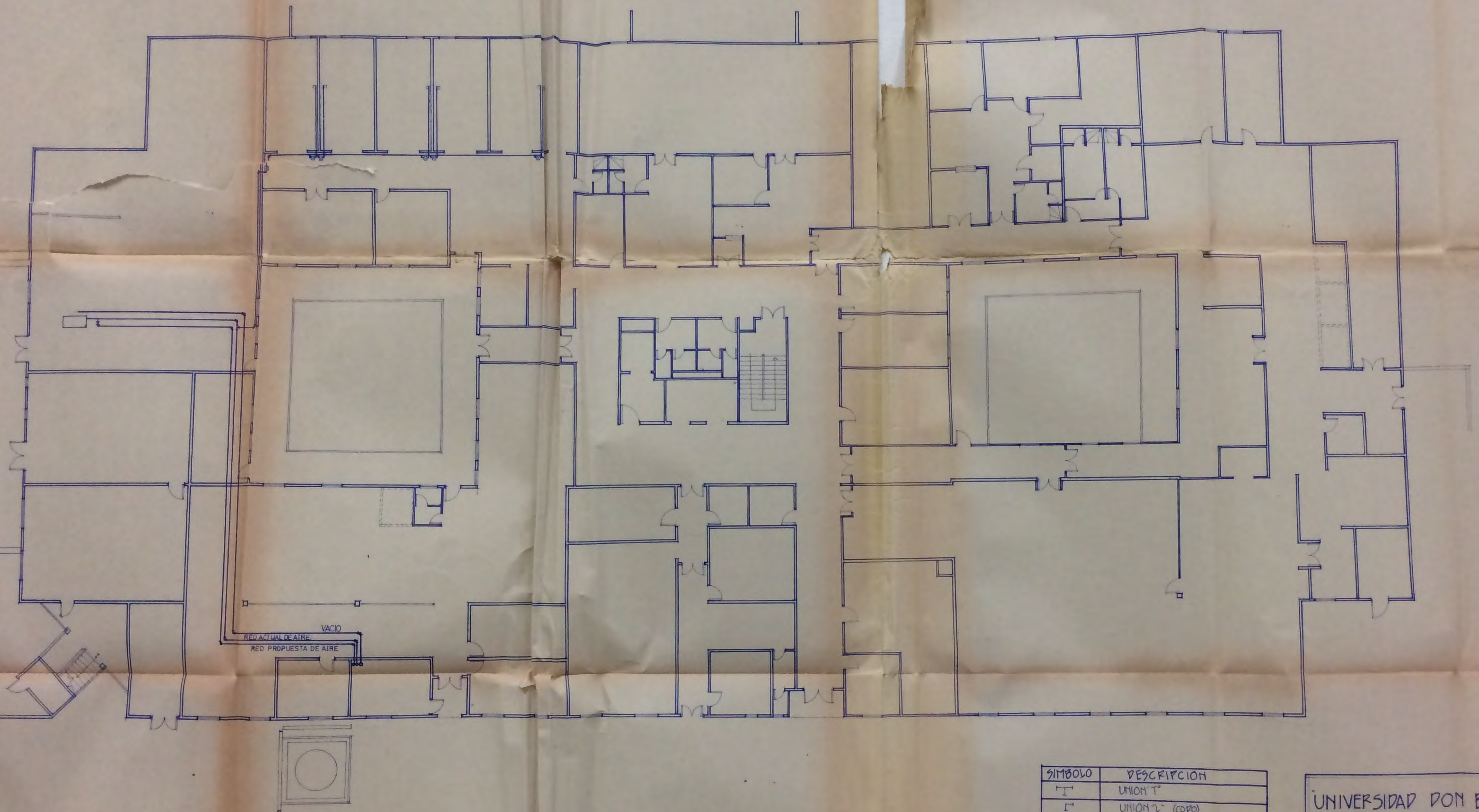
7.2.4.1 Las áreas a las cuales cubre el sistema de vacío actual son catalogadas como prioritarias, por lo cual, llevar el sistema de vacío hacia otras áreas del hospital no resultará muy ventajoso, ya que según el personal de enfermería que trabaja en dichas áreas, la utilización de sistemas de succión es mínima, demanda que en un dado caso, puede ser satisfecha con equipos de succión portátiles. Además, la construcción de un sistema de distribución de vacío hacia dichas áreas resulta económicamente muy costoso.

7.2.4.2 Los cálculos de pérdidas de presión por los métodos MEDAES y NFPA99 para el sistema actual de vacío muestran que el sistema sobrepasa las pérdidas mínimas de presión establecidas por dichos métodos, lo cual imposibilita poder expandir la red hacia otras áreas.

7.2.4.3 Los resultados de cálculos obtenidos para el dimensionamiento de la red actual de vacío por la NFPA, demuestran que las bombas de vacío están supliendo la demanda máxima del sistema, lo cual imposibilita el poder realizar una futura expansión a la red actual al menos que la capacidad de dichos bombas sea aumentado.

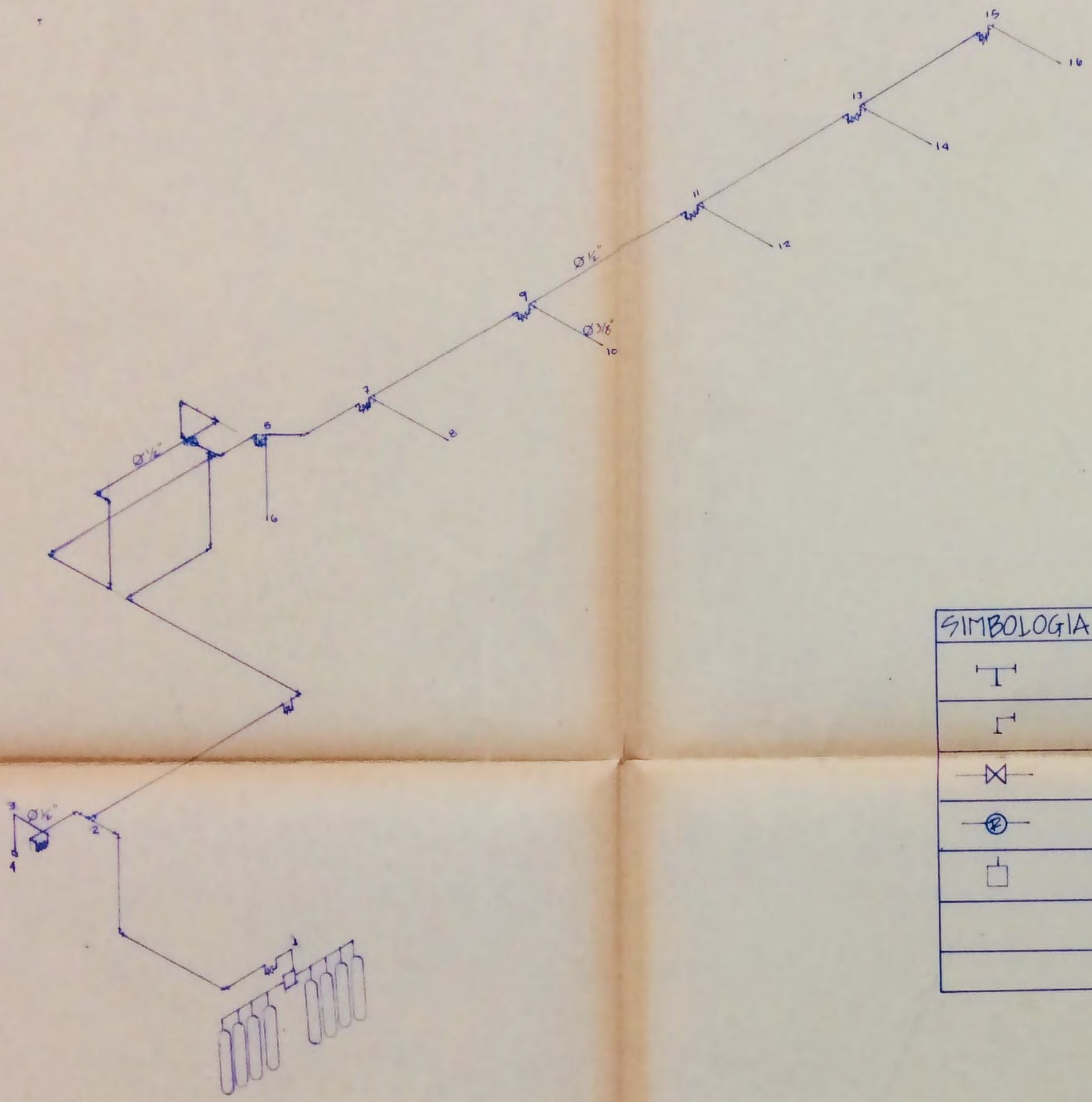
7.3 Bibliografía

1. National Fire Protection Association (NEPA99), Edición 99.
2. Manuales de productos de sistemas de gases, y dimensionamiento MEDAES.
3. Internet.
- ❖ . Manuales de productos para sistemas de gases AMICO.
4. Manuales de la ECRI, Medical Gas and Vacuum System, Health Devices, Vol 23 Nos. 1-2. 1994.
5. Esquemas o dibujos arquitectónicos a escala 1:200, proporcionados por el Hospital de Especialidades del Seguro Social.
6. Registros de consumo de gases del Hospital de Especialidades del ISSS.
7. Manuales de especificaciones técnicas de tecnologías de aire comprimido y vacío, de los sistemas actuales, implementados en el hospital de especialidades del ISSS.
8. Catalogo de productos copper tube & fittings, de Muller Industries. Inc
9. Información de mantenimiento de la American Society for Hospital Engineering of the American Hospital Association, edición 1994.



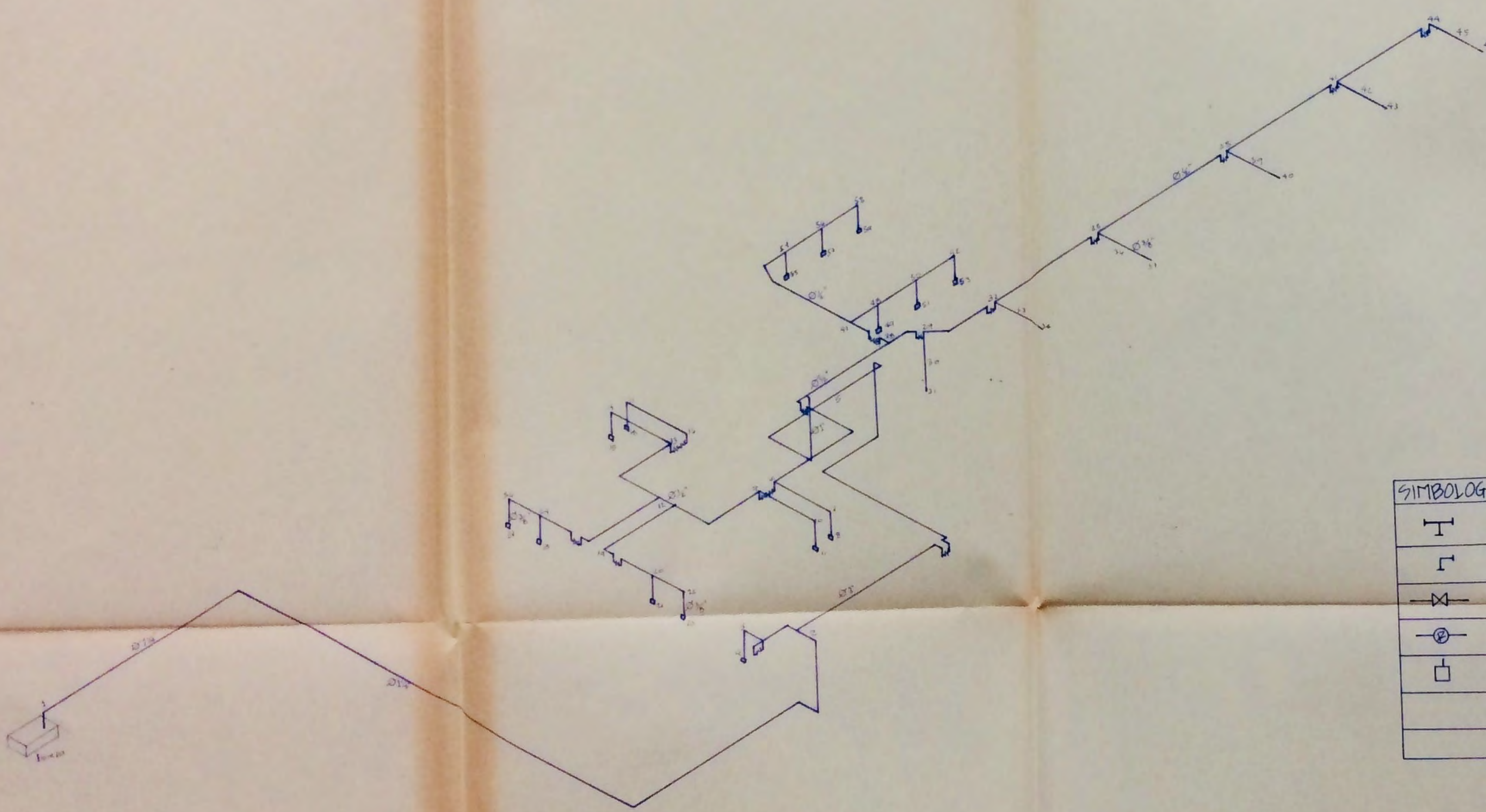
SIMBOLO	DESCRIPCION
T	UNION T
Γ	UNION L (CORO)
⌈X⌋	VALVULA DE ZONA (CORTE)
⌈⊕⌋	REGULADOR
□	TOMA DE GAS
—	RED DE AIRE COMPRESIVO
—	RED DE VACIO

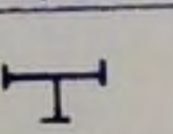
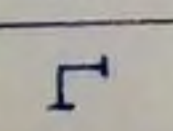
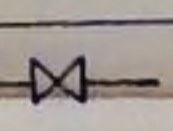
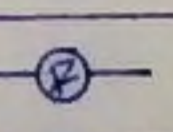
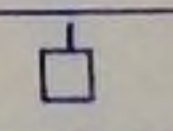
UNIVERSIDAD DON BOSCO
 HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
 PROYECTO DE RED DE DISTRIBUCION DE GASES
 1ª Calle Pta. Col. Flor Blanca
 Ing. Ernesto Godofredo Giron
 Bach. Luis Eduardo Castro Serrano
 Bach. Azael Enrique Frias Escobar
 PLANTA ARQUITECTONICA NIVEL 0°
 1:100 22/08/02



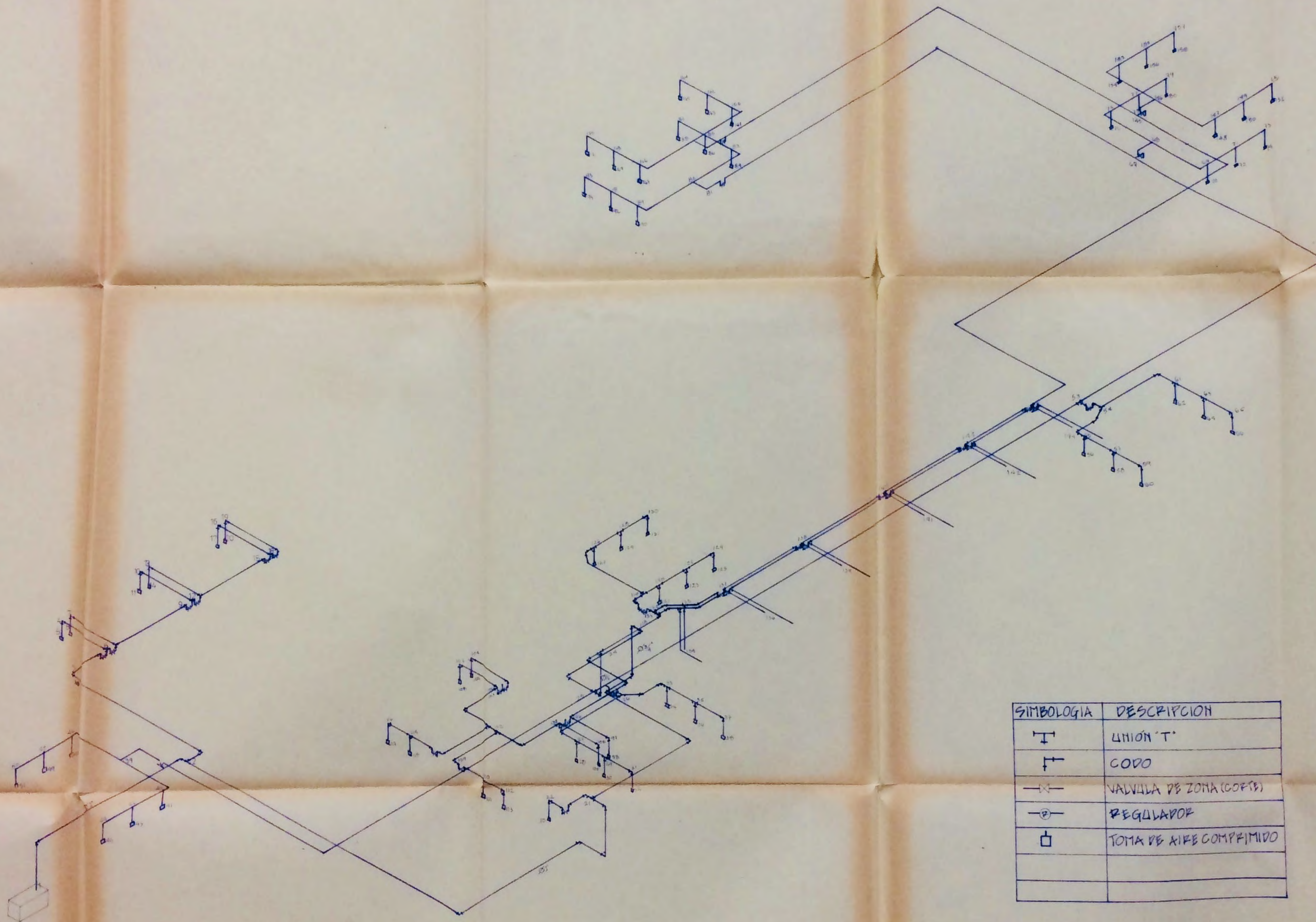
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
T	UNIÓN "T"
└	CODO
X	VALVULA DE ZONA (CORTE)
⊕	REGULADOR
□	TOMA DE OXIDO NITROSO

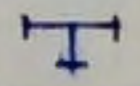
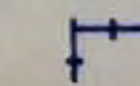
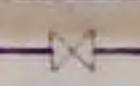
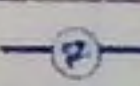

UNIVERSIDAD DON BOSCO	
PROYECTO HOSPITAL DE ESPECIALIDADES Propuesta de red de distribución de Gases.	
UBICACION 1ª Calle Pte. Col. Flor Blanca	
ASESOR: Ing.: Ernesto Godofredo Giron	
PRESENTAN Bach.: Luis Eduardo Castro Serrano Bach.: Azael Enrique Frias Escobar	
CONTENIDO Isometrico de red de distribución de Oxido Nitroso	HOJA
ESCALA 1:125	FECHA 22/08/02



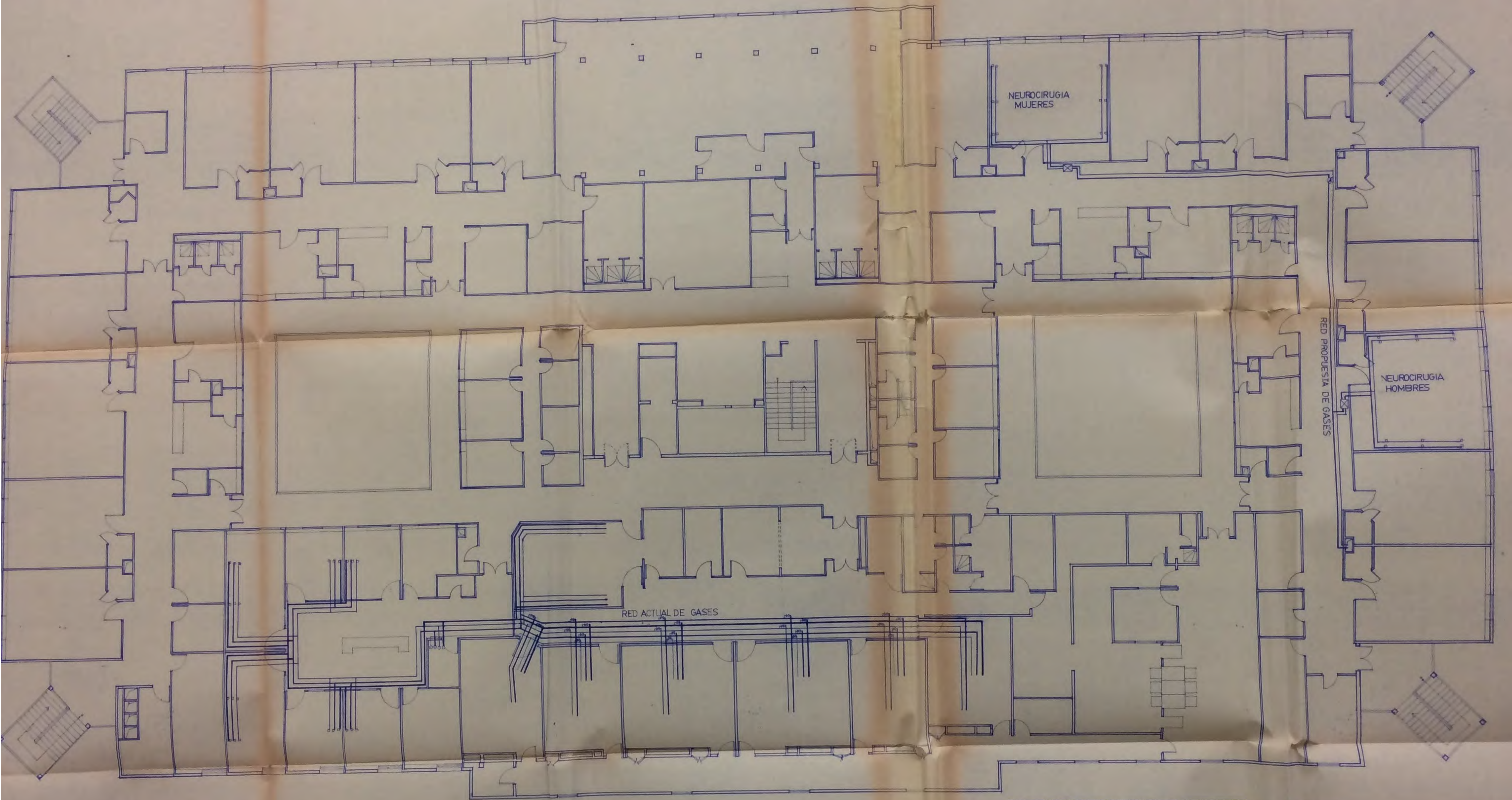
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	UNION "T"
	COPO
	VALVULA DE ZONA (CORTE)
	REGULADOR
	TOMA DE VACIO

UNIVERSIDAD DON BOSCO	
PROYECTO HOSPITAL DE ESPECIALIDADES Propuesta de red de distribución de Gases	
UBICACION	1ª Calle Pte. Col. Flor Blanca
ASESOR	Ing. Ernesto Godofredo Giron
PRESENTAR	Bach. Luis Eduardo Castro Serrano Bach. Azael Enrique Frias Escobar
CONTENIDO	Isometrico de red de distribución de Vacio
ESCALA	1:125
FECHA	21/08/02



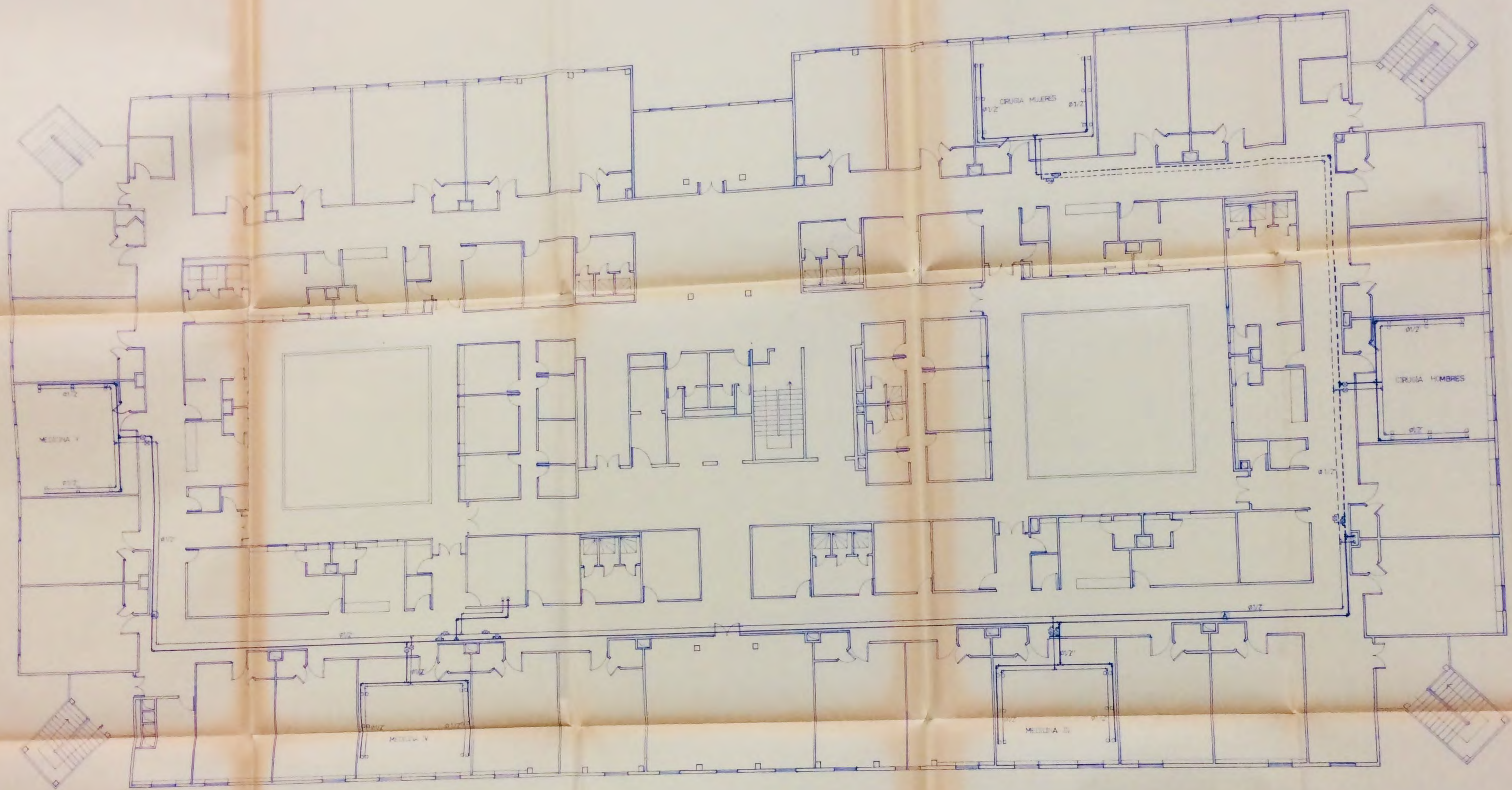
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	UNIÓN "T"
	CODO
	VALVULA DE ZONA (COFIS)
	REGULADOR
	TOMA DE AIRE COMPRIMIDO

UNIVERSIDAD DON BOSCO	
PROYECTO: HOSPITAL DE ESPECIALIDADES Propuesta de red de distribución de Gases	
UBICACION:	1ª Calle Pte. Col. Flor Blanca
ASESOR:	Ing. Ernesto Godofredo Giron
PRESENTAN:	Bach. Luis Eduardo Castro Soriano Bach. Azael Enrique Frios Escobar
CONTENIDO:	Isometrico de red de distribución de Aire Comprimido (2ª Etapa)
ESCALA:	1:125
FECHA:	22/08/02



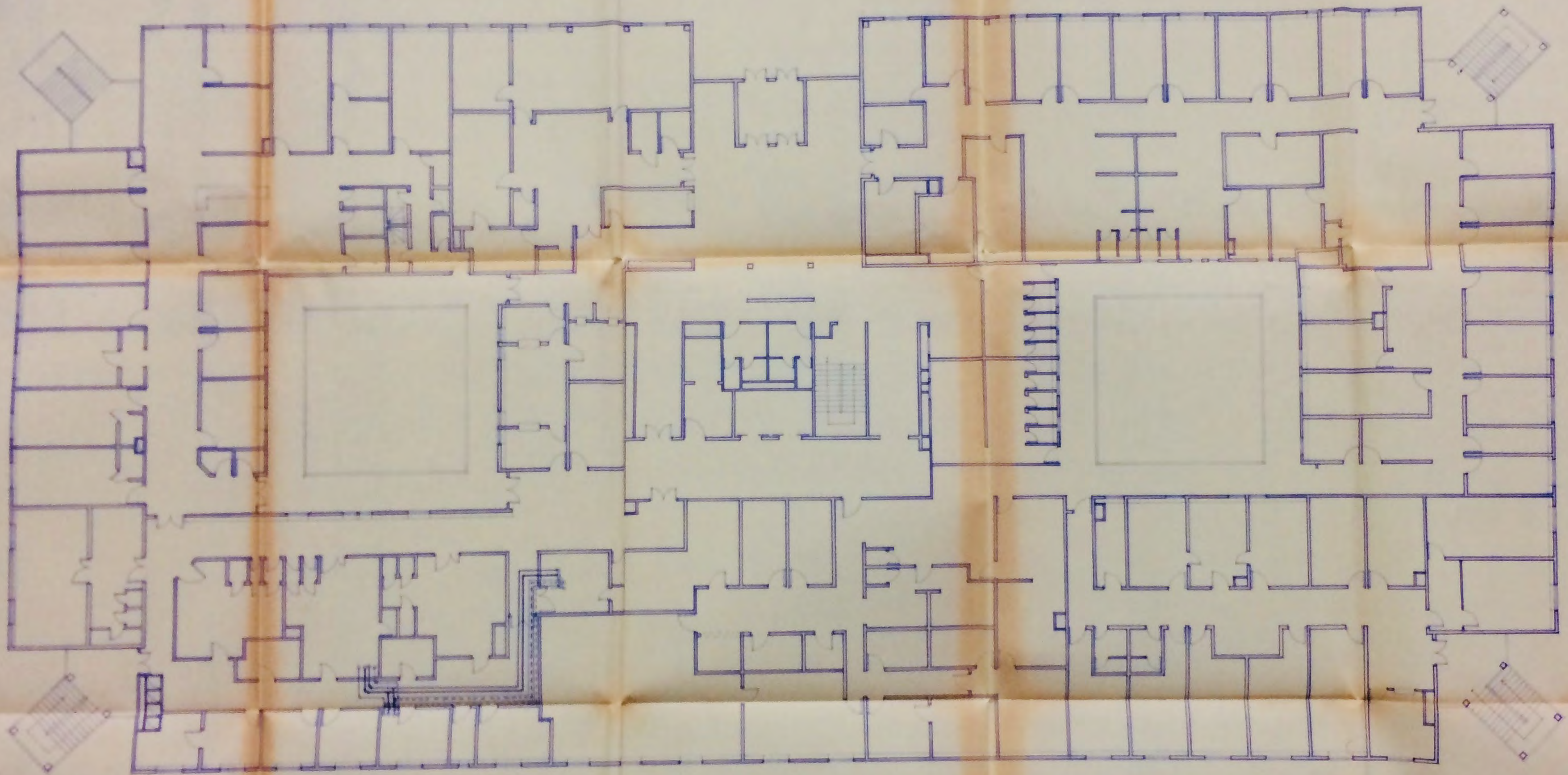
SIMBOLO	DESCRIPCION
┌─┴─┐	UNION T
┌─┐	UNION L (CORO)
┌─┴─┐	VALVULA DE ZONA (CORTE)
┌─┴─┐	REGULADOR
□	TOMA DE GAS
—	RED DE AIRE COMPRESIVO
—	RED DE VACIO
—	RED DE OXIGENO
—	RED DE OXIDO NITROSO

UNIVERSIDAD DON BOSCO	
PROYECTO HOSPITAL DE ESPECIALIDADES PROYECTA DE RED DE DISTRIBUCION DE GASES	
LUGAR 1ª Calle Pte. Col. Flor Blanca	
AUTOR Ing. Ernesto Godofredo Giron	
PRESENTADO POR Bach. Luis Eduardo Castro Serrano Bach. Azael Enrique Frios Escobar	
CONTENIDO PLANTA ARQUITECTONICA 3º NIVEL	
ESCALA 1:100	FECHA 22/08/02



SIMBOLO	DESCRIPCION
T	UNION "T"
L	UNION "L" (CODO)
□	VALVULA DE ZONA (CORTE)
⊕	REGULADOR
□	TOMA DE GAS
—	FED DE AIRE COMPRESIVO
—	FED DE OXIGENO
----	AMPLIACION FUTURA

UNIVERSIDAD DON BOSCO	
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES Propuesta de red de distribución de gases	
UBICACION	1ª Calle Fte Col Flor Blanca
DISEÑO	Ing. Ernesto Godofredo Quin
PROYECTO	Bach. Luis Eduardo Castro Serrano Bach. Asael Enrique Fria Escobar
CONTENIDO	PLANTA ARQUITECTONICA 2º NIVEL PROPUESTA DE RED DE GASES
ESCALA	1:100
FECHA	22/08/02



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	UNION T
	UNION L (CORO)
	VALVULA DE ZONA (CORTE)
	REGULADOR
	TOMA DE GAS
	REP DE AIRE COMPRIMIDO
	REP DE VACIO
	REP DE OXIGENO
	REP DE OXIDO NITROSO
	REP PROPUESTA DE AIRE COMPRIMIDO
	REP PROPUESTA DE OXIGENO

UNIVERSIDAD DON BOSCO	
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES Propuesta de red de distribución de gases	
UBICACIÓN: 1ª Calle Pte. Col. Flor Blanca	
ARQUITECTO: Ing. Ernesto Godofredo Giron	
PRESENTADO POR: Bach. Luis Eduardo Castro Serrano Bach. Azael Enrique Frias Escobar	
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTONICA 1º MNEL REP ACTUAL Y PROPUESTA DE GASES	
ESCALA: 1:100	FECHA: 22/08/02