



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
E.A.P. DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS**

**Diseño del sistema de transporte de oxígeno medicinal
mediante tuberías de cobre en el Hospital Alberto
Leopoldo Barton Thompson**

MONOGRAFÍA

Para optar el Título de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

Héctor Antonio Alcalde Ludeña

LIMA – PERÚ
2014

AGRADECIMIENTOS:

A Héctor, Consuelo, Andrea y Silvana, por su infinito e incondicional apoyo durante todas las etapas de mi vida.

A Juana y Guillermo, quienes me enseñaron en vida que con perseverancia, todo es posible.

A Jorge, Mayra, Jimmy y Leonor, por apoyarme y demostrarme siempre su gran amistad.

A Miguel Ormeño y Raúl Vargas, por sus consejos, paciencia y amistad.

A la UNMSM por haberme formado profesionalmente.

ÍNDICE

INTRODUCCION Y OBJETIVOS	7
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS.....	10
GENERAL:	10
ESPECÍFICOS.....	10
CAPITULO I: GENERALIDADES.....	11
1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS	11
1.2. AIRE.....	12
1.3. GASES DEL AIRE	13
1.4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GASES DEL AIRE	13
1.5. OXÍGENO LÍQUIDO	16
1.6. NITRÓGENO LÍQUIDO.....	16
1.7. ARGON LÍQUIDO	16
1.8. PROPIEDADES DE LOS GASES	16
1.8.1. DENSIDAD	16
1.8.2. VISCOSIDAD.....	17
1.8.3. FACTOR DE COMPRESIBILIDAD	17
1.8.4. CAPACIDAD CALORIFICA	17
1.8.5. ENTROPIA	17
1.8.6. ENTALPIA	17
1.8.7. PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA	18
1.9. CAIDA DE PRESION.....	18
1.10. CRIOGENIA.....	19
CAPITULO II: NORMATIVA APLICABLE.....	20
2.1. NFPA (<i>NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION</i>).....	20
2.1.1. NFPA 99 – CAPITULO 5: SISTEMAS DE GASES Y VACIO.....	21
2.1.2. NFPA 99 – CAPITULO 5: EQUIPOS DE GASES AIRE MEDICINAL	24
2.1.3. NFPA 99 – CAPITULO 5: EQUIPOS DE VACÍO.....	28
CAPITULO III: MATERIALES Y EQUIPAMIENTO	30
3.1. COMPATIBILIDAD DE MATERIALES	30

3.2.	TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE COBRE	31
3.3.	TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE	33
3.4.	TANQUE CRIOGENICO	35
3.5.	VAPORIZADOR AMBIENTAL.....	36
3.6.	VÁLVULA DE SEGURIDAD	38
3.7.	REGULADOR DE PRESIÓN.....	38
3.8.	TOMA DE OXÍGENO TIPO DISS	40
CAPITULO IV: CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS Y TUBERÍAS DE COBRE		41
4.1.	DISTRIBUCIÓN DE TOMAS DE GASES MEDICINALES EN EL HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON	41
4.2.	CÁLCULO DE CONSUMO POR ÁREAS Y CONSUMO TOTAL DE OXÍGENO EN EL HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON.....	41
4.3.	CÁLCULO DE LA FUENTE DE SUMINISTRO Y VAPORIZADOR AMBIENTAL.....	42
4.4.	DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE TRANSPORTE DE OXÍGENO MEDICINAL.....	45
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		50
5.1.	CONCLUSIONES.....	50
5.2.	RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFIA.....		51
ANEXOS		
ANEXO I - PROPIEDADES FÍSICAS DEL OXÍGENO		
ANEXO II - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TANQUE CRIOGÉNICO		
ANEXO III - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VAPORIZADOR AMBIENTAL		
ANEXO IV - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS DE COBRE Y ACCESORIOS DE COBRE		
ANEXO V – DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONSUMO EN EL HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON		
ANEXO VI – CONSUMOS PROMEDIO POR ÁREA DE UN HOSPITAL		
ANEXO VII – PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE REDES DE GASES MEDICINALES EN EL HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON		

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Manifold de Oxígeno Medicinal.....	7
Fig. 3 Tanque Criogénico de Oxígeno Líquido Medicinal	8
Fig. 4 Composición del Aire	12
Fig. 5 Torre de Destilación de Gases del Aire (<i>Cold Box</i>)	14
Fig. 6 Proceso de Producción de Gases del Aire	15
Fig. 6 Representación de Volumen de Control para la 1era. Ley de la Termodinámica	18
Fig. 8 Distribución de Equipamiento Según Norma NFPA 99.....	20
Fig. 9 Principales Componentes en Arreglos de Tuberías	22
Fig. 10 Esquema de Instalación de Sistemas de Vacío	23
Fig. 11 Instalación de Tuberías de Cobre Bajo la NFPA 99.....	23
Fig. 12 Representación de paciente haciendo uso del Aire Medicinal	24
Fig. 13 Configuración de un Sistema de Aire Medicinal de acuerdo a la norma NFPA 99	25
Fig. 14 Flujo en un Sistema de Aire Medicinal	26
Fig. 15 Central de Aire Medicinal Típica NFPA 99.....	27
Fig. 16 Esquema típico de aplicación de vacío.....	28
Fig. 17 Configuración de un Sistema Central de Vacío de acuerdo a la NFPA 99	29
Fig. 18 Compatibilidad de Materiales.....	30
Fig. 19 Tuberías de Cobre.....	32
Fig. 20 Accesorios de Cobre.....	32
Fig. 21 Válvula de 3 Cuerpos de Bronce con Extensiones de Cobre	33
Fig. 22 Especificaciones de Tuberías de Cobre Tipo L y tipo K.....	33
Fig. 23 Tubería de Acero Inoxidable usada en Criogenia	34
Fig. 24 Tubería de Acero Inoxidable en Tramo de Oxígeno Líquido a la Succión y Retorno de Bomba Criogénica	34
Fig. 25 P&ID de Tanque Criogénico Marca AGA CRYO	35
Fig. 26 Tanque Criogénico de Nitrógeno Líquido para Proceso de Blanketing.....	36
Fig. 27 Factores de Corrección para Dimensionamiento de Vaporizadores (AGA CRYO)	37
Fig. 28 Arreglo de Vaporizadores en Paralelo en Aplicación Industrial	37
Fig. 29 Válvulas de Seguridad para Líquidos Criogénicos.....	38

Fig. 30 Regulador de Presión..... 39

Fig. 31 Toma Mural Tipo DISS 40

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha incrementado la construcción de la infraestructura hospitalaria en el país. El crecimiento económico va acompañado de un crecimiento en muchas aristas del desarrollo y uno de ellos es el sector medicinal.

Debido a la zona geográfica en la que se encuentra el Perú, tenemos microclimas en toda la extensión del país lo cual produce en muchos casos, enfermedades respiratorias. Así mismo, los pacientes de las diversas áreas de un recinto hospitalario tales como: Unidad de Cuidados Intensivos, Hospitalización, Neonatos, etc. Tienen la necesidad del suministro de oxígeno medicinal, debido a los diversos tratamientos a los que se deben someter.

En algunos casos es posible el suministro local de oxígeno a través de cilindros de alta presión, pero en la mayoría de casos debido a la alta demanda de este producto, se considera un sistema centralizado para el suministro continuo a todas las áreas del hospital.

El oxígeno lo podemos centralizar en las siguientes configuraciones:

- **Manifold de Oxígeno**

Grupos de cilindros de alta presión (3,000 PSI) de capacidad nominal entre 6 m³ hasta 10 m³, la configuración puede ser desde 2 cilindros por lado hasta 30 cilindros por lado, los cilindros están regulados por 3 reguladores de presión que disminuyen la presión de los cilindros hasta una presión de consumo de 60 PSI.



Fig. 1 Manifold de Oxígeno Medicinal

- **Central de Thermos Criogénicos de Oxígeno Líquido**

Arreglo de Thermos que almacenan oxígeno líquido medicinal (A temperaturas de -183°C) con una capacidad de 150 L. Estas centrales están limitadas por el flujo del cliente, ya que alcanzan caudales hasta de 10 Nm³/Hr.

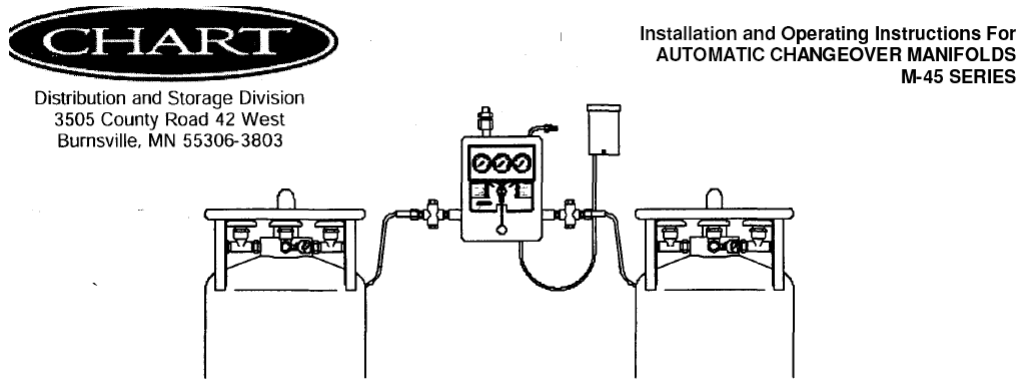


Fig. 2 Central de Thermos Criogénicos

- **Tanques Criogénicos de Oxígeno Líquido**

El tanque de Oxígeno Líquido Medicinal, es un recipiente de acero al carbono aislado al vacío y con perlita, capaz de almacenar líquido criogénico a temperaturas por debajo de los -193°C.

La capacidad de los tanques va desde los 1,900 L hasta los 70,000 L. Para su correcto funcionamiento es necesario la instalación complementaria de un vaporizador ambiental (Intercambiador de calor ambiental), que permite transformar el oxígeno líquido en oxígeno gaseoso.



Fig. 3 Tanque Criogénico⁸ de Oxígeno Líquido Medicinal

La configuración que se empleará en un cliente, dependerá de los siguientes factores:

- Consumo diario de oxígeno.
- Ubicación del cliente.
- Espacio disponible en las instalaciones del cliente.
- Factores externos que puedan afectar la distribución (Factores ambientales, sociales, normativas de transporte, etc.)

Para poder realizar una correcta selección del arreglo a utilizar es necesario analizar los puntos anteriormente mencionados, ya que el suministro del producto debe de ser continuo y se debe de considerar todas las contingencias posibles.

Ya que este producto será usado en personas se debe seguir rigurosos procedimientos de dimensionamiento, limpieza e instalación, en base a normas internas del Grupo Linde y normas internacionales como la NFPA 99 (*National Fire Protection Association*), EIGA (*European Industrial Gasses Association*) y CGA (*Compressed Gas Association*).

Debido a diversos factores tales como seguridad, autonomía, etc. La práctica de instalar redes centralizadas de gases es muy común en el país, este tipo de sistemas lo podemos encontrar en diversas clínicas y hospitales, a continuación se mencionan algunos de ellos:

- Hospital Nacional Dos de Mayo
- Hospital Nacional Arzobispo Loayza
- Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión
- Instituto Nacional de Salud del Niño
- Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas
- Asociación Hijas de San Camilo (Clínica Tezza)
- Clínica Montefiori
- Hospital Regional de Cajamarca
- Hospital Carlos Seguin – Arequipa
- Hospital Alberto Leopoldo Barton Thompson
- Hospital de Villa María del Triunfo

OBJETIVOS

GENERAL:

- Realizar el diseño para el transporte de oxígeno medicinal mediante tuberías de cobre, bajo la norma NFPA 99

ESPECÍFICOS

- Hallar el consumo promedio por cada área del hospital.
- Dimensionamiento de las tuberías de Oxígeno en toda la red del hospital.
- Cálculo de caída de presión general de la red de Oxígeno en la red del hospital.
- Dimensionamiento de vaporizador ambiental.
- Dimensionamiento del tanque criogénico de Oxígeno Líquido Medicinal

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

La producción de oxígeno se remonta al año 1870, cuando el ingeniero alemán Carl Von Linde, fabricó por primera vez un dispositivo capaz de separar el oxígeno del aire tomando como referencia su punto de ebullición, la perfección de este ciclo es la base fundamental de la producción de gases del aire y es aplicable hasta el día de hoy.

Las aplicaciones del oxígeno son muy diversas, por ejemplo:

Industria Metal-Mecánica: Para los procesos de corte y soldadura.

Producción de envases de Vidrio: Para el proceso de optimización de quemado en hornos

Tratamiento de aguas residuales: Para la aceleración del crecimiento de bacterias

Clínicas y Hospitales: Para el tratamiento en oxígeno terapia.

El uso de oxígeno, producido bajo el ciclo de Linde, tiene una pureza del 99.99 % de Oxígeno, por lo que es altamente recomendado para los tratamientos de oxígeno terapia.

Las normas por las que se rige la producción del oxígeno medicinal es la Farmacopea Europea, la cual brinda las condiciones mínimas que debe de cumplir el proceso de producción de oxígeno medicinal; en el Perú el oxígeno es considerado un medicamento desde el año 2012, por lo que las exigencias tanto en la producción como en la presentación del producto hacia el cliente final son cada vez más exigentes.

El almacenamiento centralizado de oxígeno líquido y su respectivo sistema de tuberías, es la manera más eficiente de distribuir el oxígeno medicinal ya que brinda una autonomía total al sistema de oxígeno y se garantiza el flujo continuo del mismo a través del sistema de tuberías.

1.2. AIRE

Se le denomina aire a la mezcla de gases que constituyen la atmosfera terrestre, esta mezcla de gases permanece alrededor de la tierra por medio de la gravedad.

El aire es esencial para la vida en el planeta Tierra, está constituido en su mayoría por nitrógeno, oxígeno y otros gases raros.

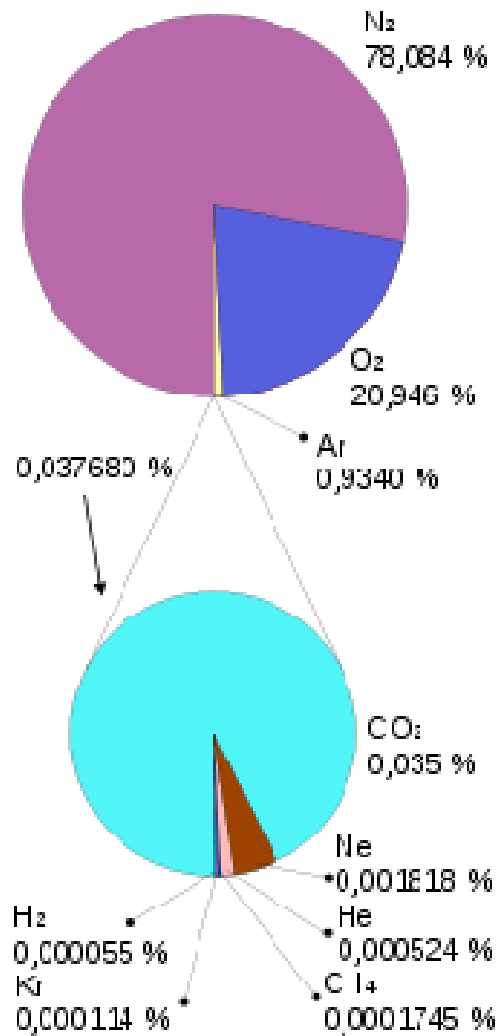


Fig. 4 Composición del Aire

1.3. GASES DEL AIRE

Se le denomina gases del aire, a los gases que componen el aire y son usados en la industria.

Entre los gases del aire más comunes tenemos: Oxígeno, Nitrógeno, Argón, Helio, Hidrógeno, Kriptón, etc. La separación de estos gases se produce por licuefacción, bajando la temperatura del aire y separándolos por los puntos de ebullición hasta obtenerlos en estado líquido a bajísimas temperaturas.

1.4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GASES DEL AIRE

Los gases del aire: nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂) y argón (Ar) se producen por el método de destilación fraccionada del aire, cuando el dióxido de carbono (CO₂) se obtiene a partir de fuentes naturales (hidrocarburos) o bajo la forma de subproducto de las industrias químicas y petroquímicas.

El aire es una mezcla de gases formada por aproximadamente un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno, un 0,9% de argón y un 0,1% de gases nobles. Para poder separarlos se recurre al método de destilación fraccionada, a través del cual la mezcla gaseosa se licua mediante la disminución de la temperatura y el aumento de la presión.

La obtención de los principales componentes del aire constituye un método industrial, brevemente describiremos como es este proceso:

- Primero el aire seco se convierte en aire líquido a través de la refrigeración a (-173°C).
- El aire licuado se transfiere entonces a la columna de fraccionamiento.
- En la columna existen compartimentos con distintas temperaturas, donde cada componente se separa de acuerdo con su temperatura de ebullición (T. E.)

Los productos resultantes del proceso son:

- Oxígeno líquido (O₂) T.E. = (-183 °C)
- Argón líquido (Ar) T.E. = (-186 °C)
- Nitrógeno líquido (N₂) T.E. = (-198 °C)



Fig. 5 Torre de Destilación de Gases del Aire (*Cold Box*)

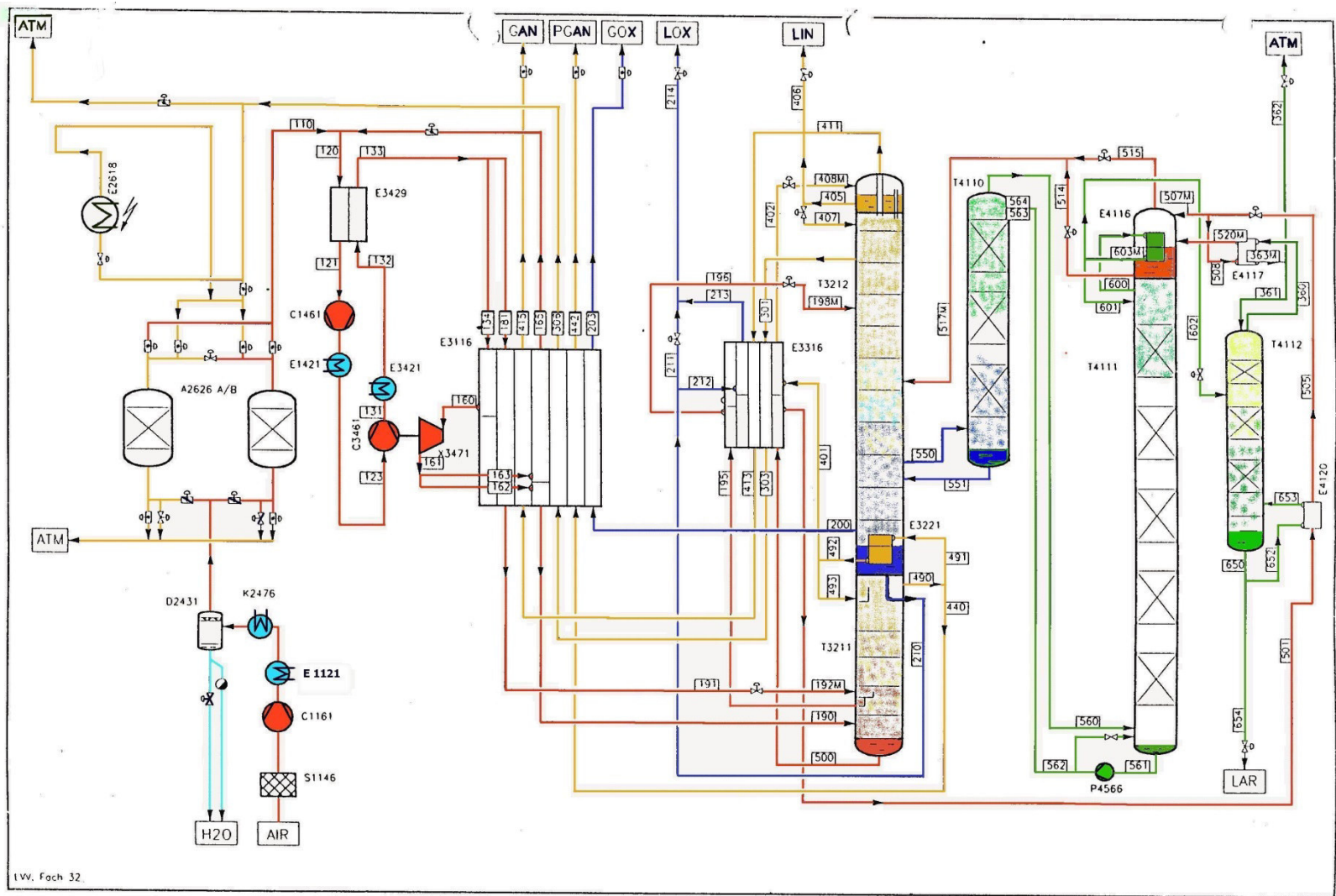


Fig. 6 Proceso de Producción de Gases del Aire

1.5. OXÍGENO LÍQUIDO

El oxígeno líquido, conocido en la industria de los gases como LOX, es la forma líquida del oxígeno. Tiene un color azul claro, es criogénico (se encuentra a una temperatura de -183 C). El oxígeno tiene aplicaciones industriales y medicinales, cuenta con un factor de expansión de 1 a 800, por lo que 1 M3 de LOX equivale a 800 M3 de Oxígeno Gaseoso.

1.6. NITRÓGENO LÍQUIDO

El nitrógeno líquido es nitrógeno puro en estado líquido a una temperatura igual o menor a su temperatura de ebullición, que es de -198 °C a una presión de una atmósfera. El nitrógeno líquido es incoloro e inodoro.

1.7. ARGON LÍQUIDO

El argón líquido es argón puro en estado líquido a una temperatura igual o menor a su temperatura de ebullición, que es de -186 °C a una presión de una atmósfera. El argón líquido es incoloro e inodoro.

1.8. PROPIEDADES DE LOS GASES

Para poder predecir el comportamiento de los gases en un sistema o volumen de control, es necesario conocer sus propiedades físicas y químicas, las cuales pueden variar en función de ciertas condiciones de operación.

1.8.1. DENSIDAD

Es una magnitud escalar que relaciona la cantidad de masa que se encuentra en un determinado volumen de una sustancia. Matemáticamente se puede expresar la densidad de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dónde:

ρ : Densidad del Cuerpo

m: Masa del Cuerpo

V: Volumen

1.8.2. VISCOSIDAD

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Los gases poseen una viscosidad mínima, la cual para efectos de cálculo son despreciables.

1.8.3. FACTOR DE COMPRESIBILIDAD

El factor de Compresibilidad, también conocido como el factor de compresión, es la razón del volumen molar de un gas con relación al volumen molar de un gas ideal a la misma temperatura y presión. Es una propiedad termodinámica útil para modificar la ley de los gases ideales para ajustarse al comportamiento de un gas real.

1.8.4. CAPACIDAD CALORIFICA

Es la energía necesaria para aumentar la temperatura de una determinada sustancia en una unidad de temperatura.

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Dónde:

Q: Calor absorbido por el sistema

ΔT : Variación de la temperatura

1.8.5. ENTROPIA

Es una magnitud física que, mediante cálculos, permite determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo.

1.8.6. ENTALPIA

Es una magnitud termodinámica, simbolizada con la letra H mayúscula, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

1.8.7. PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA

Esta ley la podemos definir como: La indestructibilidad de la energía, el cambio de energía de un sistema se puede expresar de la siguiente manera:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

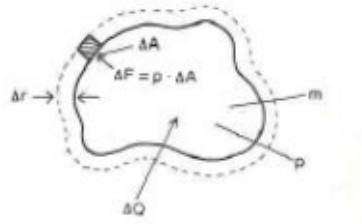


Fig. 6 Representación de Volumen de Control para la 1era. Ley de la Termodinámica

ΔQ : Variación de Calor

ΔU : Variación de Energía Interna

ΔW : Variación del Trabajo Realizado

1.9. CAIDA DE PRESION

Es la diferencia de presión en dos puntos, este fenómeno se presenta por el aumento de velocidad que presenta el gas cuando recorre la tubería. Está representada por la siguiente expresión:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{P}{R \cdot T} \cdot \frac{v^2}{2}$$

Dónde:

λ : Rugosidad del material

D: Diámetro de tubería

P: Presión de Suministro

R: Constante Ideal de los Gases

T: Temperatura del Gas

V: Velocidad del Gas

1.10. CRIOGENIA

Es una rama de la química y la física que estudia los líquidos que se encuentran a temperaturas menores a los -152 C , el líquido criogénico más frío que se conoce es el Helio Líquido ($4\text{ K} = -270\text{ C}$).

CAPITULO II: NORMATIVA APLICABLE

Una norma es un documento preciso y autorizado con los criterios necesarios para asegurar que un material, producto o procedimiento cumple de manera segura la funcionalidad para la que fue concebido. Se basa en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico.

2.1. NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION)

NFPA es la norma que explica el "diamante de materiales peligrosos" establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (inglés: National Fire Protection Association), utilizado para comunicar los riesgos de los materiales peligrosos. Es importante para ayudar a mantener el uso seguro de productos químicos. Se emplea para el transporte de productos envasados y a granel, y no para el almacenamiento estacionario como tanque de Crudo, Productos, etc.

La NFPA 99 establece los criterios para las instalaciones de carácter medicinal, está basada en el riesgo que pueden sufrir los pacientes, trabajadores y visitantes a los establecimientos médicos. Establece los criterios para minimizar el riesgo de incendio, explosión y electricidad.



Fig. 8 Distribución de Equipamiento Según Norma NFPA 99

Los capítulos que son de nuestro interés son, específicamente, son los capítulos 5 y 9.

Capítulo 5: Sistemas de Gases y Vacío

Capítulo 9: Equipos de Gases

2.1.1. NFPA 99 – CAPITULO 5: SISTEMAS DE GASES Y VACIO

El capítulo 5 regula los siguientes parámetros:

- La aplicabilidad
- Naturaleza de riesgos de los gases y vacío en tubería
- Identificación y rotulación de las centrales
- Operación de las centrales
- Localización de las centrales de gases
- Diseño y construcción de centrales de gases
- Ventilación de áreas de manifolds, motores e instalaciones externas
- Almacenamiento
- Reguladores y válvulas de seguridad
- Manifolds
- Los sistemas de líquido criogénico
- Conexiones de emergencia para oxígeno
- Reservas de emergencia en interiores del edificios
- Regula las instalaciones de aire como compresores, tanques, secadores
- Filtros, reguladores.
- Alarmas
- Soldaduras
- Soldadores
- Inspectores de sistemas centralizados
- Limpieza de sistemas centralizados
- Purgas de las líneas
- Dimensionamiento, protección, localización y soporte de tuberías.

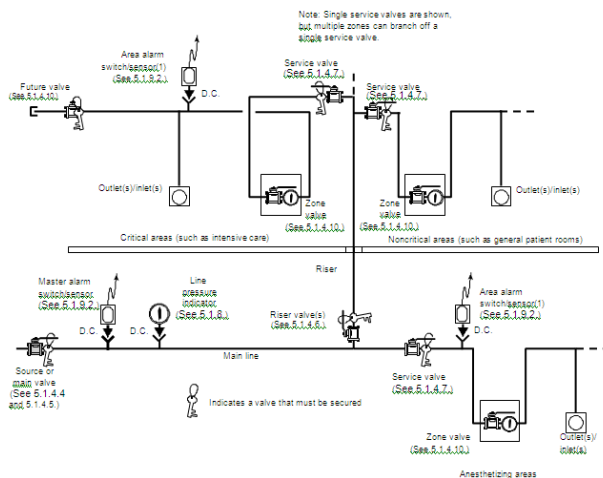


FIGURE A.5.1.4 Arrangement of Pipeline Components.

Fig. 9 Principales Componentes en Arreglos de Tuberías

El no cumplimiento de este capítulo de la NFPA 99 tendría las siguientes complicaciones:

- Se dificulta mantener un control de los cilindros de gas, así como del stock, en caso de incendio, el personal contra incendios o los bomberos desconocen la ubicación exacta de los cilindros.
- El costo de reposición de equipos como: reguladores, flujómetros, vasos humidificadores también es muy alto debido a los frecuentes daños que estos sufren como consecuencia de caídas y golpes.

La centralización de los sistemas de gases, trae diversas ventajas como:

- Disposición inmediata del gas cuando se lo necesite, se disminuye el desabastecimiento.
- El riesgo de fuego y explosiones debido a fugas es reducido.
- La imagen del centro hospitalario mejora debido a la no presencia de cilindros en las habitaciones.
- Se evita una fuente de infección en áreas críticas (el cilindro no se puede esterilizar).
- El uso de cilindros de dimensión normalizada en la Central de Distribución disminuye el número de cilindros requerido, con la consiguiente disminución en inversión, costos de mantenimiento y renta del cliente.

Los sistemas de vacío son importantes para prever la acumulación de gases anestésicos residuales conforme lo indican los “requerimientos de seguridad ocupacional de la OSHA”. Los WAGD que hacen uso de los sistemas de aire acondicionado o ventilación no están cubiertos en esta norma. La recomendación es no usar tampoco los sistemas de vacío que son parte del

tratamiento médico por la incompatibilidad de la característica de los gases anestésicos con sellos y asientos de las bombas de vacío y partes de la red de tubería.

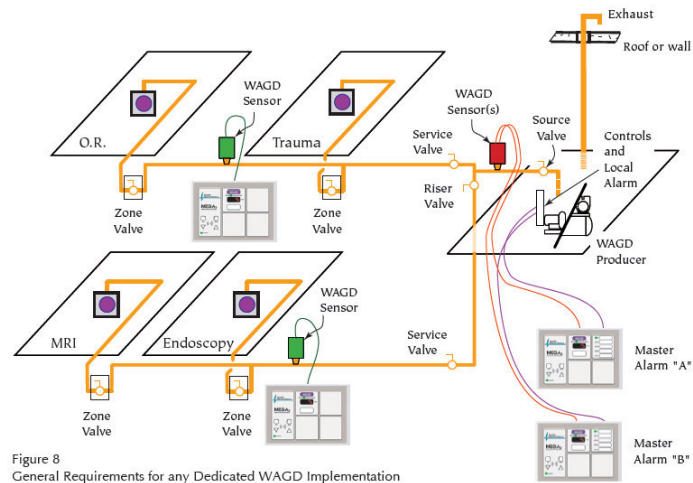


Fig. 10 Esquema de Instalación de Sistemas de Vacío



Fig. 11 Instalación de Tuberías de Cobre Bajo la NFPA 99

2.1.2. NFPA 99 – CAPITULO 5: EQUIPOS DE GASES AIRE MEDICINAL

El aire es incoloro e insípido que se puede obtener de las siguientes formas:

- La compresión de aire atmosférico por medio mecánico
- Por la mezcla del oxígeno y nitrógeno en proporciones del 21% y 79% respectivamente.

El aire medicinal es de fundamental aplicación en las unidades de cuidados intensivos, sobre todo en la forma de poder movilizar respiraciones impulsadas por el aire comprimido (ventiladores en cuidados intensivos), o como diluyente del O₂ administrado.

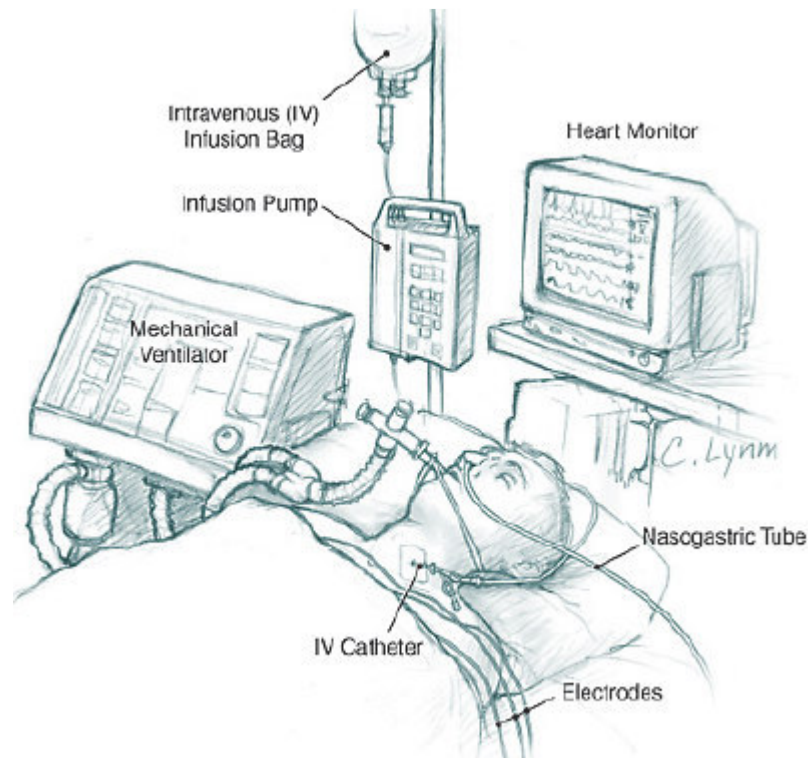


Fig. 12 Representación de paciente haciendo uso del Aire Medicinal

Se puede aplicar en las nebulizaciones donde se utiliza el aire para convertir el medicamento líquido en un rocío fino que puede ser inhalado.

La mascarilla de nebulización en su base presenta un recipiente plástico donde se vacía la solución con medicamento, a ese recipiente va conectada la manguera que está conectada a la fuente de aire. Se requiere un flujo de 6 – 8 lpm

El equipamiento para este tipo de aplicaciones deberá contar con las siguientes especificaciones:

- Servicios. Cantidad de puntos por servicio.
- Presión de operación: 50 – 55 psi.
- El sistema debe abastecer la demanda pico calculada a la presión de operación.
- Los compresores para aire medicinal deben tomar el aire de una fuente de aire limpio localizado donde no se prevea contaminación, buitrones de almacenamiento de combustible, descargas de bombas de vacío, material particulado u olor de cualquier tipo.
- La succión del compresor debe estar localizada por fuera, sobre el nivel del tejado, a una distancia mínima de 3.05 m de cualquier puerta, ventana, tubo de escape u otra succión u apertura en el edificio y a una distancia mínima de 6.01 m del suelo.
- Compresores para aire medicinal deben ser suficientemente grandes como para abastecer la demanda pico calculada con el módulo de compresión más grande fuera de servicio. En ningún caso debe haber menos de dos (2) compresores

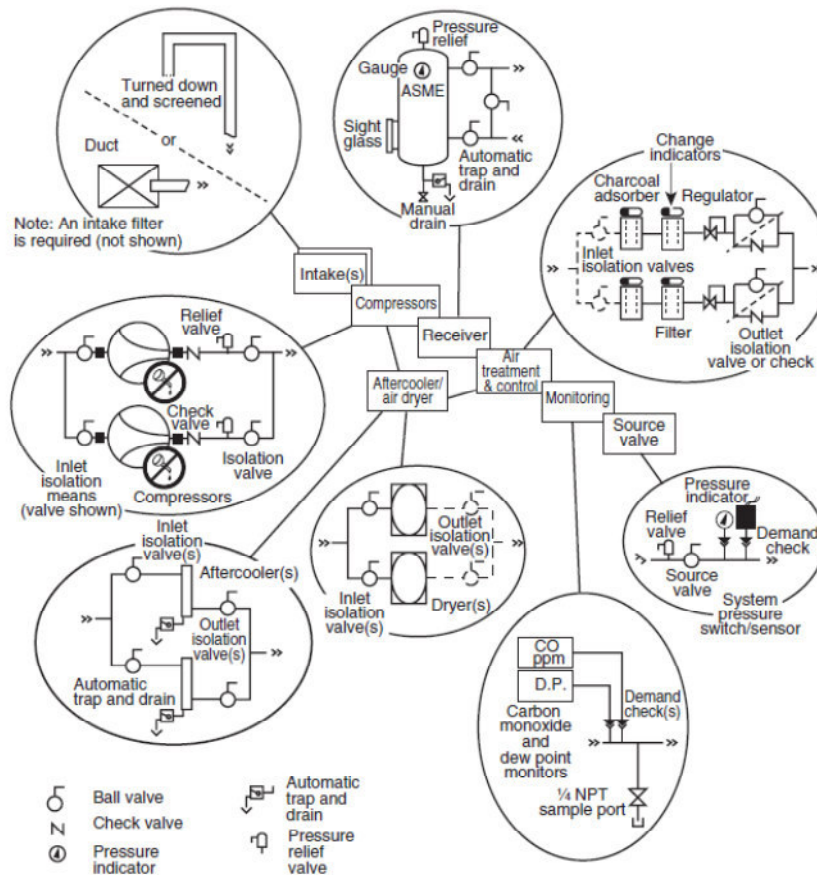


Fig. 13 Configuración de un Sistema de Aire Medicinal de acuerdo a la norma NFPA 99



Fig. 14 Flujo en un Sistema de Aire Medicinal

La calidad del aire medicinal debe de cumplir con las siguientes características.

- Ser suplido de cilindros, contenedores al granel, fuentes de A.M con compresor o ser sintetizado a partir de oxígeno USP y nitrógeno seco, libre de aceite NF.
- Cumplir los requerimientos de aire medicinal USP
- No debe tener trazas detectables de hidrocarburos líquidos
- Tener menos de 25 ppm de hidrocarburos gaseosos
- Contener 5 mg/m³ o menos de partículas permanentes con un diámetro igual o superior a 1µa presión atmosférica normal.
- Fuentes de aire medicinal deben estar conectadas únicamente al sistema de distribución de Aire Medicinal y este debe ser usado en aplicaciones para respiración humana o calibración de equipos médicos para aplicaciones respiratorias.



Fig. 15 Central de Aire Medicinal Típica NFPA 99

2.1.3. NFPA 99 – CAPITULO 5: EQUIPOS DE VACÍO

Es simplemente una depresión del aire atmosférico. También es conocido como succión; las presiones que se encuentran a la salida de la toma es de 300 mmHg, su uso está dado para las siguientes aplicaciones:

- Limpieza de vías respiratorias
- Drenaje de sangre y secreciones
- Drenaje quirúrgico y de heridas
- Limpieza del campo de trabajo en quirófano
- Vaciar el estomago
- Drenaje pleural
- Limpieza de tubos endotraqueales.

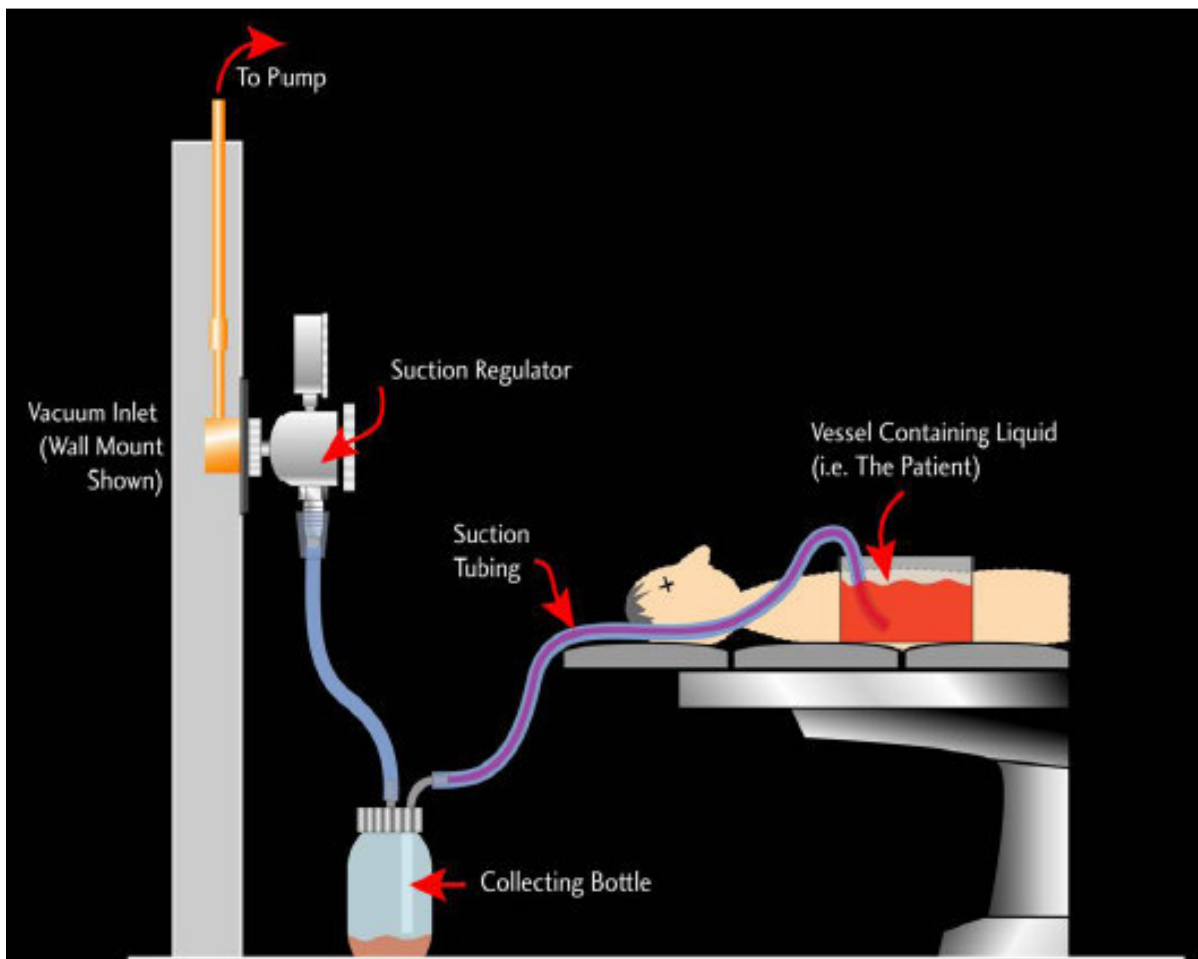


Fig. 16 Esquema típico de aplicación de vacío

El equipamiento de este tipo de aplicación deberá contar con las siguientes características:

- Las bombas deben descargar de manera y localización tal que se minimicen los riesgos de ruido y contaminación a la institución y su medio ambiente.
- La descarga debe estar localizada como sigue:

En el exterior; Por lo menos 3.05 m (10 ft) de cualquier puerta, ventana, succión de aire u otras aperturas en edificios. A un nivel diferente de tomas de aire. Donde no se dirija el flujo a áreas ocupadas a causa de vientos, edificios adyacentes, topografía u otros.

El extremo del tubo de descarga debe girar hacia abajo y estar protegido con una malla u otro contra entrada de precipitación, mugre u otros. La malla debe estar fabricada de material que no se oxide.

- El tubo de descarga no debe tener curvas o bajos que puedan atrapar condensado o aceite. Cuando estos puntos sean inevitables, debe instalarse un codo para drenaje.

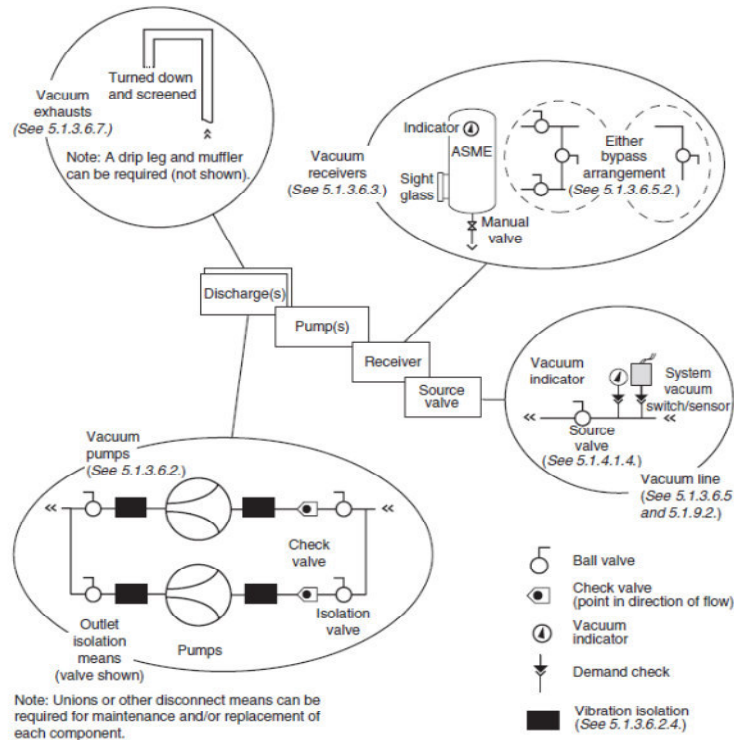


FIGURE A.5.1.3.6 Elements of a Typical Duplex Vacuum Source System (Level 1 Vacuum Systems).

Fig. 17 Configuración de un Sistema Central de Vacío de acuerdo a la NFPA 99

CAPITULO III: MATERIALES Y EQUIPAMIENTO

3.1. COMPATIBILIDAD DE MATERIALES

Hay que tener en cuenta diversos factores cuando se eligen los materiales con los que estará el gas en contacto por medio de la tubería, hay que considerar las variables físicas y químicas como: Temperatura, presión, concentración, corrosión, explosión y, además, evitar la presencia de impurezas en la red.

Para nuestro caso puntual, tendremos la presencia de oxígeno en estado gaseoso y líquido en diversas partes del proceso, por lo que se deberá elegir materiales compatibles con las diversas características de los fluidos.

Name of gas	Properties					Materials for																
	Flammable	Corrosive	Toxic	Explosive limits in air, % by volume	Ignition temperature		valves, fittings and other equipment					gaskets and hoses										
					°C	°F	Brass	Copper	Aluminum	Carbon steel	Stainless steel	Monel	Neoprene rubber	Butyl rubber	Chlorinated polyether plastic	PVC plastic	Teflon	Kel-F				
Acetylene	F			2-82	335	635	○	-	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Air							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Ammonia	F	C	T	16-25	250	482	-	-	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Argon							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Oxygen							●	●	●	●	●	●	●	●	-	-			●	●	●	●

Material recommendations—key
 ● Highly suitable, ● Adequate, ○ Of limited suitability, - Unsuitable

Fig. 18 Compatibilidad de Materiales

Debido a una exigencia de la NFPA 99, se emplearán tuberías de cobre para el transporte de cualquier gas medicinal, esto debido a que el cobre no contiene grandes cantidades de impurezas.

Los accesorios para la instalación de tuberías como válvulas, juntas universales, cajas de corte, serán hechas de bronce, debido a su dureza.

En la fase líquida del sistema, se utilizará acero inoxidable SCH 60 316, debido al frío extremo al que estará sometido el material.

3.2. TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE COBRE

Tubería para gas presión positiva, Tubería de cobre sin costuras. ASTM B 819 Tipo L excepto cuando la presión de operación > 185 psi. Tipo K cuando los diámetros sean mayores a 3".

Las tuberías y accesorios que componen el Sistema de Gases Medicinales deben haber sido limpiadas para uso de oxígeno previo a su instalación.

La tubería debe ser enviada al sitio de instalación, con los extremos taponados luego de su limpieza.

Toda conexión incluyendo cambios de dirección, conexiones en T, unión de tubos, extensiones, etc, deben realizarse usando los acoples correspondientes y su unión debe ser por soldadura autógena "brazing" usando el principio de capilaridad.

Se permiten las uniones roscadas del tipo NPT (ANSI B1.20.1) en conexiones a presostatos, alarmas, válvulas y equipos de suministro (Manifolds, compresores, bombas de vacío, etc), estas deben ajustarse mediante teflón u otro aislante aprobado para uso con oxígeno.

Soldadura de materiales disímiles. Se puede usar fundente "flux" al soldar cobre con bronce o latón por ejemplo, usando material de aporte a base de plata.

Uniones por compresión o uniones roscadas rectas no son permitidas



Fig. 19 Tuberías de Cobre



Fig. 20 Accesorios de Cobre



Fig. 21 Válvula de 3 Cuerpos de Bronce con Extensiones de Cobre

Diámetro Nominal (Pulgadas)	TIPO L				TIPO K			
	Espesor de Pared mm	Presión de Trabajo PSI	Presión de Ruptura PSI	Peso Kg/Tubo	Espesor de Pared mm	Presión de Trabajo PSI	Presión de Ruptura PSI	Peso Kg/Tubo
1/4"	0.76	1010	5050	1.10	0.89	1210	6050	1.30
1/2"	1.02	813	4065	2.50	1.24	995	5970	3.05
3/4"	1.14	642	3210	4.00	1.65	938	4690	5.70
1"	1.27	553	2765	5.80	1.65	725	3625	7.50
1 1/2"	1.52	455	2275	10.15	1.83	540	2700	12.10
2"	1.78	407	2035	15.60	2.11	483	2415	18.40
2 1/2"	2.03	375	1875	22.10	2.41	441	2205	26.10
3"	2.29	354	1770	29.60	2.77	427	2135	35.65

Fig. 22 Especificaciones de Tuberías de Cobre Tipo L y tipo K

3.3. TUBERÍAS DE ACERO INOXIDABLE

En metalurgia, el acero inoxidable se define como una aleación de acero con un mínimo del 10 % al 12 % de cromo contenido en masa.

El acero inoxidable es un acero de elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales aleantes que contiene, poseen gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro (los metales puramente inoxidables, que no reaccionan con oxígeno son oro y platino, y de menor pureza se llaman resistentes a la corrosión, como los que contienen fósforo). Sin embargo, esta capa puede ser afectada por algunos ácidos, dando lugar a que el hierro sea atacado y oxidado por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

En criogenia es común el uso de Acero Inoxidable 316 L SCHD 60, debido a su alta resistencia a las bajas temperaturas y debido a que no emite sustancias contaminantes al proceso.

En las instalaciones de Gases Medicinales, es usado en la conexión entre el tanque criogénico y el vaporizador ambiental.



Fig. 23 Tubería de Acero Inoxidable usada en Criogenia



Fig. 24 Tubería de Acero Inoxidable en Tramo de Oxígeno Líquido a la Succión y Retorno de Bomba Criogénica

3.4. TANQUE CRIOGENICO

Un tanque criogénico, es un recipiente aislado con perlita y vacío que permite conservar líquidos criogénicos.

Los tanques criogénicos cuentan con un tanque interno de acero inoxidable y un tanque externo de acero al carbono. En el espacio anular se encuentra la perlita y el vacío.

Este tipo de tanques están diseñados para evitar la transferencia de calor por: conducción, convección y radiación.

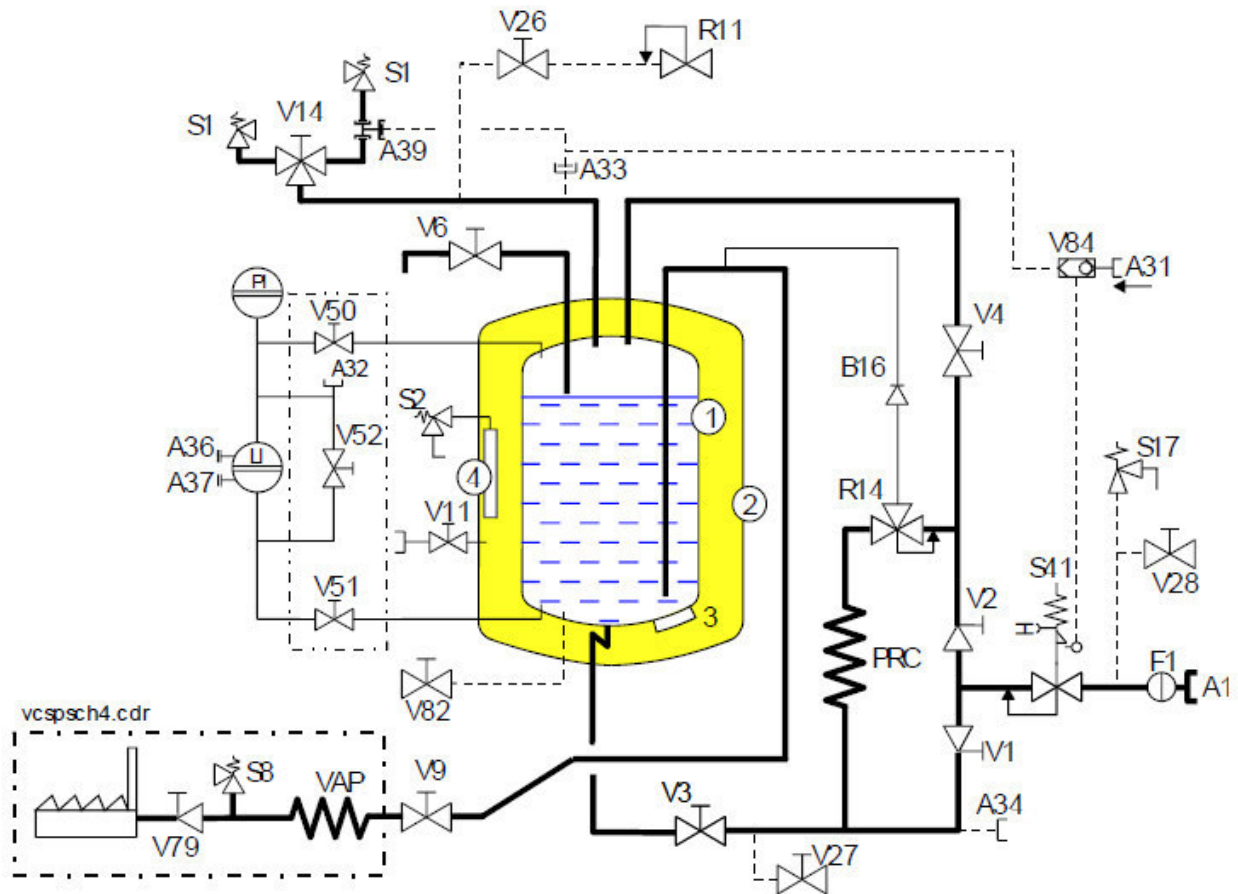


Figure 4.3.1 Flow diagram for a VCSP atmospheric gas tank

Fig. 25 P&ID de Tanque Criogénico Marca AGA CRYO



Fig. 26 Tanque Criogénico de Nitrógeno Líquido para Proceso de Blanketing

3.5. VAPORIZADOR AMBIENTAL

Un vaporizador ambiental, es un intercambiador de calor. Tiene como finalidad calentar el líquido criogénico hasta evaporarlo y se pueda usar en forma de gas. El principio de calentamiento es a través del aire del medio ambiente, debido a la extrema baja temperatura de los líquidos criogénicos no es necesario otro medio de “calentamiento”.

El vaporizador ambiental esta dimensionado de acuerdo al flujo de consumo del cliente y de su ubicación geográfica, ya que parámetros como humedad y temperatura promedio del medio ambiente serán determinantes para el dimensionamiento de los mismos.

AGA CRYO dimensiona los vaporizadores ambientales de la siguiente manera:

$$Qv = \frac{Nv \times Ct \times Cgv}{Cq}$$

Dónde:

Qv: Capacidad Actual de Vaporizador

Nv: Capacidad Nominal de Vaporizador

Ct: Corrección por temperatura de ambiente

Cgv: Corrección por tipo de gas

Cq: Corrección por régimen de consumo

Temperatura Ambiente (°C)	CT	Tipo de Gas	Cgv	Tipo de suministro	Cq
-30	0.8				
-20	0.9				
-10	1				
0	1.1	LOX	1	8h/24h	1.2
10	1.2	LIN	1.1	16h/24h	1.5
20	1.3	LAR	1.15	24h/24h	2

Fig. 27 Factores de Corrección para Dimensionamiento de Vaporizadores (AGA CRYO)



Fig. 28 Arreglo de Vaporizadores en Paralelo en Aplicación Industrial

3.6. VÁLVULA DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad protegen a los operarios y los equipos de alguna sobrepresión que se pueda ocasionar por atrapamiento de líquido entre dos válvulas; estas válvulas están seteadas a la misma presión de la válvula de seguridad del tanque, para evitar de esta manera un daño en el tanque.

Las válvulas de seguridad están fabricadas de bronce y tienen asientos de teflón, de esta manera garantizamos una hermeticidad constante y evitamos la fuga de producto con un sello metal – metal.



Fig. 29 Válvulas de Seguridad para Líquidos Criogénicos

3.7. REGULADOR DE PRESIÓN

Es un dispositivo que permite regular y mantener la presión de suministro hacia la línea de proceso del cliente. Son de cuerpo de bronce y asientos de neopreno, dependiendo de las condiciones de flujo y presión de la aplicación se dimensionará el regulador.



Fig. 30 Regulador de Presión

3.8. TOMA DE OXÍGENO TIPO DISS

Es un dispositivo que sirve como punto de suministro, está formado por un válvula tipo DISS y tubería de cobre tipo K, con una máscara de acero inoxidable. A este accesorio se conectarán las máquinas o se instalarán los reguladores de flujo para el suministro a los pacientes.



Fig. 31 Toma Mural Tipo DISS

CAPITULO IV: CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS Y TUBERÍAS DE COBRE

4.1. DISTRIBUCIÓN DE TOMAS DE GASES MEDICINALES EN EL HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON

La distribución de las tomas (puntos de consumo), viene dado por el requerimiento del cliente, en este caso EsSalud, esta distribución podemos encontrarla en la tabla adjunta (Anexo V).

Esta distribución determinará el régimen de consumo de las áreas del hospital y la sumatoria de todos estos consumos, darán como resultado el consumo total del hospital, con este dato es posible dimensionar las tuberías, la forma de suministro, etc.

4.2. CÁLCULO DE CONSUMO POR ÁREAS Y CONSUMO TOTAL DE OXÍGENO EN EL HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON

El consumo de oxígeno medicinal estará dado por la experiencia que tiene El Grupo Linde en las instalaciones de gases medicinales. Se tomarán en cuenta diversos factores para poder calcular el régimen de consumo promedio de las áreas como por ejemplo: La criticidad del área, la respiración promedio de un paciente, la frecuencia de pacientes en el área.

En el Anexo continuación se presenta una tabla donde indica los consumos promedios por área en un hospital:

Considerando la tabla de consumos promedios y la distribución de salidas en el hospital, se tendría lo siguiente:

AREA	Flujo pico LPM O2	CANT	Total LPM	Factor Corrección	Total m3/hr
CIRUGIA MAYOR (CORAZON, TORAX)	10	15	150	100%	9
CIRUGIA MENOR	10	10	100	100%	6
PARTOS	5	27	135	50%	8.1
UCI	30	15	30	100%	1.8
UCI MEONATOS	5	15	75	50%	4.5
UCI RESPIRADORES	30	0	0	100%	0
URGENCIAS	7	10	61	70%	2.562
RECUPERACIÓN	2.5	20	50	50%	3
RECIEN NACIDOS	2	33	66	40%	3.96
TERAPIA RESPIRATORIA	10	0	0	100%	0
HOSPITALIZACION	0.3	100	30	10%	1.8
AUTOPSIA	0.57	23	13.11	19%	0.7866
Consultas externas	0.05	210	10.5	1%	0.63
TOTAL LPM		478	720.61		43.2366

M3/H	43.2366
-------------	----------------

4.3. CÁLCULO DE LA FUENTE DE SUMINISTRO Y VAPORIZADOR AMBIENTAL

Considerando el valor de 43.24 m3/hr, la fuente de suministro será mediante un tanque criogénico, que será capaz de almacenar oxígeno en estado líquido; de esta manera garantizamos un suministro constante y eliminamos problemas logísticos, ya que por otro tipo de suministro (Cilindros o termos criogénicos) se necesitaría un gran número de envases para cubrir la demanda del hospital.

El dimensionamiento del tanque criogénico dependerá de diversos factores como: Distancia desde el centro de distribución, restricciones en la ruta de velocidad, consumo promedio mensual y anual, etc.


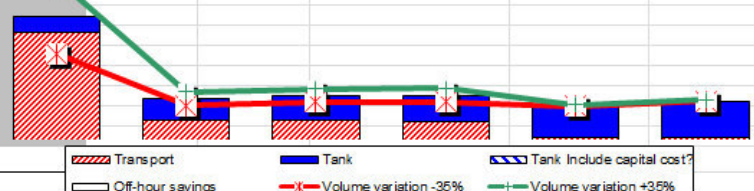
Debido a los diversos factores que influyen en el dimensionamiento de un tanque criogénico, El Grupo Linde elaboró una hoja de cálculo donde se ingresan diversos factores que influyen en el suministro de líquidos.

Se obtuvo el siguiente resultado para las condiciones de nuestro hospital de estudio: Alberto Leopoldo Barton Thompson.

Considerando los datos de entrada como:

- Volumen aproximado por año: 800,000 Kg.
- Régimen de consumo: 24Hrs x 7 días a la semana (365 días/año)
- Distancia entre la fuente y el cliente: 20 Km.
- Velocidad promedio: 30 Km/Hr

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Calculation of Tank Sizes and Reserves				Linde Gas P. 				
Name		Hospital Alberto Leopoldo Barton Th		Prepared by Héctor Alcalde				
Customer	Product	LOX		Product source	ASU Callao			
	Volume p. year	800,000 kg		One way distance	20 km			
	Working pressure	8 bar		Vehicle type	Trailer Lox			
	Delivery setup time	4 Hours		Assumed driving speed	30 km/h			
	Yearly operation time	365 Days		Trip calculation method	standardized			
	Volume variation +/-	35%		Mean distance between customers	240 km			
	Reserve	Actual 04 Days = 9231.523 kg						
Tank	Tank type		11700	20400	27500	29900	40500	52600
	Capacity	kg	10,115	17,849	24,281	26,486	40,048	42,985
	Drop size	kg	1,000	9,755	17,036	19,532	22,000	22,000
	Fill rate		8%	46%	59%	62%	55%	51%
	Reserve	Days	4.21	4.21	4.21	4.21	7.79	9.13
Settings	Reserve needed for 2nd shift delivery	Days	2					
	Calculatory interest rate	%	15					
	Depreciation customer tank	Years	5					
	Annuity factor tank		0.2983					
	Max fill rate	%	95					
	Load/unload rate	kg/hour	21034					
	Min co-loading factor		0.25					
	Distance related cost	USD/km	1.42					
	Time-related cost	USD/Hours	0.00					
	Cost charged per delivery	USD/Delivery	0.00					
Volume-depending cost	USD/kg	0						
User defined tank types								

Considerando un nivel de llegada de 1,000 Kg, se tendría que el volumen que tendría el tanque criogénico sería de 11,700 Lts. (10,115 Kg de LOX); considerando un tanque AGA CRYO se tendría lo siguiente:

- Modelo de Tanque: 110 VCSP
- Volumen: 11,000 Lts.
- Volumen Neto: 10,400 Lts.

Las especificaciones técnicas de dicho tanque las podemos observar en el siguiente cuadro:

	Standard sizes						
VCSP/VSSP	33	60	110	204	275	405	526
Volume, gross [liters]	3300	6000	11000	20400	27500	40500	52600
Volume, net [95% full]	3100	5700	10400	19300	26100	38400	49700
Max. op. press. [bar]	See type plate on tank						
Heat inleak (LOX) [%/24 h]	0.51	0.42	0.25	0.21	0.18	0.13	0.12
Max. Withdrawal capacity with PRC pressure build-up coil [LOX at 8 bar] See Ch							
PRC S, standard [Nm ³ /h]	200		400		600		
PRC 2 S, option [Nm ³ /h]	360		720		1080		
Measurements and weights:							
A-Height [mm]	4070	6570	5730	9480	12330	10010	12510
Ø-Diameter [mm]	1600		2300		3100		
B-Transport width [mm]	1700		2400		3150		
C-Transport height [mm]	1750		2400		3150		
Transport weight, approx. [kg] *	2500	4100	7000	11100	15100	22500	27600
Weight full, approx. [kg] *							
LIN	5000	8700	15500	26700	36200	53300	68000
LOX	6100	10600	18900	33200	45000	66100	84700
LAR	6800	12100	21600	38100	51600	75900	97300

Para el cálculo del vaporizador se tendría que

$$Qv = \frac{Nv \times Ct \times Cgv}{Cq}$$

Iterando la capacidad actual del vaporizador, tendríamos lo siguiente:

Capacidad de Vaporizador (Nv)	200	Nm3/h
Temperatura Ambiente	20	
Factor Correccion Ct	1.3	
Producto Almacenado	LOX	
Factor por Producto	1	
Tipo de Uso	continuous withdrawal	24h / 24h
Correccion por Uso Cq	2	
Capacidad Actual Vaporizador	130.000	Nmr/Hr

Para un vaporizador de 200 Nm3/Hr de capacidad nominal, se tendría una capacidad real de vaporización de 130 Nm3/Hr, por lo cual es suficiente para el flujo de vaporización en el Hospital Alberto Leopoldo Barton Thompson.

4.4. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE TRANSPORTE DE OXÍGENO MEDICINAL

Para el dimensionamiento de las tuberías, se deberá tener en consideración que la caída de presión admisible en los sistemas de transporte de oxígeno medicinal será como máximo 5 PSIG.

Considerando la fórmula:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{P}{R \cdot T} \cdot \frac{v^2}{2}$$

Se tendría para las diversas áreas del hospital lo siguiente:

Montantes:

De los planos adjuntos, obtenemos que la longitud total de la montante (Troncal) de la red es la siguiente:

- Longitud Troncal: 400 m.
- Flujo: 43 Nm³/Hr
- Peso Molecular del Oxígeno: 32
- Temperatura de Operación: 15°C
- Presión de Operación: 4 BarG

Con los datos anteriormente mostrados, tendríamos que iterar el diámetro interno de la tubería, de tal manera que se obtenga una caída de presión menor a 5 PSIG.

Considerando un diámetro interno de 1/2”:

Sección	Caudal	Longitud de tubería	Diám. int.	Pérdida de presión
	m ³ /hr	mts.	mm	en pascales
AB	43	400	12	1630237

Podemos apreciar que la caída de presión es de 1630237 Pa =236 PSI, por lo tanto, el diámetro no es el adecuado.

Considerando un diámetro interno de 3/4”

Sección	Caudal	Longitud de tubería	Diám. int.	Pérdida de presión
	m ³ /hr	mts.	mm	en pascales
AB	43	400	19	163828

Podemos apreciar que la caída de presión es de 163828 Pa =23.75 PSI, por lo tanto, el diámetro no es el adecuado.

Considerando un diámetro interno de 1”

Sección	Caudal	Longitud de tubería	Diám. int.	Pérdida de presión
	m ³ /hr	mts.	mm	en pascales
AB	43	400	25	41539

Podemos apreciar que la caída de presión es de 41539 Pa =6 PSI, por lo tanto, el diámetro no es el adecuado.

Considerando un diámetro interno de 1 1/2"

Sección	Caudal	Longitud de tubería	Diám. int.	Pérdida de presión
	m3/hr	mts.	mm	en pascales
AB	43	400	38	5120

Podemos apreciar que la caída de presión es de 5120 Pa =0.74 PSI, por lo tanto, el diámetro es el adecuado.

Segundo Piso:

Para el segundo piso del hospital tendríamos el siguiente régimen de consumo:

AREA	Flujo pico LPM O2	CANT	Total LPM	Factor Corrección	Total m3/hr
CIRUGIA MAYOR (CORAZON, TORAX)	10	4	40	100%	2.4
URGENCIAS	7	8	56	70%	2.352
Consultas externas	0.05	10	0.5	1%	0.03
TOTAL LPM		22	96.5		5.79

M3/H	5.79
-------------	-------------

De los planos adjuntos, obtenemos que la longitud total de la tubería ubicada en el segundo piso, los datos de operación son los mismos de los que se indicaron en la troncal:

- Longitud Tubería: 100 m.
- Flujo: 6 Nm3/Hr
- Peso Molecular del Oxígeno: 32
- Temperatura de Operación: 15°C
- Presión de Operación: 4 BarG

Considerando un diámetro interno de ½”:

Sección	Caudal	Longitud de tubería	Diám. int.	Pérdida de presión en pascales
	m3/hr	mts.	mm	
AB	6	100	12	7935

Podemos apreciar que la caída de presión es de 7935 Pa =1.15 PSI, por lo tanto, el diámetro es el adecuado.

Tercer Piso:

Para el tercer piso del hospital tendríamos el siguiente régimen de consumo:

AREA	Flujo pico LPM O2	CANT	Total LPM	Factor Corrección	Total m3/hr
CIRUGIA MAYOR (CORAZON, TORAX)	10	7	70	100%	4.2
UCI	30	8	240	100%	14.4
Consultas externas	0.05	10	0.5	1%	0.03
TOTAL LPM		25	310.5		18.63

M3/H	18.63
-------------	--------------

De los planos adjuntos, obtenemos que la longitud total de la tubería ubicada en el segundo piso, los datos de operación son los mismos de los que se indicaron en la troncal:

- Longitud Tubería: 200 m.
- Flujo: 18.7 Nm3/Hr
- Peso Molecular del Oxígeno: 32
- Temperatura de Operación: 15°C
- Presión de Operación: 4 BarG

Considerando un diámetro interno de ½”:

Sección	Caudal	Longitud de tubería	Diám. int.	Pérdida de presión en pascales
	m3/hr	mts.	mm	
AB	18.7	200	12	154158

Podemos apreciar que la caída de presión es de 154158 Pa =22.4 PSI, por lo tanto, el diámetro no es el adecuado.

Considerando un diámetro interno de ¾”:

Sección	Caudal	Longitud de tubería	Diám. int.	Pérdida de presión en pascales
	m3/hr	mts.	mm	
AB	18,7	200	19	17705

Podemos apreciar que la caída de presión es de 17705 Pa =2.56 PSI, por lo tanto, el diámetro es el adecuado.

De manera análoga se puede proceder para los siguientes pisos, obteniendo por cada piso el dimensionamiento de tubería adecuado.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El tanque criogénico que se instalará en el Hospital, le dará una autonomía de 15 días.
- El vaporizador ambiental instalado podrá soportar una demanda dos veces mayor a la diseñada.
- En el diseño final oficial, se ha podido apreciar un sobredimensionamiento de la tubería troncal, ya que el diámetro óptimo es de 1 ½”, el diámetro propuesto es de 2 ½”.
- Las derivaciones en el primer piso son de ½” y ¾” de diámetro.
- Las derivaciones en el segundo piso son de ½” y ¾” de diámetro.
- Las derivaciones en el tercer piso son de ¾” de diámetro.
- Las áreas críticas serán independizadas con cajas de corte, que permitirán su aislamiento en caso de alguna contingencia.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar una válvula para la instalación adicional de un vaporizador ambiental en paralelo, en el caso que la demanda del hospital aumente.
- Se recomienda dejar el espacio suficiente para un tanque adicional en la zona del tanque criogénico, ya que un aumento de la demanda de oxígeno, obligaría a instalar un sistema Back Up de respaldo con otro tanque criogénico.
- Se recomienda instalar un sistema de respaldo con cilindros, capaz de soportar una demanda de 24 Hrs. En caso de alguna contingencia con el transporte de oxígeno líquido.
- Se recomienda instalar un sistema de medición remota de niveles, para poder controlar de manera directa y por 24 Hrs. El nivel y los consumos del cliente, de tal manera que se pueda anticipar algún sobreconsumo del cliente.
- Se recomienda instalar alarmas de zonas en las salas de estar de las enfermeras, de tal manera que se pueda controlar las presiones de trabajo en la línea.
- Se recomienda instalar cajas de corte en todas las salas de estar de enfermeras, para que se pueda cortar el suministro de oxígeno en caso de alguna emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

- AGA Gas Handbook (By AGA AB 1985 – Bibliografía del Grupo Linde)
- Pérdidas de Gases del Aire (By AGA AB 1985 – Bibliografía del Grupo Linde)
- Seminario de Instalaciones de Gases Medicinales (AGA Ecuador 2003 – Bibliografía del Grupo Linde)
- Cálculo de pérdidas en tuberías a presión (Presentación del Grupo Linde – Linde Gas Therapeutics)
- NFPA 99: Health Care Facilities Code, 2012 Edition
- ASME Code for Pressure Piping, B31.3 Process Piping
- CESCO-01-01-PAP-GROUP - About Pipe and Components (Lineamientos Standard para el Grupo Linde, disponible en la biblioteca virtual del grupo – BD LIMMS)
- CESCO-01-03-PAP-GROUP - Materials and Cleanliness Requirements - Pipe and Pipe Components (Lineamientos Standard para el Grupo Linde, disponible en la biblioteca virtual del grupo – BD LIMMS)
- CESMED-02-03-PAP-LG - Medical Oxygen Cryogenic Liquid Container Supply (Lineamientos Standard para el Grupo Linde, disponible en la biblioteca virtual del grupo – BD LIMMS)

ANEXOS

ANEXO I – PROPIEDADES FISICAS DEL OXIGENO

**ANEXO II - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TANQUE
CRIOGÉNICO**

**ANEXO III - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VAPORIZADOR
AMBIENTAL**

**ANEXO IV - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS DE
COBRE Y ACCESORIOS DE COBRE**

**ANEXO V – DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE CONSUMO EN EL
HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON**

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
BLOQUE QUIRÚRGICO	CIRUGÍA MAYOR DE BAJA COMPLEJIDAD	2232	P2	7	1	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	CIRUGÍA MAYOR DE BAJA COMPLEJIDAD	2235	P2	7	2	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						SALIDA DE OXIGENO	1
CIRUGÍA MAYOR DE MEDIANA COMPLEJIDAD	CIRUGÍA MAYOR DE MEDIANA COMPLEJIDAD	2234	P2	7	1	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	CIRUGÍA MAYOR DE MEDIANA COMPLEJIDAD	2231	P2	7	2	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						SALIDA DE OXIGENO	1

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
	CIRUGÍA MAYOR LAPAROSCÓPICA DE MEDIANA COMPLEJIDAD	2236	P2	7	*	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	CIRUGÍA MENOR DE ALTO REQUERIMIENTO	2233	P2	7	1	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		2202	P2	7	2	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						SALIDA DE OXIGENO	1
SALA DE INDUCCIÓN Y RECUPERACIÓN	2201	P2	8	14 PUESTOS	SALIDA DE VACIO		
					SALIDA DE OXIGENO	14	
					SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL		
ESTERILIZACION RAPIDA	2221	P2	7		SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL		
CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN	PREPARACIÓN DE MATERIAL	2259	P2	7	*	SALIDA AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
	AUTOCLAVES	2253	P2	7	*	SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
	LAVADO DE CARROS	2260	P2	7		SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
CENTRO OBSTÉTRICO	ATENCIÓN AL RECIEN NACIDO SALA DE PARTOS CON CESÁREA	2108	P2	4	*	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	ATENCIÓN AL RECIEN NACIDO SALA DE PARTOS VAGINAL	2127	P2	4	1 y 2	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	OBSERVACIÓN	2138	P2	4	PUERPERIO INMEDIATO 1	CABECEROS TIPO UCI 1 CAMA (PARED)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIGENO	4
		2143	P2	4	PUERPERIO INMEDIATO 2	CABECEROS TIPO UCI 1 CAMA (PARED)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIGENO	4
	SALA DE DILATACIÓN	2145	P2	4	*	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	4
	SALA DE EVALUACIÓN Y PREPARACIÓN 1 Y 2	2146	P2	4	SALA DE EVALUACIÓN Y PREPARACIÓN	SALIDA DE VACIO	
SALIDA DE OXIGENO						2	
SALA DE MONITOREO FETAL	2149	P2	4	1	SALIDA DE VACIO		
					SALIDA DE OXIGENO	1	
	2148	P2	4	2	SALIDA DE VACIO		
					SALIDA DE OXIGENO	2	
SALA DE PARTOS CON CESÁREA	2115	P2	4	*	COLUMNA DE QUIRÓFANO	2	
					SALIDA DE VACIO		

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
						SALIDA DE OXIGENO	1
						SALIDA DE OXIDO NITROSO	
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
						EVACUADOR GASES ANESTESICOS	
	SALA DE PARTOS VAGINAL	2125	P2	4	1	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		2135	P2	4	2	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	TÓPICO DE GINECO -OBSTETRICIA	2156	P2	4	1	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		2157	P2	4	2	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		2158	P2	4	3	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		2159	P2	4	4	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	ESTERILIZACION RAPIDA	2130	P2	4		SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL	
CONSULTAS EXTERNAS Y GABINETES TÉCNICOS	BRONCOSCOPIA (video)	2028	P2	1	1	SALIDA DE OXIGENO	1
		2033	P2	2	2	SALIDA DE OXIGENO	1
	CONSULTORIO DE GINECO - OBSTETRICIA	1036	P1	3	4 Consultorio ginecologico con colposcopio y ecografo	SALIDA DE OXIGENO	1
	CONSULTORIO DE UROLOGÍA	2010	P2	2	ECOGRAFÍA	SALIDA DE OXIGENO	1
	ECOGRAFÍA - CARDIOLOGÍA	2081	P2	1	*	SALIDA DE OXIGENO	1
	ELECTROENCEFALOGRAFÍA	1111	P1	1	*	SALIDA DE OXIGENO	1
	PRUEBA DE ESFUERZO	2064	P2	1	*	SALIDA DE OXIGENO	1

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
	SALA DE ECOGRAFÍA	1048	P1	1	1	SALIDA DE OXIGENO	1
		1063	P1	1	2	SALIDA DE OXIGENO	1
		1083	P1	1	3	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE ECOGRAFÍA Y MONITOREO FETAL	1035	P1	1	*	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE ENDOSCOPIAS - ALTAS	1098	P1	1	Sala de endoscopia con gastroscopio	SALIDA DE OXIGENO	1
		1120	P1	1	Sala de endoscopia con gastroscopio	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE ENDOSCOPIAS - BAJAS	1065	P1	1	1 Con histero y cisto	SALIDA DE OXIGENO	1
		1071	P1	1	2 Duodeno y colono	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE YESOS	2069	P2	1	1	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		2069	P2	1	2	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA PARA CISTOSCOPIAS Y URODINAMIA	2034	P2	2	*	SALIDA DE OXIGENO	1
	TÓPICO DE PROCEDIMIENTOS CIRUGÍA MENOR	2069	P2	1	CIRUGIA MENOR	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
SALA DE PROCEDIMIENTOS - CIRUGIA MENOR	2082	P2	1	CIRUGIA MENOR	SALIDA DE VACIO		
					SALIDA DE OXIGENO	1	
DIAGNÓSTICO POR IMAGEN	ECOGRAFÍA	1223	P1	4	1	SALIDA DE OXIGENO	1
		1237	P1	4	2	SALIDA DE OXIGENO	1
		1246	P1	4	3	SALIDA DE OXIGENO	1
		1263	P1	4	4	SALIDA DE OXIGENO	1
		1284	P1	5	5	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE MAMOGRAFÍA	1285	P1	5	*	SALIDA DE OXIGENO	1

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
	SALA DE RADIOLOGÍA - FLUOROSCOPIA	1213	P1	5	*	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE RADIOLOGÍA CONVENCIONAL	1212	P1	5	1	SALIDA DE OXIGENO	1
		1273	P1	4	2	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DENSITOMETRÍA	1215	P1	5	1	SALIDA DE OXIGENO	1
		1211	P1	4	2	SALIDA DE OXIGENO	1
	TAC	1281	P1	5	*	SALIDA DE OXIGENO	1
EMERGENCIAS	OBSERVACIÓN - PEDIÁTRICA	1309	P1	7	3 PUESTOS	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	3
	OBSERVACIÓN ADULTOS	1328	P1	8	23 PUESTOS	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	23
		1347	P1	8	7 PUESTOS	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	7
	1369	P1	8	OBSERVACIÓN AISLADO	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)		
					SALIDA DE VACIO		
					SALIDA DE OXIGENO	1	
	SILLONES NEBULIZACION	1313	P1	7	3 PUESTOS	SALIDA DE OXIGENO	6
	TÓPICO DE MEDICINA	1373	P1	8	1	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		1371	P1	7	2	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		1367	P1	7	3	SALIDA DE VACIO	
SALIDA DE OXIGENO						1	
1366	P1	7	4	SALIDA DE VACIO			
				SALIDA DE OXIGENO	1		

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2	
		1364	P1	7	5	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
		1372	P1	7	6	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
		1318	P1	7	7	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
		1320	P1	8	8	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
		TÓPICO DE PEDIATRÍA	1344	P1	7	1	SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	1
			1331	P1	7	2	SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	1
	1315		P1	7	3	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
	1303		P1	7	4	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
	SALA DE PROCEDIMIENTOS	1334	P1	7	PEDIATRÍA	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
	SALA DE PROCEDIMIENTOS CIRUGÍA MENOR	1378	P1	8	CIRUGÍA MENOR	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	1	
TÓPICO DE PROCEDIMIENTOS INYECTABLES, NEBULIZACIONES, CURAS	1332	P1	7		SALIDA DE VACIO			
					SALIDA DE OXIGENO	1		
TÓPICO DE PROCEDIMIENTOS Y TRATAMIENTOS	1327	P1	7	1	SALIDA DE VACIO			
					SALIDA DE OXIGENO	1		
	1333	P1	7	2	SALIDA DE VACIO			
					SALIDA DE OXIGENO	1		

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
	TÓPICO DE TRAUMATOLOGÍA - YESO	1316	P1	8	1	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		1336	P1	7	2	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	UNIDAD DE REANIMACIÓN MÍNIMA - SHOCK TRAUMA	1379	P1	7	1	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
ESTERILIZACION RAPIDA	1335	P1	7		SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL		
HOSPITAL DE DÍA - MÉDICO QUIRÚRGICO	PUESTOS HOSPITAL DE DÍA MÉDICO - QUIRÚRGICO	4199	P4	8	24 PUESTOS	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	24
	TÓPICO DE PROCEDIMIENTOS Y TRATAMIENTOS	4209	P4	8	*	SALIDA DE VACIO	
SALIDA DE OXIGENO						1	
UBAP	CONSULTORIO DE GINECO - OBSTETRICIA	1045	P1	3	4	SALIDA DE OXIGENO	1
	ECOGRAFÍA	2017	P2	2	1	SALIDA DE OXIGENO	1
		2018	P2	2	2	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE RADIOLOGÍA - MAMOGRAFÍA	2016	P2	2	1	SALIDA DE OXIGENO	1
	SALA DE RADIOLOGÍA - RX ESTACIONARIO	1060	P1	4	1	SALIDA DE OXIGENO	1
		1057	P1	4	2	SALIDA DE OXIGENO	1
	TÓPICO - PROCEDIMIENTOS GINECO-OBST.	1047	P1	4	*	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
UNIDAD DE CUIDADOS CRÍTICOS	AISLADO UCI	3206	P3	8	1 PUESTO	CABECEROS TIPO UCI 1 CAMA (PARED)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIGENO	2
	PROCEDIMIENTOS	3201	P3	8	Para 3 pacientes	SALIDA DE VACIO	
		3240	P3	6	Para 3 pacientes	SALIDA DE OXIGENO	6
	REANIMACIÓN POST QUIRÚRGICA (REA)	3241	P3	7	7 PUESTOS	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIGENO	7
	UCI CON HEMODIÁLISIS	3223	P3	8	1	CABECEROS TIPO UCI 1 CAMA (SUSPENDIDO O COLUMNA)	
						SALIDA DE VACIO	
		3218	P3	8	2	SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIGENO	4
	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (UCI)	3242	P3	8	10 PUESTOS	CABECEROS TIPO UCI 1 CAMA (SUSPENDIDO O COLUMNA)	
						SALIDA DE VACIO	
SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL							
SALIDA DE OXIGENO						20	
UNIDAD DE CUIDADOS INTERMEDIOS (UCIN)	3243	P3	7	16 PUESTOS	CABECEROS TIPO UCI 1 CAMA (SUSPENDIDO O COLUMNA)		
					SALIDA DE VACIO		
					SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL		
					SALIDA DE OXIGENO	32	
UNIDAD DE HEMODIÁLISIS	DIÁLISIS PERITONEAL	2086	P2	2	*	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
	HEMODIÁLISIS	2084	P2	2	HEPATITIS B	SALIDA DE VACIO	

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2	
		2085	P2	2	HEPATITIS C	SALIDA DE OXIGENO	1	
						SALIDA DE VACIO		
		2083	P2	2	VIH	SALIDA DE OXIGENO	1	
						SALIDA DE VACIO		
		SALA DE ENTRENAMIENTO	2059	P2	2	*	SALIDA DE OXIGENO	1
							SALIDA DE VACIO	
		SALA DE HEMODIÁLISIS	2036	P2	2	14 PUESTOS	SALIDA DE OXIGENO	14
							SALIDA DE VACIO	
	TÓPICO DE PROCEDIMIENTOS	2045	P2	2	*	SALIDA DE OXIGENO	1	
						SALIDA DE VACIO		
	TÓPICO DE TRATAMIENTOS	2046	P2	2	*	SALIDA DE OXIGENO	1	
						SALIDA DE VACIO		
	ESTERILIZACION RAPIDA	2042	P2	2		SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL		
	UNIDADES DE HOSPITALIZACIÓN CONVENCIONAL	HABITACIÓN 2 CAMAS - MÉDICA	3166	P3	4	1	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
SALIDA DE VACIO								
SALIDA DE OXIGENO							2	
3108			P3	3	10	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	2	
3102			P3	3	11	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	2	
3098			P3	3	12	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	2	
3089			P3	3	13	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3085	P3	3	14	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3078	P3	3	15	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4086	P4	3	16	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4095	P4	3	17	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4101	P4	3	18	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4108	P4	4	19	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3162	P3	4	2	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4114	P4	4	20	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4125	P4	4	21	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4130	P4	4	22	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4136	P4	4	23	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4142	P4	4	24	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4152	P4	4	25	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4158	P4	4	26	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3153	P3	4	3	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3147	P3	4	4	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3140	P3	4	5	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3136	P3	4	6	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3126	P3	4	7	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3122	P3	4	8	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3114	P3	3	9	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 2 CAMAS - QUIRÚRGICA	3159	P3	4	1	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3115	P3	3	10	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3109	P3	3	11	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3104	P3	3	12	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3099	P3	3	13	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3097	P3	3	14	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3090	P3	3	15	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3087	P3	3	16	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		3154	P3	4	2	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2	
						SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	2	
		3148	P3	4	3	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		
		3144	P3	4	4	SALIDA DE OXIGENO	2	
						CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
		3137	P3	4	5	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	2	
		3135	P3	4	6	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		
		3129	P3	4	7	SALIDA DE OXIGENO	2	
						CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
		3125	P3	4	8	SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	2	
		3120	P3	4	9	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		
		HABITACIÓN AISLADO	3066	P3	1	1	SALIDA DE OXIGENO	1
							CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
		3008	P3	1	10	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)		
						SALIDA DE VACIO		
		3014	P3	1	11	SALIDA DE OXIGENO	1	
						CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)		

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3021	P3	1	12	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3030	P3	1	13	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3035	P3	1	14	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3042	P3	1	15	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3049	P3	1	16	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3055	P3	1	17	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3062	P3	1	18	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3069	P3	1	19	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3061	P3	1	2	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		3052	P3	1	3	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2		
						SALIDA DE VACIO			
						SALIDA DE OXIGENO	1		
		3045	P3	1	4	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)			
						SALIDA DE VACIO			
		3037	P3	1	5	SALIDA DE OXIGENO	1		
						CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)			
		3032	P3	1	6	SALIDA DE VACIO			
						SALIDA DE OXIGENO	1		
		3023	P3	1	7	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)			
						SALIDA DE VACIO			
		3017	P3	1	8	SALIDA DE OXIGENO	1		
						CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)			
		3007	P3	1	9	SALIDA DE VACIO			
						SALIDA DE OXIGENO	1		
		TÓPICO DE PROCEDIMIENTOS Y TRATAMIENTOS		3149	P3	4	1	SALIDA DE VACIO	
								SALIDA DE OXIGENO	1
				3092	P3	3	2	SALIDA DE VACIO	
								SALIDA DE OXIGENO	1
		3038	P3	1	3	SALIDA DE VACIO			
						SALIDA DE OXIGENO	1		
		UNIDADES DE HOSPITALIZACIÓN ESPECÍFICAS	CUIDADOS INTENSIVOS NEONATALES	4110	P4	4	4 INCUBADORAS	CABECEROS TIPO UCI 1 CAMA (SUSPENDIDO O COLUMNA)	

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	
						SALIDA DE OXIGENO	8
	CUNERO FISIOLÓGICO	4077	P4	3	5 CUNAS	SALIDA DE VACIO	
	CUNERO FISIOLÓGICO	4077	P4	3	5 CUNAS	SALIDA DE OXIGENO	5
	CUNERO PATOLÓGICO	4083	P4	3	4 CUNAS	SALIDA DE VACIO	
	CUNERO PATOLÓGICO	4083	P4	3	4 CUNAS	SALIDA DE OXIGENO	4
	ENFERMERAS	4078	P4	3	Observación cuneros	SALIDA DE VACIO	
	ENFERMERAS	4078	P4	3	Observación cuneros	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4100	P4	3	1	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4100	P4	3	1	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4112	P4	4	2	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4112	P4	4	2	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4116	P4	4	3	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4116	P4	4	3	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4124	P4	4	4	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4124	P4	4	4	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4128	P4	4	5	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4128	P4	4	5	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4134	P4	4	6	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4134	P4	4	6	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4137	P4	4	7	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4137	P4	4	7	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4143	P4	4	8	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4143	P4	4	8	SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4149	P4	4	9	SALIDA DE VACIO	
	HABITACIÓN 1 CAMA (PREESCOLARES) 1 CUNA (LACTANTES)	4149	P4	4	9	SALIDA DE OXIGENO	2

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2	
	HABITACIÓN 2 CAMAS GINECO OBSTETRICIA	4056	P4	1	1	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)		
						SALIDA DE VACIO		
						SALIDA DE OXIGENO	2	
		4008	P4	1	10		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
							SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	2
		4016	P4	1	11		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
							SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	2
		4027	P4	1	12		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
							SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	2
		4032	P4	1	13		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
							SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	2
		4050	P4	1	2		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
							SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	2
		4044	P4	1	3		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
							SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	2
		4037	P4	1	4		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
							SALIDA DE VACIO	
							SALIDA DE OXIGENO	2
4033	P4	1	5		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)			
					SALIDA DE VACIO			
					SALIDA DE OXIGENO	2		
4028	P4	1	6		CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)			
					SALIDA DE VACIO			

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4024	P4	1	7	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4017	P4	1	8	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4014	P4	1	9	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 2 CAMAS ADOLESCENTES	4071	P4	3	1	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4082	P4	3	2	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN 2 CAMAS ESCOLARES	4084	P4	3	1	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4081	P4	3	2	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4074	P4	3	3	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4073	P4	3	4	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2

UNIDAD PRODUCTORA DE SERVICIOS	SALA	COD DE SALA	PLANTA / NIVEL	BLOQUE	DESCRIPCIÓN ADICIONAL SALA	DESCRIPCIÓN EQUIPAMIENTO	O2
	HABITACIÓN AISLADO PEDIATRÍA	4096	P4	3	1	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
		4088	P4	3	2	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (2 CAMAS)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	2
	HABITACIÓN AISLADOS GINECO OBSTETRICIA	4052	P4	1	1	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		4048	P4	1	2	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
		4041	P4	1	3	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)	
						SALIDA DE VACIO	
	SALIDA DE OXIGENO					1	
4007	P4	1	4	CABECERO HOSPITALIZACIÓN (1 CAMA)			
				SALIDA DE VACIO			
				SALIDA DE OXIGENO	1		
INCUBADORAS	4070	P4	3	6 INCUBADORAS	SALIDA DE VACIO		
					SALIDA DE OXIGENO	6	
TÓPICO DE PROCEDIMIENTOS Y TRATAMIENTOS 1	4030	P4	1	GINECO OBSTETRICIA	SALIDA DE VACIO		
					SALIDA DE OXIGENO	1	
MANTENIMIENTO	TALLER MULTIDISCIPLINARIO	1130	P1		*	SALIDA DE VACIO	
						SALIDA DE OXIGENO	1
						SALIDA AIRE COMPRIMIDO MEDICINAL	

TOTAL SALIDAS MURALES Y CABECEROS	478
--	------------

ANEXO VI – CONSUMOS PROMEDIO POR ÁREA DE UN HOSPITAL

AREA	Flujo pico LPM O2
CIRUGIA MAYOR (CORAZON, TORAX)	10
CIRUGIA MENOR	10
PARTOS	10
UCI	30
UCI MEONATOS	10
UCI RESPIRADORES	30
URGENCIAS	10
RECUPERACIÓN	5
RECIEN NACIDOS	5
TERAPIA RESPIRATORIA	10
HOSPITALIZACION	3
AUTOPSIA	3
RX, SCANNER	5

**ANEXO VII – PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE REDES DE GASES
MEDICINALES EN EL HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON
THOMPSON**

5.18.9 Tables of physical properties

Table 1. Density, kg/m³ (gas phase)

TEMP., K 273.15 K = 0 C 288.15 K = 15 C	PRESSURE, KPA (100 KPA = 1 BAR)					
	50	100	200	500	1000	20000
100	1.949	3.947	5.209	13.328	21.858	21.858
150	1.288	2.585	3.872	9.768	15.771	15.771
200	0.964	1.931	3.088	7.750	12.451	12.451
250	0.770	1.542	2.824	7.080	11.360	11.360
273.15	0.705	1.411	2.676	6.704	10.753	10.753
288.15	0.668	1.337	2.569	6.435	10.316	10.316
300	0.642	1.284	2.201	5.506	8.815	8.815
350	0.550	1.000	1.925	4.813	7.702	7.702
400	0.481	0.982	1.711	4.276	6.839	6.839
450	0.428	0.855	1.539	3.847	6.151	6.151
500	0.385	0.770	1.283	3.204	5.123	5.123
600	0.321	0.641	1.099	2.746	4.391	4.391
700	0.275	0.550	0.962	2.403	3.842	3.842
800	0.241	0.481	0.855	2.136	3.415	3.415
900	0.214	0.428	0.770	1.922	3.074	3.074
1000	0.192	0.385	0.700	1.782	2.850	2.850
1500	0.128	0.257	0.513	1.282	2.050	2.050
2000	0.096	0.192	0.385	0.962	1.538	1.538

TEMP., K 273.15 K = 0 C 288.15 K = 15 C	PRESSURE, KPA (100 KPA = 1 BAR)					
	1000	2500	5000	10000	20000	20000
100	27.802	81.841	113.879	278.261	581.818	581.818
150	19.839	52.033	82.262	173.913	363.636	363.636
200	15.610	39.801	73.733	152.381	310.680	310.680
250	14.229	36.036	69.114	141.593	285.714	285.714
273.15	13.457	34.006	65.979	134.454	268.908	268.908
288.15	12.908	32.553	62.500	121.212	246.119	246.119
300	11.027	27.658	55.459	111.111	219.178	219.178
350	9.627	24.060	48.120	95.808	187.135	187.135
400	8.547	21.333	42.553	84.211	163.265	163.265
450	7.687	19.173	38.141	75.472	146.119	146.119
500	6.401	15.952	31.715	62.500	121.212	121.212
600	5.486	13.664	27.142	53.512	103.896	103.896
700	4.800	11.954	23.756	46.852	90.909	90.909
800	4.267	10.628	21.122	41.667	81.013	81.013
900	3.840	9.567	19.014	37.559	73.227	73.227
1000	2.561	6.385	12.708	25.177	49.583	49.583
1500	1.922	4.793	9.549	18.946	37.296	37.296
2000						

Table 2. Viscosity, Ns/m² (gas phase)

TEMP., K 273.15 K = 0 C 288.15 K = 15 C	PRESSURE, KPA (100 KPA = 1 BAR)					
	100	1000	5000	10000	20000	20000
100	0.0000076	0.0000114	0.0000168	0.0000214	0.0000256	0.0000256
150	0.0000114	0.0000179	0.0000200	0.0000218	0.0000231	0.0000231
200	0.0000148	0.0000192	0.0000207	0.0000213	0.0000218	0.0000218
250	0.0000178	0.0000206	0.0000213	0.0000218	0.0000221	0.0000221
273.15	0.0000191	0.0000223	0.0000231	0.0000236	0.0000241	0.0000241
288.15	0.0000199	0.0000225	0.0000231	0.0000236	0.0000241	0.0000241
300	0.0000206	0.0000228	0.0000237	0.0000242	0.0000246	0.0000246
350	0.0000231	0.0000278	0.0000300	0.0000307	0.0000311	0.0000311
400	0.0000255	0.0000300	0.0000321	0.0000321	0.0000321	0.0000321
450	0.0000278	0.0000330	0.0000342	0.0000345	0.0000345	0.0000345
500	0.0000300	0.0000340	0.0000378	0.0000381	0.0000381	0.0000381
600	0.0000340	0.0000412	0.0000446	0.0000448	0.0000448	0.0000448
700	0.0000377	0.0000445	0.0000477	0.0000479	0.0000479	0.0000479
800	0.0000412	0.0000477	0.0000521	0.0000522	0.0000522	0.0000522
900	0.0000445	0.0000521	0.0000574	0.0000574	0.0000574	0.0000574
1000	0.0000477	0.0000574	0.0000621	0.0000622	0.0000622	0.0000622
1500	0.0000621	0.0000748	0.0000814	0.0000814	0.0000814	0.0000814
2000	0.0000748	0.0000814	0.0000879	0.0000879	0.0000879	0.0000879

Table 3. Compressibility factor

TEMP., K 273.15 K = 0 C 288.15 K = 15 C	PRESSURE, KPA (100 KPA = 1 BAR)			
	50	100	200	500 800
100	0.9877	0.9752	0.9853	0.9627 0.9393
150	0.9964	0.9927	0.9941	0.9852 0.9762
200	0.9985	0.9970		
250	0.9993	0.9986	0.9974	0.9933 0.9893
273.15	0.9995	0.9990	0.9982	0.9953 0.9925
288.15	0.9996	0.9992	0.9985	0.9963 0.9941
300	0.9997	0.9993	0.9988	0.9970 0.9952
350	0.9999	0.9997	0.9996	0.9988 0.9980
400	1.0000	0.9999	1.0000	0.9998 0.9997
450	1.0000	1.0000	1.0001	1.0004 1.0006
500	1.0001	1.0001	1.0003	1.0007 1.0012
600	1.0001	1.0002	1.0004	1.0011 1.0018
700	1.0001	1.0002	1.0004	1.0012 1.0019
800	1.0001	1.0002	1.0005	1.0013 1.0020
900	1.0001	1.0002	1.0005	1.0013 1.0020
1000	1.0001	1.0002	1.0005	1.0012 1.0019
1500	1.0001	1.0002	1.0004	1.0009 1.0015
2000	1.0002	1.0002	1.0007	1.0013 1.0013
TEMP., K 273.15 K = 0 C 288.15 K = 15 C	PRESSURE, KPA (100 KPA = 1 BAR)			
100	0.9231	0.7840	0.8441	0.6906 0.6651
150	0.9702	0.9242		
200				
250	0.9866	0.9671	0.9361	0.8841 0.8515
273.15	0.9906	0.9772	0.9567	0.9079 0.8799
288.15	0.9926	0.9822	0.9666	0.9357 0.9357
300	0.9939	0.9854	0.9739	0.9551 0.9538
350	0.9976	0.9945	0.9908	0.9884 1.0046
400	0.9997	0.9996	1.0003	1.0058 1.0311
450	1.0008	1.0024	1.0058	1.0155 1.0453
500	1.0015	1.0041	1.0090	1.0211 1.0531
600	1.0022	1.0057	1.0120	1.0260 1.0590
700	1.0025	1.0062	1.0129	1.0272 1.0593
800	1.0025	1.0064	1.0129	1.0269 1.0575
900	1.0024	1.0062	1.0127	1.0261 1.0548
1000	1.0024	1.0060	1.0122	1.0250 1.0521
1500	1.0019	1.0048	1.0096	1.0400 1.0400
2000	1.0016	1.0039	1.0078	1.0319 1.0319

Table 4. Thermodynamic properties (gas phase)

$CP=c_p$ Specific heat capacity, kJ/(kg·K), is calculated by differentiating Lee-Kesler's equation of state.
 S Specific entropy, kJ/(kg·K).
 H Specific enthalpy, kJ/kg, is the heat content of the gas at constant pressure compared with the reference state of 1 atm, 298.15°K.
 $HF=\Delta H_f^\circ$ Free formation enthalpy, kJ/kmol, is the heat quantity liberated when the substance is formed from its elements. Reference state: 1 atm, 298.15°K, when the partial pressure of all substances is 1 atm.
 $GF=\Delta G_f^\circ$ Free formation energy, kJ/kmol. Reference state: 1 atm, 298.15°K, when the partial pressure of all substances is 1 atm.

PRESSURE, KPA 100 KPA = 1 BAR	TEMP., K		CP	S	H	HF	GF
	273.15K=0C	288.15K=15C					
50	100	0.86	5.5	-175	0	0	0
50	150	0.87	5.8	-132	0	0	0
50	200	0.88	6.0	-88	0	0	0
50	250	0.90	6.2	-44	0	0	0
50	273.15	0.91	6.3	-23	0	0	0
50	288.15	0.92	6.4	-9	0	0	0
50	300	0.92	6.4	2	0	0	0
50	350	0.94	6.6	48	0	0	0
50	400	0.95	6.7	95	0	0	0
50	450	0.97	6.8	143	0	0	0
50	500	0.98	6.9	192	0	0	0
50	600	1.01	7.1	292	0	0	0
50	700	1.03	7.2	394	0	0	0
50	800	1.05	7.4	498	0	0	0
50	900	1.07	7.5	604	0	0	0
50	1000	1.09	7.6	712	0	0	0
50	1500	1.14	8.1	1272	0	0	0
50	2000	1.18	8.4	1852	0	0	0
100	100	0.88	5.5	-175	0	0	0
100	150	0.87	5.8	-132	0	0	0
100	200	0.89	6.0	-88	0	0	0
100	250	0.90	6.2	-44	0	0	0
100	273.15	0.91	6.3	-23	0	0	0
100	288.15	0.92	6.4	-9	0	0	0
100	300	0.92	6.4	2	0	0	0
100	350	0.94	6.6	48	0	0	0
100	400	0.95	6.7	95	0	0	0
100	450	0.97	6.8	143	0	0	0
100	500	0.98	6.9	192	0	0	0
100	600	1.01	7.1	292	0	0	0
100	700	1.03	7.2	394	0	0	0
100	800	1.05	7.4	498	0	0	0
100	900	1.07	7.5	604	0	0	0
100	1000	1.09	7.6	712	0	0	0
100	1500	1.14	8.1	1272	0	0	0
100	2000	1.18	8.4	1852	0	0	0

Table 4 (cont.)

PRESSURE,KPA		TEMP., K	CP	S	H	HF	GF
100 KPA		273.15K= 0C	KJ/(KG·K)				
= 1 BAR		288.15K=15C	KJ/(KG·K)				
800	100		0.96	5.2	-139	0	0
800	150		0.92	5.5	-92	0	0
800	200		0.92	5.7	-46	0	0
800	250		0.93	5.8	-25	0	0
800	273.15						
800	288.15		0.93	5.8	-11	0	0
800	300		0.93	5.9	0	0	0
800	350		0.94	6.0	47	0	0
800	400		0.95	6.1	94	0	0
800	450		0.97	6.3	143	0	0
800	500		0.99	6.4	192	0	0
800	600		1.01	6.5	291	0	0
800	700		1.03	6.7	394	0	0
800	800		1.05	6.8	498	0	0
800	900		1.07	7.0	604	0	0
800	1000		1.09	7.1	712	0	0
800	1500		1.14	7.5	1272	0	0
800	2000		1.18	7.9	1853	0	0
1000	100		0.99	5.2	-141	0	0
1000	150		0.93	5.4	-93	0	0
1000	200		0.93	5.6	-47	0	0
1000	250		0.93	5.7	-26	0	0
1000	273.15						
1000	288.15		0.93	5.8	-12	0	0
1000	300		0.93	5.8	-1	0	0
1000	350		0.95	6.0	46	0	0
1000	400		0.96	6.1	94	0	0
1000	450		0.97	6.2	142	0	0
1000	500		0.99	6.3	191	0	0
1000	600		1.01	6.5	291	0	0
1000	700		1.03	6.6	394	0	0
1000	800		1.05	6.8	498	0	0
1000	900		1.07	6.9	604	0	0
1000	1000		1.09	7.0	712	0	0
1000	1500		1.14	7.5	1272	0	0
1000	2000		1.18	7.8	1853	0	0

Table 4 (cont.)

PRESSURE,KPA		TEMP., K	CP	S	H	HF	GF
100 KPA		273.15K= 0C	KJ/(KG·K)				
= 1 BAR		288.15K=15C	KJ/(KG·K)				
200	100		0.88	5.6	-134	0	0
200	150		0.89	5.9	-89	0	0
200	200		0.91	6.1	-44	0	0
200	250		0.91	6.1	-23	0	0
200	273.15						
200	288.15		0.92	6.2	-10	0	0
200	300		0.92	6.2	1	0	0
200	350		0.94	6.4	48	0	0
200	400		0.95	6.5	95	0	0
200	450		0.97	6.6	143	0	0
200	500		0.98	6.7	192	0	0
200	600		1.01	6.9	292	0	0
200	700		1.03	7.1	394	0	0
200	800		1.05	7.2	498	0	0
200	900		1.07	7.3	604	0	0
200	1000		1.09	7.4	712	0	0
200	1500		1.14	7.9	1272	0	0
200	2000		1.18	8.2	1853	0	0
500	100		0.92	5.4	-136	0	0
500	150		0.91	5.6	-91	0	0
500	200		0.91	5.8	-46	0	0
500	250		0.92	5.9	-24	0	0
500	273.15						
500	288.15		0.92	6.0	-10	0	0
500	300		0.93	6.0	1	0	0
500	350		0.94	6.1	47	0	0
500	400		0.96	6.3	95	0	0
500	450		0.97	6.4	143	0	0
500	500		0.98	6.5	192	0	0
500	600		1.01	6.7	291	0	0
500	700		1.03	6.8	394	0	0
500	800		1.05	7.0	498	0	0
500	900		1.07	7.1	604	0	0
500	1000		1.09	7.2	712	0	0
500	1500		1.14	7.7	1272	0	0
500	2000		1.18	8.0	1853	0	0

Table 4 (cont.)

PRESSURE,KPA 100 KPA = 1 BAR	TEMP., K 273.15K=0C 288.15K=15C	CP KJ/(KG·K)	S KJ/(KG·K)	H KJ/KG	HF KJ/KMOL	GF KJ/KMOL					
							10000	20000	30000	40000	50000
2500	100	1.35	4.8	-158	0	0					
2500	150	1.02	5.2	-102	0	0					
2500	200	0.97	5.4	-52	0	0					
2500	273.15	0.96	5.5	-30	0	0					
2500	288.15	0.96	5.5	-16	0	0					
2500	300	0.96	5.6	-4	0	0					
2500	350	0.96	5.7	4	0	0					
2500	400	0.97	5.8	92	0	0					
2500	450	0.98	6.0	141	0	0					
2500	500	0.99	6.1	190	0	0					
2500	600	1.02	6.2	291	0	0					
2500	700	1.04	6.4	393	0	0					
2500	800	1.06	6.5	498	0	0					
2500	900	1.07	6.7	605	0	0					
2500	1000	1.09	6.8	713	0	0					
2500	1500	1.14	7.2	1273	0	0					
2500	2000	1.18	7.6	1854	0	0					
5000	100										
5000	150										
5000	200	1.23	4.9	-117	0	0					
5000	250	1.05	5.2	-61	0	0					
5000	273.15	1.02	5.3	-37	0	0					
5000	288.15	1.01	5.3	-22	0	0					
5000	300	1.00	5.4	-10	0	0					
5000	350	0.99	5.5	40	0	0					
5000	400	0.99	5.7	89	0	0					
5000	450	0.99	5.8	139	0	0					
5000	500	1.00	5.9	189	0	0					
5000	600	1.02	6.1	290	0	0					
5000	700	1.04	6.2	393	0	0					
5000	800	1.06	6.4	498	0	0					
5000	900	1.08	6.5	605	0	0					
5000	1000	1.09	6.6	714	0	0					
5000	1500	1.14	7.1	1274	0	0					
5000	2000	1.18	7.4	1855	0	0					

Table 4 (cont.)

PRESSURE,KPA 100 KPA = 1 BAR	TEMP., K 273.15K=0C 288.15K=15C	CP KJ/(KG·K)	S KJ/(KG·K)	H KJ/KG	HF KJ/KMOL	GF KJ/KMOL					
							10000	20000	30000	40000	50000
10000	100	1.91	4.6	-152	0	0					
10000	150	1.23	4.9	-78	0	0					
10000	273.15	1.14	5.1	-51	0	0					
10000	288.15	1.11	5.1	-34	0	0					
10000	300	1.09	5.2	-21	0	0					
10000	350	1.04	5.3	72	0	0					
10000	400	1.03	5.5	84	0	0					
10000	450	1.02	5.6	135	0	0					
10000	500	1.02	5.7	186	0	0					
10000	600	1.03	5.9	289	0	0					
10000	700	1.05	6.0	393	0	0					
10000	800	1.07	6.2	499	0	0					
10000	900	1.08	6.3	606	0	0					
10000	1000	1.10	6.4	715	0	0					
10000	1500	1.15	6.9	1277	0	0					
10000	2000	1.18	7.2	1859	0	0					
20000	100										
20000	150										
20000	200	2.00	4.3	-196	0	0					
20000	250	1.51	4.7	-108	0	0					
20000	273.15	1.36	4.8	-75	0	0					
20000	288.15	1.29	4.9	-55	0	0					
20000	300	1.24	4.9	-40	0	0					
20000	350	1.14	5.1	19	0	0					
20000	400	1.09	5.3	74	0	0					
20000	450	1.07	5.4	128	0	0					
20000	500	1.06	5.5	181	0	0					
20000	600	1.06	5.7	287	0	0					
20000	700	1.07	5.8	393	0	0					
20000	800	1.08	6.0	500	0	0					
20000	900	1.09	6.1	609	0	0					
20000	1000	1.10	6.2	718	0	0					
20000	1500	1.15	6.7	1282	0	0					
20000	2000	1.18	7.0	1865	0	0					

Table 5. Thermal conductivity, W/(m · K) (gas phase)

TEMP., K 273.15 K = 0 C 288.15 K = 15 C	PRESSURE, KPA (100 KPA = 1 BAR)													
	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000	20000					
	0.00907	0.00914	0.00930	0.00984	0.01063	0.01193	0.01398	0.01408	0.01439	0.01471	0.01486	0.01504	0.01515	0.01535
100	0.01852	0.01856	0.01863	0.01896	0.01908	0.01928	0.01939	0.01954	0.01968	0.01981	0.01994	0.02007	0.02019	0.02031
150	0.02283	0.02286	0.02292	0.02309	0.02327	0.02347	0.02359	0.02374	0.02388	0.02401	0.02414	0.02426	0.02438	0.02449
200	0.02475	0.02478	0.02483	0.02499	0.02515	0.02532	0.02545	0.02559	0.02572	0.02584	0.02596	0.02607	0.02618	0.02629
273.15	0.02597	0.02600	0.02605	0.02620	0.02635	0.02650	0.02663	0.02675	0.02687	0.02698	0.02709	0.02720	0.02730	0.02740
288.15	0.02693	0.02695	0.02700	0.02714	0.02729	0.02742	0.02754	0.02765	0.02776	0.02786	0.02796	0.02806	0.02815	0.02824
300	0.03086	0.03088	0.03092	0.03104	0.03117	0.03128	0.03138	0.03148	0.03157	0.03166	0.03174	0.03182	0.03190	0.03198
350	0.03465	0.03467	0.03470	0.03481	0.03492	0.03501	0.03509	0.03516	0.03523	0.03529	0.03535	0.03540	0.03545	0.03549
400	0.03833	0.03834	0.03837	0.03847	0.03857	0.03865	0.03871	0.03877	0.03881	0.03885	0.03888	0.03891	0.03893	0.03895
450	0.04190	0.04191	0.04194	0.04203	0.04211	0.04218	0.04224	0.04229	0.04233	0.04236	0.04239	0.04241	0.04243	0.04245
500	0.04487	0.04487	0.04488	0.04487	0.04484	0.04481	0.04478	0.04474	0.04470	0.04466	0.04461	0.04457	0.04452	0.04447
600	0.05532	0.05533	0.05535	0.05541	0.05547	0.05551	0.05553	0.05554	0.05554	0.05554	0.05554	0.05554	0.05554	0.05554
700	0.06161	0.06162	0.06164	0.06169	0.06175	0.06179	0.06181	0.06183	0.06184	0.06185	0.06186	0.06186	0.06186	0.06186
800	0.06768	0.06769	0.06771	0.06776	0.06780	0.06782	0.06783	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784
900	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356	0.07356
1000	0.10043	0.10043	0.10044	0.10047	0.10050	0.10052	0.10053	0.10054	0.10054	0.10054	0.10054	0.10054	0.10054	0.10054
1500	0.12469	0.12469	0.12470	0.12472	0.12474	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475
2000	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494	0.01494
273.15	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924	0.01924
288.15	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339	0.02339
300	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526	0.02526
350	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645	0.02645
400	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739	0.02739
450	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814	0.02814
500	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125	0.03125
600	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499	0.03499
700	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863	0.03863
800	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217	0.04217
900	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899	0.04899
1000	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551	0.05551
1500	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178	0.06178
2000	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784	0.06784
273.15	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369	0.07369
288.15	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052	0.10052
300	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475	0.12475

Table 6. Density, specific heat capacity at constant volume, viscosity, and thermal conductivity (liquid phase)

TEMP., K 273.15 K = 0 C 288.15 K = 15 C	PRESSURE			DENSITY KG/M ³	SPECIFIC HEAT CAPACITY KJ/(KG·K)
	KPA				
	50	100	200		
60	1286.8	1286.8	1286.8	1.674	1.704
65	1265.0	1265.0	1265.0	1.704	1.714
70	1242.9	1242.9	1242.9	1.713	1.702
75	1220.2	1220.2	1220.2	1.688	1.676
80	1197.1	1197.1	1197.1	1.670	1.675
85	1173.4	1173.4	1173.4	1.697	1.739
90	1149.0	1149.0	1149.0	1.808	1.908
95	1123.8	1123.8	1123.8	2.044	2.220
100	1097.8	1097.8	1097.8	2.442	2.717
105	1070.6	1070.6	1070.6	3.045	3.436
110	542	542	542	0.00058	0.184
115	754	754	754	0.00045	0.178
120	1020	1020	1020	0.00036	0.173
125	1348	1348	1348	0.00030	0.167
130	1746	1746	1746	0.00026	0.161
135	2222	2222	2222	0.00022	0.155
140	2786	2786	2786	0.00019	0.149
145	3448	3448	3448	0.00017	0.142
150	4220	4220	4220	0.00016	0.136
273.15	101	101	101	0.00014	0.130
288.15	101	101	101	0.00013	0.123
300	101	101	101	0.00012	0.116
350	101	101	101	0.00011	0.109
400	101	101	101	0.00009	0.103
450	101	101	101	0.00008	0.096
500	101	101	101	0.00008	0.089
550	101	101	101	0.00007	0.081
600	101	101	101	0.00006	0.074
650	101	101	101	0.00005	0.067

Table 11. Compressibility factor

Temp., °F	Pressure, atm									
	0.5	1	2	5	8	10	25	50	100	200
-280	0.9877	0.9752	0.9853	0.9627	0.9353	0.9231	0.7840	0.8441	0.6906	0.6651
-190	0.9964	0.9927	0.9941	0.9852	0.9762	0.9702	0.9242	0.8441	0.6906	0.6651
-100	0.9985	0.9970	0.9941	0.9852	0.9762	0.9702	0.9242	0.8441	0.6906	0.6651
-10	0.9993	0.9986	0.9974	0.9933	0.9853	0.9866	0.9671	0.9361	0.8841	0.8515
32	0.9995	0.9990	0.9982	0.9953	0.9925	0.9906	0.9772	0.9567	0.9079	0.9079
59	0.9996	0.9992	0.9985	0.9963	0.9941	0.9926	0.9822	0.9666	0.9357	0.9357
80	0.9997	0.9993	0.9988	0.9970	0.9952	0.9939	0.9854	0.9729	0.9551	0.9538
170	0.9999	0.9997	0.9996	0.9988	0.9980	0.9976	0.9945	0.9908	0.9884	1.0046
260	1.0000	0.9999	1.0000	0.9998	0.9997	0.9997	0.9996	1.0003	1.0058	1.0311
350	1.0000	1.0000	1.0001	1.0004	1.0006	1.0008	1.0024	1.0058	1.0155	1.0453
440	1.0001	1.0001	1.0003	1.0007	1.0012	1.0015	1.0041	1.0090	1.0211	1.0531
620	1.0001	1.0002	1.0004	1.0011	1.0018	1.0022	1.0057	1.0120	1.0260	1.0590
800	1.0001	1.0002	1.0004	1.0012	1.0019	1.0025	1.0062	1.0129	1.0272	1.0593
980	1.0001	1.0002	1.0005	1.0013	1.0020	1.0025	1.0064	1.0129	1.0269	1.0575
1 160	1.0001	1.0002	1.0005	1.0013	1.0020	1.0024	1.0062	1.0127	1.0261	1.0548
1 340	1.0001	1.0002	1.0005	1.0012	1.0019	1.0024	1.0060	1.0122	1.0250	1.0521
2 240	1.0001	1.0002	1.0004	1.0009	1.0015	1.0019	1.0048	1.0096	1.0400	1.0400
3 140	1.0002	1.0003	1.0007	1.0013	1.0016	1.0016	1.0039	1.0078	1.0319	1.0319

Table 10. Viscosity, poises (gas phase)

(Multiply these values by 10⁻³ to obtain poises)

Temp., °F	Pressure, atm					
	1	10	50	100	200	
-280	7.6					
-190	11.4	11.4	16.8	21.4	28.6	
-100	14.8	15.0	20.0	21.8	27.5	
-10	17.8	17.9	20.7	22.3	27.1	
32	19.1	19.2	21.3	22.8	27.1	
59	19.9	20.0	23.6	24.6	27.5	
80	20.6	20.7	25.9	26.6	28.8	
170	23.1	23.1	28.1	28.7	30.3	
260	25.5	25.5	30.0	30.7	32.1	
350	27.8	27.8	34.0	34.5	35.5	
440	30.0	30.0	37.7	38.1	38.8	
620	34.0	34.0	41.2	41.5	42.1	
800	37.7	37.7	44.5	44.8	45.3	
980	41.2	41.2	47.7	47.8	48.4	
1 160	44.5	44.5	62.1	62.1	62.4	
1 340	47.7	47.7	74.8	74.8	74.9	
2 240	62.1	62.1				
3 140	74.8	74.8				

Table 12. Thermodynamic properties (gas phase)

$CP=c_p$ Specific heat capacity, Btu/(lb·°F), is calculated by differentiating Lee-Kesler's equation of state.

S Specific entropy, Btu/(lb·°F).

H Specific enthalpy, Btu/lb, is the heat content of the gas at constant pressure compared with the reference state 101.325 kPa, 298.15 K.

$HF=\Delta H^0_f$ Free formation enthalpy, Btu/mol, is the heat quantity liberated when the substance is formed from its elements. Reference state: 101.325 kPa, 298.15 K, when the partial pressure of all substances is 1 atm.

$GF=\Delta G^0_f$ Free formation energy, Btu/mol. Reference state 101.325 kPa, 298.15 K, when the partial pressure of all substances is 1 atm.

Pressure atm	Temp., °F	CP Btu/(lb·°F)	S Btu/(lb·°F)	H Btu/lb	HF Btu/mol	GF Btu/mol
0.5	-280	0.205	1.31	-75	0	0
0.5	-190	0.208	1.39	-57	0	0
0.5	-100	0.210	1.43	-38	0	0
0.5	-10	0.215	1.48	-19	0	0
0.5	32	0.217	1.50	-10	0	0
0.5	59	0.220	1.53	-4	0	0
0.5	80	0.220	1.53	1	0	0
0.5	170	0.224	1.58	21	0	0
0.5	260	0.227	1.60	41	0	0
0.5	350	0.232	1.62	61	0	0
0.5	440	0.234	1.65	83	0	0
0.5	620	0.241	1.70	126	0	0
0.5	800	0.246	1.72	169	0	0
0.5	980	0.251	1.77	214	0	0
0.5	1160	0.256	1.80	260	0	0
0.5	1340	0.260	1.81	306	0	0
0.5	2240	0.272	1.93	547	0	0
0.5	3140	0.282	2.01	796	0	0
1	-280	0.210	1.31	-75	0	0
1	-190	0.208	1.39	-57	0	0
1	-100	0.213	1.43	-38	0	0
1	-10	0.215	1.48	-19	0	0
1	32	0.217	1.50	-10	0	0
1	59	0.220	1.53	-4	0	0
1	80	0.220	1.53	1	0	0
1	170	0.224	1.58	21	0	0
1	260	0.227	1.60	41	0	0
1	350	0.232	1.62	61	0	0
1	440	0.234	1.65	83	0	0
1	620	0.241	1.70	126	0	0
1	800	0.246	1.72	169	0	0
1	980	0.251	1.77	214	0	0
1	1160	0.256	1.80	260	0	0
1	1340	0.260	1.81	306	0	0
1	2240	0.272	1.93	547	0	0
1	3140	0.282	2.01	796	0	0
5	-280	0.220	1.31	-75	0	0
5	-190	0.217	1.39	-57	0	0
5	-100	0.221	1.43	-38	0	0
5	-10	0.224	1.48	-19	0	0
5	32	0.227	1.50	-10	0	0
5	59	0.229	1.53	-4	0	0
5	80	0.230	1.53	1	0	0
5	170	0.234	1.58	21	0	0
5	260	0.237	1.60	41	0	0
5	350	0.242	1.62	61	0	0
5	440	0.244	1.65	83	0	0
5	620	0.251	1.70	126	0	0
5	800	0.256	1.72	169	0	0
5	980	0.261	1.77	214	0	0
5	1160	0.266	1.80	260	0	0
5	1340	0.270	1.81	306	0	0
5	2240	0.282	1.93	547	0	0
5	3140	0.292	2.01	797	0	0
8	-280	0.229	1.31	-60	0	0
8	-190	0.227	1.39	-40	0	0
8	-100	0.230	1.43	-20	0	0
8	-10	0.233	1.48	-10	0	0
8	32	0.236	1.50	-4	0	0
8	59	0.238	1.53	0	0	0
8	80	0.239	1.53	7	0	0
8	170	0.243	1.58	21	0	0
8	260	0.246	1.60	41	0	0
8	350	0.251	1.62	61	0	0
8	440	0.253	1.65	83	0	0
8	620	0.260	1.70	126	0	0
8	800	0.266	1.72	169	0	0
8	980	0.271	1.77	214	0	0
8	1160	0.276	1.79	260	0	0

Table 12 (cont.)

Pressure atm	Temp., °F	CP Btu/(lb·°F)	S Btu/(lb·°F)	H Btu/lb	HF Btu/mol	GF Btu/mol
1	1340	0.260	1.81	306	0	0
1	2240	0.272	1.93	547	0	0
1	3140	0.282	2.01	796	0	0
2	-280	0.210	1.34	-58	0	0
2	-190	0.213	1.41	-38	0	0
2	-100	0.217	1.46	-19	0	0
2	-10	0.217	1.46	-10	0	0
2	59	0.220	1.48	-4	0	0
2	80	0.220	1.48	0	0	0
2	170	0.224	1.53	21	0	0
2	260	0.227	1.55	41	0	0
2	350	0.232	1.58	61	0	0
2	440	0.234	1.60	83	0	0
2	620	0.241	1.65	126	0	0
2	800	0.246	1.70	169	0	0
2	980	0.251	1.72	214	0	0
2	1160	0.256	1.74	260	0	0
2	1340	0.260	1.77	306	0	0
2	2240	0.272	1.89	547	0	0
2	3140	0.282	1.96	796	0	0
5	-280	0.220	1.29	-58	0	0
5	-190	0.217	1.34	-39	0	0
5	-100	0.217	1.39	-20	0	0
5	-10	0.220	1.41	-10	0	0
5	32	0.220	1.43	-4	0	0
5	59	0.222	1.43	0	0	0
5	80	0.222	1.43	0	0	0
5	170	0.224	1.46	20	0	0
5	260	0.229	1.50	41	0	0
5	350	0.232	1.53	61	0	0
5	440	0.234	1.55	83	0	0
5	620	0.241	1.60	125	0	0
5	800	0.246	1.62	169	0	0
5	980	0.251	1.67	214	0	0
5	1160	0.256	1.70	260	0	0
5	1340	0.260	1.72	306	0	0
5	2240	0.272	1.84	547	0	0
5	3140	0.282	1.91	797	0	0
8	-280	0.229	1.24	-60	0	0
8	-190	0.220	1.31	-40	0	0
8	-100	0.220	1.36	-20	0	0
8	-10	0.220	1.39	-11	0	0
8	32	0.222	1.39	-11	0	0

Table 12 (cont.)

Pressure atm	Temp., °F	CP Btu/(lb·°F)	S Btu/(lb·°F)	H Btu/lb	HF Btu/mol	GF Btu/mol
25	980	0.253	1.55	214	0	0
25	1 160	0.256	1.60	260	0	0
25	1 340	0.260	1.62	307	0	0
25	2 240	0.272	1.72	547	0	0
25	3 140	0.282	1.81	797	0	0
50	-280					
50	-190	0.294	1.17	-50	0	0
50	-100	0.251	1.24	-26	0	0
50	-10	0.244	1.27	-16	0	0
50	32	0.241	1.27	-9	0	0
50	59	0.239	1.29	-4	0	0
50	80	0.236	1.31	17	0	0
50	170	0.236	1.36	38	0	0
50	260	0.236	1.39	60	0	0
50	350	0.239	1.41	81	0	0
50	440	0.244	1.46	125	0	0
50	620	0.248	1.48	169	0	0
50	800	0.253	1.53	214	0	0
50	980	0.258	1.55	260	0	0
50	1 160	0.260	1.58	307	0	0
50	1 340	0.272	1.70	548	0	0
50	2 240	0.282	1.77	797	0	0
50	3 140					
100	-280					
100	-190	0.456	1.10	-65	0	0
100	-100	0.294	1.17	-34	0	0
100	-10	0.272	1.22	-22	0	0
100	32	0.265	1.22	-15	0	0
100	59	0.260	1.24	-9	0	0
100	80	0.248	1.27	14	0	0
100	170	0.246	1.31	36	0	0
100	260	0.244	1.34	58	0	0
100	350	0.244	1.36	80	0	0
100	440	0.246	1.41	124	0	0
100	620	0.251	1.43	169	0	0
100	800	0.256	1.48	215	0	0
100	980	0.258	1.50	261	0	0
100	1 160	0.263	1.53	307	0	0
100	1 340	0.275	1.65	549	0	0
100	2 240	0.282	1.72	799	0	0
100	3 140					
200	-280					
200	-190					

Table 12 (cont.)

Pressure atm	Temp., °F	CP Btu/(lb·°F)	S Btu/(lb·°F)	H Btu/lb	HF Btu/mol	GF Btu/mol
8	59	0.222	1.39	-5	0	0
8	80	0.222	1.41	0	0	0
8	170	0.224	1.43	20	0	0
8	260	0.229	1.46	40	0	0
8	350	0.232	1.50	61	0	0
8	440	0.236	1.53	83	0	0
8	620	0.241	1.55	125	0	0
8	800	0.246	1.60	169	0	0
8	980	0.251	1.62	214	0	0
8	1 160	0.256	1.67	260	0	0
8	1 340	0.260	1.70	306	0	0
8	2 240	0.272	1.79	547	0	0
8	3 140	0.282	1.89	797	0	0
10	-280					
10	-190	0.236	1.24	-61	0	0
10	-100	0.222	1.29	-40	0	0
10	-10	0.222	1.34	-20	0	0
10	32	0.222	1.36	-11	0	0
10	59	0.222	1.39	-5	0	0
10	80	0.222	1.39	0	0	0
10	170	0.227	1.43	20	0	0
10	260	0.229	1.46	40	0	0
10	350	0.232	1.48	61	0	0
10	440	0.236	1.50	82	0	0
10	620	0.241	1.55	125	0	0
10	800	0.246	1.58	169	0	0
10	980	0.251	1.62	214	0	0
10	1 160	0.256	1.65	260	0	0
10	1 340	0.260	1.67	307	0	0
10	2 240	0.272	1.79	547	0	0
10	3 140	0.282	1.86	797	0	0
25	-280					
25	-190	0.322	1.15	-68	0	0
25	-100	0.244	1.24	-44	0	0
25	-10	0.232	1.29	-22	0	0
25	32	0.229	1.31	-13	0	0
25	59	0.229	1.31	-7	0	0
25	80	0.229	1.34	-2	0	0
25	170	0.229	1.36	19	0	0
25	260	0.232	1.39	40	0	0
25	350	0.234	1.43	61	0	0
25	440	0.236	1.46	82	0	0
25	620	0.244	1.48	125	0	0
25	800	0.248	1.53	169	0	0

Table 12 (cont.)

Pressure atm	Temp., °F	CP Btu/(lb.°F)	S Btu/(lb.°F)	H Btu/lb	HF Btu/mol	GF Btu/mol
200	-100	0.478	1.03	-84	0	0
200	-10	0.361	1.12	-46	0	0
200	32	0.325	1.15	-32	0	0
200	59	0.308	1.17	-24	0	0
200	80	0.296	1.17	-17	0	0
200	170	0.272	1.22	8	0	0
200	260	0.260	1.27	32	0	0
200	350	0.256	1.29	55	0	0
200	440	0.253	1.31	78	0	0
200	620	0.253	1.36	123	0	0
200	800	0.256	1.39	169	0	0
200	980	0.258	1.43	215	0	0
200	1 160	0.260	1.46	262	0	0
200	1 340	0.263	1.48	309	0	0
200	2 240	0.275	1.60	551	0	0
200	3 140	0.282	1.67	802	0	0

Table 13. Thermal conductivity, W/(ft·K) (gas phase)


Temp., °F	Pressure, atm									
	0.5	1	2	5	8	10	25	50	100	200
-280	0.00276	0.00279	0.00283	0.00300	0.00324					
-190	0.00424	0.00426	0.00429	0.00439	0.00448	0.00455	0.00521			
-100	0.00564	0.00566	0.00568	0.00575	0.00582	0.00586	0.00625			
-10	0.00696	0.00697	0.00699	0.00704	0.00709	0.00713	0.00742			
32	0.00754	0.00755	0.00757	0.00762	0.00767	0.00770	0.00796	0.00841	0.00944	
59	0.00792	0.00792	0.00794	0.00799	0.00803	0.00806	0.00830	0.00873	0.00967	
80	0.00821	0.00821	0.00823	0.00827	0.00832	0.00835	0.00858	0.00898	0.00986	0.01204
170	0.00941	0.00941	0.00942	0.00946	0.00950	0.00953	0.00972	0.01005	0.01076	0.01227
260	0.01056	0.01057	0.01058	0.01061	0.01064	0.01066	0.01083	0.01112	0.01171	0.01294
350	0.01168	0.01169	0.01170	0.01173	0.01176	0.01177	0.01192	0.01217	0.01269	0.01374
440	0.01277	0.01277	0.01278	0.01281	0.01284	0.01285	0.01299	0.01321	0.01366	0.01459
620	0.01486	0.01487	0.01487	0.01490	0.01492	0.01493	0.01504	0.01523	0.01560	0.01635
800	0.01686	0.01686	0.01687	0.01689	0.01691	0.01692	0.01701	0.01717	0.01749	0.01812
980	0.01878	0.01878	0.01879	0.01880	0.01882	0.01883	0.01891	0.01905	0.01932	0.01987
1 160	0.02063	0.02063	0.02064	0.02066	0.02067	0.02068	0.02075	0.02087	0.02111	0.02160
1 340	0.02242	0.02242	0.02243	0.02244	0.02245	0.02246	0.02253	0.02264	0.02285	0.02329
2 240	0.03061	0.03061	0.03061	0.03062	0.03063	0.03064	0.03068	0.03075	0.03090	0.03119
3 140	0.03801	0.03801	0.03801	0.03801	0.03802	0.03802	0.03806	0.03811	0.03822	0.03844

Table 14. Density, specific heat capacity at constant volume, viscosity, and thermal conductivity (liquid phase)

Temp., °F	Pressure atm	Density lb/ft ³	Specific heat capacity Btu/(lb.°F)	Viscosity cP	Thermal conductivity W/(ft·K)
-352	1.0	80.83	0.400	0.000058	0.0561
-343	1.0	78.97	0.407	0.000045	0.0543
-334	1.0	77.59	0.409	0.000036	0.0527
-325	1.0	76.18	0.409	0.000030	0.0509
-316	1.0	74.73	0.406	0.000026	0.0491
-307	1.0	73.26	0.403	0.000022	0.0472
-298	1.0	71.73	0.400	0.000019	0.0454
-289	1.6	70.16	0.399	0.000017	0.0433
-280	2.5	68.54	0.400	0.000016	0.0415
-271	3.7	66.84	0.405	0.000014	0.0396
-262	5.3	65.06	0.415	0.000013	0.0375
-253	7.4	63.20	0.432	0.000012	0.0354
-244	10.1	61.21	0.456	0.000011	0.0332
-235	13.3	59.07	0.488	0.000009	0.0314
-226	17.2	56.74	0.530	0.000008	0.0293
-217	21.9	54.14	0.583	0.000008	0.0271
-208	27.5	51.15	0.649	0.000007	0.0247
-199	34.0	47.51	0.727	0.000006	0.0226
-190	41.7	42.50	0.821	0.000005	0.0204

4. GENERAL TECHNICAL DATA

4.0	NOTE	
4.1	VCSP, VSSP AND VMSP ATMOSPHERIC GAS TANKS - PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS	2
4.2	VCCP CO ₂ TANKS - PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS	3
4.3	CONTROL PIPING OVERVIEW	4
4.3.1	VCSP ATMOSPHERIC GAS TANKS	4
4.3.2	VCCP CO ₂ TANKS	6
4.3.3	OPTIONAL ACCESSORIES	8
4.4	CONVERSION TABLES, MM-ISO	11
4.4.1	VALVES	11
4.4.2	CONVERSION FROM MM PIPES TO ISO PIPES.	12
4.4.3	METRIC/ ISO NUTS, SOLDER SLEEVES AND SOLDERING NIPPLES	12
4.5	LIQUID LEVEL GAUGE, CALIBRATION VALUES	13
4.6	PAINTING AND DECALS	14
4.6.1	STANDARD PAINTING	14
4.6.2	DECAL AGA LOGO	15
4.7	VAPORIZERS - PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS	16
4.8	SEPARATE PRESSURE BUILD-UP VAPORIZERS- PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS	17
4.9	TANK PROTECTION VALVE S41	18
4.9.1	GENERAL DESCRIPTION OF THE TANK PROTECTION VALVE	19
4.9.2	RESETTING THE TANK PROTECTION VALVE	20
4.9.3	TESTING THE TANK PROTECTION VALVE	21
4.9.4	USING THE BLOCKING TOOL	21
4.9.5	INSTALLING THE TANK PROTECTION VALVE	23
4.9.6	LIST OF COMPONENTS	24

	CRYO AB Gothenburg · Sweden	GENERAL TECHNICAL DATA
---	---------------------------------------	-------------------------------

4. GENERAL TECHNICAL DATA

4.0 NOTE

Note that the technical data contained in this Chapter applies to standard equipment currently supplied by CRYO AB. Individual differences can occur. Old equipment often has different specifications. Check the data plates on the tank in question and if in doubt contact CRYO AB for more detailed information.

See the spare parts catalogue for details not contained in this Manual.

File name: Servm4gb.doc	Last modified: 2003-03-03	Edition: 2.3	SERVICE MANUAL CRYOGENIC TANKS
----------------------------	------------------------------	-----------------	---------------------------------------

4.1 VCSP, VSSP AND VMSP ATMOSPHERIC GAS TANKS - PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS

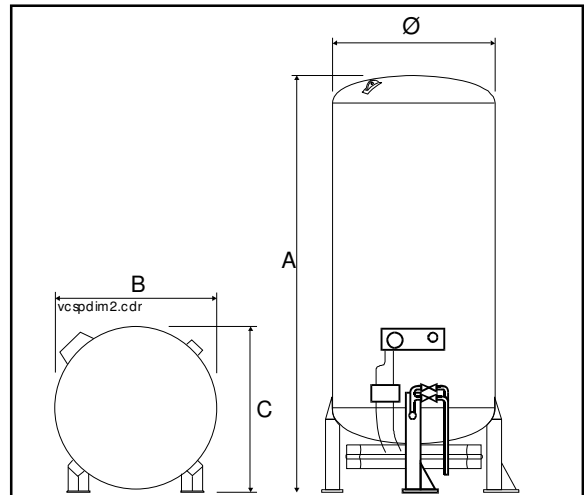


Figure 4.1 Outer dimensions, atmospheric gas tank

	Standard sizes							Special sizes				
VCSP/ VSSP	33	60	110	204	275	405	526	19	47	79	141	285
Volume, gross [liters]	3300	6000	11000	20400	27500	40500	52600	1900	4700	7900	14100	28500
Volume, net [95% full]	3100	5700	10400	19300	26100	38400	49700	1800	4400	7500	13400	27000
Max. op. press. [bar]	See type plate on tank.											
Heat leak (LOX) [%/ 24 h]	0.51	0.42	0.25	0.21	0.18	0.13	0.12	0.57	0.45	0.27	0.23	0.14
Max. Withdrawal capacity with PRC pressure build-up coil [LOX at 8 bar] See Chapter 5 for further information												
PRCS, standard [Nm ³ / h]	200		400			600		200		400		600
PRC2 S, option [Nm ³ / h]	360		720			1080		360		720		1080
Measurements and weights:												
A-Height [mm]	4070	6570	5730	9480	12330	10010	12510	2850	5320	4480	6980	7510
Ø-Diameter [mm]	1600		2300			3100		1600		2300		3100
B-Transport width [mm]	1700		2400			3150		1700		2400		3150
C-Transport height [mm]	1750		2400			3150		1750		2400		3150
Transport weight, approx. [kg] *	2500	4100	7000	11100	15100	22500	27600	1700	3200	5200	8200	15900
Weight full, approx. [kg] *												
LIN	5000	8700	15500	26700	36200	53300	68000	3100	6800	11200	19000	37800
LOX	6100	10600	18900	33200	45000	66100	84700	3700	8300	13700	23500	46900
LAR	6800	12100	21600	38100	51600	75900	97300	4200	9400	15600	26900	53700

Table 4.1 General technical data, VCSP atmospheric gas tanks

* Weights are approximate and vary with pressure vessel code. Here the weight of the heaviest code has been given. The weight for VSSP low-pressure tanks is generally 10 - 20% less.

4.2 VCCP CO₂ TANKS - PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS

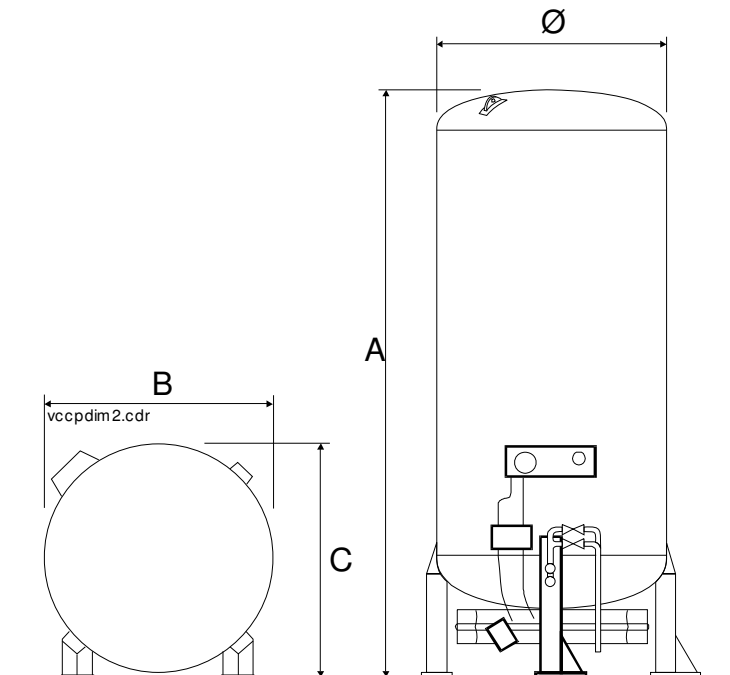


Figure 4.2 Outer dimensions, carbon dioxide tank

Type:	33-VCCP	60-VCCP	110-VCCP	204-VCCP	275-VCCP
Volume, gross [liters]	3300	6000	11000	20400	27500
Volume, net [95% full]	3100	5700	10400	19300	26100
Contents, net [kg] *	3400	6300	11400	21200	28700
Max. op. Press. [bar]	20 - 23 bar, depending on the pressure vessel code				
Heat inleak (CO ₂) [%/ 24 h]	0.16	0.14	0.08	0.07	0.07
A-Height [mm]	4070	6570	5730	9480	12330
Ø-Diameter [mm]	1600		2300		
B-Transport width [mm]	1700		2400		
C-Transport height [mm]	1750		2400		
Transport weight, approx. [kg]	2300	3700	6000	9600	12300
Weight full, approx. [kg]	5700	10000	17400	30800	41000

Table 4.2 General technical data, VCCP carbon dioxide tanks

* Depending on actual density (temperature) of the liquid.

4.3 CONTROL PIPING OVERVIEW

4.3.1 VCSP ATMOSPHERIC GAS TANKS

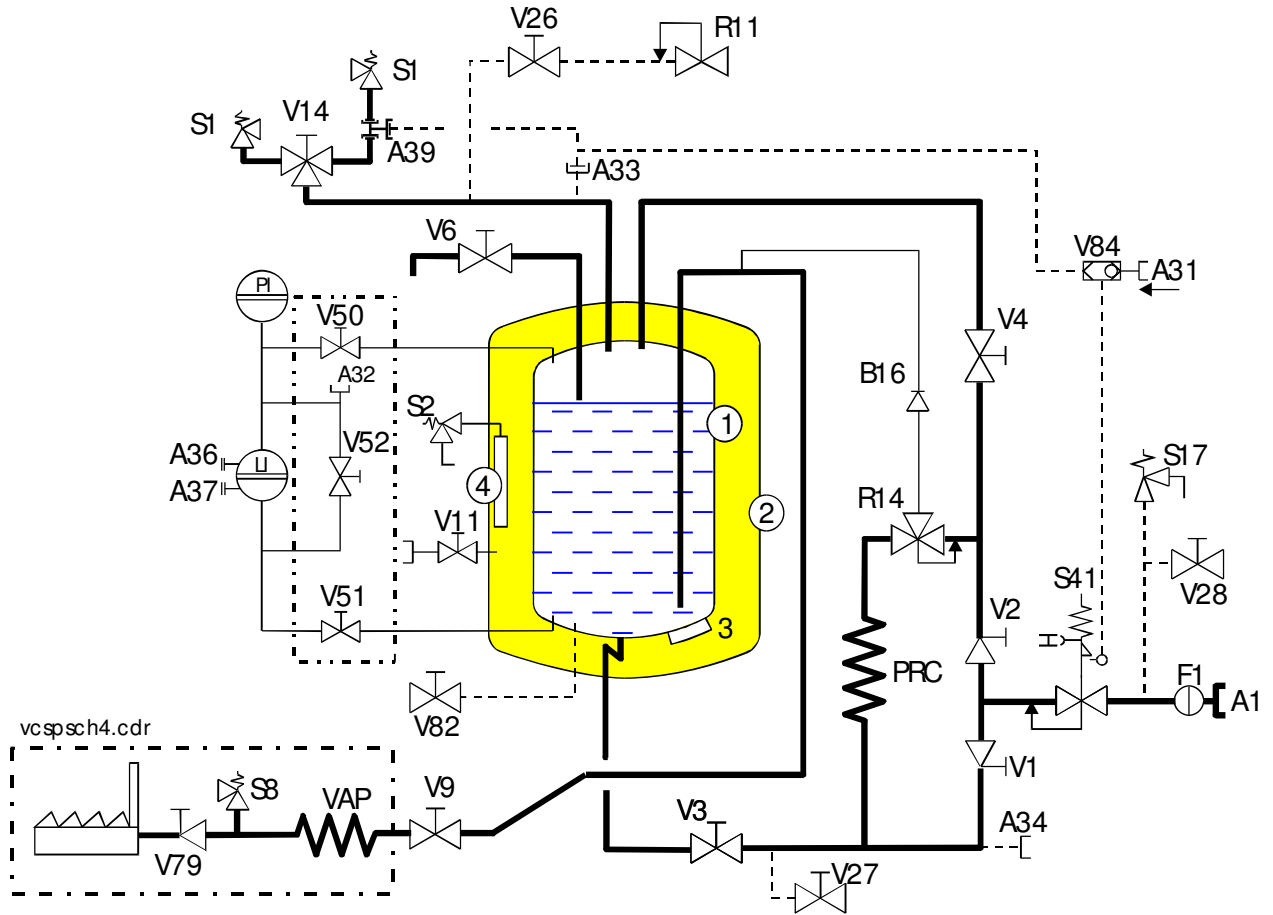


Figure 4.3.1 Flow diagram for a VCSP atmospheric gas tank

Part numbers and dimensions in accordance with the ISO system introduced in 1992.

VCSP ATMOSPHERIC GAS TANKS				
Code	Designation	19...60-VCSP	79...275-VCSP	285...526-VCSP
A1	Hose connection	According to applicable gas company standards		
B16	Check valve	600050843		
M1	Liquid level gauge	See spare parts catalogue and Chapter 4.3.3		
M2	Manometer	See spare parts catalogue		
PRC	Pressure build-up coil	600057583 +600058644, pipe DN20	600057584 +600058696, pipe DN20	600057582 +600057568, pipe DN20
R14	PERregulator	600018564/ 2-6 bar 600018563/ 5-13 bar 600018562/ 10-20 bar 600018561/ 15-33 bar See spare parts catalogue		
S1	Safety valves	See spare parts catalogue or contact CRYO AB		
S2	Vacuum pump valve	600050824		
V1*	Shut-off valve/ check valve	BB: 600057909/ DN20/ 270 mm H: 600015241/ DN20/ 270 mm	BB: 600057915/ DN32/ 270 mm H: 600015246/ DN32/ 270 mm	
V2*	Shut-off valve/ check valve	BB: 600057909/ DN20/ 270 mm H: 600015241/ DN20/ 270 mm		BB: 600057915/ DN32/ 270 mm H: 600015246/ DN32/ 270 mm
V3	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN32/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm	BB: 600057914/ DN32/ 370 mm H: 600015245/ DN32/ 370 mm	
V4	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm		BB: 600057914/ DN32/ 370 mm H: 600015245/ DN32/ 370 mm
V6	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm		
V9	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm	BB: 600057914/ DN32/ 370 mm H: 600015245/ DN32/ 370 mm	
V11	Vacuum measuring v.	600053177/ 7/16" UNF		
V14	Three-way valve	600020865/ DN20/ DN32 (600027631 Adapter DN20/ DN32 + 600057892 Union nut DN32)**		
V50..52	Instrument valve	600053167/ DN 10/ PN25 (for tanks up to 25 bar) 600058843/ DN10/ PN40 (for tanks over 25 bar)		

Table 4.3.1 Control piping list - standard VCSP atmospheric gas tanks

Unless otherwise specified all components meet pressure standard class PN40.

BB = Bestobell

H = Herose

* Shut off valve with check valve function has red painted hand wheel when delivered from CRYO AB.

** Adapter and nut are required on tanks with connection DN20 on the pipe to the safety valves when equipped with above new three-way valve with inlet DN32.

4.3.2 VCCP CO₂ TANKS

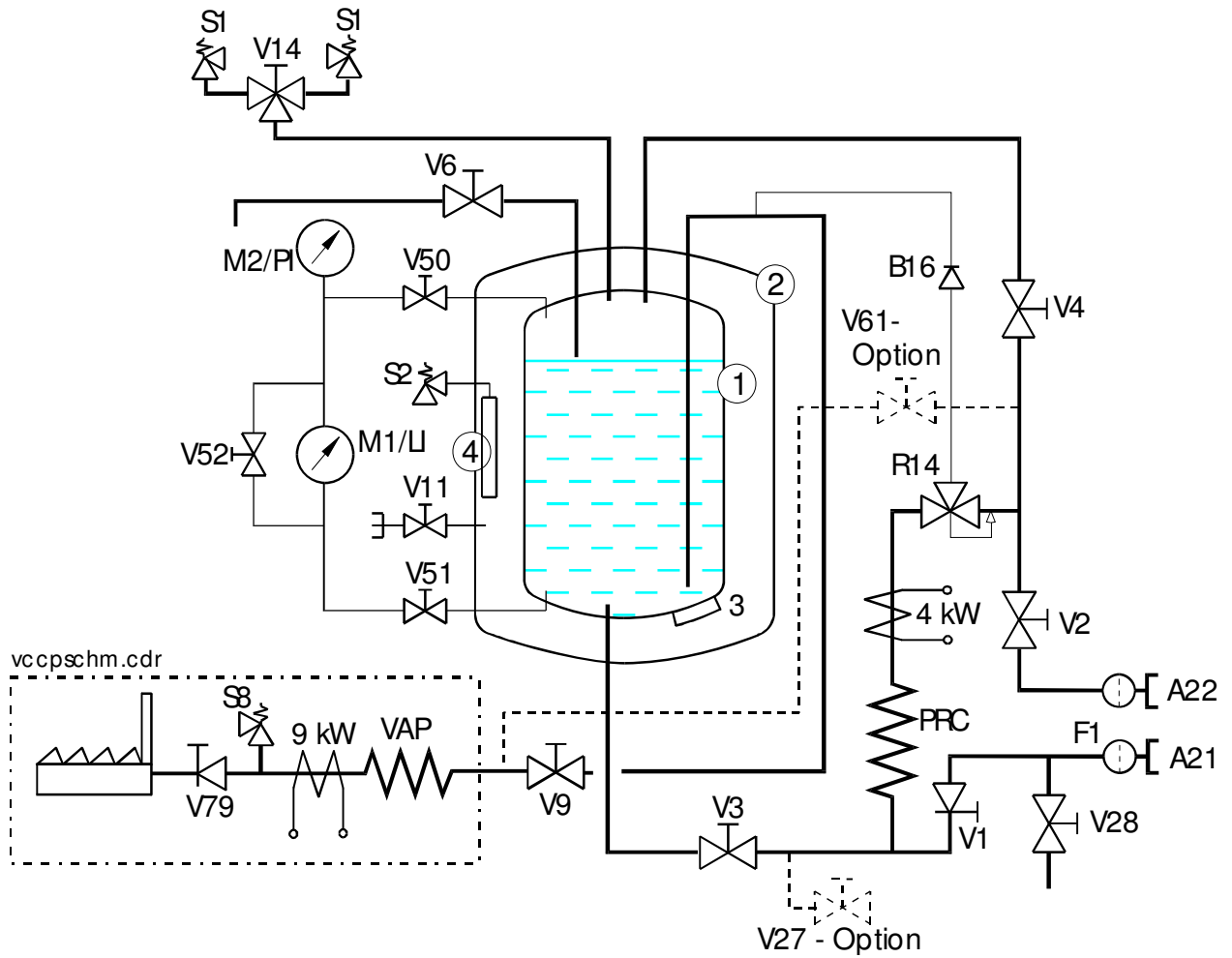


Figure 4.3.2 Flow diagram for a VCCP carbon dioxide tank

Part numbers and dimensions in accordance with the ISO system introduced in 1992.

VCCP CO ₂ TANKS			
Code	Designation	33 / 60-VCCP	110...275-VCCP
A21	Hose connection, top	According to applicable gas company standards	
A22	Hose connection, bottom	According to applicable gas company standards	
B16	Check valve	600050843	
M1	Liquid level gauge	See spare parts catalogue and Chapter 4.3.3	
M2	Manometer	600052541/ 0-40 bar	
PRC	Pressure build-up coil	600057583 + 4 kW electrical element ⁽¹⁾ (+600058644, pipe) ⁽²⁾ DN20	600057584 + 4 kW electrical element ⁽¹⁾ (+600058696, pipe) ⁽²⁾ DN20
R14	PER regulator	600018562/ 10-20 bar	
S1	Safety valve	See spare parts catalogue	
S2	Vacuum pump valve	600050824	
V1 ⁽³⁾	Shut-off valve/ check valve	BB: 600057922/ DN32/ 145 mm H: 600021554/ DN32/ 136 mm	BB: 600057923/ DN32/ 155 mm H: 600021555/ DN32/ 136 mm
V2	Shut-off valve	BB: 600057906/ DN20/ 145 mm H: 600015238/ DN20/ 136 mm	
V3	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm	BB: 600057914/ DN32/ 370 mm H: 600015245/ DN32/ 370 mm
V4	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm	
V6	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm	
V9	Shut-off valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm	
V11	Vacuum measuring valve	600053177/ 7/16" UNF	
V14	Three-way valve	600020865/ DN20/ DN32 (600027631 Adapter DN20/ DN32 + 600057892 Union nut DN32) ⁽⁴⁾	
V50..52	Instrument valve	600053167/ DN 10/ PN25	

Table 4.3.2 Control piping list - standard VCCP carbon dioxide tank.

Unless otherwise specified all components meet pressure standard class PN40.

BB = Bestobell

H = Herose

(1) = See spare parts catalogue.

(2) = Pipe is used on a tank **without** a 4 kW electrical element.

(3) = Shut off valve with check valve function has red painted hand wheel when delivered from CRYO AB.

(4) = Adapter and nut are required on tanks with connection DN20 on the pipe to the safety valves when equipped with above new three-way valve with inlet DN32.

4.3.3 OPTIONAL ACCESSORIES

4.3.3.1 OPTIONAL ACCESSORIES FOR EXTERNAL PIPING

The following are the standardized optional accessories indicated in the flow diagrams such as optional accessories for the external piping system. See spare parts catalogue

V26 Gas phase valve. Installed on the pipe to the safety valves, just under the three-way valve. Used for making small withdrawals from the tank's gas phase. Due to the risk of a tank filled with carbon dioxide accidentally freezing, this optional accessory is not recommended for CO₂ tanks

V27 Liquid withdrawal valve. For the withdrawal of liquid product from the bottom of the tank. However, note that certain low pressure applications, such as freezer tunnels, may be negatively affected by the shock waves that occur when the tank is being filled. See also Chapter 3.9.2.1.

V28 Hose relief valve. Standard on CO₂ tanks. Optional accessory on atmospheric gas tanks.

V61 Vaporizer pressurization valve. An optional accessory strongly recommended for CO₂ tanks. Makes it easier to start up the installation and reduces the risk of liquid CO₂ freezing in the piping and vaporizer on start-up.

V75 Extra top fill valve. Optional accessory on 5 gas tanks (tanks with a stainless steel inner vessel for an operating pressure of at least 20 bar). Allows both single hose filling with atmospheric gas and dual hose filling with CO₂.

PRC 2S Double pressure build-up coil. A double coil under the tank. Increases withdrawal capacity. See Chapter 5 Capacity Calculations for further information.

R11 Pressure limiter regulator. For low-pressure applications where pressure must be limited during long operating intervals. Installed downstream of gas phase valve V26. The regulator set pressure must be higher than the pressure build-up regulator set pressure. See Chapter 3.9 for further information. See spare parts catalogue

M1 Liquid level gauge. From middle of 1998 all tanks are equipped with level gauge type Samson Media 5, Ø 160 mm. Earlier the standard liquid level gauge was Samson Media 04, Ø 100 mm on tank sizes 19...110-VC if nothing else was specified. Other tanks had Samson Media 4, Ø 160 mm. These types are not produced any more.

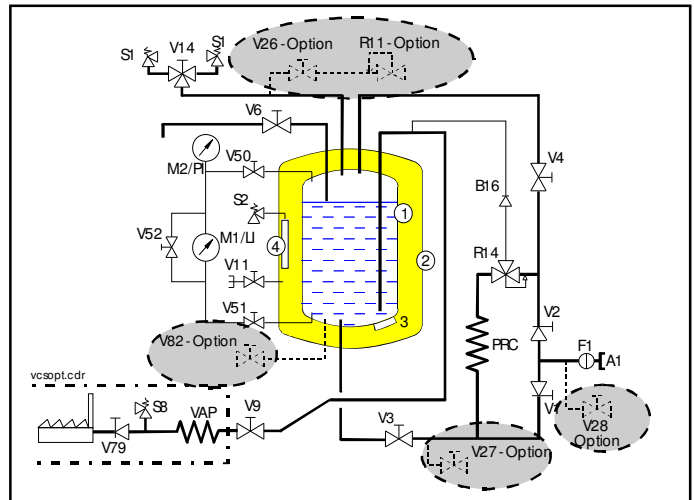


Figure 4.3.3.1 Optional accessories for atmospheric gas tanks

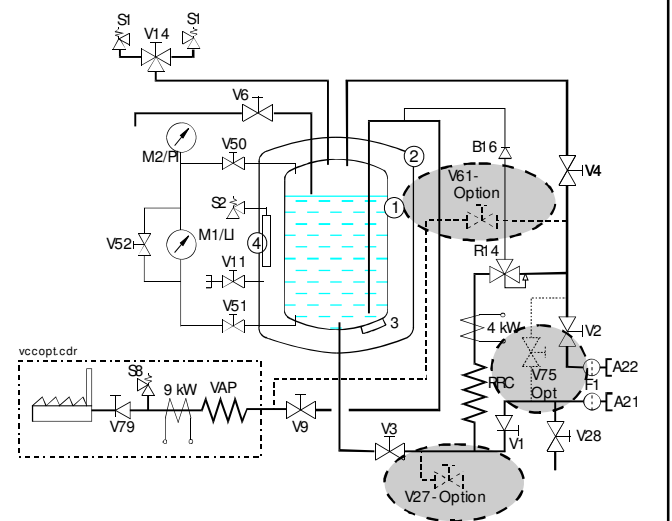


Figure 4.3.3.2 Optional accessories for CO₂ tanks

	CRYO AB Gothenburg · Sweden	GENERAL TECHNICAL DATA
---	---------------------------------------	-------------------------------

To get an optic and/ or acoustic alarm the Samson Media 5 can optionally be equipped with maximum/ minimum alarm switches. To make use of the switches a WE 77/ Ex 2 transistor relay (or similar) must be connected to the inductive gauge switches.

If an analogue signal showing the liquid level is required a Samson Media 6, Ø 160 mm, with 4-20mA out put signal, can be supplied. Contact CRYOAB for further information when ordering.

S41 Tank Protection Valve with **V84** double check valve, **S17** safety valve and **V28** hose relief valve. Please see chapter 4.9 for more information.

Part numbers in the table refer to the valves alone. See spare parts catalogue for further information.

OPTIONAL ACCESSORIES FOR CUSTOMER TANKS			
Type	Designation	19....275-VC/ VS	285...526-VC/ VS
V26	Gas phase valve	BB: 600057906/ DN20/ 370 mm H: 600015238/ DN20/ 370 mm	
V27	Liquid withdrawal valve	BB: 600057908/ DN20/ 370 mm H: 600015240/ DN20/ 370 mm	
V28	Hose relief valve	BB: 600057900/ DN10/ 130 mm H: 600015199/ DN10/ 128 mm	
V61	Vaporizer pressurization (CO ₂)	BB: 600057900/ DN10/ 130 mm H: 600015199/ DN10/ 128 mm	
V75	Extra top fill/ check valve ^{CO2}	BB: 600057909/ DN20/ 270 mm H: 600015241/ DN20/ 270 mm	BB: 600057915/ DN32/ 270 mm H: 600015246/ DN32/ 270 mm
PRC 2S	Double pressure build-up coils	600020736 (19...60-VC) 600017303 (79...275-VC)	600057579
R11	Pressure limiter regulator	600054581 (2.1-3.5 bar) For other versions contact CRYO AB	
LI/ M1	Liquid level gauge Samson Media 5K Samson Media 6	Contact CRYO AB	
S41 V84 S17 V28	Tank Protection Valve	See chapter 4.9	

Table 4.3.3 List of control piping for optional accessories for VCSP and VCCP tanks

BB = Bestobell

H = Herose

File name: Servm4gb.doc	Last modified: 2003-03-03	Edition: 2.3	SERVICE MANUAL CRYOGENIC TANKS
----------------------------	------------------------------	-----------------	---------------------------------------

4.3.3.2 OPTIONAL ACCESSORIES FOR INTERNAL PIPING

V82 Separate liquid withdrawal valve. For withdrawal of liquid product (in freezer applications for example). Withdrawal via this valve is not affected by the shock waves that occur in the filler pipe when the tank is being filled. Liquid withdrawal can be carried out in other ways, see Chapter 3.9.3 for further information. The V82 option can only be installed in tanks on which construction has not yet started.

4.4 CONVERSION TABLES, MM-ISO

4.4.1 VALVES

Since 1992 CRYO AB manufactured valves have been progressively replaced by valves made by BESTOBELL and HEROSE to our specifications. At the same time their pressure standard class has been raised from PN25 to PN40. Connector measurements and thread dimensions are identical for the most common valves which means that old valves can be replaced without piping being modified.

DN		Stem [mm]	Without check function			With check function		
Old PN25	New PN40	BB/ H	Old PN25	Bestobell PN40	Herose PN40	Old PN25	Bestobell PN40	Herose PN40
15	10	130/ 128	51686R	600057900	600015199	-	-	-
15	10	270	51689R	600057901	600015234	52668R	600057903	600015236
15	10	370	52207R	600057902	600015235	52633R	-	600015237
25	20	145/ 136	52027R	600057906	600015238	53472R	600057922	600021554
25	20	270	50369R	600057907	600015239	50836R	600057909	600015241
25	20	370	50831R	600057908	600015240	51966R	600057910	600015242
40	32	155/ 170	53471R	600057912	600015243	53473R	600057923	600021555
40	32	270	51772R	600057913	600015244	50835R	600057915	600015246
40	32	370	50830R	600057914	600015245	51688R	600057916	600015247
50	50	200	53470R	600057918	600015249	-	-	-
50	50	370	51731R	600057919	600015250	50832R	600057920	600015251

Table 4.4.1 Conversion table for shut-off valves, old mm standard and new ISO standard.

4.4.1.1 CHECK VALVE MARKING

Shut off valves with built-in check valve function have when they are delivered from CRYO AB a red painted hand wheel. Depending on time of manufacturing either only the spoke or the hole hand wheel is painted.

4.4.2 CONVERSION FROM MM PIPES TO ISO PIPES.

In addition to the conversion from 25 bar to 40 bar shut-off valves, since 1992 metric piping has progressively been replaced by newer ISO standard piping. The main reason is that ISO piping has established itself as the most common standard used by pipe suppliers. The new standard makes future maintenance and service easier.

DN	Metric Old version.	ISO New version.
10	-	17,2 × 1,6
15	15,0 × 1,0	-
20	-	26,9 × 1,6
25	28,0 × 1,5	33,7 × 2,0
32	-	42,4 × 2,0
40	42,0 × 2,0	-
50	54,0 × 2,0	60,3 × 2,0

Table 4.4.2 Metric/ ISO pipe dimensions

4.4.3 METRIC/ ISO NUTS, SOLDER SLEEVES AND SOLDERING NIPPLES

At the same time as ISO piping was introduced, new nuts, solder sleeves and soldering nipples were introduced (see the table below).

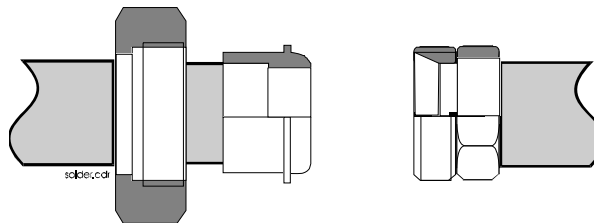


Figure 4.4.3 Nut, solder sleeve and soldering nipple

DN mm/ ISO	Metric standard, PN25, Old				ISO standard, PN40, New					
	Thread/ Ø pipe	Nut	Solder sleeve	Soldering nipple	Thread/ Ø pipe	Nut	Solder sleeve	Soldering nipple	Blind sleeve	Blind nipple
15/ 10	M26×1,5/ 15,0	6_50946	6_50943	6_50949	M26×1,5/ 17,2	6_57891	6_57795	6_57790	6_55755	6_52615
25/ 20	M40×2/ 28,0	6_50947	6_50944	6_50950	M40×2/ 26,9	6_57884	6_57784 6_09783*	6_57785	6_55756	6_52608
-- / 25↔32	--	--	--	--	M55×2/ 33,7	6_57892	6_57897	6_57898	--	--
40/ 32	M55×2/ 42,0	6_50948	6_50945	6_51624	M55×2/ 42,4	6_57892	6_57796	6_57799	6_55757	6_52609
50	M70×2/ 54	6_51878	6_51877	6_53474	M78×2/ 60,3	6_57794	6_57797	6_57800	6_55758	6_11176

Table 4.4.3 Conversion table, soldering connectors, metric/ ISO

*Special soldering nipple for product vaporizers and pressure build up vaporizers.

4.5 LIQUID LEVEL GAUGE, CALIBRATION VALUES

All liquid level gauges are calibrated for the differential pressure between the inner vessel's lowest point and the maximum tank level. This level gives a volume that is approximately 95% of the total tank volume when cold.

The densities used when calculating the differential pressure are at the respective liquids' boiling point at 1 atm (atmospheric gases).

LAR: 1 393 kg/ m³

LOX: 1 141 kg/ m³

LIN: 808,6 kg/ m³

All liquid level gauges are calibrated for LAR as standard and have a scale in kg. This scale also has markings for a full tank containing LOX/ CO₂ and LIN.

Liquid level gauges measure the weight of the liquid column. Expressed in kg the contents of the tank therefore always agree with the scale. Were the liquid being filled is "warm" (having a lower density than those above - a greater volume for the same weight of gas) the tank could be full before the liquid level gauge displayed full tank (liquid gas would flow out through V6).

The liquid level gauge for a high-pressure tank may display incorrect values for other physical reasons. See explanation in Chapter 3.9.

The following table shows gross volumes in litres and the differential pressure in mbar. Somewhat different values can be found on some tanks.

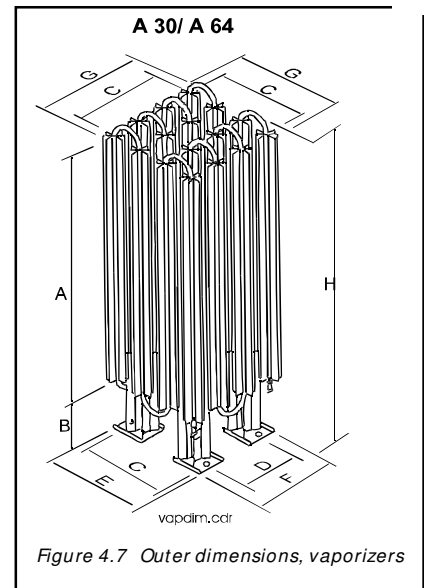
Tank type	LAR [mbar]	LOX/ CO₂ [mbar]	LIN [mbar]
19-VC	236	193	137
33-VC	397	314	230
47-VC	560	458	325
60-VC	723	592	420
79-VC	433	355	251
110-VC	595	487	345
141-VC	757	520	439
204-VC	1082	886	628
275-VC	1453	1190	843
285-VC	795	651	461
405-VC	1119	917	650
526-VC	1443	1182	838

Table 4.5 Liquid level gauge calibration values

4.7 VAPORIZERS - PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS

Vaporizer type	A-30	A-64	A-30/ 9 kW
Max. op. Pressure *	40 bar	40 bar	25 bar
Nominal capacity	100 Nm ³ / h	200 Nm ³ / h	>100 kg/ h
A- [mm]	1875	4000	1875
B- [mm]	400	575	400
C- [mm]	648		
D- [mm]	432		
E- [mm]	748		
F- [mm]	632		
G- [mm]	788		860
H-Height in total [mm]	2400	4700	2400
Volume, vaporizer [litres]	17.6	34.3	17.6
Weight, net/ gross [kg]	120/ 180**	260/ 350**	130/ 190**
Vaporizer connectors	DN 20, Nipple M40×2 <i>NB! Special DN20 soldering sleeve required: AN 6000 09783 for pipe Ø26,9 mm. Do not use standard soldering sleeve.</i>		
Part no.	600057576	600057577	600054464

Table 4.7 Vaporizer dimensions



For capacity calculations see Chapter 5.

* Note that older vaporizers may not have a maximum operating pressure of 40 bar. Always read the type plate on older vaporizers.

** Transport weights. For foundation calculation purposes ice weight must be considered. Often used weight is 2 000 kg per vaporizer in operation.

Also note that A-30/ 9 kW vaporizers must not be used for atmospheric gases as the electrical element is not designed to withstand the low temperatures at which these gases are stored.

4.8 SEPARATE PRESSURE BUILD-UP VAPORIZERS- PRODUCT RANGE AND DIMENSIONS

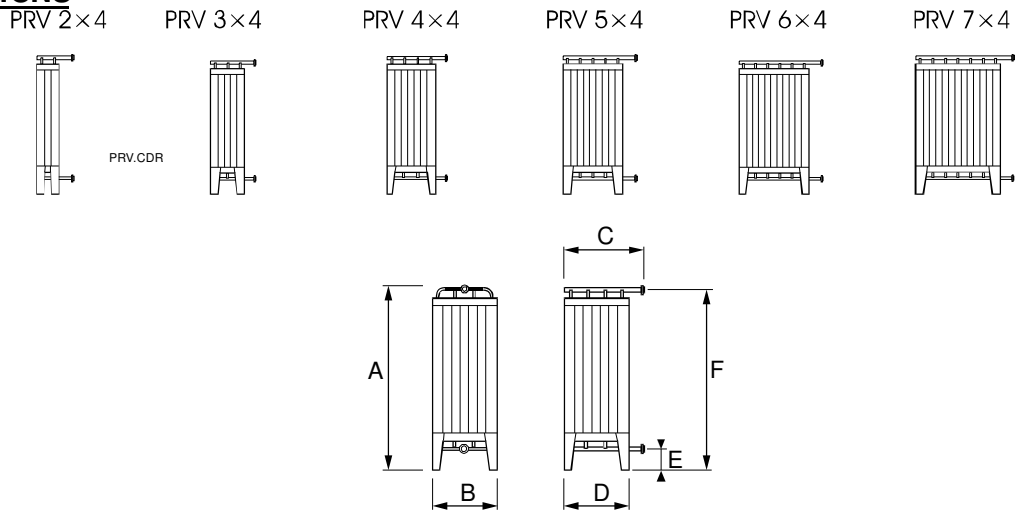


Figure 4.8 Separate pressure build-up vaporizers

Dimension/ Type	PRV 2x4	PRV 3x4	PRV 4x4	PRV 5x4	PRV 6x4	PRV 7x4
Max. Op. Pressure	40 bar					
A [mm]	2605					
B [mm]	883					
C [mm]	536	<i>786</i>	<i>1036</i>	1286	<i>1536</i>	1786
D [mm]	382	<i>632</i>	<i>882</i>	1132	<i>1382</i>	1632
E [mm]	285					
F [mm]	2535					
Connections	Upper (gas out): DIN flange DN 40 Lower (liquid in) DIN flange DN 25					
Weight, net [kg]	85	<i>115</i>	<i>150</i>	185	<i>215</i>	250
Nominal capacity at 20 bar, LOX [Nm ³ / h] *	800	<i>1200</i>	<i>1600</i>	2000	<i>2400</i>	2800
Part no.	600057570	<i>NA</i>	<i>NA</i>	600057573	<i>NA</i>	600057575

Table 4.8 Specification of separate pressure build-up vaporizers

Note that the maximum operating pressure of older separate pressure build-up vaporizers is different to that specified here. Always read the type plate on older vaporizers.

Units in italic text have been withdrawn from the product range.

* For more detailed capacity calculations see Chapter 5.

TABLE 1. Copper Tube: Types, Standards, Applications, Tempers, Lengths

Tube Type	Color Code	Standard	Application ¹	Commercially Available Lengths ²		
				Nominal or Standard Sizes	Drawn	Annealed
TYPE K	Green	ASTM B 88 ³	Domestic Water Service and Distribution, Fire Protection, Solar, Fuel/Fuel Oil, HVAC, Snow Melting, Compressed Air, Natural Gas, Liquefied Petroleum (LP) Gas, Vacuum	STRAIGHT LENGTHS:		
				1/4-inch to 8-inch	20 ft	20 ft
				10-inch	18 ft	18 ft
				12-inch	12 ft	12 ft
				COILS:		
				1/4-inch to 1-inch	—	60 ft
				1 1/4 inch and 1 1/2-inch	—	100 ft
TYPE L	Blue	ASTM B 88	Domestic Water Service and Distribution, Fire Protection, Solar, Fuel/Fuel Oil, Natural Gas, Liquefied Petroleum (LP) Gas, HVAC, Snow Melting, Compressed Air, Vacuum	STRAIGHT LENGTHS:		
				1/4-inch to 10-inch	20 ft	20 ft
				12-inch	18 ft	18 ft
				COILS:		
				1/4-inch to 1-inch	—	60 ft
				1 1/4 inch and 1 1/2-inch	—	100 ft
				2-inch	—	60 ft
TYPE M	Red	ASTM B 88	Domestic Water Service and Distribution, Fire Protection, Solar, Fuel/Fuel Oil, HVAC, Snow Melting, Vacuum	STRAIGHT LENGTHS:		
				1/4-inch to 12-inch	20 ft	N/A
				COILS:		
				1/4-inch to 1-inch	—	60 ft
				1 1/4 inch and 1 1/2-inch	—	100 ft
				2-inch	—	60 ft
				2-inch	—	45 ft
DWV	Yellow	ASTM B 306	Drain, Waste, Vent, HVAC, Solar	STRAIGHT LENGTHS:		
				1 1/4-inch to 8-inch	20 ft	N/A
ACR	Blue	ASTM B 280	Air Conditioning, Refrigeration, Natural Gas, Liquefied Petroleum (LP) Gas, Compressed Air	STRAIGHT LENGTHS:		
				3/8-inch to 4 1/8-inch	20 ft	⁴
				COILS:		
				1/8-inch to 1 5/8-inch	—	50 ft
OXY, MED, OXY/MED, OXY/ACR, ACR/MED	(K)Green (L)Blue	ASTM B 819	Medical Gas Compressed Medical Air, Vacuum	STRAIGHT LENGTHS:		
				1/4-inch to 8-inch	20 ft	N/A

¹ There are many other copper and copper alloy tubes and pipes available for specialized applications. For information on these products, contact the Copper Development Association Inc.

² Individual manufacturers may have commercially available lengths in addition to those shown in this table.

³ Tube made to other ASTM standards is also intended for plumbing applications, although ASTM B 88 is by far the most widely used. ASTM Standard Classification B 698 lists six plumbing tube standards including B 88.

⁴ Available as special order only.

TABLE 2a. Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: TYPE K

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
1/4	.375	.305	.035	.073	.145	.177	.00051	.00379
3/8	.500	.402	.049	.127	.269	.324	.00088	.00660
1/2	.625	.527	.049	.218	.344	.438	.00151	.0113
5/8	.750	.652	.049	.334	.418	.562	.00232	.0174
3/4	.875	.745	.065	.436	.641	.829	.00303	.0227
1	1.125	.995	.065	.778	.839	1.18	.00540	.0404
1 1/4	1.375	1.245	.065	1.22	1.04	1.57	.00847	.0634
1 1/2	1.625	1.481	.072	1.72	1.36	2.10	.0119	.0894
2	2.125	1.959	.083	3.01	2.06	3.36	.0209	.156
2 1/2	2.625	2.435	.095	4.66	2.93	4.94	.0324	.242
3	3.125	2.907	.109	6.64	4.00	6.87	.0461	.345
3 1/2	3.625	3.385	.120	9.00	5.12	9.01	.0625	.468
4	4.125	3.857	.134	11.7	6.51	11.6	.0813	.608
5	5.125	4.805	.160	18.1	9.67	17.5	.126	.940
6	6.125	5.741	.192	25.9	13.9	25.1	.180	1.35
8	8.125	7.583	.271	45.2	25.9	45.4	.314	2.35
10	10.125	9.449	.338	70.1	40.3	70.6	.487	3.64
12	12.125	11.315	.405	101	57.8	101	.701	5.25

TABLE 2b. Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: TYPE L

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
1/4	.375	.315	.030	.078	.126	.160	.00054	.00405
3/8	.500	.430	.035	.145	.198	.261	.00101	.00753
1/2	.625	.545	.040	.233	.285	.386	.00162	.0121
5/8	.750	.666	.042	.348	.362	.506	.00232	.0174
3/4	.875	.785	.045	.484	.455	.664	.00336	.0251
1	1.125	1.025	.050	.825	.655	1.01	.00573	.0429
1 1/4	1.375	1.265	.055	1.26	.884	1.43	.00875	.0655
1 1/2	1.625	1.505	.060	1.78	1.14	1.91	.0124	.0925
2	2.125	1.985	.070	3.09	1.75	3.09	.0215	.161
2 1/2	2.625	2.465	.080	4.77	2.48	4.54	.0331	.248
3	3.125	2.945	.090	6.81	3.33	6.27	.0473	.354
3 1/2	3.625	3.425	.100	9.21	4.29	8.27	.0640	.478
4	4.125	3.905	.110	12.0	5.38	10.1	.0764	.571
5	5.125	4.875	.125	18.7	7.61	15.7	.130	.971
6	6.125	5.845	.140	26.8	10.2	21.8	.186	1.39
8	8.125	7.725	.200	46.9	19.3	39.6	.326	2.44
10	10.125	9.625	.250	72.8	30.1	61.6	.506	3.78
12	12.125	11.565	.280	105	40.4	85.8	.729	5.45

TABLE 2c. Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: TYPE M

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
3/8	.500	.450	.025	.159	.145	.214	.00110	.00826
1/2	.625	.569	.028	.254	.204	.314	.00176	.0132
3/4	.875	.811	.032	.517	.328	.551	.00359	.0269
1	1.125	1.055	.035	.874	.465	.843	.00607	.0454
1 1/4	1.375	1.291	.042	1.31	.682	1.25	.00910	.0681
1 1/2	1.625	1.527	.049	1.83	.940	1.73	.0127	.0951
2	2.125	2.009	.058	3.17	1.46	2.83	.0220	.165
2 1/2	2.625	2.495	.065	4.89	2.03	4.14	.0340	.254
3	3.125	2.981	.072	6.98	2.68	5.70	.0485	.363
3 1/2	3.625	3.459	.083	9.40	3.58	7.64	.0653	.488
4	4.125	3.935	.095	12.2	4.66	9.83	.0847	.634
5	5.125	4.907	.109	18.9	6.66	14.8	.131	.982
6	6.125	5.881	.122	27.2	8.92	20.7	.189	1.41
8	8.125	7.785	.170	47.6	16.5	37.1	.331	2.47
10	10.125	9.701	.212	73.9	25.6	57.5	.513	3.84
12	12.125	11.617	.254	106	36.7	82.5	.736	5.51

TABLE 2d. Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: DWV (Drain, Waste and Vent)

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
1 1/4	1.375	1.295	.040	1.32	.650	1.22	.00917	.0686
1 1/2	1.625	1.541	.042	1.87	.809	1.62	.0130	.0971
2	2.125	2.041	.042	3.27	1.07	2.48	.0227	.170
3	3.125	3.030	.045	7.21	1.69	4.81	.0501	.375
4	4.125	4.009	.058	11.6	2.87	7.88	.0806	.603
5	5.125	4.981	.072	19.5	4.43	12.9	.135	1.01
6	6.125	5.959	.083	27.9	6.10	18.2	.194	1.45
8	8.125	7.907	.109	49.1	10.6	31.8	.341	2.55

**TABLE 2e. Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: ACR (Air-Conditioning and Refrigeration Field Service)
(A= Annealed Temper, D=Drawn Temper)**

Nominal or Standard Size, inches		Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
		Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	External Surface, sq ft per linear ft	Internal Surface, sq ft per linear ft	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Contents of Tube, cu ft per linear ft
1/8	A	.125	.065	.030	.00332	.0327	.0170	.0347	.00002
3/16	A	.187	.128	.030	.0129	.0492	.0335	.0575	.00009
1/4	A	.250	.190	.030	.0284	.0655	.0497	.0804	.00020
5/16	A	.312	.248	.032	.0483	.0817	.0649	.109	.00034
3/8	A	.375	.311	.032	.076	.0982	.0814	.134	.00053
	D	.375	.315	.030	.078	.0982	.0821	.126	.00054
1/2	A	.500	.436	.032	.149	.131	.114	.182	.00103
	D	.500	.430	.035	.145	.131	.113	.198	.00101
5/8	A	.625	.555	.035	.242	.164	.145	.251	.00168
	D	.625	.545	.040	.233	.164	.143	.285	.00162
3/4	A	.750	.680	.035	.363	.196	.178	.305	.00252
	A	.750	.666	.042	.348	.196	.174	.362	.00242
	D	.750	.666	.042	.348	.196	.174	.362	.00242
7/8	A	.875	.785	.045	.484	.229	.206	.455	.00336
	D	.875	.785	.045	.484	.229	.206	.455	.00336
1 1/8	A	1.125	1.025	.050	.825	.294	.268	.655	.00573
	D	1.125	1.025	.050	.825	.294	.268	.655	.00573
1 3/8	A	1.375	1.265	.055	1.26	.360	.331	.884	.00875
	D	1.375	1.265	.055	1.26	.360	.331	.884	.00875
1 5/8	A	1.625	1.505	.060	1.78	.425	.394	1.14	.0124
	D	1.625	1.505	.060	1.78	.425	.394	1.14	.0124
2 1/8	D	2.125	1.985	.070	3.09	.556	.520	1.75	.0215
2 5/8	D	2.625	2.465	.080	4.77	.687	.645	2.48	.0331
3 1/8	D	3.125	2.945	.090	6.81	.818	.771	3.33	.0473
3 5/8	D	3.625	3.425	.100	9.21	.949	.897	4.29	.0640
4 1/8	D	4.125	3.905	.110	12.0	1.08	1.02	5.38	.0833

TABLE 2f. Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: Medical Gas, K and L

Nominal or Standard Size, inches		Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)			
		Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Internal surface, sq feet per linear ft	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Contents of Tube, cu feet per linear ft
1/4	K	.375	.305	.035	.073	.0789	.145	.00051
	L	.375	.315	.030	.078	.0825	.126	.00054
3/8	K	.500	.402	.049	.127	.105	.269	.00088
	L	.500	.430	.035	.145	.113	.198	.00101
1/2	K	.625	.527	.049	.218	.130	.344	.00151
	L	.625	.545	.040	.233	.143	.285	.00162
5/8	K	.750	.652	.049	.334	.171	.418	.00232
	L	.750	.666	.042	.348	.174	.362	.00242
3/4	K	.875	.745	.065	.436	.195	.641	.00303
	L	.875	.785	.045	.484	.206	.455	.00336
1	K	1.125	.995	.065	.778	.261	.839	.00540
	L	1.125	1.025	.050	.825	.268	.655	.00573
1 1/4	K	1.375	1.245	.065	1.222	.326	1.04	.00845
	L	1.375	1.265	.055	1.26	.331	.884	.00873
1 1/2	K	1.625	1.481	.072	1.72	.388	1.36	.0120
	L	1.625	1.505	.060	1.78	.394	1.14	.0124
2	K	2.125	1.959	.083	3.01	.522	2.06	.0209
	L	2.125	1.985	.070	3.09	.520	1.75	.0215
2 1/2	K	2.625	2.435	.095	4.66	.638	2.93	.0323
	L	2.625	2.465	.080	4.77	.645	2.48	.0331
3	K	3.125	2.907	.109	6.64	.761	4.00	.0461
	L	3.125	2.945	.090	6.81	.761	3.33	.0473
3 1/2	K	3.625	3.385	.120	9.00	.886	5.12	.0625
	L	3.625	3.425	.100	9.21	.897	4.29	.0640
4	K	4.125	3.857	.134	11.7	1.01	6.51	.0811
	L	4.125	3.905	.110	12.0	1.02	5.38	.0832
5	K	5.125	4.805	.160	18.1	1.26	9.67	.126
	L	5.125	4.875	.125	18.7	1.28	7.61	.130
6	K	6.125	5.741	.192	25.9	1.50	13.9	.180
	L	6.125	5.854	.140	26.8	1.53	10.2	.186
8	K	8.125	7.583	.271	45.2	1.99	25.9	.314
	L	8.125	7.725	.200	46.9	2.02	19.3	.325

TABLE 3a. Rated Internal Working Pressures for Copper Tube: TYPE K*

Nominal Size, in	Annealed							Drawn**						
	S= 6000 psi 100 F	S= 5100 psi 150 F	S= 4900 psi 200 F	S= 4800 psi 250 F	S= 4700 psi 300 F	S= 4000 psi 350 F	S= 3000 psi 400 F	S= 10,300 psi 100 F	S= 10,300 psi 150 F	S= 10,300 psi 200 F	S= 10,300 psi 250 F	S= 10,000 psi 300 F	S= 9,700 psi 350 F	S= 9,400 psi 400 F
1/4	1074	913	877	860	842	716	537	1850	1850	1850	1850	1796	1742	1688
3/8	1130	960	923	904	885	753	565	1946	1946	1946	1946	1889	1833	1776
1/2	891	758	728	713	698	594	446	1534	1534	1534	1534	1490	1445	1400
5/8	736	626	601	589	577	491	368	1266	1266	1266	1266	1229	1193	1156
3/4	852	724	696	682	668	568	426	1466	1466	1466	1466	1424	1381	1338
1	655	557	535	524	513	437	327	1126	1126	1126	1126	1093	1061	1028
1 1/4	532	452	434	425	416	354	266	914	914	914	914	888	861	834
1 1/2	494	420	404	396	387	330	247	850	850	850	850	825	801	776
2	435	370	355	348	341	290	217	747	747	747	747	726	704	682
2 1/2	398	338	325	319	312	265	199	684	684	684	684	664	644	624
3	385	328	315	308	302	257	193	662	662	662	662	643	624	604
3 1/2	366	311	299	293	286	244	183	628	628	628	628	610	592	573
4	360	306	294	288	282	240	180	618	618	618	618	600	582	564
5	345	293	281	276	270	230	172	592	592	592	592	575	557	540
6	346	295	283	277	271	231	173	595	595	595	595	578	560	543
8	369	314	301	295	289	246	184	634	634	634	634	615	597	578
10	369	314	301	295	289	246	184	634	634	634	634	615	597	578
12	370	314	302	296	290	247	185	635	635	635	635	617	598	580

TABLE 3b. Rated Internal Working Pressure for Copper Tube: TYPE L*

Nominal Size, in	Annealed							Drawn**						
	S= 6000 psi 100 F	S= 5100 psi 150 F	S= 4900 psi 200 F	S= 4800 psi 250 F	S= 4700 psi 300 F	S= 4000 psi 350 F	S= 3000 psi 400 F	S= 10,300 psi 100 F	S= 10,300 psi 150 F	S= 10,300 psi 200 F	S= 10,300 psi 250 F	S= 10,000 psi 300 F	S= 9,700 psi 350 F	S= 9,400 psi 400 F
1/4	912	775	745	729	714	608	456	1569	1569	1569	1569	1524	1478	1432
3/8	779	662	636	623	610	519	389	1341	1341	1341	1341	1302	1263	1224
1/2	722	613	589	577	565	481	361	1242	1242	1242	1242	1206	1169	1133
5/8	631	537	516	505	495	421	316	1086	1086	1086	1086	1055	1023	991
3/4	582	495	475	466	456	388	291	1002	1002	1002	1002	972	943	914
1	494	420	404	395	387	330	247	850	850	850	850	825	801	776
1 1/4	439	373	358	351	344	293	219	755	755	755	755	733	711	689
1 1/2	408	347	334	327	320	272	204	702	702	702	702	682	661	641
2	364	309	297	291	285	242	182	625	625	625	625	607	589	570
2 1/2	336	285	274	269	263	224	168	577	577	577	577	560	544	527
3	317	270	259	254	248	211	159	545	545	545	545	529	513	497
3 1/2	304	258	248	243	238	202	152	522	522	522	522	506	491	476
4	293	249	240	235	230	196	147	504	504	504	504	489	474	460
5	269	229	220	215	211	179	135	462	462	462	462	449	435	422
6	251	213	205	201	196	167	125	431	431	431	431	418	406	393
8	270	230	221	216	212	180	135	464	464	464	464	451	437	424
10	271	231	222	217	212	181	136	466	466	466	466	452	439	425
12	253	215	207	203	199	169	127	435	435	435	435	423	410	397

NOTE: *Based on maximum allowable stress in tension (psi) for the indicated temperatures (°F), see page 12.

**When brazing or welding is used to join drawn tube, the corresponding annealed rating must be used, see page 12.

TABLE 3c. Rated Internal Working Pressure for Copper Tube: TYPE M*

Nominal Size, in	Annealed***							Drawn**						
	S= 6000 psi 100 F	S= 5100 psi 150 F	S= 4900 psi 200 F	S= 4800 psi 250 F	S= 4700 psi 300 F	S= 4000 psi 350 F	S= 3000 psi 400 F	S= 10,300 psi 100 F	S= 10,300 psi 150 F	S= 10,300 psi 200 F	S= 10,300 psi 250 F	S= 10,000 psi 300 F	S= 9,700 psi 350 F	S= 9,400 psi 400 F
1/4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/8	570	485	466	456	447	380	285	982	982	982	982	953	925	896
1/2	494	420	403	395	387	329	247	850	850	850	850	825	800	776
5/8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3/4	407	346	332	326	319	271	204	701	701	701	701	680	660	639
1	337	286	275	270	264	225	169	580	580	580	580	563	546	529
1 1/4	338	287	276	271	265	225	169	582	582	582	582	565	548	531
1 1/2	331	282	270	265	259	221	166	569	569	569	569	553	536	520
2	299	254	244	239	234	199	149	514	514	514	514	499	484	469
2 1/2	274	233	224	219	215	183	137	471	471	471	471	457	444	430
3	253	215	207	203	199	169	127	435	435	435	435	423	410	397
3 1/2	252	214	206	202	197	168	126	433	433	433	433	421	408	395
4	251	213	205	201	197	167	126	431	431	431	431	419	406	394
5	233	198	190	186	182	155	116	400	400	400	400	388	377	365
6	218	186	178	175	171	146	109	375	375	375	375	364	353	342
8	229	195	187	183	180	153	115	394	394	394	394	382	371	359
10	230	195	188	184	180	153	115	394	394	394	394	383	371	360
12	230	195	188	184	180	153	115	395	395	395	395	383	372	360

TABLE 3d. Rated Internal Working Pressure for Copper Tube: DWV*

Nominal Size, in	Annealed***							Drawn**						
	S= 6000 psi 100 F	S= 5100 psi 150 F	S= 4900 psi 200 F	S= 4800 psi 250 F	S= 4700 psi 300 F	S= 4000 psi 350 F	S= 3000 psi 400 F	S= 10,300 psi 100 F	S= 10,300 psi 150 F	S= 10,300 psi 200 F	S= 10,300 psi 250 F	S= 10,000 psi 300 F	S= 9,700 psi 350 F	S= 9,400 psi 400 F
1 1/4	330	280	269	264	258	220	165	566	566	566	566	549	533	516
1 1/2	293	249	240	235	230	196	147	503	503	503	503	489	474	459
2	217	185	178	174	170	145	109	373	373	373	373	362	352	341
3	159	135	130	127	125	106	80	273	273	273	273	265	257	249
4	150	127	122	120	117	100	75	257	257	257	257	250	242	235
5	151	129	124	121	119	101	76	260	260	260	260	252	245	237
6	148	126	121	119	116	99	74	255	255	255	255	247	240	232
8	146	124	119	117	114	97	73	251	251	251	251	244	236	229

NOTE: *Based on maximum allowable stress in tension (psi) for the indicated temperatures (°F), see page 12.

**When brazing or welding is used to join drawn tube, the corresponding annealed rating must be used, see page 12.

***Types M and DWV are not normally available in the annealed temper. Shaded values are provided for guidance when drawn temper tube is brazed or welded, see page 12.

TABLE 3e. Rated Internal Working Pressure for Copper Tube: ACR* (Air Conditioning and Refrigeration Field Service)

Tube Size (OD), in	Annealed							Drawn**						
	COILS													
	S= 6000 psi 100 F	S= 5100 psi 150 F	S= 4900 psi 200 F	S= 4800 psi 250 F	S= 4700 psi 300 F	S= 4000 psi 350 F	S= 3000 psi 400 F	S= 10,300 psi 100 F	S= 10,300 psi 150 F	S= 10,300 psi 200 F	S= 10,300 psi 250 F	S= 10,000 psi 300 F	S= 9,700 psi 350 F	S= 9,400 psi 400 F
1/8	3074	2613	2510	2459	2408	2049	1537	—	—	—	—	—	—	—
3/16	1935	1645	1581	1548	1516	1290	968	—	—	—	—	—	—	—
1/4	1406	1195	1148	1125	1102	938	703	—	—	—	—	—	—	—
5/16	1197	1017	977	957	937	798	598	—	—	—	—	—	—	—
3/8	984	836	803	787	770	656	492	—	—	—	—	—	—	—
1/2	727	618	594	581	569	485	363	—	—	—	—	—	—	—
5/8	618	525	504	494	484	412	309	—	—	—	—	—	—	—
3/4	511	435	417	409	400	341	256	—	—	—	—	—	—	—
3/4	631	537	516	505	495	421	316	—	—	—	—	—	—	—
7/8	582	495	475	466	456	388	291	—	—	—	—	—	—	—
1 1/8	494	420	404	395	387	330	247	—	—	—	—	—	—	—
1 3/8	439	373	358	351	344	293	219	—	—	—	—	—	—	—
1 5/8	408	347	334	327	320	272	204	—	—	—	—	—	—	—
	STRAIGHT LENGTHS													
	S= 6000 psi 100 F	S= 5100 psi 150 F	S= 4900 psi 200 F	S= 4800 psi 250 F	S= 4700 psi 300 F	S= 4000 psi 350 F	S= 3000 psi 400 F	S= 10,300 psi 100 F	S= 10,300 psi 150 F	S= 10,300 psi 200 F	S= 10,300 psi 250 F	S= 10,000 psi 300 F	S= 9,700 psi 350 F	S= 9,400 psi 400 F
3/8	914	777	747	731	716	609	457	1569	1569	1569	1569	1524	1478	1432
1/2	781	664	638	625	612	521	391	1341	1341	1341	1341	1302	1263	1224
5/8	723	615	591	579	567	482	362	1242	1242	1242	1242	1206	1169	1133
3/4	633	538	517	506	496	422	316	1086	1086	1086	1086	1055	1023	991
7/8	583	496	477	467	457	389	292	1002	1002	1002	1002	972	943	914
1 1/8	495	421	404	396	388	330	248	850	850	850	850	825	801	776
1 3/8	440	374	359	352	344	293	220	755	755	755	755	733	711	689
1 5/8	409	348	334	327	320	273	205	702	702	702	702	682	661	641
2 1/8	364	309	297	291	285	243	182	625	625	625	625	607	589	570
2 5/8	336	286	275	269	263	224	168	577	577	577	577	560	544	527
3 1/8	317	270	259	254	249	212	159	545	545	545	545	529	513	497
3 5/8	304	258	248	243	238	203	152	522	522	522	522	506	491	476
4 1/8	293	249	240	235	230	196	147	504	504	504	504	489	474	460

NOT MANUFACTURED

NOTE: *Based on maximum allowable stress in tension (psi) for the indicated temperatures (°F), see page 12.

**When brazing or welding is used to join drawn tube, the corresponding annealed rating must be used, see page 12.

TABLE 4. Pressure-Temperature Ratings of Soldered and Brazed Joints

Joining Material ⁽⁴⁾	Service Temperature, °F	Fitting Type	Maximum Working Gage Pressure (psi), for Standard Water Tube Sizes ⁽¹⁾				
			Nominal of Standard Size, inches				
			1/8 through 1	1 1/4 through 2	2 1/2 through 4	5 through 8	10 through 12
Alloy Sn50 50-50 Tin-Lead Solder ⁽⁵⁾	100	Pressure ⁽²⁾	200	175	150	135	100
		DWV ⁽³⁾	—	95	80	70	—
	150	Pressure ⁽²⁾	150	125	100	90	70
		DWV ⁽³⁾	—	70	55	45	—
	200	Pressure ⁽²⁾	100	90	75	70	50
		DWV ⁽³⁾	—	50	40	35	—
250	Pressure ⁽²⁾	85	75	50	45	40	
	DWV ⁽³⁾	—	—	—	—	—	
Saturated Steam	Pressure	15	15	15	15	15	
Alloy Sb5 95-5 Tin-Antimony Solder	100	Pressure ⁽²⁾	1090	850	705	660	500
		DWV ⁽³⁾	—	390	325	330	—
	150	Pressure ⁽²⁾	625	485	405	375	285
		DWV ⁽³⁾	—	225	185	190	—
	200	Pressure ⁽²⁾	505	395	325	305	230
		DWV ⁽³⁾	—	180	150	155	—
250	Pressure ⁽²⁾	270	210	175	165	125	
	DWV ⁽³⁾	—	95	80	80	—	
Saturated Steam	Pressure	15	15	15	15	15	
Alloy E	100	Pressure ⁽²⁾	710	555	460	430	325
		DWV ⁽³⁾	—	255	210	215	—
	150	Pressure ⁽²⁾	475	370	305	285	215
		DWV ⁽³⁾	—	170	140	140	—
	200	Pressure ⁽²⁾	375	290	240	225	170
		DWV ⁽³⁾	—	135	110	115	—
250	Pressure ⁽²⁾	320	250	205	195	145	
	DWV ⁽³⁾	—	115	95	95	—	
Saturated Steam	Pressure	15	15	15	15	15	
Alloy HB	100	Pressure ⁽²⁾	1035	805	670	625	475
		DWV ⁽³⁾	—	370	310	315	—
	150	Pressure ⁽²⁾	710	555	460	430	325
		DWV ⁽³⁾	—	255	210	215	—
	200	Pressure ⁽²⁾	440	345	285	265	200
		DWV ⁽³⁾	—	155	130	135	—
250	Pressure ⁽²⁾	430	335	275	260	195	
	DWV ⁽³⁾	—	155	125	130	—	
Saturated Steam	Pressure	15	15	15	15	15	
Joining materials melting at or above 1100° F ⁽⁶⁾	Pressure-temperature ratings consistent with the materials and procedures employed (see Table 3, Annealed).						
	Saturated Steam	Pressure	120	120	120	120	120

NOTE: For extremely low working temperatures in the 0°F to minus 200°F range, it is recommended that a joint material melting at or above 1100°F be employed (see Note ⁽⁶⁾).

⁽¹⁾ Standard water tube sizes per ASTM B 88.

⁽²⁾ Ratings up to 8 inches in size are those given in ASME B16.22 *Wrought Copper and Copper Alloy Solder Joint Pressure Fittings* and ASME B16.18 *Cast Copper and Copper Alloy Solder Joint Pressure Fittings*. Rating for 10- to 12-inch sizes are those given in ASME B16.18 *Cast Copper and Copper Alloy Solder Joint Pressure Fittings*.

⁽³⁾ Using ASME B16.29 *Wrought Copper and Wrought Copper Alloy Solder Joint Drainage Fittings — DWV*, and ASME B16.23 *Cast Copper Alloy Solder Joint Drainage Fittings — DWV*.

⁽⁴⁾ Alloy designations are per ASTM B 32.

⁽⁵⁾ The Safe Drinking Water Act Amendment of 1986 prohibits the use in potable water systems of any solder having a lead content in excess of 0.2%.

⁽⁶⁾ These joining materials are defined as *brazing alloys* by the American Welding Society.

TABLE 5. Actual Burst Pressures,¹ Types K, L, and M Copper Water Tube, psi at Room Temperature

Nominal or Standard Size, inches	Actual Outside Diameter, in	K		L ²		M	
		Drawn	Annealed	Drawn	Annealed	Drawn	Annealed
1/2	5/8	9840	4535	7765	3885	6135	—
3/4	7/8	9300	4200	5900	2935	4715	—
1	1 1/8	7200	3415	5115	2650	3865	—
1 1/4	1 3/8	5525	2800	4550	2400	3875	—
1 1/2	1 5/8	5000	2600	4100	2200	3550	—
2	2 1/8	3915	2235	3365	1910	2935	—
2 1/2	2 5/8	3575	—	3215	—	2800	—
3	3 1/8	3450	—	2865	—	2665	—
4	4 1/8	3415	—	2865	—	2215	—
5	5 1/8	3585	—	2985	—	2490	—
6	6 1/8	3425	—	2690	—	2000	—
8	8 1/8	3635	—	2650	—	2285	—

¹ The figures shown are averages of three certified tests performed on each type and size of water tube. In each case, wall thickness was at or near the minimum prescribed for each tube type. No burst pressure in any test deviated from the average by more than 5 percent.

² These burst pressures can be used for ACR tube of equivalent actual O.D. and wall thickness.

TABLE 6. Pressure Loss of Water Due to Friction in Types K, L and M Copper Tube (psi per linear foot of tube)

FLOW, GPM	NOMINAL OR STANDARD SIZE, INCHES																							
	1/4			3/8			1/2			3/4			1			1 1/4			1 1/2			2		
	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M
1	0.138	0.118	N/A	0.036	0.023	0.021	0.010	0.008	0.007	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2			N/A	0.130	0.084	0.075	0.035	0.030	0.024	0.006	0.005	0.004	0.002	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3			N/A	0.275	0.177	0.159	0.074	0.062	0.051	0.014	0.011	0.009	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4			N/A				0.125	0.106	0.086	0.023	0.018	0.015	0.006	0.005	0.004	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
5			N/A				0.189	0.161	0.130	0.035	0.027	0.023	0.009	0.007	0.006	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
10			N/A							0.126	0.098	0.084	0.031	0.027	0.023	0.010	0.010	0.009	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.001
15			N/A										0.065	0.057	0.049	0.022	0.020	0.018	0.009	0.009	0.008	0.002	0.002	0.002
20			N/A										0.096	0.084		0.037	0.035	0.031	0.016	0.015	0.014	0.004	0.004	0.004
25			N/A													0.057	0.052	0.047	0.024	0.022	0.021	0.006	0.006	0.005
30			N/A													0.079	0.073	0.066	0.034	0.031	0.029	0.009	0.008	0.008
35			N/A																0.045	0.042	0.039	0.012	0.011	0.010
40			N/A																0.058	0.054	0.050	0.015	0.014	0.013
45			N/A																0.062			0.018	0.017	0.016
50			N/A																			0.022	0.021	0.020
60			N/A																			0.031	0.029	0.028
70			N/A																			0.042	0.039	0.037
80			N/A																					
90			N/A																					
100			N/A																					
120			N/A																					
140			N/A																					
160			N/A																					
180			N/A																					
200			N/A																					
250			N/A																					
300			N/A																					
350			N/A																					
400			N/A																					
450			N/A																					
500			N/A																					
550			N/A																					
600			N/A																					
650			N/A																					
700			N/A																					
760			N/A																					
1000			N/A																					
2000			N/A																					

NOTES:

1. Fluid velocities in excess of 5-8 feet per second are not recommended.
2. Friction loss values shown are for the flow rates that do not exceed a velocity of 8 feet per second.
3. Highlighted and italicized friction loss values indicate flow rates that are between 5 feet and 8 feet per second.

FLOW, GPM	NOMINAL OR STANDARD SIZE, INCHES																							
	2 ½			3			4			5			6			8			10			12		
	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M	K	L	M
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.005	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.006	0.006	0.006	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.008	0.007	0.007	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.011	0.010	0.010	0.005	0.004	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70	0.014	0.014	0.013	0.006	0.006	0.005	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	0.019	0.017	0.016	0.008	0.007	0.007	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90	0.023	0.022	0.020	0.010	0.009	0.009	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.028	0.026	0.025	0.012	0.011	0.010	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120			0.035	0.017	0.016	0.015	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140				0.022	0.021	0.019	0.006	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160				0.028	0.026	0.025	0.007	0.007	0.006	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180							0.009	0.008	0.008	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
200							0.011	0.010	0.010	0.004	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
250							0.016	0.015	0.015	0.006	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
300								0.021	0.021	0.008	0.007	0.007	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
350										0.010	0.010	0.009	0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
400										0.013	0.012	0.012	0.006	0.005	0.005	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
450										0.017	0.015	0.015	0.007	0.006	0.006	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
500													0.008	0.008	0.008	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
550													0.010	0.009	0.009	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
600													0.012	0.011	0.011	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
650														0.013	0.012	0.004	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
700																0.004	0.004	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
760																0.005	0.004	0.004	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
1000																0.008	0.007	0.007	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
2000																						0.004	0.004	0.004

NOTES:

4. **Table 6** is based on the Hazen-Williams formula:

$$P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.55} d^{4.87}}$$

Where:

P= friction loss, psi per linear foot

Q= flow, g.p.m.

d= average I.D., in inches

C= constant, 150

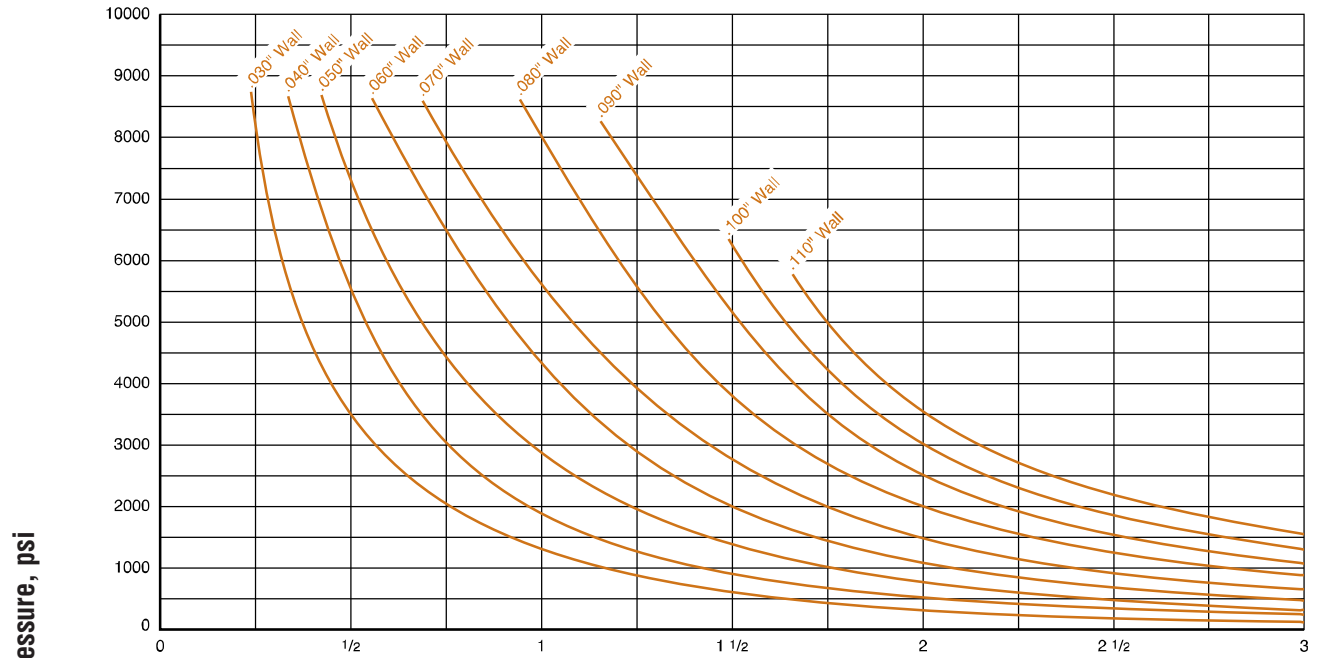
TABLE 7. Pressure Loss in Fittings and Valves Expressed as Equivalent Length of Tube, feet

Nominal or Standard Size, in	Fittings					Valves			
	Standard Ell		90° Tee		Coupling	Ball	Gate	Btfly	Check
	90°	45°	Side Branch	Straight Run					
3/8	.5	—	1.5	—	—	—	—	—	1.5
1/2	1	.5	2	—	—	—	—	—	2
5/8	1.5	.5	2	—	—	—	—	—	2.5
3/4	2	.5	3	—	—	—	—	—	3
1	2.5	1	4.5	—	—	.5	—	—	4.5
1 1/4	3	1	5.5	.5	.5	.5	—	—	5.5
1 1/2	4	1.5	7	.5	.5	.5	—	—	6.5
2	5.5	2	9	.5	.5	.5	.5	7.5	9
2 1/2	7	2.5	12	.5	.5	—	1	10	11.5
3	9	3.5	15	1	1	—	1.5	15.5	14.5
3 1/2	9	3.5	14	1	1	—	2	—	12.5
4	12.5	5	21	1	1	—	2	16	18.5
5	16	6	27	1.5	1.5	—	3	11.5	23.5
6	19	7	34	2	2	—	3.5	13.5	26.5
8	29	11	50	3	3	—	5	12.5	39

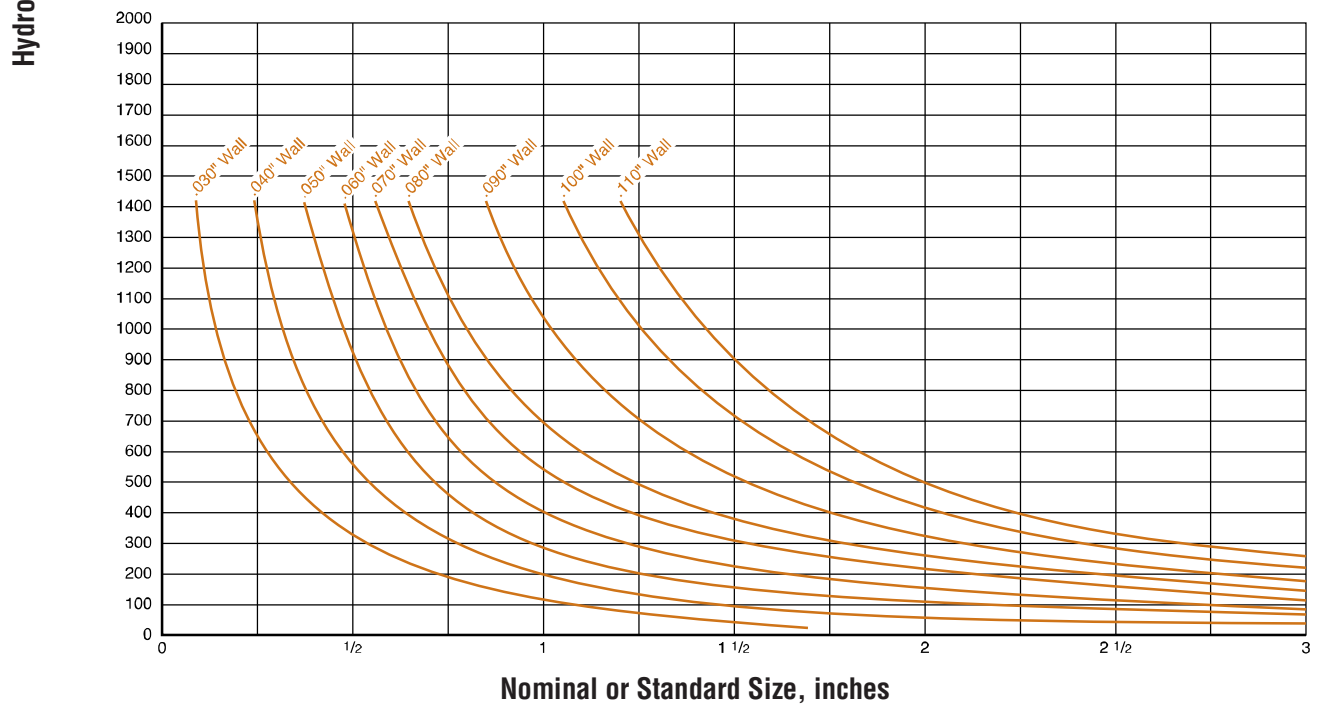
NOTES: Allowances are for streamlined soldered fittings and recessed threaded fittings.
 For threaded fittings, double the allowances shown in the table.
 The equivalent lengths presented above are based upon a C factor of 150 in the Hazen-Williams friction loss formula. The lengths shown are rounded to the nearest half foot.

FIGURE 2. Collapse Pressure of Copper Tube, Types K, L and M

Drawn Copper Tube

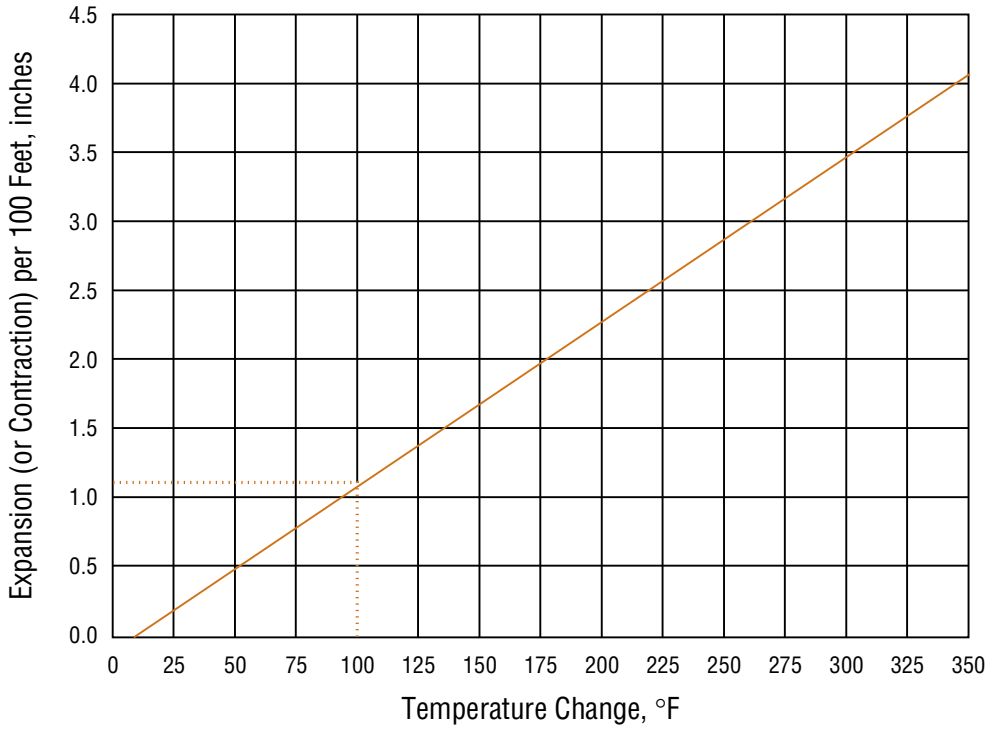


Annealed Copper Tube



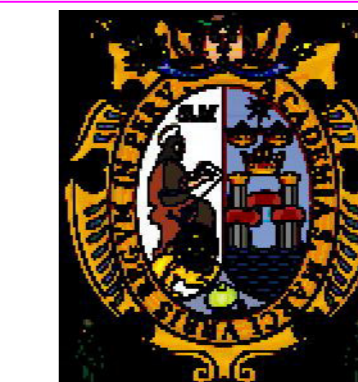
Nominal or Standard Size, inches

FIGURE 3. Expansion vs. Temperature Change for Copper Tube





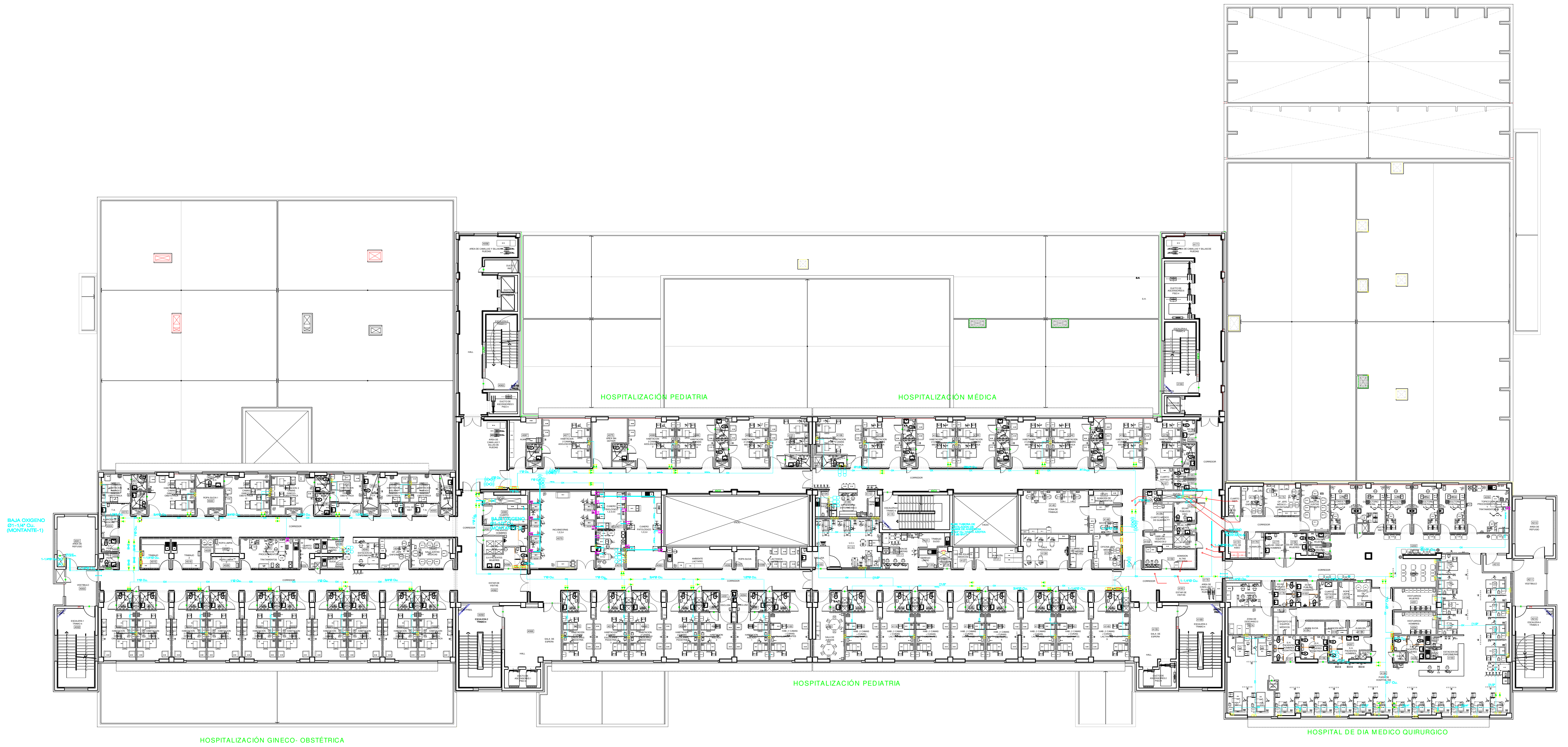
PROPIETARIO		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNIVERSIDAD DEL PERÚ, DECANA DE AMÉRICA)	
ASESOR		ING. RAUL VARGAS RONCAL	
PROYECTOR		HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON	
ESPECIALIDAD		INSTALACIONES MECANICAS - GASES MEDICINALES	
PLANO		PLANTA SEGUNDO PISO	
UBICACION		AV. REPUBLICA DE ARGENTINA N° 3825, PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO	
BACHILLER		HECTOR ANTONIO ALCALDE LUDEÑA	FECHA OCTUBRE, 2014
Escala		1/200	




IM-GM-02



		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNIVERSIDAD DEL PERÚ, DECANA DE AMÉRICA)	LAMINA
PROPIETARIO	ING. RAUL VARGAS RONCAL		IM-GM-03
PROYECTOR	HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON		
ESPECIALIDAD	INSTALACIONES MECANICAS - GASES MEDICINALES		
PLANO	PLANTA TERCER PISO		
UBICACION	AV. REPUBLICA DE ARGENTINA N° 3525 PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO		
BACHILLER	HECTOR ANTONIO ALCALDE LUDEÑA	E.S. 1/200	FECHA OCTUBRE, 2014



BAJA OXIGENO
01-14P O2
(MONTANTE-1)

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNIVERSIDAD DEL PERÚ, DECANA DE AMÉRICA)	PROPIETARIO
ASesor:	ING. RAUL VARGAS RONCAL		LAMINA
PROYECTO:	HOSPITAL ALBERTO LEOPOLDO BARTON THOMPSON		IM-GM-04
ESPECIALIDAD:	INSTALACIONES MECANICAS - GASES MEDICINALES		
PLANO:	PLANTA CUARTO PISO		
UBICACION:	AV. REPUBLICA DE ARGENTINA N° 3525 PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO		
BACHILLER:	HECTOR ANTONIO ALCALDE LUDEÑA	E.S. 1/200	