

Ingeniería electromecánicas Instalaciones de control de gases y aire comprimido

1. Presentación

Todas las disciplinas de la Ingeniería Electromecánica son indispensables en la operación adecuada de los inmuebles y los sistemas de control de gases y aire a presión son importantes en cualquier edificio, por este motivo, es importante que el proyectista, tenga el apoyo de esta norma para que planee y prevea los espacios, trayectorias y ubicaciones necesarios para sus equipos y sistemas.

1.2 Objetivo

Proporcionar a los proyectistas los criterios, requisitos y procedimientos que deben cumplirse para la planeación y diseño de las instalaciones de control de gases, considerando el uso racional de la de la energía, seguridad de las personas y bienes, mantenimiento y operación eficiente del inmueble.

1.3 Campo de Aplicación

La correcta y adecuada utilización de los ordenamientos de esta Norma, son de aplicación obligatoria en el Diseño de las Instalaciones para el Control de Gases y Aire Comprimido de la UNAM, de inmuebles nuevos, ampliaciones, y rehabilitaciones de las instalaciones existentes.

1.4 Referencias

Como complemento a los presentes criterios normativos, podrán consultarse las siguientes normas y reglamentos:

- Normas de Diseño de Ingeniería, Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y Gases, Tomo II. IMSS
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
- NOM-CC-1
Sistemas de Calidad. Vocabulario.
- NOM-CC-3
Sistemas de calidad modelo para el aseguramiento de la calidad aplicable al proyecto/diseño, instalación y el servicio.
- NOM-CC-4
Sistemas de calidad modelo para el aseguramiento de la calidad aplicable a la inspección y servicio.
- NOM-CC-5
Sistemas de calidad modelo para el aseguramiento de la calidad aplicable a la inspección y pruebas finales.
- NOM-CC-6
Sistemas de calidad, gestión de calidad y elementos de un sistema de calidad. Directrices generales.

2. Gases especiales

2.1 Acetileno (C₂ H₂)

El acetileno es una combinación química de carbono e hidrógeno, se elabora por medio de la unión de carbono con el agua.

Se envasa a una presión de 17 atmósferas a +15 °C. Los envases con acetileno se llenan con una masa porosa que ocupa aproximadamente el 20% del volumen del envase, el 80% restante esta compuesto por pequeños poros o huecos, que impiden se extienda el gas a todo el envase en caso de una explosión. La presentación

normal son envases comerciales de 0.7 k, 3.1 k y 6.1 k para uso industrial y de 8.4 k en adelante para uso de alumbrado.

La aplicación más importante es en el ramo de la soldadura

2.2 Gases del Aire

El oxígeno, argón, y nitrógeno son conocidos como gases del aire, por ser obtenidos del aire atmosférico. Para obtenerlo, se succionan a través de un filtro a una compresora de aire, donde la presión se eleva en varios pasos hasta (175 atmósferas), a continuación se lleva un proceso de separación del bióxido de carbono y la humedad.

La presentación comercial en envases de: 0.15 m³, 0.20 m³, 0.75 m³, 1.0 m³, 1.2 m³, 1.4 m³, 1.5 m³, 2.0 m³, 3.0 m³, 4.0 m³, 6.0 m³ y 10 m³, en forma gaseosa, a una presión de 150 a 215 atmósferas a +15°C.

El oxígeno, tiene diferentes aplicaciones con fines medicinales; en la industria, combinado con acetileno, para corte de acero principalmente.; el argón se emplea en la soldadura como gas protector; el nitrógeno en forma líquida se emplea como refrigerante.

2.3 Óxido nitroso (N₂O)

El óxido nitroso es una combinación química de nitrógeno y oxígeno que se elabora a partir de nitrato de amonio, que al calentarse se descompone en óxido nitroso y agua, la fusión tiene lugar a 170°C aproximadamente y la descomposición a más de 250°C.

Se presenta en envases de 7.5 k, 30.0 k y 37.5 k

El óxido nitroso se utiliza principalmente en la medicina para la anestesia de pacientes.

2.4 Anhídrido Carbónico (CO₂)

El anhídrido carbónico o bióxido de carbono es la combinación química de carbono y oxígeno. Para su obtención se usan gases combustibles los cuales se queman en un horno; éstos tienen aproximadamente un 14% del bióxido de carbono después se purifican en dos lavadores disolviéndolos en lejía.

Se envasa en forma comercial en capacidades de 20 k.

Como gas protector en los procesos de fabricación de refrescos, en extinción de incendios y como refrigerante.

2.5 Red de distribución.

2.5.1 Presión de trabajo

La presión manométrica de trabajo en las tuberías de distribución del oxígeno, óxido nitroso y nitrógeno es de 3.87 k/cm² en su inicio hasta 3.52 k/cm² en la salida más lejana.

2.5.2 Máxima pérdida de presión.

La máxima pérdida de presión por NFPA, en cualquier red será de 0.35 k/cm²

2.6 Pérdidas por Fricción en Tuberías.

Para determinar las pérdidas por fricción en tuberías, con presión de 3.87 a 3.52 kg/cm², de oxígeno se empleará el nomograma del [anexo No. 2.2](#), en óxido nitroso con presión de 3.52 k/cm² utilizar el nomograma del [anexo No. 2.3](#); estos nomogramas muestran las pérdidas por fricción en las tuberías de cobre rígido tipo "L" al nivel del mar a la presión manométrica de 3.52 k/cm² (4.548 k/cm² absoluta) a temperatura de 15.6 °C.

Para tomar en cuenta la altura sobre el nivel del mar en la localidad donde se proyecta, considere que las pérdidas mostradas en los nomogramas están afectadas por el factor $(P1/4.548)$ donde P1 es la presión absoluta en el interior del tubo en la localidad (P1 es igual a la presión atmosférica más 3.52 k/ cm²).

Para la elaboración de estos monogramas se emplea la fórmula de Darcy que es:

$$h = f L/D V^2/2g,$$

donde :

h = Pérdida de fricción del fluido a la presión absoluta dentro del tubo en metros de columna de agua.

f = Factor de fricción sin dimensiones que depende de la rugosidad del tubo y el número de Reynolds.

L = Longitud del tubo en metros .

D = Diámetro interior del tubo en metros.

V = Velocidad del flujo en metros sobre segundo.

g = Aceleración de la gravedad. Empleando la fórmula de Darcy, en el manejo de oxígeno.

Óxido nitroso donde tenemos que el gasto está en litros por minuto, el diámetro en milímetros y para obtener las pérdidas por fricción en Kg/ cm², se transforma:

$$AP100 = 237.2264 \cdot 0/P1 \cdot q^2/d^5$$

Donde:

AP100 = Pérdida por fricción del tubo en Kg/cm² por cada 100 metros de longitud.

f = Factor de fricción, donde se utiliza la fórmula de Sevaniee-Jain

$$f = 0.25 / (\text{Longitud}(1/3.7 + 5.74/Rn =.9))$$

Siendo:

$$\text{Rugosidad absoluta} = 0.001524 \text{ mm}$$

d = Diámetro interior del tubo en mm

Rn = Número de Reynolds

= Peso volumétrico del gas K/cm

q = Gasto del gas en litros por minuto.

Si la presión absoluta del gas en el interior es : $1.033 + 3.515 = 4.548 \text{ k/ cm}^2$ y determinándole peso volumétrico del gas se convierte en:

a. Oxígeno

$$AP100 = 70.591 \cdot f \cdot q^2/d^5$$

b. Óxido nitroso

$$AP100 = 97.063 \cdot f \cdot q^2/d^5$$

2.7 Gastos por considerar

2.7.1 Gastos de oxígeno

Tomas de oxígeno de laboratorio considere 10 litros por minuto al 100% de simultaneidad.

2.7.2 Gasto de óxido nitroso.

Considerar 10 litros por minuto por toma al 100% de simultaneidad.

2.8 Selección de diámetros.

Para el diseño de los diámetros se emplea el nomograma de pérdidas por fricción al nivel del mar, en esta selección se toma el gasto de cada tramo y la pérdida de presión de tal manera que al sumar las caídas no sean mayor a 0.35 Kg/cm².

2.9 Central de abastecimiento.

La central de oxígeno, óxido nitroso y nitrógeno, se pueden instalar en un mismo local. Los locales deben instalarse siempre que sea posible junto al servicio del usuario y tener salida al exterior, no ubicarse en sótanos, estar en un lugar accesible para facilidad de carga y descarga de los cilindros, estar ventilados, no estar cerca de los tanques de combustible, transformadores o líneas eléctricas sin forro, contar con un equipo de regulación de presión y válvula de alivio de presión.

Estas centrales cuentan con paquetes de cilindros de acuerdo con la magnitud del consumo.

2.10 Dimensión de las centrales.

Para dimensionar el local suponga 0.30 metros por cilindro más un metro del equipo de regulación de presión, una altura de 2.40 metros y un ancho mínimo de 2.00 metros.

2.11 Sistema de alarma

Se debe contar con una señal de alarma para verificar que el sistema esté en operación.

Nota : Se anexan datos técnicos de longitudes equivalentes y válvulas (ver anexo no. 2.1, tabla no. 1).

Anexo No. 2.1

Tabla 1: Longitud equivalente de conexiones y válvulas para usarse en líneas de gases medicinales. (Tomado del folleto técnico de CRANE)

DIAMETRO mm	CODO DE 45° o CONTRA DE 1/4	CODO DE 90° o TE RECTA REDUCIDA 1/2	TE RECTA CODO LARGO	TE SALIDA LATERAL	VALVULA DE GLOBO	VALVULA COMPUERTA	VALVULA RETENCION ROSCADA	VALVULA RETEN CION BRIDADA	VALVULA DE GLOBO ANGULAR	Oxígeno Oxígeno para presiones por fricciones de 3.87 a 3.52 Kg/cm ² manométricas al a nivel del mar (tubo de cobre tipo '1').
0	0.20	0.37	0.26	0.74	4.27					
13	0.24	0.46	0.30	0.92	5.49	0.12	1.52			Anexo No. 2.3
19	0.34	0.61	0.43	1.22	7.32	0.17	2.10			Óxido Nitroso

25	0.43	0.76	0.52	1.52	9.14	0.21	2.59			Óxido nitroso para presiones por fricciones de 3.87 a 3.52 Kg/cm ² manométricas al nivel del mar (tubo de cobre tipo '1')
32	0.55	1.07	0.70	2.14	12.19	0.27	3.66			
38	0.64	1.22	0.79	2.44	13.70	0.32	4.27			
50	0.80	1.55	1.04	3.10	18.29	0.43	5.18		7.62	
64	0.94	1.86	1.25	3.72	21.34	0.50		3.05	9.14	
75	1.22	2.35	1.55	4.70	26.82	0.61		3.96	11.58	
100	1.58	3.05	1.98	6.10	35.05	0.79		5.18	15.24	
150	2.44	4.57	3.05	9.14	51.82	1.22		7.62	22.86	
200	3.20	6.10	3.96	12.20	68.58	1.52		9.75	30.48	

3. Sistema de control de gases

LP

3.1 Clasificación.

3.1.1 De acuerdo con su capacidad de almacenamiento:

- a. Tipo 1. Con capacidad nominal hasta 10,000 litros de gas LP.
- b. Tipo 2. Con capacidad nominal de almacenamiento individual o acumulada igual o mayor de 10,001 litros de gas LP y las que utilicen vaporizador.

3.1.2 De acuerdo con su uso.

- a. Clase A. Doméstica.
- b. Clase B. Doméstica múltiple.
- c. Clase C. Comercial y de servicios
- d. Clase D. Industrial.

3.2 Sistema de Aprovechamiento

Consta de recipientes para almacenarlo, portátiles o no portátiles y de redes de tuberías apropiadas para conducir gas a los aparatos que lo consumen, en la cantidad y a la presión, requeridas.

3.3 Sistema de distribución de gas natural.

Comprende la red de tuberías apropiadas para conducir el gas, a partir del medidor de la compañía suministradora, a los aparatos que lo consumen, en la cantidad y a la presión requerida.

3.4 Características de los gases.

En la Tabla No. 3.1 se indican las características principales de los gases licuados de petróleo (propano y butano) así como del gas natural.

Para efectos de cálculo, en las instalaciones de gas licuado de petróleo (L.P.), se considera la densidad relativa del gas butano (2.0) y los poderes caloríficos del propano (22244 k cal/m³ y 6006 k cal/l), ya que nunca se puede saber cuales son los valores reales de la mezcla.

Tabla 3.1 Características de los gases licuados de petróleo.

Características	Gases Licuados del Petróleo		
	Propano	Butano	Natural

Densidad relativa del gas con respecto al aire (aire = 1).	1.522	2.006	0.61
Densidad del líquido con respecto al agua (agua = 1)	0.508	0.584	
Temperatura de ebullición al nivel del mar, en °C.	-42.1	-0.5	
Relación de expansión de líquido de vapor.	270	234	
Poder calorífico promedio del gas a 15.6°C y a una atmósfera de presión absoluta, en Kcal/metro cubico.	22244	28800	8460
Poder calorífico promedio del líquido a 15.6°C y a una atmósfera de presión absoluta, en Kcal/litro.	6006	6739	

3.5 Red de distribución.

3.5.1 Presiones de trabajo de la red.

a. Baja presión regulada.

Se debe considerar "baja presión regulada" a la presión que debe salir el gas del regulador de baja presión, o regulador secundario, antes de su distribución a los aparatos domésticos.

En caso del gas LP la presión de salida del regulador de baja presión es de 27.94 gr/cm².

Para el gas natural la presión de salida del regulador de baja presión depende del gasto total por manejar.

- Si el gasto total es de 283 m³/hora o menor , la presión del regulador es de 17.78 gr/cm².
- Si el gasto total es mayor de 283 m³/hora la presión de salida del regalador es de 22.86 gr/cm²

b. Alta presión regulada.

Se entenderá por "alta presión regulada" cualquier presión controlada por regulador que sea superior a las indicaciones del inciso anterior, dependiendo del gas que se maneja.

Todas las líneas de alta presión regulada se calculan con una presión inicial de 1.5kg/cm² que es la presión máxima de salida de los reguladores de primera etapa o primarios.

Cuando el almacenamiento o punto de origen de la red, esté relativamente lejos del lugar de utilización se debe considerar llevar el gas a alta presión regulada e instalar un regulador de baja presión o de segunda etapa, en un lugar conveniente y cercano al de utilización para hacer la distribución en baja presión regulada.

3.6 Presiones de trabajo de los aparatos de consumo.

3.6.1 Aparatos domésticos.

La presión máxima en los orificios de salida de las espreas de los aparatos domésticos, debe ser la de salida del regulador de baja presión, y la presión mínima de trabajo será del 95% de la presión de salida del regulador, siendo éstas las siguientes:

Tabla 3.2. Presión de los Aparatos Domésticos

Clase de gas	Presión de trabajo (gr/cm ²)	
	Máxima	Mínima
Gas LP	27.94	26.543

Gas natural	-----	-----
Gasto menor de 283 m ³ /hora	17.78	16.891
Gasto mayor de 283 m ³ /hora	22.86	21.717

3.6.2 Aparatos comerciales o industriales.

La presión del gas en los orificios de salida de las espreas de los aparatos comerciales o industriales será la adecuada, según las especificaciones de diseño y de fabricación de los quemadores, autorizados por la Secretaría de Energía.

3.7 Consumo por considerar

3.7.1 Aparatos

El consumo del aparato se considera, siempre que sea posible, directamente de las especificaciones señaladas por el fabricante, o bien basándose en el calibre de la esprea. En las Tablas 3.3 y 3.4 se indican consumos de gas LP o de gas natural en aparatos domésticos y en aparatos de cocinas industriales. .

Tabla 3.3. Consumos de gas LP o gas natural en aparatos domésticos.

Aparato	Kcal/hora	Gas LP m ³ /hora	Gas natural m ³ /hora
Estufas			
Comal	1384	0.062	0.164
Cada quemador	1384	0.062	0.164
Horno, asador o roscicero	3805	0.170	0.450
Estufas domésticas			
4 quemadores + horno	9341	0.420	1.104
4 quemadores + horno + comal	10725	0.482	1.268
4 quemadores + horno + comal + roscicero	14530	0.653	1.717
4 quemadores + horno + comal + asador	14530	0.653	1.717
Calentador de agua tipo almacenamiento (quemador chico)			
De 38 litros	6800	0.306	0.804
De 57 litros	7300	0.328	0.863
De 76 litros	7300	0.328	0.863
De 114 litros	7300	0.328	0.863
De 151 litros	8900	0.400	1.052
De 227 litros	10600	0.477	1.253
Calentador de agua tipo de paso			
Sencillo	20687	0.930	2.445
Doble	33366	1.500	3.944
Triple	46712	2.100	5.522
Calentado de agua tipo almacenamiento (quemador grande)			
De 57 litros	8900	0.400	1.052
De 76 litros	10600	0.477	1.253
De 114 litros	10600	0.477	1.253
De 151 litros	11200	0.504	1.324
Secadora de Ropa	10677	0.480	1.262

Los consumos en metros cúbicos por hora están dados al nivel del mar. Se consideró un poder calorífico de

22244 k cal/m³ para el gas LP (propano)
de 8460 k cal/m³ para el gas natural.

Tabla 3.4. Consumos de gas LP o gas natural en aparatos de cocinas industriales.

APARATO	Kcal/hora	Gas L.P. m ³ /hora	Gas natural m ³ /hora
ESTUFAS O PARRILLAS			
2 Quemadores	7560	0.340	0.894
4 Quemadores	15120	0.680	1.787
4 quemadores + horno	26460	1.190	3.128
6 quemadores + horno	33264	1.495	3.932
PLANCHAS FREIDORAS			
2 quemadores	12222	0.550	1.445
2 quemadores + horno	23058	1.037	2.726
PLANCHAS RADIALES			
Sin horno	13608	0.612	1.609
Con horno	24444	1.099	2.889
HORNOS DE REPOSTERIA O CARNES			
Por sección	17640	0.793	2.085
FOGÓN (por quemador)	17640	0.793	2.085
CAFETERAS			
Modelo 6	2520	0.113	0.298
Modelo 12	3780	0.170	0.447
Modelo 20	5040	0.227	0.596
Modelo 6-6	3780	0.170	0.447
Modelo 12-12	6300	0.283	0.745
Modelo 20-20	10080	0.453	1.192
FREIDOR	16900	0.760	1.998

Notas:

1. Los consumos en metros cúbicos por hora están dados al nivel del mar.
2. Se consideró un poder calorífico de 22244 k cal/m³ para el gas LP (propano) de 8460 k cal/m³ para el gas natural.

3.7.2 Salidas de laboratorio.

Deben considerarse 0.034 m³ (756 k cal) por hora por salida. Los consumos indicados para los aparatos y las salidas de laboratorio, en metros cúbicos por hora, siempre están dados tomando en cuenta el poder calorífico del gas en condiciones estándar, o sea la presión de una atmósfera y a 15 °C de temperatura.

3.8 Factores de simultaneidad.

3.8.1 Cocinas: considerar el 100%.

3.8.2 Laboratorios: Use los gastos mostrados en la tabla No. 3.5 de acuerdo con el número de salidas.

Tabla 3.5. Gastos de gas LP (propano) en salidas de laboratorio.

Salidas	Kcal/hora	m ³ /hora	Salidas	Kcal/hora	m ³ /hora
1	756	0.034	42	17143	0.771
2	1512	0.068	44	17610	0.792
3	2268	0.102	46	18055	0.812

4	2913	0.131	48	18500	0.832
5	3535	0.159	50	18944	0.852
6	4158	0.187	55	19990	0.899
7	4781	0.215	60	20968	0.943
8	5381	0.242	65	21880	0.984
9	5981	0.269	70	22747	1.023
10	6582	0.296	75	23547	1.059
12	7649	0.344	80	24325	1.094
14	8627	0.388	85	25037	1.126
16	9539	0.429	90	25748	1.158
18	10339	0.465	95	26416	1.188
20	11095	0.499	100	27083	1.218
22	11740	0.528	110	28394	1.277
24	12363	0.556	120	29617	1.332
26	12963	0.583	130	30796	1.385
28	13541	0.609	140	31841	1.432
30	14097	0.634	150	32864	1.478
32	14631	0.658	160	33887	1.524
34	15164	0.682	170	34887	1.569
36	15676	0.705	180	35866	1.613
38	16187	0.728	190	36822	1.656
40	16676	0.750	200	37778	1.699

Notas:

1. Para más de 200 salidas considere el 25% en uso simultáneo.
2. Los gastos en m3/hora son valores al nivel del mar.

3.9 Pérdidas de presión por fricción

3.9.1 En tuberías de baja presión regulada, usar la fórmula:

$$hf = 0.2 (S \times L \times Q^2) / d^5$$

Donde:

hf = Pérdida de presión por fricción, e gramos/cm² por metro lineal de tubo

S = Densidad relativa del gas con respecto al aire (Aire = 1)
 Considérese S = 2 para el gas L.P. y S = 0.6 para el gas natural.

L = Longitud equivalente de la tubería, en metros.

Q = Gasto de gas , en metros cúbicos por hora, a la presión de una atmósfera.

d = Diámetro interior del tubo, en centímetros.

3.9.2 En tuberías de alta presión regulada, usar la fórmula:

$$hf = 0.00007423 (S \times L \times Q^2) / d^5$$

Donde hf, S, L, Q y d, tienen el mismo significado que lo mencionado en el inciso anterior.

3.9.3 Corrección por altitud sobre el nivel del mar.

Las expresiones mostradas en los incisos 3.4.9.1 y 3.4.9.2 son para localidades situadas al nivel del mar. En el caso de localidades situadas a una altitud superior a la del nivel del mar, para obtener la pérdida de presión por fricción a la altitud de la localidad, esas expresiones deben dividirse entre la presión absoluta de operación en el

interior del tubo (presión atmosférica + presión manométrica promedio) en kg/cm². Considere las presiones manométricas promedio siguientes:

Baja Presión: 0.027241 k/cm²

Alta presión: 1.425 k/cm²

3.9.4 Máximas pérdidas de presión permisibles.

a. En baja presión.

La máxima pérdida de presión permisible es el 5% de la presión de salida de regulador de baja presión.

A continuación se indican las presiones de salida de los reguladores de baja presión y las pérdidas máximas de presión permisibles (5% de la presión de salida).

Tabla 3.6. Máxima pérdida de presión

Clase de gas	Presión de salida del regulador.	Máxima pérdida permisible
	gr/cm ²	gr/cm ²
Gas L.P.	27.94	1.397
Gas natural		
Gasto menor de 283 m ³ /hora	17.78	0.889
Gasto mayor de 283 m ³ /hora	22.86	1.143

b. En alta presión regulada

La máxima pérdida de presión permisible entre el regulador primario y el regulador secundario es de 0.15 k/cm² o sea el 10% de 1.5 K/cm², que es la presión de salida del regulador primario.

3.9.5 Selección de diámetros.

Para la selección de diámetros de los diferentes tramos de la red se debe tomar en cuenta:

- Los consumos de los diferentes aparatos o equipos a los que va dando servicio la tubería.
- Su factor de uso simultáneo y
- Que la suma de las pérdidas de presión por fricción en cualquier línea considerada debe ser igual o menor que la máxima pérdida permisible.

3.10 Determinación de almacenamiento en instalaciones de gas LP

3.10.1 Tipo de almacenamiento

El tipo de almacenamiento podrá ser a base de cilindros o a base de tanque estacionario, dependiendo de las condiciones de suministro de la localidad y del consumo de gas de la Unidad. Como primera alternativa debe considerarse tanque estacionario, en caso de cilindros, debe considerarse los de mayor capacidad que se consigan en el mercado local.

3.10.2 Capacidad de almacenamiento

La capacidad útil de almacenamiento debe ser igual al consumo de gas supuesto entre cambio de cilindros o entre los llenados del tanque estacionario y para su cálculo debe tomarse en cuenta:

- El consumo de cada uno de los aparatos o equipos, en metros cúbicos por hora.
- Las horas diarias de operación de cada equipo.
- La frecuencia conveniente de llenado del tanque o del cambio de cilindros.

3.10.3 Horas diarias de operación.

Para las horas diarias de operación de los diferentes equipos, considere los valores siguientes.

Tabla 3.7. Horas diarias de operación de equipos

Servicio	Horas de operación
Salidas de laboratorio	7
Calderetas	7
Cocinas	8
Lavanderías	7

3.10.4 Frecuencia de cambio de cilindros y de llenado del tanque estacionario

Considere que los cilindros se cambiarán cada 7 días y que la frecuencia de llenado será no menor de cada 20 días ni mayor de cada 30 días.

3.11 Volumen total del tanque de almacenamiento.

El volumen total del tanque de almacenamiento deberá ser 20% mayor que el volumen útil calculado, ya que el tanque ni se llena ni se vacía totalmente, considerándose que solamente alrededor del 83% del volumen total es útil.

3.11.1 Capacidad de vaporización del tanque.

Una vez determinadas las medidas del tanque, debe calcularse su capacidad de vaporización con la fórmula siguiente, la cual debe ser igual o mayor que el gasto máximo horario que se requiera:

$$Q_v = 0.01756 \times D \times L \times K_p \times K_t$$

Donde:

Q_v = Capacidad de vaporización del tanque, en m³/hora

D = Diámetro del tanque en metros.

L = Largo total del tanque, en metros.

K_p = Factor que depende del porcentaje de gas líquido en el tanque. Para 20%, $K_p = 60$

K_t = factor que depende de la temperatura ambiente y debe considerarse los siguientes:

Dependiendo del clima de la localidad.

Tipo de clima	Temperatura ambiente	Kt
Extremoso	-4.0 °C	2.25
Altiplano	+4.4°C	3.0
Tropical	+10.0°C	3.5

Y tomando en cuenta los factores antes mencionados se obtiene:

Para clima extremoso. $Q_v = 2.371 \times D \times L$

Para clima altiplano: $Q_v = 43.161 \times D \times L$

Para clima tropical: $Q_v = 43.688 \times D \times L$

3.12 Recipientes

Los recipientes para almacenamiento se fabrican de tipo portátil y de tipo estacionario. La capacidad de almacenamiento del equipo portátil es de 20, 30, y 45kg. Para el equipo estacionario la capacidad mínima es de 300 litros. En cualquier caso la capacidad es para un ciclo de cambio de cilindros o de llenado del tanque de 28 días como mínimo. La localización de los recipientes, en todos los casos, se hará a la intemperie con amplia y natural ventilación, y quedar a salvo de golpes. Deben instalarse sobre piso firme y nivelado a una distancia no menor de 3.0 metros de flama, boca de salida de chimeneas, de motores eléctricos o de combustión interna, anuncios luminosos, ventanas de sótanos, interruptores y conductores eléctricos, de acuerdo a las tablas: 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12.

Tabla 3.8. Distancias mínimas de paño de recipiente portátil a:

Elemento	Distancia Mínima
Fuente de ignición.	1.50 m
Succión de aire acondicionado y ventiladores.	3.00 m
Boca de salida de chimeneas.	1.50 m
Motores eléctricos o de combustión interna	3.00 m
Anuncios luminosos	1.50 m
Puertas o ventilas de casetas de elevador.	1.50 m
Interruptores, contactos eléctricos y cables energizados no entubados	1.50 m

Tabla 3.9. Distancias mínimas de paño de recipiente no portátil con capacidad de almacenamiento hasta 5000 litros a:

Elemento	Distancia Mínima
Lindero del predio	1.00 m
Paño de otro recipiente no portátil	1.00 m
Cualquier abertura al interior del edificio	1.50 m
Fuente de ignición	3.00 m
Succión de aire acondicionado y ventiladores	3.00 m
Boca de salida de chimeneas	3.00 m
Motores eléctricos o de combustión interna	3.00 m
Anuncios luminosos	3.00 m
Puertas o ventilas de casetas de elevador	3.00 m
Interruptores, contactos eléctricos y cables energizados	3.00 m

no entubados	
--------------	--

Tabla 3.10. Distancias mínimas de paño de recipientes no portátil con capacidad de almacenamiento de 5001 a 20000 litros a:

Elemento	Distancia Mínima
Lindero del terreno, cuando el recipiente esta instalado al nivel de piso	7.00 m
Paño de otro recipiente no portátil	1.50 m
Cualquier abertura al interior del edificio	7.00 m
Fuente de ignición	7.00 m
Succión de aire acondicionado y ventiladores	7.00 m
Boca de salida de chimeneas	7.00 m
Motores eléctricos o de combustión interna	7.00 m
Anuncios luminosos	7.00 m
Puertas o ventilas de casetas de elevador	7.00 m
Interruptores, contactos eléctricos y cables energizados no entubados	7.00 m

Tabla 3.11. Distancias mínimas de paño de recipiente no portátil con capacidad de almacenamiento de 20001 a 60000 litros a:

Elementos	Distancia Mínima
Lindero del terreno, cuando el recipiente está instalado al nivel del piso	10.00 m
Paño de otro recipiente no portátil.	1.50 m
Cualquier abertura al interior del edificio	7.00 m
Fuente de ignición	7.00 m
Succión de aire acondicionado y ventiladores	7.00 m
Boca de salida de chimeneas	7.00 m
Motores eléctricos o de combustión interna	7.00 m
Anuncios luminosos	7.00 m
Puertas o ventilas de casetas de elevador	7.00 m
Interruptores, contactos eléctricos y cables energizados no entubados	7.00 m

Tabla 3.12. Distancias mínimas de paño de recipiente no portátil con capacidad de almacenamiento de 60001 litros en adelante.

Elementos	Distancia Mínima
Lindero del terreno, cuando el recipiente está instalado al nivel de piso	15.00 m
Paño de otro recipiente no portátil	1.50 m
Cualquier abertura al interior del edificio	7.00 m
Fuente de ignición	7.00 m
Succión de aire acondicionado y ventiladores	7.00 m
Boca de salidas de chimeneas	7.00 m
Motores eléctricos o de combustión interne	7.00 m
Anuncios luminosos	7.00 m

3.13 Tendido de tuberías

3.13.1 Requisitos de diseño

- a. Tuberías visibles, adosadas a muros, quedando a salvo de daños mecánicos.
- b. Cuando crucen azoteas, pasillos o lugares de tránsito de personas, se preverá su protección para impedir su deterioro.
- c. Las tuberías no deben proyectarse para atravesar sótanos, huecos formados por plafones, celdas de cimentación, entresuelos, por abajo de cimientos o cimentaciones y de pozos de madera.
- d. Las tuberías no deben instalarse en recámaras, cubos o casetas de elevadores, tiros de chimeneas, ductos de ventilación o detrás de zoclos, lambrines de madera y de recubrimientos decorativos aparentes.
- e. Es permitida la instalación de tuberías en sótanos exclusivamente para alimentar los aparatos de consumo que en ellos se encuentren.
- f. En caso de tener que tender tuberías por ductos, éstos deben ser adecuados para el propósito y quedar ventilados permanentemente al exterior, cuando menos en ambos extremos.
- g. Las tuberías subterráneas en patios o jardines deben estar a una profundidad mínima de 0.60 m.
- h. Los recipientes tipo estacionario se pueden abastecer de gas en forma directa por medio de la manguera del vehículo suministrador, y cuando por su ubicación no se pueda lograr esto, debe proyectarse una tubería de llenado.
- i. La tubería de llenado debe proyectarse por el exterior de la construcción y ser visible en todo su recorrido, la boca de llenado debe situarse a no menos de 2.50 metros sobre el nivel del piso.
- j. En los sitios donde sean previsibles esfuerzos mecánicos, desalineamientos o vibraciones por asentamientos o movimientos desiguales, se debe de dotar de flexibilidad a la tubería mediante rizos, curvas omega, juntas de expansión, conexiones o tramos de materiales adecuados, quedando prohibido el uso de mangueras para tal fin.

3.14 Reguladores de presión

3.14.1 Reguladores de alta presión de gas LP

Los reguladores de alta presión, o primarios, están calibrados para entregar el gas a una presión de 1.5 k/cm². Debe considerarse siempre que las líneas de distribución es contigua al tanque estacionario. Ver características de reguladores en la tabla 3.13

Tabla 3.13. Características de reguladores de presión.

			Presiones		
Entrada	Salida	Orificio	Entrada	Salida	Capacidad
mm	mm	mm	Kg/cm ²	gr/cm ²	m ³ /hora
Reguladores Primarios (primera etapa) baja presión, gas LP					
6.4	9.5	-	7.03	27.94	0.99
12.7	12.7	3.6	7.03	27.94	5.38
12.7	19.1	6.4	7.03	27.94	14.16
19.1	19.1	6.4	7.03	27.94	21.95
Reguladores Secundarios (segunda etapa) baja presión, gas LP					

12.7	12.7	6.4	1.5	27.94	5.66
19.1	19.1	12.7	1.5	27.94	21.95
19.1	19.1	6.4	1.5	17.78	11.33
25.4	25.4	6.4	1.5	17.78	39.65
50.8	50.8	19.1	1.75	17.78	283.20
50.8	50.8	-	0.70	22.86	379.49
76.2	76.2	-	0.70	22.86	1314.48
101.6	101.6	-	0.70	22.86	1458.48
Reguladores Primarios, alta presión, gas LP					
6.3	6.3	-	7.03	1.5	14.10
12.7	12.7	-	7.03	1.5	70.80
25.4	25.4	12.7	5.25	1.5	321.00
50.8	50.8	12.7	14.06	1.5	1670.00
50.8	50.8	28.5	14.06	1.5	2804.00

3.14.2 Reguladores e baja presión para gas LP

Estos reguladores, denominados también de segunda etapa o secundarios, están calibrados para entregar el gas a una presión de 27.94 gr/cm². Se usan en instalaciones pequeñas a la salida del tanque, y en instalaciones en que el tanque esté bastante alejado de los aparatos de consumo, se instalarán lo más cercano a ellos.

3.14.3 Reguladores de baja presión para gas natural.

Para gastos de 283 m³/hora estos reguladores entregan el gas a una presión de 17.78 gr/cm² y para gastos mayores lo entregan a 22.86 gr/cm²

3.15 Válvulas

3.15.1 Se debe colocar antes de cada aparato de consumo una válvula de cierre de operación manual, y bajo las siguientes consideraciones:

- a. Si se instala en una tubería flexible, esta debe quedar sujeta al muro en sus extremos.
- b. En aparatos de consumo fijos (hornos empotrados, calentadores de agua, cocinas integrales, etc.) se puede instalar en la tubería flexible sin sujetar, si el tramo de ésta tiene una longitud no mayor de 0.50 m.
- c. Cuando las condiciones de los aparatos de consumo y/o de la instalación no permitan la colocación de una válvula de cierre de operación manual a cada uno de los aparatos, se debe instalar una válvula de las mismas características que controle la totalidad de los aparatos, en un lugar visible y de fácil acceso.
- d. En los locales con instalaciones clase C y D se debe instalar una válvula de cierre general de operación manual localizada en forma visible, claramente identificada y con fácil acceso.
- e. Cuando los aparatos de consumo sean de uso colectivo, como en escuelas, laboratorios, baños, etc., la válvula de cierre general de operación manual se debe instalar en un lugar visible y de fácil acceso, claramente identificada para operarse en caso de emergencia.

3.16 Pérdidas de presión por fricción.

Para la elaboración de los nomogramas de pérdidas de presión por fricción se utilizó la fórmula de Darcy cuya expresión es:

$$hf = f L/D V^2/2g \quad (1)$$

en la que:

hf = Pérdida de carga por fricción, en metros, del fluido de la presión absoluta de las operaciones el interior del tubo.

f = Factor de fricción, sin dimensiones.

L = Longitud del tubo, en metros.

V = Velocidad media del flujo, en metros/segundo

g = Aceleración de la gravedad, considerada constante e igual a 9.80665 metros / segundo

En el caso de estos gases el gasto de diseño está dado en metros cúbicos por hora en condiciones estándar, o sea a la presión de una atmósfera y a 15°C de temperatura, en tanto que el gasto en el interior de la tubería, que es el que se requiere para el cálculo de la velocidad del flujo que interviene en la fórmula 1, depende de la presión absoluta de operación en el interior del tubo, por lo que hay que poner este gasto en función del gasto de diseño.

Tomando en cuenta lo anterior y para tener la pérdida por de presión en Kg/cm² por 100 metros de tubo y de diámetro en centímetros, la expresión 1 se transforma en:

$$P_{100} = 0.63777707 f (P_o \times o) / P_i (Q_h) / d^5 \quad (2)$$

En la que:

P_{100} = Pérdida de presión por fricción, en Kg/cm²/100 metros de tubo.

f = factor de fricción, sin dimensiones.

P_o = Presión de una atmósfera, al nivel del mar, e igual a 1.033277453 Kg/cm²

o = Peso volumétrico del gas en condiciones estándar.

P_i = Presión absoluta de operación en el interior.

Q_h = gasto de diseño en condiciones estándar, en metros cúbicos por hora.

d = Diámetro interior del tubo, en centímetros.

y sustituyendo en (2) a P_o por su valor antes mencionado, queda:

$$P_{100} = 0.6589622 f (Q_h)^2 / P_i d^5 \quad (3)$$

En las instalaciones de gas L.P. o gas natural es costumbre poner el peso volumétrico del gas en función de su densidad con respecto al peso volumétrico del aire. Si "S" es la densidad del gas y el peso volumétrico del aire en condiciones estándar es de 0.225196427 Kg/m³, el peso volumétrico del gas será $P_o = 1.225196427 (S)$, y sustituyendo este valor en (3) obtenemos:

$$P_{100} = 0.80735813 f S / P_i (Q_h)^2 / d^5 \quad (4)$$

Que es la fórmula general para el cálculo de las pérdidas de presión por fricción, en kg/cm²/100 metros de tubo en tuberías conduciendo gases con una densidad de "S" con respecto al aire y gastos en metros cúbicos por hora en condiciones estándar.

De la expresión (4) vemos que para un gasto dado y un diámetro dado, las pérdidas de presión por fricción varían de acuerdo con lo siguiente:

a. En razón directa del factor "f" y de la densidad "S" del gas, es decir, a medida que aumentan estos valores así aumentan las pérdidas por fricción.

b. En razón inversa a la presión absoluta de operación en el interior del tubo. Como la presión absoluta de operación es la suma de la presión atmosférica de la localidad más la presión manométrica de operación y la presión atmosférica disminuye con la elevación sobre el nivel del mar, para una presión manométrica dada, las pérdidas de presión aumentan con la altitud del lugar.

3.16.1 Pérdidas de presión por fricción en tuberías al nivel del mar conduciendo gas LP en baja presión regulada.

Las consideraciones que se hicieron para aplicar la expresión (4) a estas instalaciones fueron las siguientes:

a. Presión interior absoluta.

La presión manométrica a la salida del regulador de presión es de 27.94 gr/cm²

La presión mínima permisible en el final de la tubería es de 26.54327gr/cm², o sea 5% menor de 27.94gr/ cm².

Para cálculo se uso la media, o sea 27.241 gr/ cm².

Por tanto, la presión absoluta interior será:

$$P_i = 1.033227 + 0.060468 \text{ k/ cm}^2$$

b. Densidad de butano: $S = 2$

c. Factor de fricción, de acuerdo con el Dr. Pole, este vale $f = 0.0256$

d. d) Las pérdidas de presión se expresan en gramos/cm² en vez de K/ cm², por lo que hay que multiplicar por 1000 a la expresión (4).

y sustituyendo estos valores en (4) obtenemos:

$$P_{100} = 38.98 (Qh)^2/d^5 \text{ en gr/cm}^2/100 \text{ m (5)}$$

3.16.2 Pérdidas de presión por fricción en tuberías al nivel del mar conduciendo gas LP en alta presión regulada.

En estas líneas las pérdidas de presión se manejan en k/ cm² por lo que hay que modificar estas unidades, y las consideraciones que se hicieron al aplicar la expresión (4) fueron las siguientes:

a. Presión interior absoluta. La presión a la salida del regulador de presión es de 1.5 k/ cm² y la mínima en la línea es de 1.35 k/ cm², por lo que la presión manométrica media es de 1.425 k/ cm². De acuerdo con esto, la presión absoluta interior es:

$$P_i = 1.033227 + 1.425 = 2.458227 \text{ K/ cm}^2$$

b. Densidad de butano: $S = 2$

c. Factor de fricción: De acuerdo con Cox, éste vale: $f = 0.0226$

por tanto, sustituyendo estos valores en (4) se tiene:

$$P_{100} = 0.0148451 (Qh)^2/d^5 \text{ en gramos/cm}^2/100 \text{ metros (6)}$$

3.16.3 Pérdidas de presión por fricción en tuberías al nivel del mar conduciendo gas natural en baja presión regulada.

Para estas líneas se consideró lo siguiente:

a. Presión interior absoluta. La presión a la salida del regulador de presión es de 17.78 gr/cm² y la mínima en la línea es de 16.891 gr/cm² por lo que la presión manométrica media es de 17.78 gr/cm². De acuerdo con esto, la presión interior absoluta es:

$$P_i = 1.033227 + 0.017335 = 1.50562 \text{ Kg/cm}^2.$$

b. Densidad del gas natural: $S = 0.6$

c. Factor de fricción: $f = 0.0256$

por tanto, sustituyendo estos valores en (4) queda:

$$P_{100} = 11.804178 (Qh)^2 / d^5 \text{ en gr/cm}^2/100\text{m}$$

3.16.4 Corrección de la pérdida de presión por fricción en función de la altitud sobre el nivel del mar (ASNM).

Para una presión manométrica dada las pérdidas de presión aumentan con la altitud del lugar ya que va disminuyendo la presión absoluta de operación por efecto de la disminución de la presión atmosférica con la altitud.

Los nomogramas están calculados para instalaciones al nivel del mar, por lo que no hay que hacer ninguna corrección para instalaciones a esa altitud. Para localidades situadas a una altitud superior a la del nivel del mar el aumento de pérdida de presión por fricción es igual a la relación de presiones absolutas entre la del interior del tubo al nivel del mar y la interior del tubo a la altitud de la localidad o sea, si " hfo " es la pérdida de presión por fricción al nivel del mar " hf " es la pérdida a una altitud superior, para determinar la pérdida "hfo" tenemos que:

$$hf = P_{io}/P_i \text{ Hfo}$$

En la práctica es muy laborioso el estar multiplicando cada valor de la pérdida de presión "hfo" del nomograma por el factor P_{io}/P_i para obtener la pérdida a la altitud de cálculo que nos proporcione resultados equivalentes y que sea de fácil aplicación. Si de la expresión anterior despejamos a "hfo" nos queda:

$$hfo = hf P_i/P_{io}$$

y de la cual se deduce que las pérdidas de presión por fricción a la altitud considerada, multiplicadas por el factor P_i/P_{io} son iguales a las pérdidas al nivel del mar.

Esto nos indica que, trabajando con los nomogramas de pérdidas por fricción al nivel del mar, debemos considerar que las pérdidas leídas en el nomograma son iguales a las pérdidas reales reducidas en la proporción P_i/P_{io}

Veamos la aplicación de esta última expresión al caso de 2 instalaciones iguales de gas L.P. en baja presión, una al nivel del mar y otra a 3000 metros de altitud. en ambas la pérdida máxima permisible por fricción es de 1.397 gr/cm². La presión absoluta de operación en el interior del tubo es igual a la presión atmosférica, más la presión manométrica, por lo tanto, tenemos:

a. Presión atmosférica

$$\text{Al nivel del mar: } Pat = 1.033227 \text{ k/ cm}^2$$

$$\text{A 3000 m. ASNM: } Pat = 0.7145 \text{ k/ cm}^2$$

b. Presión manométrica:

$$\text{La presión inicial es de } 27.94 \text{ gr/ cm}^2$$

La presión mínima final es 5% menor que la inicial, esto es 26.543 gr/ cm²

Como presión manométrica se considera la media entre la presión inicial y la presión final será:

$$27.241 \text{ gr/ cm}^2 = 0.027241 \text{ K/ cm}^2$$

De acuerdo con esto se tiene:

Al nivel del mar:

$$P_{io} = 1.0'3227 + 0.0227241 = 1.033227 = 1.060468 \text{ k/ cm}^2$$

A 3000 m de ASNM:

$$P_{io} = 0.7145 + 0.027241 = 0.741741 \text{ k/ cm}^2$$

por lo que:

$$P_i/P_{io} = 0.741741/1.060468 = 0.69945$$

Al nivel del mar no hay que hacer ninguna corrección a las pérdidas de presión por fricción leídas del nomograma, ya que éste está calculado para esta altitud. Otra forma de ver esto es que, en este caso:

$$P_i = P_{io} \text{ por lo que } P_i/P_{io} = 1$$

Por tanto, la pérdida máxima, leída del nomograma, sigue siendo de 1.397 k/ cm²

A la altitud de 3000 metros la pérdida máxima sigue siendo 1.397 k/ cm², pero para entrar al nomograma de pérdidas al nivel del mar hay que reducir en la proporción P_i/P_{io} o sea que, en lugar de que la pérdida máxima sea de 1.397kg/ cm², en el nomograma será de $1.397 \times 0.69945 = 0.97713 \text{ gr/cm}^2$, y la suma de las pérdidas de presión por fricción de los diferentes tramos de la red, leídas directamente del nomograma y sin hacerles ninguna corrección, no debe ser mayor de 0.97713 gr/ cm².

4. Sistema de abastecimiento y control de vacío y equipos

4.1 Abastecimiento y Control de Vacío y Equipos.

4.1.1 Redes de succión

a. Cuando se tengan laboratorios de investigación o de enseñanza que tengan salidas de succión (o vacío), se debe proyectar esta red independiente a cualquier otro sistema de succión.

4.1.2 Localización de válvulas de seccionamiento

a. Se deben poner válvulas de seccionamiento de acuerdo con las indicaciones siguientes:

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

4.1.3 Gasto de aire por considerar

a. Los gastos de aire, de acuerdo con el número de salidas, están indicados en la tabla 12.2. Estos gastos están dados en condiciones estándar (una atmósfera de presión y 15 °C).

4.2 Red de Succión para Uso en Laboratorios de Investigación o Enseñanza

a. Está red es separada de cualquier otro tipo de proceso que requiera vacío

4.2.1 Localización de salidas.

a. Serán con base en las Guías Mecánicas.

4.3 Vacío de Trabajo de la Red

a. El vacío de trabajo en las tuberías de la red de succión será de 482.60 mm de columna de mercurio en su inicio y de 406.4 mm de columna de mercurio en la salida más alejada.

4.4 Pérdidas de Presión por Fricción

a. Las pérdidas de presión por fricción de los diferentes tramos se calculan siempre con base a la presión absoluta de operación. Para tal efecto utilice los nomogramas de pérdidas de presión por fricción en tuberías de succión estos nomogramas están calculados para presiones absolutas desde 380.0 mm hasta 41.6 mm de columna de mercurio (0.517 a 0.0566 K/cm²).

4.4.1 Máxima pérdida de presión por fricción

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

4.4.2 Pérdidas de presión por fricción en tuberías de succión o "vacío".

a. En estas tuberías el gas que se conduce es aire, solo que a diferencia de las tuberías de aire comprimido en las que el aire en el interior del tubo esta a una presión mayor que la atmosférica, en las tuberías de succión o "vacío" el aire esta sujeto a una presión de operación menor que la atmosférica.

b. El "vacío" equivale a una presión negativa que hay que restar a la presión atmosférica para obtener la presión absoluta de operación en el interior del tubo.

c. En estas instalaciones es costumbre medir las presiones y "vacíos" en milímetros de columna de mercurio (mm Hg) y llamar presión barométrica a la presión atmosférica, pero los gastos también serán en litros por minuto en condiciones estándar y los diámetros se expresan en milímetros.

d. Para el cálculo de las pérdidas de presión por fricción en esas unidades, hay necesidad de transformar la expresión del Capítulo 3.16. Para esto, sabemos que:

- Una atmósfera es = 760 mm Hg = 1.033227453 Kg/cm² por lo que 1 Kg/cm² es = 735.5592399 mm Hg.

- Sustituyendo en expresión del inciso 3.4.16 de la norma para Sistemas de control de gas LP, el valor del peso volumétrico del aire en condiciones estándar (ρ) y tomando en cuenta la equivalencia K/cm² a mm Hg, se obtiene la expresión siguiente:

$$P_{100} = 157254845 f \sqrt{1/P_i} \rho^{0.2}/d^5$$

En la que, ahora:

P_{100} = Pérdida de presión por fricción en milímetros de columna de mercurio por 100 metros de tubo (mm Hg/100 m).

f = Factor de fricción.

P_i = Presión absoluta de operación en el interior del tubo, en milímetros de Hg.

q_0 = Gasto de aire en las condiciones estándar, en litros por minuto.

d = Diámetro interior del tubo, en milímetros.

- El "vacío" máximo en estas instalaciones es de 482.6 mm Hg (19 pulg.Hg) y el vacío mínimo es de 381.0 mm Hg (15 pulg Hg), por lo que las presiones absolutas que se manejan en el interior de las tuberías son:

P_i Máxima = Presión barométrica -381.0 en mm Hg ABS.

P_i Máxima = Presión barométrica -482.6 en mm Hg ABS.

- En la tabla 5.4 (anexo 5) se muestran, para diferentes altitudes sobre el nivel del mar, la presión barométrica a la altitud considerada así como las presiones máxima y mínima absolutas de operación en el interior de las tuberías.

- Observando en la tabla 5.4 (anexo 5) vemos que el rango de presiones absolutas de operación, varía desde un máximo de 379.0 mm Hg al nivel del mar hasta un mínimo de 42.957 mm Hg a 3000 metros de ASNM o sea una variación de presiones absolutas de casi 900%. Además si calculamos la variación de presión absoluta entre la máxima y la mínima al nivel del mar, esta es de 136.6%, en tanto que a 3000 metros de altitud esta es de 336.5%.

- Como en un solo nomograma no se puede tener todas esas variantes, para facilidad de cálculo se elaboraron nomogramas de pérdidas de presión por fricción para presiones absolutas desde 380.0 mm Hg hasta 41.6 mm Hg, en la que cada nomograma abarca una variación de presión absoluta del 10% de la presión mayor indicada, y para el cálculo se usó la presión media. Por ejemplo, en el nomograma para presiones de 380.0 a 342.0 mm Hg absolutos, se consideró lo siguiente:

Presión mayor 380.0 mm Hg

Presión menor $380.0 - 380.0 \times 0.1 = 342.0$ mm Hg

Presión media 361.0 mm Hg

4.5 Selección de Diámetros

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

4.6 Central de Succión

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

4.6.1 Potencia máxima de las bombas de vacío.

a. La potencia máxima de los motores de las bombas de vacío será de 15.0 CP.

4.6.2 Número de bombas de vacío.

a. Para determinar el número de bombas de vacío tome en cuenta lo siguiente:

- Si para el gasto total se requiere una bomba de vacío con motor de 15.0 CP o menor, considere 2 bombas, cada una con la capacidad de proporcionar el gasto total requerido de aire libre. En este caso se supone que operarán en forma alternativa.

- Si para el gasto total se requiere de una bomba de vacío con motor de más de 15.0 CP considere más de 2 Bombas, todas con motor de la misma potencia, pero no mayor de 15.0 CP, de tal forma que siempre quede una bomba de reserva. Estas bombas estarán en operación según lo requiera la demanda.

Por ejemplo, si para el gasto total se requiere de una bomba con motor de 20.0 CP y con 2 bombas de 10.0 CP se proporciona ese gasto, se considerarían 3 bombas con motor de 10.0 CP cada una de las cuales podrán operar 2 en forma simultánea y una estará de reserva.

4.6.3 Capacidad de las bombas.

a. Cada bomba debe tener capacidad para proporcionar un "vacío" de 482.6 mm de columna de mercurio con el gasto máximo de aire libre que vayan a manejar.

4.6.4 Tanque de "vacío".

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

4.6.5 Escape atmosférico

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

b. La pérdida por fricción, tomando en cuenta el gasto máximo de aire libre y la longitud equivalente, no debe ser mayor de 0.07 K/cm² (0.70 metros de columna de agua).

4.6.6 Localización de los equipos.

a. Los equipos deben ubicarse lo más cerca posible de las zonas a las que den servicio.

5. Sistema de control de aire a presión

5.1 Aire comprimido

5.1.1 Obtención

a. Se toma del aire atmosférico y es comprimido por compresores de 1 o 2 etapas, los compresores están complementados por un tanque receptor de aire, filtros, post-enfriadores y reguladores.

5.1.2 Almacenamiento

a. Se almacena en depósitos, de acuerdo a las necesidades del usuario.

- Como absorbedor de las pulsaciones de la compresión haciendo uniforme el paso del aire a las tuberías.
- Para cubrir las demandas altas de aire en tiempos cortos.
- Como recolector de agua y aceite Lubricante que no fueron separados.

5.1.3 Aplicación

- a. Tiene una gran variedad de usos: en el área médica, en todos los instrumentos quirúrgicos, como aire para respirar cuando el paciente requiere de una determinada mezcla de aire-oxígeno.
- b. En laboratorios para secado de instrumentos, en el área industrial en general.

5.1.4 Red de distribución

a. Presión de trabajo: Aire comprimido.

- La presión manométrica de trabajo en las tuberías de distribución es de 3.87 K/cm² en su inicio hasta 3.52 K/cm² en la salida más lejana.

b. Gastos de aire

- Tomas de aire de laboratorio, considere un gasto de 7 litros por minuto con una simultaneidad como se presenta en la tabla 5.1

Tabla 5.1 Gasto por salida de laboratorio

Número de salidas	Gasto LPM	Número de salidas	Gasto LPM
1	7.0	45	119.5
2	14.0	50	126.5
3	21.0	55	132.5
4	28.0	60	138.0
5	35.0	65	143.5
10	52.5	70	149.0
15	66.0	75	154.0
20	77.5	80	159.0
25	87.5	85	164.0
30	96.5	90	168.5
35	105.0	95	172.5
40	112.5	100	175.0

- En sillones dentales y en mesas de autopsia se utiliza 14 litros por minuto en cada toma al 100% de uso.
- Para la industria el fabricante de los equipos debe proporcionar la presión y gasto requerido para el funcionamiento adecuado de los mismos.

5.1.5 Máxima pérdida de presión.

a. La máxima pérdida de presión por NFPA, en cualquier red será de 0.35 K/cm².

5.1.6 Perdidas de fricción en tuberías.

a. Para determinar las pérdidas por fricción en tuberías con presión de 3.51 k/cm² de aire se empleará el nomograma 8.2, muestra las pérdidas por fricción en las tuberías de cobre rígido tipo "L" al nivel del mar a la presión manométrica de 3.51 kg/cm² (4.548 k/cm² absoluta) a temperatura de 15.6 °C.

b. Para tomar en cuenta la altura sobre el nivel del mar en la localidad donde se proyecta, considere que las pérdidas mostradas en los nomogramas están afectadas por el factor $(P_1 / 4.548)$ donde P_1 es la presión absoluta en el interior del tubo en la localidad (P_1 es igual a la presión atmosférica más 3.51 k/cm²).

c. Para la elaboración de estos nomogramas se emplea la fórmula de Darcy que es :

$$h = f L/D V^2/2g$$

Donde

h = Pérdida de fricción del fluido a la presión absoluta dentro del tubo en metros de columna de agua.

f = Factor de fricción sin dimensiones que depende de la rugosidad del tubo y el número de Reynolds.

L = Longitud del tubo en metros.

D = Diámetro interior del tubo en metros.

V = Velocidad del flujo en metros sobre segundo.

G = Aceleración de la gravedad. Empleando la fórmula de Darcy, en el manejo de oxígeno. Óxido nitroso y aire donde tenemos que el gasto está en litros por minuto, el diámetro en milímetros y para obtener las pérdidas por fricción en K/cm², se transforma:

$$AP_{100} = 237.2264 \cdot f / P_1 \cdot q^2 / d^5$$

Donde:

AP_{100} = Pérdida por fricción del tubo en Kg/cm² por cada 100 metros de longitud.

f = Factor de fricción, donde se utiliza la fórmula de Sevanicee-Jain

$$f = 0.25 / (\text{Longitud} (1/3.7 + 5.74/R_n = .9))$$

Siendo:

= Rugosidad absoluta = 0.001524 mm

d = Diámetro interior del tubo en mm

R_n = Número de Reynolds

= Peso volumétrico del gas Kg/cm

q = Gasto del gas en litros por minuto.

Para aire

$$AP_{100} = 70.591 \cdot f \cdot q^2 / d^5$$

5.1.7 Central de aire comprimido.

a. Debe contar con una compresora de uso continuo, con tanque de almacenamiento, el tanque debe tener una trampa de drenaje automático y de alivio de presión.

b. Si se requiere mayor calidad de aire, se debe contar con los siguientes equipos

- Un secador de aire de operación. automática,
- Un post-enfriador enfriado por agua.
- Sistema de filtros de aire para remover líquidos, aceites, olores y partículas en suspensión.
- En el caso de hospitales los compresores deben ser operados sin aceite.
- Estos locales deben contar con una ventilación natural, la toma de aire de los compresores debe estar lo más cercano al exterior prever un desagüe.

5.1.8 Central de aire.

a. Una vez determinada la capacidad del equipo, consultar al fabricante para determinar las dimensiones del equipo.

Nota : Se anexan datos técnicos de presiones atmosféricas y absolutas a diferentes alturas sobre el nivel del mar, así como de gasto de aire en función al número de salas (ver anexo 3, tablas no. 5.2, 5.3 y 5.4)

Tabla 13.1 Presiones atmosféricas y barométricas a diferentes altitudes sobre el nivel del mar.

ASNM	Presión	Presión	ASNM	Presión	Presión
m	Atmosférica	Barométrica	m	Atmosférica	Barométrica
	kg/cm ²	mm Hg		kg/cm ²	mm Hg
0	1.0332	760.000	1500	0.8624	634.346
50	1.0270	755.419	1550	0.8572	630.521
100	1.0208	750.859	1600	0.8520	626.696
150	1.0146	746.298	1650	0.8468	622.872
200	1.0084	741.738	1700	0.8416	619.047
250	1.0023	737.251	1750	0.8364	615.222
300	0.9962	732.764	1800	0.8312	611.397
350	0.9903	728.424	1850	0.8260	607.572
400	0.9846	724.232	1900	0.8210	603.894
450	0.9786	719.818	1950	0.8159	600.143
500	0.9730	715.699	2000	0.8109	596.465
550	0.9673	711.506	2050	0.8058	592.714
600	0.9615	707.240	2100	0.8007	588.962
650	0.9557	702.974	2150	0.7957	585.284
700	0.9500	698.781	2200	0.7907	581.607
750	0.9442	694.515	2250	0.7857	577.929
800	0.9386	690.396	2300	0.7807	574.251
850	0.9330	686.277	2350	0.7758	570.647
900	0.9275	682.231	2400	0.7708	566.969

950	0.9219	678.112		2450	0.7659	563.365
1000	0.9164	674.066		2500	0.7611	559.834
1050	0.9108	669.947		2550	0.7564	556.377
1100	0.9053	665.902		2600	0.7517	552.920
1150	0.8998	661.856		2650	0.7470	549.463
1200	0.8943	657.811		2700	0.7423	546.006
1250	0.8890	653.912		2750	0.7376	542.548
1300	0.8836	649.940		2800	0.7330	539.165
1350	0.8783	646.042		2850	0.7283	535.708
1400	0.8729	642.070		2900	0.7237	532.324
1450	0.8677	638.245		2950	0.7191	528.941
				3000	0.7145	525.557

Tabla 13.2 Gasto de aire en función

Número de Salas	Gasto LPM
1	135
2	270
3	405
4	540
5	675
6	810
7	910
8	980
9	1050
10	1110
11	1170
12	1230
13	1290
14	1350
15	1400
16	1450
17	1500
18	1550
19	1590
20	1630

Tabla 13.3 Presiones barométricas y presiones absolutas de operación a diferentes altitudes sobre el nivel del mar

$P_i \text{ Máxima} = P_b - \text{Vacío Mínimo}$
 $P_i \text{ Mínima} = P_b - \text{Vacío máximo}$
 $P_b - 482.6 \text{ en mm Hg}$
 $P_b - 381.0 \text{ en mm Hg}$

ASNM	Presión	Pi	Pi	ASNM	Presión	Pi	Pi
m	Barométrica	Máxima	Mínima	m	Barométrica	Máxima	Mínima
0	760.000	379.000	277.400	1500	634.346	253.346	151.746
50	755.419	374.419	272.819	1550	630.521	249.521	147.921
100	750.859	369.859	268.259	1600	626.696	245.696	144.096

150	746.298	365.298	263.698	1650	622.872	541.872	140.272
200	741.738	360.738	259.138	1700	619.047	238.047	136.447
250	737.251	356.251	254.651	1750	615.222	234.222	132.622
300	732.764	351.764	250.164	1800	611.397	230.397	128.797
350	728.424	347.424	245.824	1850	607.572	226.572	128.972
400	724.232	343.232	241.632	1900	603.894	222.894	121.294
450	719.818	338.818	237.218	1950	600.143	219.143	117.543
500	715.699	334.699	233.099	2000	596.465	215.465	113.865
550	711.506	330.506	228.906	2050	592.714	211.714	110.114
600	707.240	326.240	224.640	2100	588.962	207.962	106.362
650	702.974	321.974	220.374	2150	585.284	204.284	102.684
700	698.781	317.781	216.181	2200	581.607	200.607	99.007
750	694.515	313.515	211.915	2250	577.929	196.929	95.329
800	690.396	309.396	207.796	2300	574.251	193.251	91.651
850	686.277	305.277	203.677	2350	570.647	189.647	88.047
900	682.231	301.231	199.631	2400	566.969	185.969	84.369
950	678.112	297.112	195.502	2450	563.365	182.365	80.765
1000	674.066	293.066	191.466	2500	559.834	178.834	77.234
1050	669.947	288.947	187.347	2550	556.377	175.377	73.777
1100	665.902	284.902	183.302	2600	552.920	171.920	70.320
1150	661.856	280.856	179.256	2650	549.463	168.463	62.863
1200	657.811	276.811	175.211	2700	546.006	165.006	63.406
1250	653.912	272.912	171.312	2750	542.548	161.548	59.948
1300	649.940	268.940	167.340	2800	539.165	158.165	56.565
1300	649.940	268.940	167.340	2800	539.165	158.165	56.565
1350	646.042	265.042	163.442	2850	535.708	154.708	53.108
1400	642.070	261.070	159.470	2900	532.324	151.324	49.724
1450	638.245	257.245	155.645	2950	528.941	147.941	46.341
				3000	525.557	144.557	42.957

6. Métodos de instalación

6.1 Instalación de acetileno

El almacenamiento debe ser en envases comerciales de 0.7 k, 3.1 k y 6.1 k para uso industrial y de 8.4 k en adelante para uso de alumbrado.

Los accesorios como mangueras, manómetros y válvulas deben soportar presiones de 17 atmósferas a +15 °C.

6.2 Instalación de oxígeno

6.2.1 Tuberías

a. Deben ser de cobre rígido para soldar, tipo "L" de primera calidad. La tubería debe llevar impreso el diámetro y la marca.

b. Todas las tuberías horizontales, necesarias para el servicio interior de los edificios, deben instalarse abajo del nivel de la losa del piso al que dan servicio.

c. Las redes principales deben localizarse entre el plafón y la losa en las zonas de circulación del edificio, para facilitar los trabajos de mantenimiento.

- d. Debe evitarse instalar tuberías sobre equipos eléctricos o sobre lugares que puedan ser peligrosos para los operarios, al efectuar los trabajos de mantenimiento.
- e. Las tuberías horizontales de alimentación deben conectarse formando ángulos rectos entre sí y el desarrollo de éstas, debe ser paralelo a los ejes de la estructura.
- f. Las tuberías que forman las redes principales, deben instalarse agrupadas en un mismo plano, colocadas sobre soportaría metálica, cuyo diseño aparece en la sección correspondiente a las especificaciones de materiales o indicado en el proyecto.
- g. Las tuberías que forman las redes secundarias, deben disponerse como se indica para las redes principales, pero alejándolas en un plano superior o inferior al plano de las redes principales, con el propósito de permitir el cruzamiento de las tuberías. La conexión de las líneas secundarias con las principales, debe hacerse en ángulo recto utilizando para ello una "T" con la boca hacia arriba o hacia abajo, de acuerdo con la posición del plano de las redes secundarias.
- h. Las tuberías verticales, deben instalarse a plomo, paralelas y evitando los cambios de dirección innecesarios.
- i. Las tuberías de cobre deben cumplir con las siguientes características.

Diámetro nominal		Diámetro exterior		Diámetro interior		
Pulgadas	milímetros	Pulgadas	milímetros	Tipo 'M'	Tipo 'L'	Tipo 'K'
∅	3	1/4	6.35	5.08	5.08	4.724
1/8	6	3/8	9.525	8.255	8.001	7.899
3/8	10	1/2	12.7	11.43	10.922	10.210
∅	13	5/8	15.875	14.453	13.843	13.385
5/8	16	3/4	19.05	17.526	16.916	16.56
3/4	20 (19)	7/8	22.229	20.599	19.939	18.923
1	25	1 1/8	28.576	26.797	26.035	25.273
1 ∅	32	1 3/8	39.925	32.791	32.131	31.623
1 ∅	40 (38)	1 5/8	41.275	38.785	38.227	37.617
2	50 (51)	2 1/8	53.975	51.029	50.419	49.759
2 ∅	60 (63 o 64)	2 5/8	66.675	63.373	62.611	61.849
3	75 (76)	3 1/8	79.375	75.717	74.803	73.837
3 ∅	90 (89)	3 5/8	92.075	87.859	86.995	85.979
4	100 (102)	4 1/8	104.775	99.949	99.187	97.967
5	125 (127)	5 1/8	130.175	124.637	123.929	122.047
6	150 (152)	6 1/8	155.575	149.377	148.463	145.825
8	200 (203)	8 1/8	206.375	197.739	196.219	192.609
10	250 (254)	10 1/8	257.175	246.405	244.475	240.005
12	300 (305)	12 1/8	307.975	295.071	293.751	287.401

6.2.2 Conexiones

- a. Deben ser de cobre para soldar, tipo "L", de primera calidad.

6.2.3 Materiales de unión

- a. Debe usarse únicamente soldadura de plata y fúndente.

6.2.4 Válvulas

- a. Para seccionamiento de redes, debe usarse válvulas especiales para oxígeno de diafragma de neopreno.

6.3 Óxido Nitroso

6.3.1 Almacenamiento.

- a. El almacenamiento será en envases de 7.5 K, 30.0 K y 37.5 K

6.4 Anhídrido Carbónico (Bióxido de Carbono)

6.4.1 Almacenamiento

- a. Será en depósitos con capacidad de 20 K, y en las capacidades de los extintores con este compuesto.

6.5 Centrales de Oxígeno, Óxido Nitroso y Nitrógeno

6.5.1 Características Generales

- a. La central de oxígeno, óxido nitroso y nitrógeno, se pueden instalar en un mismo local,
- b. Estas centrales deben ser con paquetes de cilindros de acuerdo a la magnitud del consumo.
- c. Los locales deben instalarse lo más cerca posible al servicio del usuario y tener salida al exterior.
- d. No deben ubicarse en sótanos.
- e. Deben estar en un lugar accesible para facilidad de carga y descarga de los cilindros.
- f. Deben estar ventilados.
- g. No deben estar cerca de los tanques de combustible, transformadores o líneas eléctricas sin forro.
- h. Deben contar con un equipo de regulación de presión y válvula de alivio de presión.

6.5.2 Dimensiones

- a. Debe ser de 0.30 metros por cilindro más un metro del equipo de regulación de presión, una altura de 2.40 metros y un ancho mínimo de 2.00 metros.

6.6 Instalaciones de Gas LP

6.6.1 Tuberías y conexiones

- a. Toda la tubería debe ser de cobre Tipo "L" con conexiones Tipo "L", de primera calidad.
- b. La unión debe ser con soldadura con punto de fusión no menor de 489 K (216 °C).
- c. Las tuberías adosadas a elementos estructurales deben sujetarse a cada 3 metros con soportes o abrazaderas; que impidan su movimiento pero permitan la dilatación.
- d. Las tuberías que atraviesan claros o quedan separadas de la estructura de la construcción deben sujetarse con soportes de acero de 1/4" de espesor,
- e. Las tuberías deben colocarse visibles y quedarán a salvo de daños mecánicos, cuando crucen azoteas, pasillos o lugares de tránsito de personas.

- f. En caso de que las tuberías crucen las azoteas se colocarán soportes de concreto simple en todos los cambios de dirección horizontal.
- g. En los pasos de elementos estructurales, como trabes debe colocarse una camisa protectora. Al interior de estos pasos no se permitirá alojar uniones con soldadura.
- h. Al colocar los tubos rígidos no se permiten dobleces que tengan como propósito evitar el uso de las conexiones correspondientes.
- i. El sellado en conexiones cónicas y roscadas se logrará preferentemente con apriete final a tope, únicamente en conexiones no cónicas se colocará cinta teflón, sobre la cuerda exterior con una extensión de vuelta y media como máximo.
- j. Las tuberías de cobre flexible deben contar con conexiones roscadas y avellanadas.
- k. Debe colocarse un tapón capa en todo extremo de tubería destinado a conectar los muebles, aún cuando antes de tales extremos se instale una válvula.
- l. Se debe evitar que la tubería quede en contacto con recubrimientos de yeso para evitar la corrosión.
- m. La tubería de gas que conduzca gas L.P. en estado de vapor, debe pintarse con esmalte color amarillo y la línea de llenado que conduce gas L.P. en estado líquido, con esmalte rojo y en los centros de trabajo conforme a lo establecido en la normatividad de la Secretaría del Trabajo y previsión Social
- n. La línea de llenado debe instalarse en el exterior de las construcciones y será visible en todo su recorrido.
- o. Las tuberías deben quedar separadas 0.20 m como mínimo de conductores eléctricos y de tuberías que conduzcan fluidos corrosivos o de alta temperatura y no deben cruzar ambientes corrosivos.
- p. Las bocas de toma deben situarse al exterior de las construcciones a una altura no menor de 2.5 m de piso terminado, para evitar su manejo por personas extrañas al servicio.

6.6.2 Instalación de tuberías subterráneas.

- a. Deben estar a una profundidad mínima de 0.60 m. En caso de existir tráfico vehicular, éstas deben estar a cuando menos 1.20 m de profundidad.
- b. En redes exteriores las tuberías por piso, deben instalarse en trincheras con tapas ciegas de concreto colocadas a tope.

6.6.3 Válvulas

- a. Válvula en las tuberías de llenado de recipientes fijos de gas.
- Debe instalarse una válvula de control manual tipo Husky, para una presión mínima de 28 K/cm² y debe colocarse inmediatamente después del acoplador con cuerda ACME.
 - Debe instalarse una válvula automática de no retorno, sencilla o doble con cuerda ACME para recibir acoplador, según lo indique el proyecto. Esta válvula debe instalarse después de la válvula de control manual en la boca de la toma.
- b. Válvula de seguridad.
- Debe ubicarse entre las dos válvulas de cierre manual, en la zona más alta de esta tubería. La calibración de apertura debe ser de 26.75 K/cm².

c. Válvula de corte de cierre manual.

- Debe colocarse entre la tubería rígida y la tubería flexible, antes de cada aparato de consumo. Deben instalarse, firmemente sujetas al muro o elementos estructurales con abrazaderas a ambos lados de la llave.

d. Válvula de cierre general.

- Debe colocarse para el control total del suministro de gas.

e. Válvulas en laboratorios.

- En mesas de laboratorios deben colocarse las válvulas de espiga (pitón), que indique el proyecto, con conexiones de bronce a bronce.

- Las válvulas en general deben localizarse en lugares accesibles y serán colocadas de tal forma que no se dificulte su operación.

- Las válvulas deben ser roscadas en ambos extremos y deben conectarse a la tubería por medio de conexiones de cobre o bronce roscadas.

6.6.4 Recipientes

a. Tanque estacionario

- Las tuberías, conexiones, materiales de unión, juego de válvulas, regulador y el tanque estacionario deben ser de la capacidad indicada en proyecto.

a.1 Ubicación y protección de tanques estacionarios.

- Se deben ubicar sobre piso firme, directamente sobre él, o sobre plataformas o estructuras debidamente sustentadas, en donde deben quedar nivelados.
- Los recipientes deben estar ubicados a la intemperie, en sitios con ventilación natural.
- Los muros o divisiones junto a los recipientes deben ser de materiales no combustibles.
- Los recipientes deben protegerse contra daños físicos que afecten su integridad.
- Cuando se usen muros para protección de los recipientes, éstos deben contar con ventilación en la parte inferior y cubrir máximo tres lados del recipiente.

a.2 Valoración de recipientes no portátiles

- Para que los recipientes no portátiles puedan ser puestos o continuar en servicio, cuando menos sus válvulas de: servicio, llenado, exceso de flujo (cuando existan) y de relevo de presión, deben tener 5 años a partir de su fecha de fabricación, y si el recipiente tiene diez años de fabricación, contar con un dictamen sobre los espesores del cuerpo y las cabezas, realizado por una Unidad de Verificación acreditada en pruebas No destructivas.

6.6.5 Reguladores de Presión

a. Reguladores primarios (primera etapa) de baja presión.

- Deben instalarse reguladores primarios de baja presión, con presión de entrada de 7.03 K/cm² y presión de salida de 27.94 gr/cm².

b. Reguladores secundarios (segunda etapa) de baja presión.

- Deben instalarse reguladores secundarios de baja presión, con presión de entrada de 1.5 K/cm² y una presión de salida de 27.94 g/cm².

c. Reguladores primarios, alta presión.

- Deben instalarse reguladores primarios de alta presión, con presión de entrada de 7.03 K/cm² y una presión de salida de 1.5 K/cm².

6.7 Instalación de Vacío

6.7.1 Tuberías

a. En las redes de vacío deben usarse tuberías de cobre rígido tipo "L" y tuberías de P.V.C. de extremos lisos para cementar, cuyas propiedades físicas y químicas, sean del tipo 1, grado 1. Las presiones de la tubería se regirán por lo indicado en la especificación correspondiente. La calidad y las dimensiones de las tuberías deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana.

6.7.2 Conexiones

a. Las conexiones deberán cumplir con la Norma Oficial Mexicana.

b. Las tuberías de cobre, se unirán utilizando conexiones de cobre, bronce o latón para soldar.

c. El acoplamiento entre las tuberías y las conexiones de PVC debe ser a base de unión cementada.

6.7.3 Materiales de unión.

a. En tuberías de cobre debe utilizarse soldaduras de cobre fosforado y fúndente especial para este tipo de soldadura.

b. En tuberías cementadas de PVC debe realizarse utilizando el cemento especial especificado por el fabricante. Limpiador especial especificado por el fabricante, para limpiar las impurezas de las partes a cementar.

6.7.4 Válvulas.

a. De seccionamiento. Tipo "bola" con cuerpo de bronce forjado, asiento y empaques de teflón, vástago para abrir y cerrar en giro de 90° con extremos roscados para diámetros hasta de 50 mm y extremos bridados para diámetros mayores a 64 mm.

b. Juntas de dilatación. La dilatación de las tuberías debe ser con tubería de cobre flexible para diámetros hasta de 19 mm y para diámetros mayores con mangueras de acero inoxidable, con adaptadores macho o hembra en los diámetros de 50 mm y menores, para diámetro de 64 mm y mayores, se utilizarán mangueras con extremos bridados.

6.7.5 Equipos.

a. Equipo de succión. Debe estar compuesto por:

- Bombas de vacío, del modelo y capacidad indicados en el proyecto.

- Motor eléctrico de tres fases, 60. Hz, 220V/440V, aislamiento clase B de los HP y las RPM especificadas en el proyecto.

b. Equipo eléctrico.

- Interruptor de seguridad (de cuchillas) de la capacidad indicada en proyecto.

- Arrancador magnético a tensión plena.
- Tubería Conduit pared gruesa galvanizada.
- Condulets serie ovalada.
- Cable conductor de cobre para 600 volts, 75°C, THW LS de calibre indicado en proyecto y cable desnudo para puesta a tierra.
- En la ejecución del trabajo de este tipo de instalaciones regirá lo indicado para localización de tuberías y accesorios, ángulos de conexiones, agrupamiento de tuberías, tuberías verticales, separación, suspensión y anclaje, soportaría, relaciones con la estructura, protección, pruebas y pintura de tuberías y ejecución de instalaciones hidráulicas en redes interiores, inciso 3.4.12 de las Normas de Diseño de Instalaciones Hidráulicas y del inciso 3.4.12 de Métodos de instalación Eléctrica.

6.8 Aire comprimido.

6.8.1 Tuberías.

- a. Tuberías de cobre. Debe usarse tuberías de cobre rígido tipo "L", de primera calidad de acuerdo con la especificación correspondiente.
- b. Tuberías de fierro. Debe usarse tuberías de fierro galvanizado, de primera calidad de acuerdo con la especificación correspondiente.

6.8.2 Conexiones

- a. Las tuberías de cobre se deben unir utilizando conexiones de cobre para soldar de primera calidad, de acuerdo con la especificación correspondiente
- b. Las tuberías de fierro galvanizado se deben unir con conexiones roscadas del mismo material de primeras calidad, de acuerdo con la especificación correspondiente.
- c. Las conexiones especiales deben ser de cobre flexible y mangueras flexibles de acero inoxidable.

6.8.3 Materiales de unión.

- a. Para tuberías de cobre, debe utilizarse soldadura 50-50 y pasta fúndente para soldar.
- b. Para tuberías de fierro, deben utilizarse conexiones roscadas y cinta teflón.

6.8.4 Válvulas.

- a. Debe utilizarse válvulas de diafragma.

6.8.5 Soportería de instalaciones para control de gases y aire comprimido.

- a. La soportería debe sujetarse a elementos estructurales, de acuerdo a los detalles de diseño, trayectorias y separación entre soportes indicados en el proyecto.
- b. La distancia de separación debe estar de acuerdo al diámetro de la tubería y al tipo de material de la misma.
- c. Los soportes deben colocarse de tal manera que en trayectorias horizontales las tuberías queden a nivel y paralelas a los ejes principales de la estructura.

d. En trayectorias verticales las tuberías deben quedar a plomo, paralelas y evitando cambios de dirección innecesarios.

e. La soportería debe ser del tipo: Unicanal, varillas roscadas, trapecios, abrazaderas tipo “U” y “J”, “Omega”, “Pera”, “tipo unicanal”, etc., taquetes de expansión, así como accesorios normales para su fijación, de medidas y calibres indicados en el proyecto.

7. Especificaciones generales

7.1 Instalaciones de Acetileno.

7.1.1 Almacenamiento

a. El almacenamiento debe ser en envases comerciales de primera calidad que cumplan con la Norma Mexicana correspondiente en vigor, marca: INFRA, AGA ACETILENO, GASOLMAR, o equivalente.

7.1.2 Accesorios.

a. Los accesorios como mangueras, manómetros y válvulas deben soportar las presiones de trabajo normales de trabajo del acetileno, que cumplan con la Norma Mexicana correspondiente, marca: INFRA, AGA ACETILENO, GASOLMAR, o equivalente.

7.2 Oxígeno

7.2.1 Las tuberías deben ser de cobre rígido para soldar, tipo “L” de primera calidad, de fabricación nacional, que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente. La tubería debe llevar impreso el diámetro, marca: Industrias Unidas (IUSA), Productos Nacobre, Alcorsa, o equivalente.

7.2.2 Las conexiones deben ser de cobre para soldar, tipo “L”, de primera calidad de fabricación nacional, que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente marca: Industrias Unidas (IUSA), Productos Nacobre, Alcorsa o equivalente.

7.2.3 Para unir las tuberías debe usarse únicamente soldadura de plata y fundente, marca: ETAL, Aleaciones Universales, Soldemex o equivalente.

7.2.4 Las válvulas para seccionamiento de redes de oxígeno, deben ser de diafragma de neopreno de primera calidad, de fabricación nacional, que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: PBM, POWELL VALVES, BERMAD o equivalente.

7.3 Instalaciones de Óxido Nitroso

7.3.1 Almacenamiento

a. El almacenamiento debe ser en envases de comerciales de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: INFRA, AGA Acetileno, Gasolmar o equivalente.

7.4 Instalaciones de Anhídrido Carbónico (Bióxido de Carbono).

7.4.1 Almacenamiento del anhídrido carbónico, (bióxido de carbono).

a. El almacenamiento será en envases comerciales de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente y marca: ANSUL, VIKING, PRAXAIR MEXICO o equivalente.

7.5 Instalaciones de Gas LP

7.5.1 Toda la tubería debe ser de cobre Tipo "L" con conexiones Tipo "L", rígida y flexible, de primera calidad de fabricación nacional, que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente. La tubería debe llevar impreso el diámetro, marca: Industrias Unidas (IUSA), Productos Nacobre, Alcorsa, o equivalente.

7.5.2 La unión de la tubería debe ser con soldadura del número 50 y fundente para este tipo de soldadura.

7.5.3 Todos los soportes y sus partes deben satisfacer los requerimientos del Capítulo 1, Sección 6, Código ASA B-31.1, para tuberías de presión. Los soportes, tirantes, abrazaderas etc., deben ser de fácil adquisición en el mercado y que su producción permita un abasto suficiente.

7.5.4 En redes exteriores las tuberías subterráneas, deben instalarse en trincheras con tapas ciegas de concreto f'c= 150 Kg/cm² y colocadas a tope.

7.5.5 Las válvulas de control y seccionamiento deben ser de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

7.5.6 Las válvulas deben ser roscadas en ambos extremos y deben conectarse a la tubería por medio de conexiones de cobre o bronce roscadas y de la marca: REGO, HARPER-MEX, ALFA, o equivalente.

7.5.7 Los recipientes deben ser de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: TATSA, CYLSA, ARMEBE o equivalente, y de acuerdo a lo que indique el proyecto deben ser: Tanque estacionario o Tanque portátil.

7.5.8 Los reguladores deben ser de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: CMS INTERNACIONAL, FISHER, REGO, PRESIÓN o equivalente, y de acuerdo a lo que indique el proyecto serán primarios o secundarios de baja o alta presión.

7.6 Instalación de Vacío

7.6.1 Las tuberías y conexiones de cobre que deben ser de cobre rígido tipo "L", de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: Industrias Unidas (IUSA), Productos Nacobre, Alcorsa, o equivalente.

7.6.2 Para la unión de tuberías de cobre tipo "L" se debe utilizar soldadura del número 50 y fundente para este tipo de soldadura.

7.6.3 Las tuberías de P.V.C. deben ser de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: PLÁSTICO REX, DURALÓN, PLÁSTICOS OMEGA, POLIDUCTO o equivalente.

7.6.4 El acoplamiento entre las tuberías y las conexiones de P.V.C. debe ser a base de unión cementada y limpiador especial especificado por el fabricante.

7.6.5 Las válvulas de seccionamiento deben ser tipo "bola", de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: NIBCO, RENVAL, WALWORTH o equivalente.

7.6.6 La junta de dilatación debe ser con tubería de cobre flexible y con mangueras de acero inoxidable, de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: SPIRALTECH, TEF-FLEX, HAFSA o equivalente

7.6.7 La motobomba de vacío, del modelo y capacidad indicados en el proyecto debe ser la que cumpla con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: NASH, GAST, SHINE o equivalente.

7.6.8. Los equipos eléctricos deben contener; Interruptor de seguridad (de cuchillas) de la capacidad indicada en proyecto, arrancador magnético a tensión plena, cable conductor de cobre para 600 volts, 75°C, THW LS del calibre indicado y accesorios normales para su instalación (tubería conduit, anclaje, soportería, etc.),

cumpliendo con el inciso de Métodos de Instalación Eléctrica de las Normas de Diseño Electromecánico Volumen II, y con la Norma Oficial mexicana correspondiente, marca: SIEMENS, CUTLER HAMMER, SQUARE “D”.

7.7 Instalaciones de Aire Comprimido

7.7.1 Las tuberías de cobre rígido tipo "L", para aire comprimido deben ser de primera calidad, que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca: Industrias Unidas (IUSA), Productos Nacobre, Alcorsa, o equivalente.

7.7.2 Todas las tuberías que se utilicen en la instalación de aire comprimido de fierro galvanizado cédula 40, deben ser de primera calidad y que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca, TUBOS MONTERREY, PEASA, TUBOS RÍGIDOS o equivalente.

7.7.3 Las tuberías de cobre se deben unir utilizando conexiones de cobre Tipo “L” para soldar, de primera calidad que cumpla con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca, Industrias Unidas (IUSA), Productos Nacobre, Alcorsa, o equivalente.

7.7.4 Las conexiones para tubería de fierro galvanizado deben ser roscadas, cédula 40 del mismo material, de primera calidad, que cumpla con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca, TUBOS MONTERREY, TAMSA, TUBOS RÍGIDOS o equivalente.

7.7.5 Las conexiones especiales deben ser de cobre flexible y mangueras flexibles de acero inoxidable de primera calidad, que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca, TEK-FLEX, HAFSA, SPIRALTECHT o equivalente.

7.7.6 Los materiales de unión para tuberías de cobre debe ser soldadura del número 50 y pasta fundente para soldar.

7.7.7 Para la unión de tuberías de fierro galvanizado cédula 40 debe utilizarse conexiones roscadas y cinta teflón.

7.7.8 Debe utilizarse válvulas de diafragma de primera calidad que cumplan con la Norma Oficial Mexicana correspondiente, marca NIBCO, RENVAL, WALWORTH o equivalente.

7.7.9 La soportería de instalaciones para control de gases del aire, gas LP y aire comprimido debe cumplir con lo especificado en el inciso 6.4.11 del capítulo 6 .

8. Alcances

8.1 Anteproyecto

La etapa de anteproyecto debe incluir como mínimo, los conceptos enunciados en la siguiente tabla:

Concepto	Observaciones
Planos	
Localización de salidas de gases especiales	1:100
Localización de salidas de gas LP	1:100
Localización salidas para vacío	1:100
Localización salidas para aire a presión	1:100
Localización de local para los tanques de almacenamiento	1:100/1:25
Localización de local para las compresoras	1:200/1:25

y bombas de vacío	
Trayectorias de tuberías para gases especiales	1:100
Trayectorias de tuberías para gas LP	1:100
Trayectorias de tuberías para vacío	1:100
Trayectorias de tuberías para aire comprimido	1:100
Precapacidades	
Tanques de almacenamiento.	En Kilogramos
Compresoras de aire.	En HP o Kw
Bombas de vacío.	En HP o Kw
Dimensionamiento preliminar	
Tanques de almacenamiento.	En Kilogramos
Compresoras de aire.	En HP o Kw
Bombas de vacío.	En HP o Kw
Documentos Complementarios	
Memoria de cálculo	
Memoria técnica descriptiva	
Relación de equipos especiales	

8.2 Proyecto Ejecutivo

La etapa de proyecto debe incluir como mínimo, los conceptos enunciados en la siguiente tabla:

Concepto	Observaciones
Planos	
Localización de salidas de gases especiales	1:100
Localización de salidas de gas LP	1:100
Localización salidas para vacío	1:100
Localización salidas para aire a presión	1:100
Localización de local para los tanques de almacenamiento	1:100/1:25
Localización de local para las compresoras y bombas de vacío	1:200/1:25
Trayectorias de tuberías para gases especiales	1:100
Trayectorias de tuberías para gas LP	1:100
Trayectorias de tuberías para vacío	1:100
Trayectorias de tuberías para aire comprimido	1:100
Capacidades	
Tanques de almacenamiento.	En

	Kilogramos.
Compresoras de aire.	En HP o Kw.
Bombas de vacío.	En HP o Kw.
Dimensionamiento definitivo	
Tanques de almacenamiento.	En Kilogramos.
Compresoras de aire.	En H.P. Ó Kw.
Bombas de vacío.	En H.P. Ö Kw.
Documentos Complementarios	2%
Memoria de cálculo	
Memoria técnica descriptiva	
Relación de equipos especiales	

8.3 Memorias.

- a. La memoria de cálculo de acuerdo con cada proyecto, debe contener: cálculo, del diámetro de las tuberías, y capacidad de almacenamiento, cálculo y selección de válvulas, cálculo de la capacidad de equipos de y selección de los mismos.
- b. La memoria descriptiva debe contener los datos generales del proyecto, así como los criterios de diseño y operación de los sistemas seleccionados y los métodos de cálculo utilizados para tuberías, depósitos, equipos y accesorios.

9. Bibliografía

- a. Normas de Diseño de Ingeniería, Tomo II, Instituto Mexicano del Seguro Social.
- b. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.