

T E M A R I O

INSTALACIONES EN PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS L.P.

F E C H A	TIEMPO DE EX POSICION.	T E M A	PROFESOR:
<u>I.- CONCEPTOS BASICOS.</u>			
20 Sept.	2.00 hs.	1.- Los combustibles y sustitutos futuros: a) Combustibles gaseosos. b) Combustibles líquidos. c) Combustibles sólidos.	Ing. Luis Cifuentes Ramirez.
23 Sept.	2.00 hs.	2.- Leyes generales que rigen a los gases aplicados al gas L.P.	Ing. Arturo Madrid Peralta.
25 Sept.	2.00 hs.	3.- Gas L.P. Características físicas y químicas. a) Definición y Fórmula. b) Densidad relativa. c) Punto de ebullición. d) Relación de expansión de líquido a vapor. e) Límites de inflamabilidad. f) Presión de vapor.	Ing. Arturo Madrid Peralta.

F E C H A	TIEMPO DE EX POSICION.	T E M A	PROFESOR:
		g) Efectos de la temperatura. h) Temperatura de ignición. i) Poder calorífico. j) Odorización.	
		- Película -	
27 Sept.	1.00 hs.	4.- Composición del gas L.P. a) Usos del Hidrómetro. b) Mezclas de gas L.P. c) Demostraciones de algunas propieda des físicas del gas L.P.	
		II.- <u>SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO.</u>	
27 Sept.	0.50 hs.	1.- Por tuberías. 2.- Por carro-tanques. 3.- Por auto-tanques. 4.- Por barco-tanques.	Ing. Octavio Urtaza.
27 Sept.	0.50 hs.	III.- <u>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO.</u> 1.- Subterráneo.	Ing. Octavio Urtaza.



F E C H A	TIEMPO DE EX POSICION.	T E M A	PROFESOR:
		2.- Superficie. 3.- De presión reducida.	
		IV.- <u>TANQUES DE ALMACENAMIENTO.</u>	
30 Sept.	2.00 hs.	1.- Tipos. 2.- Construcción y Norma. 3.- Accesorios. 4.- Pruebas iniciales y periódicas. 5.- Reparación de fallas y mantenimiento. 6.- Ubicación. 7.- Protección. 8.- Selección.	Ing. Manuel Castro Romo.
		V.- <u>TUBERIAS Y VALVULAS.</u>	
2 Oct.	1.00 hs.	1.- Tuberías. a) Especificaciones y Normas. b) Diferentes usos. c) Instalación. d) Accesorios.	Carlos de León Zambrano.

F E C H A	TIEMPO DE EX POSICION.	T E M A	PROFESOR:
		e) Protección catódica. f) Protección a la intemperie y subte rránea.	
2 y 4 Oct.	3.00 hs.	2.- Válvulas. a) Tipos b) Funcionamiento. c) Usos. d) Selección. 3.- Mantenimiento.	
		VI.- <u>BOMBAS Y COMPRESORAS.</u>	
7 y 9 Oct.	4.00 hs.	1.- Bombas. a) Tipos b) Factores que intervienen en el -- transporte del gas L.P., por tube rías. - N P S H - Cavitación. - Temperatura. - Balance de energías.	Ing. Arturo Madrid Peralta.

F E C H A

TIEMPO DE EX
POSICION.

T E M A

PROFESOR:

- Diámetros económicos de tuberías.

- c) Instalación.
- d) Ubicación y protección.
- e) Mantenimiento.

11 Oct. 2.00 hs.

2.- Compresoras.

Ing. Luis Cifuentes Ramírez.

- a) Funcionamiento.
- b) Uso y ventajas.
- c) Cálculo de Capacidad.
- d) Protección y mantenimiento.

3.- Efecto de cambio de ciclaje.

VII.- BUJEA DE LLENADO.

14 Oct. 2.00 hs.

1.- Actividades.

Ing. Arturo Madrid Peralta.

- 2.- Múltiple de llenado y accesorios.
- 3.- Características de construcción.
- 4.- Factores en llenado manual de cilindros.
- 5.- Factores en llenado automático de cilindros.

F E C H A

TIEMPO DE EX
POSICION.

T E M A

PROFESOR:

- 6.- Presiones de trabajo.
- 7.- Limpieza de recipientes.
- 8.- Pintado y tarado de recipientes.
- 9.- Básculas.

VIII.- TORRES DE CARGA Y DESCARGA.

16 Oct. 2.00 hs.

- 1.- Usos.
- 2.- Materiales de construcción.
- 3.- Accesorios de seguridad.
- 4.- Espuela de Ferrocarril.
- 5.- Mangueras y su mantenimiento.
- 6.- Tipos de carro-tanques e iniciativa de identificación plena.
- 7.- Sistema de vaciado de carro-tanque y auto-tanque.
- 8.- Protección contra daños mecánicos.

Ing. Luis Cifuentes Ramírez

IX.- INSTALACION ELECTRICA.

18 y 21 Oct 4.00 hs.

- 1.- Clasificación de áreas.

Ing. Jorge Ramírez.

F E C H A	TIEMPO DE EX POSICION.	T E M A	PROFESOR:
-----------	---------------------------	---------	-----------

- 2.- Características de la instalación eléctrica.
- 3.- Selección e instalación del equipo en áreas no peligrosas y peligrosas.
- 4.- Consideraciones técnicas de diseño.
- 5.- Mantenimiento.
- 6.- Consideraciones sobre el cambio de frecuencia.

X.- U R B A N I Z A C I O N

23 y 25 Oct. 4.00 hs.

- 1.- Localización de la planta.
- 2.- Distribución áreas de trabajo.
- 3.- Descripción de las zonas de operación.
- 4.- Cálculo de bases de sustentación.
- 5.- Servicios sanitarios, oficinas, estacionamientos, bodegas y talleres.
- 6.- Sistema hidrosanitario.
- 7.- Mantenimiento.

Ing. Carlos Escalante

XI.- S I S T E M A S D E P R O T E C C I O N

28 y 30 Oct. 4.00 hs.

- 1.- Accesorios automáticos de seguridad.

Ing. Octavio Urtaza.

F E C H A	TIEMPO DE EX POSICION.	T E M A	PROFESOR:
-----------	---------------------------	---------	-----------

2.- Sistema de enfriamiento por asper-
sion de agua.

3.- Hidrantes.

4.- Extinguidores portátiles y de carro.

5.- Alarma.

6.- Traje de proteccion en combate de -
fuegos.

7.- Matachispas.

8.- Rótulos preventivos.

9.- Entrenamiento de personal.

- Película -

- Simulacro -

COORDINADOR DEL CURSO: Ing. Antonio Cerna González.

COORDINADOR GENERAL : Ing. José Eliseo Ocampo Sámano.



SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

INSTRUCTIVO para la proyección y ejecución de obras e instalaciones relativas a plantas de almacenamiento de gas licuado de petróleo (Artículo 8o. Fracción I, del Reglamento de la Distribución de Gas).

Al margen un sello que dice: Poder Ejecutivo Federal.- Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Industria y Comercio.

La Secretaría de Industria y Comercio, en uso de las facultades que le conceden los artículos 4o., 27, 57 y demás relativos del Reglamento de la Distribución de Gas, publicado en el "Diario Oficial" de la Federación del 29 de marzo de 1960, expide el presente Instructivo para la Proyección y Ejecución de Obras e Instalaciones Relativas a Plantas de Almacenamiento.

Las personas que hayan presentado solicitudes de autorización para almacenamiento, transporte y suministro y quienes tengan interés en obtenerla, además de cumplir con los requisitos fijados en el Reglamento correspondiente, deberán satisfacer los señalados en el presente Instructivo y los que fije la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

C A P I T U L O I

Generalidades

1.- De acuerdo con el artículo 6o., inciso a) del Reglamento de la Distribución de Gas, se entiende por planta de almacenamiento un sistema fijo y permanente para almacenar gas L.P., que mediante instalaciones apropiadas haya el trasiego de éste utilizando recipientes adecuados.

2.- En toda planta almacenadora de gas L.P. que se diseñe o se construya a partir de la fecha en que entre en vigor este Instructivo, ya sea que se trate de planta nueva o de planta cuya ubicación se cambie, deberá darse cumplimiento íntegramente a las disposiciones aquí contenidas.

3.- Las modificaciones de instalaciones en plantas almacenadoras de gas L.P. construídas, con sujeción al Instructivo expedido con anterioridad por la Secretaría de Industria y Comercio, que a la fecha estén operando, se ajustarán a las disposiciones del presente Instructivo en los plazos y fechas que en cada caso fije la propia Secretaría.

4.- La Secretaría establecerá el programa de cumplimiento que deba darse a las disposiciones de este Instructivo, por las plantas almacenadoras de gas L.P. que estén operando legalmente en la fecha en que entre en vigor, en los aspectos relativos a equipo de prevención y combate de incendio, sistema eléctrico, circulación y estacionamiento de vehículos.

5.- Además, la Secretaría señalará a los interesados la obligación de substituir el elemento ó elementos de su planta almacenadora-

SECRET
CONFIDENTIAL

1. The purpose of this document is to provide information regarding the activities of the [redacted] in the [redacted] area. This information is being provided to you for your information only and should not be disseminated to other personnel.

2. The [redacted] has been identified as a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities.

3. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area.

4. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area.

II

SECRET

1. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area.

2. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area.

3. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area.

4. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area.

5. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area. It is believed that the [redacted] is engaged in [redacted] activities. The [redacted] is believed to be a [redacted] and is currently operating in the [redacted] area.

cuya operación represente peligro latente para la vida o propiedad, o no llene los requisitos exigidos anteriormente por la Secretaría de Industria y Comercio, señalándoles plazo que no será mayor de 180 días para el debido cumplimiento, y que se fijará tomando en cuenta el grado de peligrosidad que signifique la continuación del uso de los que deba substituirse y las circunstancias que modien para efectuar el cambio.

6.- Este Instructivo será revisado, con objeto de actualizar su contenido por los cambios que se presenten en los equipos y artefactos, o por los adelantos de la técnica, de acuerdo con las necesidades.

7.- Las especificaciones, pruebas y características de construcción del equipo que se utilice para el almacenamiento y manejo del gas L.P., en las plantas almacenadoras, deberán obedecer a las Normas aprobadas por la Secretaría de Industria y Comercio.

Se considerarán incluidos en dicho equipo los recipientes para almacenar el gas L.P. y sus accesorios, la maquinaria para moverlo por tuberías, las tuberías y las mangueras, las conexiones y los accesorios manuales y automáticos de control, medición y seguridad.

8.- En ausencia de Normas Oficiales, o de disposiciones específicas sobre algún aspecto de ellas, la Dirección General de Gas, aprobará el uso de equipo de fabricación nacional o extranjera cuyas especificaciones y características acepte y dictará las disposiciones que sean necesarias para pruebas periódicas de resistencia.

9.- Cuando no sea posible cumplir alguna de las disposiciones de este Instructivo, porque a juicio del interesado medie un obstáculo imposible de salvar, el propio interesado someterá el caso a la Secretaría, proponiendo las medidas y sistemas adicionales, cuyos resultados en seguridad sean equivalentes a los previstos por la disposición de que se trate. La Secretaría, si coincide en la opinión del interesado, podrá aceptar la solución propuesta por éste ó señalarle otras medidas complementarias.

10.- La Secretaría también podrá aprobar otro tipo de diseño para plantas almacenadoras de gas L.P., si a su juicio, el proyecto que se le someta se justifica técnicamente y garantiza la seguridad de vidas y bienes.

Proyecto y Diseño

1.- De conformidad con el artículo 41 del Reglamento de la Distribución de Gas, sólo podrán encargarse de proyectar y ejecutar obras e instalaciones relativas a plantas de almacenamiento, Ingenieros con título legalmente registrado, que acrediten su capacidad para ese cargo.

2.- Sólo podrán iniciarse los trabajos si se cuenta con la previa aprobación del proyecto, otorgada por la Secretaría de Industria y Comercio. El Ingeniero encargado de su ejecución, dará aviso por escrito a la Dirección General de Gas inmediatamente que inicie los trabajos; vigilará que la obra se ejecute con apego al proyecto apro-

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

bado, que la mano de obra sea de calidad requerida y los materiales - de las especificaciones reglamentarias y de norma.

3.- La Secretaría de Industria y Comercio, en cualquier tiempo, durante la ejecución de los trabajos podrá inspeccionar la obra y en su caso, hacer por escrito las observaciones pertinentes al Ingeniero bajo cuya responsabilidad se lleve a cabo y al titular de la autorización.

4.- Una vez terminada la obra, el Ingeniero encargado de la ejecución, en los términos del punto 1, dará aviso e informará a la Secretaría de Industria y Comercio de las condiciones en que ejecutó y supervisó los trabajos y el propietario pedirá a la misma que se ordene la inspección y se hagan las pruebas correspondientes; los resultados se consignarán en acta permenorizada.

Planos y Memorias

5.- La presentación de planos y memorias descriptivas ante la Secretaría de Industria y Comercio se hará por triplicado. La Secretaría acusará recibo al técnico y al interesado.

6.- En los planos se incluirán los siguientes datos, empleando los signos convencionales aprobados, que se encuentran al final de este Instructivo:

A.- Un pequeño plano esquemático de la localización señalando la orientación del terreno y su ubicación relativa con la población o las poblaciones más cercanas.

a). La ubicación precisa de la planta, señalado también en la memoria descriptiva con los datos suficientes para su fácil localización, indicando además Municipio y Entidad Federativa.

b) Los medios utilizados para la delimitación del predio indicando los materiales empleados.

c) Los nombres de los propietarios de los terrenos colindantes, así como las actividades que en ellos se desarrollen en la fecha de la presentación.

d) En forma precisa, la localización de las partes integrantes de la planta, tales como zonas de almacenamiento, de trasiego y de circulación y estacionamiento para vehículos.

C.- Planta, elevación y cortes, con acotaciones generales, especificando los datos sobre materiales usados en las construcciones, en la consolidación del terreno, en las zonas pavimentadas y en los servicios sanitarios. No se requerirá corte y ofiinas.

D.- En su caso, localización del escape o de la espuela ferroviaria.

E.- Un diagrama en planta de la instalación de trasiego de gas.

... ..

... ..

... ..

...

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

gas L.F. a escala, que podrá o nó formar parte del plano general.

F.- Un diagrama isométrico de la instalación, sin escala, detallando todos sus componentes y un diagrama isométrico, sin escala, para cada una de las operaciones diferentes de flujo, con indicación de la condición que debe guardar cada válvula (cerrada o abierta). Los diagramas de flujo se harán representando las tuberías con doble línea y entintando con los colores aprobados, los tramos que conduzcan al fluido en la operación que se está ilustrando.

G.- Una lista del equipo por instalar (tanques o tanques de almacenamiento, bombas, compresoras, válvulas, etc) con los datos técnicos generales, sin especificación de marcas.

H.- La tabla de signos convencionales, que deberán ser los aprobados por la Dirección General de Gas.

I.- Corte y elevación de las bases de sustentación, con los datos técnicos esenciales obtenidos de los cálculos especificados en la memoria.

J.- Localización del equipo contra incendio indicando su clase y capacidad.

K.- Diagrama en planta del sistema eléctrico.

L.- Escalas empleadas.

M.- Nombre y firma autógrafa del Ingeniero proyectista en cada una de las hojas de todos los ejemplares.

N.- Número de Cédula de registro de la Dirección General de Profesiones.

O.- Número del registro que ostenta como Técnico Responsable en la Secretaría de Industria y Comercio.

P.- Fecha.

7.- Las memorias técnico descriptivas de las plantas de almacenamiento, consistirán en la descripción de los siguientes elementos:

A.- UBICACION, LINDEOS Y COLINDANCIAS.

B.- URBANIZACION.

C.- TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

D.- MAQUINARIA.

E.- TUBERIA, CONEXIONES Y MANGUEFAS.

F.- CONTROLES MANUALES Y AUTOMATICOS.

G.- MUELLE DE LLENADO, LLENADERAS Y BASCULAS.

1. The first part of the document discusses the general principles of the proposed system. It outlines the objectives and the scope of the project, emphasizing the need for a comprehensive approach to address the challenges faced by the organization.

2. The second part of the document provides a detailed description of the proposed system. It includes a list of the main components and their functions, as well as a discussion of the implementation process and the expected benefits of the system.

3. The third part of the document discusses the financial aspects of the proposed system. It includes a budget breakdown, a cost-benefit analysis, and a discussion of the funding sources and the expected return on investment.

4. The fourth part of the document discusses the organizational aspects of the proposed system. It includes a discussion of the roles and responsibilities of the key personnel, a timeline for the implementation process, and a discussion of the risks and mitigation strategies.

5. The fifth part of the document discusses the legal and regulatory aspects of the proposed system. It includes a discussion of the relevant laws and regulations, a discussion of the data protection and privacy requirements, and a discussion of the intellectual property issues.

6. The sixth part of the document discusses the conclusion and the next steps. It includes a summary of the key findings and recommendations, a discussion of the next steps in the implementation process, and a discussion of the contact information for the project team.

- H.- TOMAS DE RECEPCION Y DE SUMINISTRO.
- I.- SISTEMA ELECTRICO.
- J.- VIAS Y ESPUELAS FERROCARRILEAS.
- L.- EDIFICIOS Y COBERTIZOS.
- M.- ESTACIONAMIENTO Y TALLERES PARA REPARACION DE VEHICULOS.
- N.- FOTULOS DE PREVENCIÓN, PINTURA DE PROTECCION Y COLORES --
DISTINTOS.
- O.- SERVICIOS SANITARIOS.
- P.- RELACION DE DISTANCIAS PLAZUERAS.
- Q.- JUSTIFICACION DEL DISEÑO DE LA PLANTA.

8.- Al describir cada uno de los elementos, el proyectista precisará y justificará la forma en que se dará cumplimiento a los requisitos que deben satisfacerse señalados en el siguiente capítulo.

C A P I T U L O I I I

Requisitos

UBICACION, LINDEOS Y COLINDANCIAS

1.- Las plantas de almacenamiento se ubicarán fuera de las zonas residenciales y lugares densamente poblados o construídos. Su ubicación requerirá aprobación previa de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Las construcciones y los predios colindantes deberán estar libres de riesgos probables para la seguridad de las plantas y no se permitirá que en ellos se establezcan esos riesgos.

Para la ubicación de plantas de almacenamiento al margen de carreteras federales se necesitará cumplir con las disposiciones de las Secretarías de Comunicaciones y Transportes y de Obras Públicas.

2.- Cuando por la conformación o localización del predio, se manifieste un riesgo probable en determinada dirección, deberán construirse diques o bardas o recurrir a otros medios efectivos para encausar la ventilación hacia zonas no peligrosas, evitando la acumulación de gas.

Igualmente se preverán riesgos naturales como deslaves del terreno, quemazón de plantíos, inundaciones, etc. proyectándose lo necesario para evitar siniestros o accidentes.

3.- Todo el perímetro del terreno de la planta de almacenamiento deberá delimitarse con muros, bardas o como mínimo con una cerca de alambre y postes.

4.- Si la ubicación de la planta de almacenamiento está dentro-

FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE
WASHINGTON, D. C. 20535

TO : DIRECTOR, FBI (100-441100)
FROM : SAC, NEW YORK (100-100000) (P)
SUBJECT: [Illegible]

RE: [Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

de los límites urbanos, se especificará claramente el número, la calle y la población. Si está sobre carretera se indicará el número oficial de la carretera señalando las poblaciones inmediatas entre las cuales se ubicará la planta, y el kilometro y fracción oficial que corresponda al centro del frente del predio en la fecha de solicitud. Se entiende por número oficial de carretera y kilometraje oficial, los establecidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Si el predio donde se instale la planta de almacenamiento no está sobre una carretera federal, se darán los datos exactos para su identificación.

En todos los casos se expresará la jurisdicción municipal y entidad federativa correspondientes. Para el Estado de Oaxaca se indicará además el ex-Distrito respectivo.

Urbanización

5.- Todos los estacionamientos, circulaciones y zonas de protección del almacenamiento de las plantas deben despejarse y mantenerse libres de pasto, plantas, basura y cualquier otro material fácilmente combustible. La vegetación de ornato que exista fuera de las zonas mencionadas y de las de trasiego, deberá mantenerse siempre verde.

6.- Se darán las pendientes necesarias al terreno y se construirán los sistemas adecuados para desalojar las aguas pluviales.

7.- Se deberá contar con accesos de tamaño suficiente para permitir la fácil entrada y salida de vehículos, de modo que los movimientos de los mismos no entorpezcan el tránsito en la calle o la carretera.

8.- Las zonas de circulación tendrán amplitud suficiente para asegurar el fácil movimiento de vehículos y personas; se les dará como mínimo una terminación superficial de consolidación.

9.- El espacio circundante a la zona de protección de almacenamiento deberá ser objeto como mínimo de consolidación superficial, -- hasta una distancia no menor de tres metros de la delimitación de dicha zona de protección.

Tanques de Almacenamiento

10.- Los recipientes para almacenar gas L.P., ya sean del tipo intemperie o del tipo subterráneo, se instalarán fuera de las construcciones y a las distancias mínimas especificadas en este Instructivo. Deberán tener conexión a tierra y los subterráneos además, protección catódica.

11.- Deberán colocarse dentro de una zona de protección con pavimento impermeable, delimitada por medios adecuados como cercas, guardas o topes cuyo diseño y materiales protejan tanques, accesorios, maquinaria y tuberías contra daños mecánicos que pudiera causar algún vehículo. Estos medios, deberán permitir amplia ventilación natural y acceso fácil a los controles.

Se colocarán letreros en cada lado de la zona de seguridad prohibiendo el acceso a ella a personas ajenas al servicio.

12.- Se instalarán sobre bases de concreto, de mampostería o -- acero estructural, de manera que puedan desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación. Tanto las bases como las zapatas que las reciban deberán ser capaces de resistir satisfactoriamente el peso del tanque lleno de agua.

13.- La altura a que deben instalarse los del tipo intemperie -- no será menor de 1.5 metros desde el nivel del suelo al nivel inferior del recipiente, excepto cuando se trate de equipos integrales en que el tanque y la bomba formen una unidad ensamblada de fábrica.

Tratándose de aumentos de capacidad, la Dirección General de -- Gas podrá aprobar la reducción de la altura mencionada en él o los -- tanques nuevos para que sean no menor de un metro, si el diámetro de ellos es mayor que el de los anteriores, a fin de que los domos queden a un mismo nivel.

14.- Los tanques subterráneos se localizarán a una distancia -- mínima de 0.6 metros bajo el nivel del piso, medida desde la parte superior del tanque, de modo que los accesorios y su cubierta sean fácilmente accesibles.

15.- Los recipientes de tipo intemperie se podrán proteger contra la acción directa de los rayos solares mediante cobertizos de material aislante e incombustible, que para su más amplia ventilación -- estén situados a una altura de un metro como mínimo desde el parte superior del recipiente: sostenidos por medio de estructuras, también de material incombustible.

16.- Todos los recipientes fijos usados en las plantas de almacenamiento, deberán sujetarse a pruebas periódicas de resistencia; -- según las especificaciones de la Norma y disposiciones respectivas. -- El uso de recipientes de origen extranjero se sujetará a lo previsto en el Párrafo Tercero del artículo 55 del Reglamento de la Materia.

17.- A las válvulas de relevo de presión instaladas en tanques de almacenamiento, deberá acoplárseles firmemente un tubo de descarga vertical; de diámetro no menor al roscado de la válvula que lo recibe o al diámetro exterior de la misma y de una longitud no menor de dos metros que permita su descarga al ambiente libre y por lo tanto si -- hay cobertizo deberá atravesarlo. El punto de fractura del tubo de -- descarga deberá coincidir con el punto de fractura de la válvula o el del cople que en éste se utilice; de carecer válvula y cople de punto de fractura, el del tubo de descarga deberá respetar el mecanismo de la válvula. El extremo superior del tubo deberá protegerse con capuchón fácilmente desprendible.

18.- Si el manómetro está colocado en la parte superior del tanque, deberá contar con una carátula de dimensión no menor de quince -- centímetros de diámetro para permitir su fácil lectura.

19.- Para facilitar la lectura de los medidores de nivel, deberá contarse con una escalerilla fija, metálica o de material incombustible.

10-11-1954

10-11-1954

10-11-1954

10-11-1954

10-11-1954

10-11-1954

10-11-1954

10-11-1954

10-11-1954

tible que no debe representar obstáculo al fácil acceso a las válvulas.

20.- Deberá contarse con escalera metálica instalada permanentemente para el fácil y seguro acceso a la parte superior de los tanques tipo intemperie; si se utilizan dos o más recipientes deberá haber una escalera en cada extremo de la batería de tanques y deberá además contarse con una pasarela metálica que permita con seguridad el tránsito entre ellos por la parte superior.

Maquinaria

21.- Las bombas y compresoras para hacer el trasiego del gas se instalarán en el lugar más conveniente y a las distancias mínimas especificadas en este Instructivo, con objeto de facilitar los servicios que estén destinadas y es obligatorio protegerlas contra los deterioros accidentales causados por vehículos o personas mediante zonas de protección, siendo optativo el protegerlas contra la acción de la intemperie mediante cobertizos de material incombustible, que permita trabajar libremente en su mantenimiento.

22.- Los motores eléctricos acoplados a bombas o compresoras deberán ser adecuados para atmósfera de vapores combustibles y tener interruptor automático de sobrecarga.

23.- Las bombas, compresoras y sus motores deberán instalarse sobre bases de concreto de dimensiones apropiadas (se exceptúa el caso de bombas directamente acopladas a recipientes, como en el caso de equipos integrales). Deberán tener conexión a tierra.

24.- Se protegerá a esta maquinaria contra daños mecánicos, mediante una zona de seguridad circundada por medios efectivos tales como guardas, postes o topes de concreto, que eviten el acercamiento de vehículos, o se colocarán dentro de la zona de seguridad de tanques de almacenamiento.

25.- Será optativo contar con equipo de bombeo de gas L.P., de emergencia.

26.- Se podrán utilizar motores de combustión interna, cuando no se disponga de energía eléctrica o en casos de emergencia.

27.- El tubo de escape de los motores de combustión interna, utilizados para accionar bombas o compresoras no tendrá fugas y terminará a una altura de 3.0 metros sobre el nivel del piso, como mínimo, en una caja de expansión protegida con dos telas de alambre de malla número 20 a una distancia de cinco centímetros una de otra, orientando hacia el exterior de la zona de protección de los recipientes. Las bujías y cables serán blindados y deberán estar permanentemente protegidos por el cubrebujías.

28.- Si el motor consume gas L.P., deberá abastecerse del tanque de almacenamiento o de las tuberías del mismo. La conexión deberá contar con una válvula de cierre manual, cercana al motor y de fácil acceso.

... ..

... ..

...

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

29.- Cualquier motor eléctrico que esté dentro de la zona de trasiego o almacenamiento o a una distancia menor de 15.0 metros de sus límites, deberá ser para atmósfera de vapores combustibles.

30.- Aquellos que lo ameriten por su colocación o condiciones de uso deberán ser además a prueba de humedad.

31.- Los motores utilizados como unidad motriz de bandas transportadoras en el muelle de llenado podrán estar colocados a diferente nivel del piso del muelle, en cuyo caso deben contar con ventilación, desagüe y espacio para el mantenimiento adecuado.

Tuberías, Conexiones y Mangueras

32.- Las tuberías usadas en el trasiego de gas serán de fierrocédula 80; sus conexiones para 140 kg/cm². o más. Pueden usarse tuberías cédula 40 sin costura, cuando las uniones sean soldadas en vez de roscadas.

33.- En el tendido de tuberías se tomarán en cuenta los movimientos mecánicos y los originales por contracción o dilatación por temperatura.

34.- El empaque de las tuberías roscadas se deberá hacer con litargirio y glicerina u otro producto sellador que garantice su hermeticidad e inafectabilidad por el gas. En las bridas se usarán empaques adecuados que den las mismas características.

35.- Cuando se instalen tuberías subterráneas, la profundidad mínima será de 0.6 metros bajo el nivel del piso; contarán con recubrimiento anticorrosivo y protección catódica de acuerdo con la resistividad eléctrica del subsuelo. La tubería tendida en ductos de concreto sellados o encajisada, no requerirá protección catódica.

36.- Todas las aberturas de los tanques de almacenamiento destinadas a la entrada o salida de líquido o vapor excepto las correspondientes a medidores de nivel, a válvulas de relevo de presión y a manómetro, deberán estar controladas mediante válvulas automáticas de exceso de gasto o de no retroceso. Si se utilizan válvulas automáticas de exceso de gasto deberán cerrar cuando la línea individual del recipiente sufra fractura total.

La Dirección General de Gas podrá aprobar el uso de válvulas de cierre rápido, de posición normal cerrada, actuadas hidráulica, neumática o eléctricamente en sustitución de las válvulas de exceso de flujo requeridas por la Norma DGN-X-12 o equivalente, para uso de aberturas de tanque, si el punto de cierre se localiza en el interior del recipiente; asimismo, las válvulas de cierre rápido, podrán ser aprobadas para sustituir a las válvulas de exceso de flujo requeridas por este Instructivo para las tomas de suministro y de recepción y también para instalarse en puntos críticos de las tuberías.

Para tal propósito, el Ingeniero proyectista tratándose de plantas nuevas, o bien el técnico responsable encargado de la supervisión

1. The first part of the document discusses the general principles of the law of contract. It is a contract which is an agreement between two or more parties which is intended to create legal relations. The law of contract is a branch of law which deals with the formation, performance and breach of contracts.

2. The second part of the document discusses the formation of a contract. A contract is formed when there is an offer and acceptance of that offer. The offer must be made by a person who is capable of entering into a contract and the acceptance must be made by the same person or a person authorized to accept on behalf of the offeror.

3. The third part of the document discusses the performance of a contract. A contract is performed when the parties to the contract do what they have promised to do. If a party fails to perform its obligations under a contract, it is in breach of contract and the other party may be entitled to damages or specific performance.

THE LAW OF CONTRACT

4. The fourth part of the document discusses the breach of a contract. A contract is breached when a party fails to perform its obligations under the contract. There are two types of breach: a total breach and a partial breach. In a total breach, the party has failed to perform its obligations in whole. In a partial breach, the party has failed to perform its obligations in part.

5. The fifth part of the document discusses the remedies for breach of contract. The remedies available for breach of contract are damages, specific performance and injunction. Damages are a sum of money awarded to the injured party to compensate for the loss suffered. Specific performance is an order requiring the party to perform its obligations under the contract. An injunction is an order preventing a party from doing something which would breach the contract.

6. The sixth part of the document discusses the discharge of a contract. A contract is discharged when the parties to the contract are released from their obligations under the contract. There are four ways in which a contract can be discharged: by agreement, by frustration, by operation of law and by breach.

7. The seventh part of the document discusses the assignment of a contract. A contract is assigned when the rights and obligations under the contract are transferred from one party to another. The assignor must be entitled to assign the contract and the assignee must be capable of entering into a contract. The assignment must be made in writing and must be notified to the other party to the contract.

8. The eighth part of the document discusses the novation of a contract. A contract is novated when it is replaced by a new contract. The novation must be agreed to by all three parties: the original parties and the new party. The novation must be made in writing and must be notified to the other party to the original contract.

9. The ninth part of the document discusses the rescission of a contract. A contract is rescinded when it is set aside as if it never existed. Rescission is available where there is a mistake, misrepresentation or duress. The party seeking rescission must act promptly and must return any benefits received under the contract.

10. The tenth part of the document discusses the frustration of a contract. A contract is frustrated when it becomes impossible to perform or it becomes illegal to perform. Frustration discharges the parties from their obligations under the contract. The frustration must be caused by an event which is beyond the control of the parties and which was not foreseeable at the time the contract was made.

de una planta en operación, someterán a la aprobación de la Dirección General de Gas el proyecto correspondiente, en diagrama isométrico -- sin escala, señalando las características de las válvulas a usarse, - sus condiciones de instalación y el sistema para actuarlas, describiendo los fusibles y accesorios adicionales que garanticen la seguridad.

37.- Las mangueras usadas en el trasiego de gas deberán ser resistentes a la flama y a la acción del gas L.P., y su presión de ruptura deberá ser de 140 kg/cm² ó más.

38.- Los acoplamientos y conexiones de las mangueras deberán -- resistir una presión igual o mayor que la que resistan éstas.

39.- Se instalará una válvula de alivio hidrostático de capacidad de descarga adecuada, presión máxima de abertura de 3^o kg/cm², en los tramos de tubería o tubería-manguera; en que pueda quedar atrapado el gas líquido entre dos válvulas de cierre.

Controles Manuales y Automáticos

40.- Será obligatorio el uso de válvulas automáticas de retorno en las tuberías de líquido abastecidas por bomba.

41.- Será optativo instalar retornos manuales.

42.- La Dirección General de Gas, en uso de las facultades que le concede el Reglamento de la Materia, podrá exigir la instalación de medidores de control en las plantas que determine, señalándoles -- las condiciones en que deberán utilizarse.

43.- Es optativo el uso de medidores de líquido, para el control interno de la planta.

Muelles de Llenado, Llenaderas y Básculas

44.- El muelle de llenado de recipientes portátiles deberá tener amplia y natural ventilación.

45.- Se situará a las distancias mínimas que se señalan en este Instructivo.

46.- El muelle será sólido, sin espacios abiertos o huecos, con las salvedades del punto 31 de este capítulo, y su piso deberá ser de concreto, u otros materiales apropiados para la seguridad, eficiencia y limpieza.

47.- La altura del piso del muelle, sobre el nivel general de la planta deberá ser la apropiada para facilitar las operaciones que en él se lleven a cabo.

48.- Las llenaderas o múltiples de llenado deberán construirse con tuberías, conexiones, válvulas, mangueras y manómetros para alta presión.

12-1-1954

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, FBI

RE: [Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible Section Header]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible Section Header]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

49.- Las llenaderas deberán instalarse en forma segura y rígida ya sea con anclajes al suelo, suspendidas o montadas en plataforma -- rotatoria de llenado automático.

50.- Cada salida útil del múltiple de llenado de cilindros portátiles, debe contar con los accesorios de control que permitan la -- operación segura y eficiente.

En las plantas en que sea muy frecuente el llenado de cilindros portátiles nuevos, será optativo contar con los medios adecuados para purgar el aire de los mismos durante la maniobra de llenado.

51.- Todo el sistema de llenado deberá tener una conexión permanente a tierra.

52.- Para controlar el peso del gas L.P., inyectado a los cilindros, deberán utilizarse básculas de plataforma, aceptadas por la Dirección General de Normas.

53.- Para repeso es conveniente usar una báscula de plataforma de carátula, del tipo aprobado por la Dirección General de Normas.

54.- Los bordes del muelle de llenado, en los sitios de carga y descarga, deberán protegerse con material que impida la producción de chispas por impacto, al acercamiento de los vehículos repartidores. -- Para este propósito podrán aceptarse protectores de madera o de hule.

55.- Podrán instalarse sobre el muelle los sistemas para vaciado, limpieza y pintura de los recipientes portátiles y sustitución de sus válvulas. Estos sistemas se diseñarán en forma tal que sean mínimos los riesgos.

Tomas de Recepción y de Suministro

56.- Las tomas de recepción para carros-tanque deberán ubicarse a un lado de la espuela a las distancias mínimas especificadas en el Instructivo, instaladas en una estructura de material incombustible -- de escalera fija de material incombustible a la altura equivalente -- del domo del carro-tanque y estar provistas de escalera fija de material incombustible, que permita fácil acceso.

57.- Todas las tomas se protegerán contra posibles golpes de -- manera que se garantice en forma efectiva su integridad.

58.- El extremo de las tomas estará provisto de una válvula de exceso de gasto o de no retroceso, según proceda, y otra de cierre de acción manual. Opcionalmente podrán sustituirse las válvulas mencionadas por válvulas de cierre rápido de posición normal cerrada, descritas en el punto 36 de este Capítulo.

59.- El extremo fijo de la toma deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- A) La ubicación de la boca de toma y su distancia a tanque almacenador deberán ser tales que cualquier punto del vehículo --

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

que se conecte a ella guarde una distancia no menor de 6.0 - metros al propio tanque almacenador.

- B) El diseño del sistema de tubería, conexiones y válvulas, deberá ser tal que las tuberías estén firmemente sujetos y que en caso de esfuerzo indebido se cuente con un punto de fractura con el cual la válvula automática de protección permanezca en su sitio y en posibilidad de funcionar.
- C) La conexión de manguera para toma y el vehículo que se cargue o descargue deberá ser proyectada para que la manguera siempre esté libre de dobleces bruscos.
- D) Durante el tiempo en que las roscas de tomas y mangueras no estén en servicio, deberán protegerse con tapón o capuchón adecuados.
- E) Durante el tiempo en que las mangueras no estén en servicio, deberán protegerse contra daños mecánicos y dobleces bruscos.
- F) La altura de las bocas de toma sobre el nivel del piso será la apropiada para las necesidades de la planta.

60.- La manguera que permanentemente esté conectada a la toma, deberá contar con válvula de acción manual en su extremo libre.

Sistema Eléctrico

61.- Todos los elementos de los Sistemas Eléctricos, en las zonas de trasiego y almacenamiento y los que se encuentran instalados en un perímetro de 15.0 metros de ellas (en las partes de dicho perímetro que dentro de los límites del predio de la planta), deben ser diseñados satisfaciendo las Normas y Especificaciones de las Direcciones Generales de Electricidad y de Normas, para atmósferas que contengan vapores inflamables. Los aspectos no cubiertos por estas Normas y Especificaciones se diseñarán de acuerdo con las Reglas NEMA, Clase I Grupo D. En zonas ajenas a las mencionadas seguirán los lineamientos generales vigentes establecidos por la Dirección General de Electricidad.

62.- Las líneas de conducción de energía eléctrica deberán ser ocultas o subterráneas, protegidas con un tubo apropiado para evitar humedad, resistente a la corrosión y a prueba de roedores.

63.- Dentro de los límites de la planta no se permitirá la existencia de líneas de conducción eléctrica, ajenas al servicio.

64.- Será obligatoria contar con medios para la iluminación eléctrica de las plantas en los lugares en que se cuente con el servicio público de electricidad.

65.- Se instalarán aparta-rayos o pararrayos cuando sean necesarios a juicio del Ingeniero encargado del diseño, los cuales se localizan en sitios apropiados.

Faint, mostly illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

ATTACHED DOCUMENTS

- 1) [Illegible text]
- 2) [Illegible text]
- 3) [Illegible text]
- 4) [Illegible text]
- 5) [Illegible text]
- 6) [Illegible text]
- 7) [Illegible text]
- 8) [Illegible text]
- 9) [Illegible text]
- 10) [Illegible text]

66.- Las instalaciones telefónicas o de intercomunicación en -- las zonas de trasiego y de almacenamiento satisfarán los requisitos -- señalados en el punto 61 de este capítulo.

67.- La planta generadora de energía eléctrica ya sea de emer-- gencia o permanente, se ubicará a una distancia mínima de 15.0 metros de las zonas de almacenamiento y de trasiego. El motor de combustión-- interna y su tubo de escape deberán cumplir con los requisitos señala-- dos en los puntos 27 y 28 de este Capítulo.

68.- Se colocará un interruptor general, en lugar fácilmente -- accesible y fuera de las zonas de almacenamiento y de trasiego a una-- distancia mayor de 15.0 metros de éstas.

Vías y Espuelas Ferrocarrileras

69.- Si una de las colindancias de la planta de almacenamiento-- está ocupada por una vía ferrocarrilera de tránsito libre o espuela -- común, será obligatoria la construcción de un muro en ese lindero, cu-- ya altura justificará al proyectista.

70.- Las espuelas y los escapes al servicio de la planta de al-- macenamiento deberán proyectarse en forma tal que la máquina no pueda acercarse a una distancia menor de 15.0 metros de las zonas de trasie-- go y de almacenamiento.

71.- La parte final de la espuela, tendrá los topes adecuados.

Edificios y Cobertizos

72.- Los edificios y cobertizos se construirán con materiales -- incombustibles, se ubicarán fuera de las zonas de almacenamiento y de trasiego, (salvo los destinados a tanques almacenadores y maquinaria) a las distancias especificadas en este Instructivo.

73.- Únicamente cuando las construcciones estén a una distancia de 15.0 metros o más de las zonas de almacenamiento y de trasiego, se permitirá el uso de mobiliario, puertas y ventanas interiores, de -- madera. Las puertas y ventanas exteriores que den a la planta serán -- metálicas.

74.- En la instalación de aparatos que produzcan fuego, cuyo -- uso se considere indispensable por el proyectista para el servicio -- del personal de la planta almacenadora, tales como estufas, calentado-- res de agua, parrillas y calefactores, se cumplirán los siguientes -- requisitos:

- A) La ubicación de los aparatos estará en lugar tan lejano como sea posible de las zonas de trasiego y de almacenamiento, a-- una distancia que nunca podrá ser menor de 15.0 metros de -- ellas;
- B) Para tal propósito se escogerá preferentemente uno de los -- frentes de la planta;

THE UNITED STATES OF AMERICA
DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF LAND MANAGEMENT

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

WATER RESOURCES DIVISION

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

WATER RESOURCES DIVISION

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

WATER RESOURCES DIVISION
SALT WATER CONTROL SECTION
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 1
SALT WATER CONTROL DISTRICT NO. 2

- C) La construcción en que se instalen estos aparatos deberá estar permanentemente cerrada en los costados que den al interior de la planta, pudiéndose permitir el uso en ellos de -- tragaluces o ventadas fijas y selladas;
- D) Los calentadores de agua instalados a la intemperie deberán localizarse en azotehuela o patio no comunicado directamente con la planta; los instalados en el interior de cocinas deberán tener chimenea al exterior más alejado de las zonas de almacenamiento y de trasiego.

Estacionamientos y Talleres para Reparación de Vehículos

75.- Los lugares destinados a estacionamientos de vehículos, -- así como zonas de circulación de los mismos deberán despejarse y mantenerse libres de basura, materiales combustibles o inflamables y de cualquiera otro objeto que constituya estorbo para la circulación y estacionamiento.

76.- El piso tendrá pendientes o drenes adecuados para eliminar agua de lluvia y consolidación apropiada.

77.- Cualquiera que sea el número de vehículos al servicio de -- la planta que se encuentren estacionados en el interior de ella, deberá contarse siempre con áreas libres para su fácil circulación, en -- forma tal que sea posible sacar de la planta cualquier vehículo sin -- hacer movimiento de ningún otro.

Se prohíbe el estacionamiento de vehículos obstruyendo el fácil acceso a los artefactos de control de tanques almacenadores, equipo contra incendio e interruptor eléctrico general.

Cuando el número de vehículos de la planta no permita proceder en la forma apuntada en los dos párrafos anteriores, el distribuidor deberá solicitar a la Secretaría permiso para establecer estacionamiento en un predio independiente de la misma.

78.- Es objetivo cubrir los lugares destinados a estacionamientos de vehículos mediante cobertizos que deberán ser incombustibles.

79.- En caso de que en la planta haya necesidad de instalar taller mecánico anexo para reparación de los vehículos se observarán -- los siguientes requisitos:

- A) Se prohíbe construir fosas y en su lugar se usarán rampas.
- B) Se prohíbe el uso de soldadura y llevar a cabo otras operaciones que requieran fuego en los estacionamientos y talleres para reparación de vehículos; a menos que el taller se localice en uno de los frentes de la planta, en forma tal -- que el acceso a él se lleve a cabo directamente desde la calle sin necesidad de entrar a la planta y que los costados -- de dicho taller queden a la planta, sean herméticos.

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..

... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

Rótulos de Prevención, Pintura de Protección
y Colores Distintivos

80.- Los tanques de almacenamiento se pintarán en su totalidad de colores aluminio o blanco brillantes. Se pintará de rojo brillante en cada uno de los casquetes, un círculo que tendrá un diámetro de -- aproximadamente la tercera parte del diámetro del recipiente, así como los capuchones protectores.

Los rótulos que expresen el contenido, la capacidad y la razón-social de la planta, deberán pintarse con caracteres de color distintivo no menores de 0.1 metros.

81.- Las tuberías se pintarán como sigue: rojo las de gas líquido; amarillo, las de gas en estado de vapor; verde, las de retorno de gas líquido; blanco, las de aire; azul, las de agua y negro, los ductos eléctricos.

82.- Para todas las demás instalaciones y dependencias de la -- planta de gas, se deberá usar la pintura de protección adecuada.

83.- Los topes, postes y cercas de la zona de almacenamiento, deberán pintarse alternadamente de amarillo y negro en franjas diagonales.

84.- En el recinto de las plantas de almacenamiento, se fijarán letreros alusivos visibles, que con la redacción adecuada expresen -- las siguientes prevenciones.

- A) PELIGRO, GAS INFLAMABLE (varios).
- B) SE PROHIBE FUMAR (varios).
- C) SE PROHIBE ENCENDER CUALQUIER CLASE DE FUEGO EN EL INTERIOR- DE LA PLANTA (varios).
- D) SE PROHIBE EL PASO A VEHICULOS O PERSONAS NO AUTORIZADOS (a- la entrada de la planta).
- E) SE PROHIBE EL PASO A ESTA ZONA A PERSONAL NO AUTORIZADO (en- cada lado de la zona de almacenamiento).
- F) SE PROHIBE REPARAR VEHICULOS EN ESTA ZONA (muelle de llenado y tomas).

85.- En el exterior de la entrada de carros-tanque al escape de la planta, cuando haya alguno conectado a la toma, se colocará un le- trero bien visible, indicando situación de peligro por esta condición

Servicios Sanitarios

86.- Las plantas de almacenamiento dispondrán de los servicios- sanitarios adecuados, los cuales deberán ser aprobados por la Secreta- ría de Salubridad y Asistencia.

REVISIONES DE LA LEY DE ENFERMERIA

CONTENIDO DEL LIBRO

El libro trata de las modificaciones que se han introducido en la Ley de Enfermería, desde su promulgación hasta el momento actual. Se describen los cambios en el ámbito de actuación, en el régimen de ingreso y en el ejercicio de la profesión.

Se detallan los aspectos más relevantes de cada una de las reformas, así como el impacto que han tenido en el sector sanitario y en la formación de los enfermeros.

El texto está dividido en capítulos que abordan: el marco legal, el acceso a la profesión, el desarrollo profesional y el rol del enfermero en el sistema de salud.

Este documento es fundamental para comprender el estado actual de la legislación que regula la actividad de enfermería en España.

El autor ha realizado un exhaustivo análisis de los textos legales, proporcionando una visión clara y concisa de las complejas disposiciones legales.

La obra resulta de gran utilidad para los profesionales del sector, así como para los estudiantes que se preparan para los exámenes de acceso a la profesión.

(A) INTRODUCCION (1-10)

(B) EL PROFESIONISTA (11-25)

(C) EL PROFESIONISTA EN EL SISTEMA DE ENFERMERIA (26-45)

(D) EL PROFESIONISTA EN EL SISTEMA DE ENFERMERIA (46-65)

(E) EL PROFESIONISTA EN EL SISTEMA DE ENFERMERIA (66-85)

(F) EL PROFESIONISTA EN EL SISTEMA DE ENFERMERIA (86-100)

En el apartado de referencias bibliográficas se recogen los principales textos legales y obras de consulta que han servido de base para la elaboración de este libro.

INDICE

Este índice resume el contenido de cada capítulo, facilitando la búsqueda de la información de interés para el lector.

Relación de Distancias Requeridas

87.- Distancias mínimas requeridas entre los elementos de una planta de almacenamiento, que en todos los casos se medirán en la proyección de su plano horizontal:

- A) De tanque fijo a:
- a) Linderos 15.0 metros.
 - b) Edificios 15.0 metros.
 - c) Almacenamientos de materiales no combustibles 7.5 metros.
 - d) Bombas o compresoras accionadas por motores eléctricos blindados, no se requiere distancia.
 - e) bombas o compresoras accionadas por motores de combustión interna: 6.0 metros.
 - f) Límite de su zona de protección: 1.5 metros.
 - g) Vías de ferrocarril: 15.0 metros (medidos al riel más próximo).
 - h) Tomas de recepción de carros-tanque: 12.0 metros.
 - i) Tomas de recepción de autos-tanque: 6.0 metros.
 - j) Otro tanque fijo: la cuarta parte de la suma de sus diámetros. Si la suma de los diámetros es menor de 6.0 metros, la separación entre tanques será como mínimo de 1.5 metros.
 - k) Muelle de llenado: 3.0 metros.
 - l) Llenaderas: 6.0 metros. (Medidos a la boca de la válvula fija del múltiple, que está más proxima).
 - m) Planta generadora de energía eléctrica: 15.0 metros.
- B) De bomba o compresora accionadas por motor eléctrico al límite de su zona de protección: 1.5 metros.
- C) De bomba o compresora accionado por motor de combustión interna a:
- a) Toma de carga o descarga de autos-tanque: 6.0 metros.
 - b) Torres de descarga de carros-tanque: 6.0 metros.
 - c) Muelle de llenado y llenaderas: 6.0 metros.
- D) De boca de descarga de los gases de motores de combustión --

1)

2)

3)

4)

5)

6)

7)

8)

9)

10)

11)

12)

13)

14)

15)

16)

17)

18)

19)

20)

21)

22)

23)

interna a zonas de almacenamiento y trasiego: 6.0 metros.

E) De muelle de llenado a:

- a) Edificios: 7.5 metros.
- b) Linderos: 7.5 metros.

88.- Deberá haber una distancia mínima de 100.0 metros a escuelas, iglesias, salas de espectáculos, o centros de reunión similares y estaciones de gasolina, medidos desde el centro geométrico de la zona de almacenamiento y trasiego.

89.- Las distancias anteriores se podrán reducir, cuando a juicio de la Dirección General de Gas, no existan riesgos probables, -- (v. gr., que el predio colinde con río, barranca, predios, baldíos -- no cultivados y de construcción no probable, caminos vecinales o calles de muy escaso tránsito y similares).

Justificación del Diseño de la Planta

90.- Además el proyectista justificará el diseño de la planta en los siguientes aspectos:

- A) Capacidad de almacenamiento en función de la probable operación.
- B) Capacidad de llenado o gasto en función de la probable operación.
- C) Cálculo del flujo en líneas de alimentación y de descarga -- del sistema de bombeo, así como del retorno de líquido.
- D) Cálculo de la cimentación y sustentación de recipientes.
- E) Los elementos constitutivos del sistema de prevención contra incendio.

C A P I T U L O I V

MEDIDAS CONTRA INCENDIO

1.- Se prohíbe el uso de lo siguiente, en la planta:

- A) Fuego, con las salvedades y en las condiciones señaladas -- por este Instructivo;
- B) Para el personal con acceso a las Zonas de Almacenamiento y Trásiego:
 - a) Protectores metálicos en las suelas y tacones de los zapatos;

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

- b) Peines, excepto los de aluminio;
- c) Fopa de rayón, seda y materiales semejantes que puedan producir chispas;
- C) Toda clase de lámparas de mano a base de combustibles, y -- las eléctricas que no sean apropiadas para atmósferas de -- gas inflamable.
- D) Tubos de escape de toda clase de vehículos con motor de combustión interna, desprovistos de matachispas. Para tal objeto, se localizará a la entrada a la planta, un anaquel o estante con el número suficiente de matachispas de diferentes diámetros, para que se proporcionen a los vehículos antes de su ingreso a ella.

2.- Es obligatorio contar con equipo contra incendio, adecuado por cuanto a su tipo y capacidad para su uso en cada una de las zonas de trabajo, localizado en todos los casos en el punto en que el proyectista o el Técnico Responsable juzguen como de fácil acceso, con el mínimo riesgo al acercamiento.

3.- Se dispondrá de extinguidores manuales tipo B-C, con carga no menor de 9.0 Kgs. de polvo químico seco o CO₂ en el número que en cada caso se señala:

- A) Zona de almacenamiento: dos unidades si la capacidad de almacenamiento es menor de 68,000 litros agua; una unidad por cada tanque almacenador si el almacenamiento es mayor de -- 68,000 litros agua;
- B) Tomas de recepción y suministro: una unidad para cada torre de descarga de carros-tanque y una unidad para cada toma o para cada grupo de dos tomas si están adyacentes, de las -- destinadas a recepción o suministro de transportes y autos-tanque.
- C) Zona de bomba y compresora: una unidad;
- D) Zona de estacionamiento de vehículos: una unidad por cada -- diez vehículos, además de los utilizados en ellos.

4.- En la planta se dispondrá, además, como mínimo, de una unidad móvil, de carretilla, tipo B-C, de polvo químico seco, o CO₂.

5.- En la zona destinada a la Planta Generadora de energía eléctrica o al tablero de controles eléctricos, una unidad manual adecuada para fuegos, de tipo C.

6.- En cada una de las oficinas o edificios destinados a Administración, si están separados, dos unidades manuales para fuegos de tipo ABC.

1. The first part of the document is a list of names and titles, including the names of the authors and the titles of their works. This list is organized in a structured manner, likely for reference or archival purposes.

2. The second part of the document contains a detailed description of the research methodology used in the study. This section outlines the procedures, data collection methods, and the analytical techniques employed to investigate the research questions.

3. The third part of the document presents the results of the study. This section includes a summary of the findings, which are supported by statistical data and graphical representations. The results are discussed in the context of the research objectives and existing literature.

4. The fourth part of the document is a conclusion that summarizes the main findings of the study and discusses their implications. This section also highlights the limitations of the study and suggests directions for future research.

5. The fifth part of the document is a list of references, which includes all the sources cited in the text. This list is formatted according to standard academic conventions, providing full details of each reference for easy access.

6. The sixth part of the document is an appendix, which contains supplementary information that is not essential for the main text but provides additional context or data. This section may include raw data, detailed calculations, or additional figures.

7. The seventh part of the document is a glossary, which defines the key terms and abbreviations used throughout the document. This section is particularly useful for readers who may be unfamiliar with the specialized terminology used in the study.

8. The eighth part of the document is a list of acknowledgments, which expresses gratitude to the individuals and organizations that provided support and assistance during the course of the research. This section is an important part of academic writing, recognizing the contributions of others.

9. The ninth part of the document is a list of appendices, which provides a structured overview of the supplementary information included in the document. This section helps readers navigate the additional content and understand its relevance to the main study.

10. The tenth part of the document is a list of references, which is a duplicate of the references listed in the fifth part of the document. This section provides a comprehensive list of all sources cited in the study, ensuring that all information is properly attributed.

11. The eleventh part of the document is a list of appendices, which is a duplicate of the appendices listed in the sixth part of the document. This section provides a structured overview of the supplementary information included in the document.

12. The twelfth part of the document is a list of references, which is a duplicate of the references listed in the fifth part of the document. This section provides a comprehensive list of all sources cited in the study.

13. The thirteenth part of the document is a list of appendices, which is a duplicate of the appendices listed in the sixth part of the document. This section provides a structured overview of the supplementary information included in the document.

14. The fourteenth part of the document is a list of references, which is a duplicate of the references listed in the fifth part of the document. This section provides a comprehensive list of all sources cited in the study.

7.- En los talleres de reparación de vehículos, una unidad para fuegos tipo APC, de 9.0 Kgs., de polvo químico seco o de CO₂.

8.- En las plantas de almacenamiento cuya capacidad sea mayor de 500,000 litros agua, o el número de tanques almacenadores sea superior a 6, se dispondrá, en lugar accesible, de equipo de protección para el personal encargado del manejo de los principales medios contra incendio, que consistirá en cuando menos dos trajes de amianto, de asbesto aluminizado o similares.

9.- En todos los casos es recomendable instalar en la parte superior de cada tanque almacenador, un sistema fijo de agua por aspersión o por cortina, abastecido por agua corriente del servicio municipal, o por tanque elevado o cisterna. En este último caso, el agua se inyectará al sistema mediante bomba eléctrica, moto-bomba o equipo hidro-neumático, cuyo sistema eléctrico deberá ser independiente del sistema destinado a las demás actividades de la planta.

10.- Será obligatorio lo señalado en el punto anterior, en los siguientes casos:

- A) Si se dispone de servicio de agua municipal o de pozo, cualquiera que sea el número de tanques almacenadores de la planta y su capacidad total.
- B) Aún cuando no se disponga de agua del servicio municipal, si el número de tanques almacenadores en la planta es mayor de 8.
- C) En el mismo caso, si la capacidad total de la planta es mayor de 500,000 litros agua.

11.- Si la capacidad de almacenamiento de la planta es superior a 1,000,000 litros agua, el sistema de enfriamiento a que se refieren los dos puntos anteriores deberá contar con generador eléctrico o moto-bomba, para que el sistema funcione aún en el caso de suspensión del servicio de energía eléctrica destinado a las demás actividades de la planta.

12.- Se instalará, además, sistema de lanzas fijas de riego y/o mangueras contra incendio, cuando la capacidad de almacenamiento de la planta exceda de 1,000,000 litros agua, o el número de tanques almacenadores, sea mayor de 10, y en los casos que lo ameriten a juicio del proyectista. En estos casos deberá contarse con dos equipos de ropa de bombero por cada lanza o manguera.

13.- En todos los casos la capacidad de agua del depósito fijo será calculada y justificada por el proyectista para las eventuales necesidades de la planta.

14.- Toda planta deberá contar con sistema de alarma para caso de incendio, mediante el cual se avise en forma efectiva y oportuna a todo el personal, de la iniciación de una emergencia.

The first part of the document discusses the general principles of the project. It outlines the objectives and the scope of the work. The second part describes the methodology used in the study. This includes the data collection methods and the analysis techniques. The third part presents the results of the study. These are discussed in the context of the research objectives. The final part concludes the document and provides recommendations for future research.

The methodology section details the experimental design and the data collection process. It explains how the data was analyzed and how the results were interpreted. The results section shows that the findings are consistent with the hypotheses. This suggests that the proposed model is valid. The conclusion section summarizes the key findings and offers suggestions for further research.

The document also includes a list of references and an appendix. The references provide a list of sources used in the study. The appendix contains additional data and information that supports the main text. The overall structure of the document is clear and logical. It follows a standard academic format. This makes it easy to read and understand.

The appendix provides a detailed look at the data used in the study. It includes tables and figures that illustrate the results. The references list the works of other researchers in the field. This helps to put the current study in context. The document is well-written and easy to read. It provides a clear and concise summary of the research.

The document is a comprehensive report on the project. It covers all aspects of the research, from the initial planning to the final conclusions. The methodology is well-documented and the results are clearly presented. The document is a valuable resource for anyone interested in the topic. It provides a detailed and thorough analysis of the data.

The document is a well-organized and easy-to-read report. It follows a clear and logical structure. The introduction sets the stage for the study. The methodology section provides a detailed description of the research process. The results section presents the findings in a clear and concise manner. The conclusion summarizes the key points and offers recommendations for future research.

The document is a high-quality academic work. It is well-written and easy to read. It provides a clear and concise summary of the research. The methodology is well-documented and the results are clearly presented. The document is a valuable resource for anyone interested in the topic. It provides a detailed and thorough analysis of the data.

The document is a well-organized and easy-to-read report. It follows a clear and logical structure. The introduction sets the stage for the study. The methodology section provides a detailed description of the research process. The results section presents the findings in a clear and concise manner. The conclusion summarizes the key points and offers recommendations for future research.

15.- El proyectista propondrá los sitios en que deberán llevarse a cabo las conferencias y simulacros para adiestrar periódicamente al personal de la planta en el manejo del equipo contra incendio.

16.- El Proyectista y el Técnico Responsable de la Planta, determinarán los letreros fijos que deben colocarse en los sitios adecuados, conteniendo instrucciones específicas para el personal sobre diversos aspectos de seguridad.

T R A N S I T O R I O

UNICO.- El presente Instructivo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el "Diario Oficial" de la Federación.

México, D.F., a 23 de noviembre de 1970.- El Oficial Mayor, - -
Francisco Rodríguez Gómez.- Rúbrica.

México, D.F., a 23 de noviembre de 1970.- Por Acuerdo del C. Secretario.- El Oficial Mayor, Francisco Rodríguez Gómez.- Rúbrica.

atc.



centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

LEYES GENERALES QUE RIGEN A LOS GASES

ING. ARTURO MADRID PERALTA

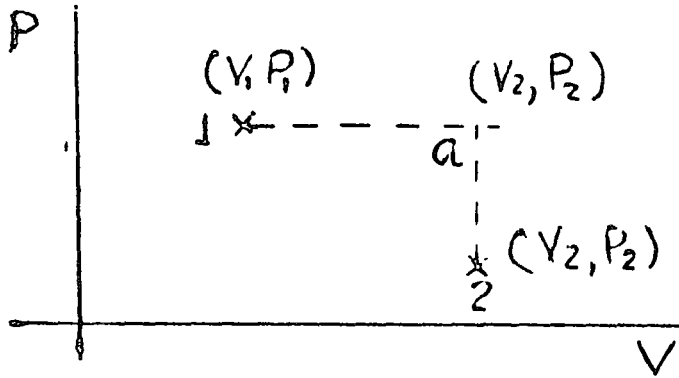
2.- Leyes Generales que rigen el estado gaseoso.

Una propiedad de una sustancia es una característica que es - invariable cuando la sustancia se encuentra en un estado particular; por ejemplo, un cierto volumen de aire que se mantiene a una pre--- sión determinada alcanzará una temperatura cuyo valor será el mismo para otras porciones iguales de aire en las mismas condiciones de - presión.

Tratándose de fluidos (líquidos, vapores, gases), las propie- dades fundamentales son presión, volumen y temperatura, ya que ---- otras como la energía interna, la entropía o la entalpia dependen, en cierta forma, de alguna o algunas de aquellas.

El estado de una cantidad particular de sustancia se define - en general, por dos propiedades; por ejemplo, presión y volumen. Un kilogramo de CO_2 ocupando un volumen especificado a cierta presión- tendrá un valor particular para su temperatura. Su energía interna, su entropía y su entalpia tienen también valores particulares que - serán siempre los mismos si el kilogramo de CO_2 vuelve a ser lleva- do al volumen y a la presión especificados.

Usando como coordenadas las propiedades de la materia, un pun- to ilustra gráficamente el estado de la sustancia: si se eligen pre- sión y volumen, por ejemplo, esta representación gráfica es podero- sa ayuda en la solución de problemas.



Así, llevar la sustancia del estado 1 al 2 podría realizarse por un proceso a presión constante que la haga alcanzar un estado-intermedio (a), para finalmente mediante un proceso a volumen constante, disminuyendo la presión, llevarla al estado 2.

Presión. Un fluido en reposo no puede soportar fuerzas tangenciales; si es actuado por tales fuerzas. Las capas de fluido simplemente se deslizan una sobre otra. Esta inhabilidad de los fluidos para resistir fuerzas tangenciales les proporciona su habilidad característica para fluir o cambiar de forma.

Para que un fluido permanezca en reposo, la fuerza superficial sobre él debe estar siempre dirigida en ángulos rectos a su superficie. Es conveniente, entonces, descubrir esa fuerza por unidad de área de la superficie sobre la que se encuentra actuando y a esta cantidad física se le conoce como presión.

Presión, es pues, la magnitud de la fuerza normal sobre el fluido por unidad de área.

Las unidades más comunmente empleadas son: $\bar{\text{kg}}/\text{cm}^2$, $\bar{\text{lb}}/\text{in}^2$, N/m^2 , dina/cm^2 , bar (1bar = 10^6 din/cm^2), atmósferas, mm de mercurio y pulgadas o centímetros de columna de agua.

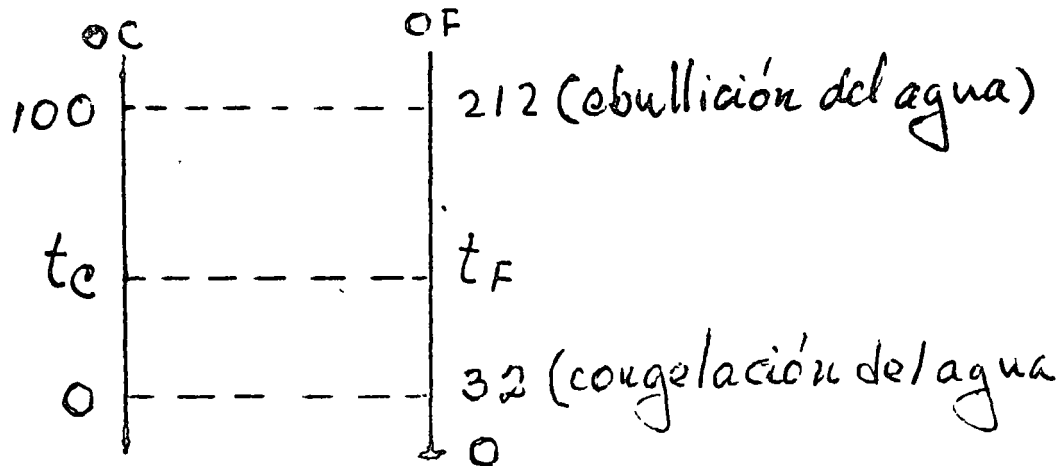
Volumen. Una de las razones por las cuales la presión es una pro--

propiedad importante de las sustancias es debido a que existen instrumentos con los cuales es fácil medirla. El volumen puede también ser medido, aunque en general no tan fácilmente como la presión y la temperatura.

En ocasiones habrá que tratar con el volumen de la unidad de masa (volumen específico) y otras veces con el volumen V correspondiente a una masa cualquiera .

Temperatura. La temperatura es una medida de la energía cinética de las moléculas que forman una sustancia; proporciona una idea de la magnitud de esa energía pero, por sí misma, no la revela. La temperatura de su cuerpo es su estado térmico en cuanto a su capacidad para transmitir calor a otros cuerpos.

Los dispositivos para medición de temperatura son bien conocidos; las escalas termométricas más empleadas son la centígrada y la Farenheit.



Notando que entre los puntos de congelación y de ebullición del agua hay 100 divisiones en la escala centígrada y $212 - 32 = 180$ en la escala Farenheit:

$$\frac{t_c}{100} = \frac{t_F - 32}{180}$$

De aquí: $t_C = \frac{5}{9} (t_F - 32)$ y $t_F = \frac{9}{5} t_C + 32$, expresiones que permiten encontrar la equivalencia de la lectura en una escala a la otra.

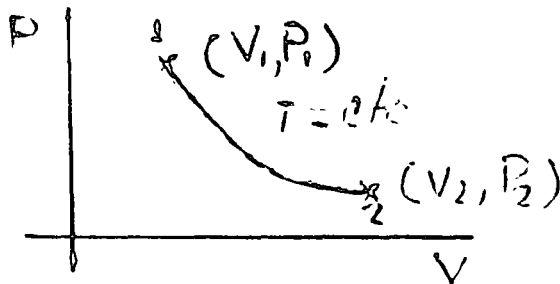
Gases Perfectos.

Ley de Boyle. Si la temperatura de una cantidad dada de gas se mantiene constante, el volumen de gas varía inversamente proporcional a la presión absoluta durante el cambio de estado. Entonces, a temperatura constante.

$V \propto \frac{1}{P}$, e introduciendo una constante de proporcionalidad:

$$V = \frac{cte}{P}, \text{ y } PV = cte.$$

Representando en el plano PV los estados inicial (1) y final (2) del proceso, el cambio de estado queda representado por una curva (hipérbola equilátera) para una temperatura en particular.



Como la constante puede tener cualquier valor positivo, $PV = cte.$ representa una familia de un número infinito de curvas.

Como 1 y 2 son dos puntos arbitrarios en el plano PV:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \dots = P_n V_n \quad (T = cte.)$$

Ningún gas real sigue exactamente la ley de Boyle; los gases -

monoatómicos (como el helio y el argón) y los diatómicos (como el -
 nitrógeno, el oxígeno y el monóxido de carbono) y otros, bajo cier--
 tas condiciones cumplen suficientemente bien con las leyes de los ga
 ses perfectos para la mayor parte pero no para todos los propósitos-
 de la ingeniería.

Ley de Charles. Aproximadamente 100 años después del descubrimiento-
 de la ley de Boyle, los franceses Jacques A. Charles y Joseph L Gay-
 Lussac, independientemente, descubrieron otra ley conocida usualmen-
 te como ley de Charles.

"Si una determinada cantidad de gas se mantiene a presión cons-
 tante, el volumen de esa cantidad de gas varía directamente propor--
 cional a su temperatura absoluta". Esto es:

$$V \propto T, \text{ a } V = c \text{ tex } T, \text{ de donde } \frac{V}{T} = \text{cte.}$$

Considérese ahora el cambio de estado de un gas analizado en -
 el plano $V - T$, del estado 1 al estado 2 usando como coordenadas el-
 volumen y la temperatura absoluta; como 1 y 2 son puntos arbitrarios
 en el plano:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \dots = \frac{V_m}{T_m} \quad (p = \text{cte.})$$

El volumen V en esta ley es cualquier volumen, inclusive el vo

lumen específico v de un gas.

La ecuación $V = cte \cdot T$ es la de una recta que pasa por el origen de coordenadas y cuya pendiente es la constante.

Otra forma de expresar la Ley de Charles es la siguiente:

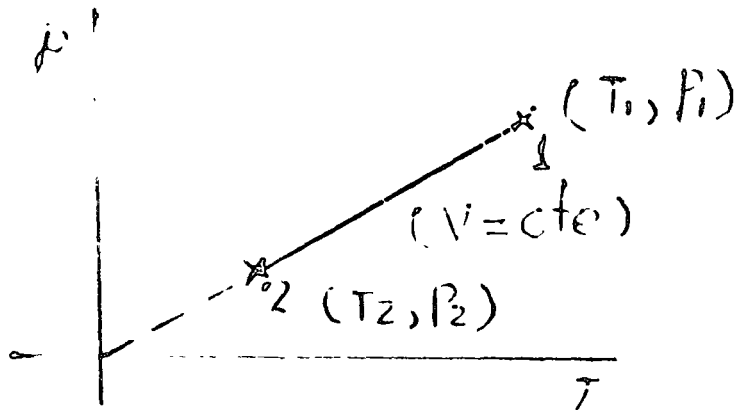
" Si el volumen de una cantidad de gas dada se mantiene constante la presión absoluta del gas variará directamente proporcional a su temperatura absoluta". De esta manera:

$$p \propto T \quad \text{ó} \quad p = cte \times T \quad \text{y} \quad \frac{p}{T} = cte$$

En general:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} = \dots = \frac{p_n}{T_n} \quad (V = cte)$$

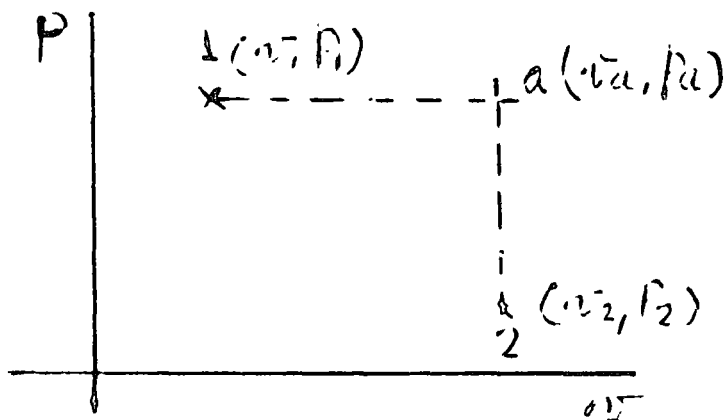
En el plano P-T la ecuación es una recta que pasa por el origen de coordenadas y cuya pendiente es la constante.



Ecuación característica de los gases perfectos. Esta ecuación puede obtenerse combinando las expresiones de la Ley de Charles. Supóngase un gas perfecto en el estado 1 y cámbiese al azar al estado 2 en el plano $v - p$ (v es el volumen específico del gas).

Durante el cambio de estado de 1 a 2 se considerará que la masa del gas permanece constante e igual a la unidad.

Trazando a través del punto 1 una horizontal que representa un proceso a presión constante en el plano v-p y después una vertical -- a través de 2 que representa un proceso a volumen constante, ambas líneas se intersectan en el punto a. Aplicando la Ley de Charles para los procesos 1-a y a-2:



Para 1-a (proceso a $p = \text{cte}$: $\frac{v}{T} = \text{cte}$).

$$\frac{v_1}{T_1} = \frac{v_a}{T_a} \quad T_a = T_1 \frac{v_a}{v_1} \quad \text{y como } v_a = v_2, T_a = T_1 \frac{v_2}{v_1}$$

Para 2-a (proceso a $v = \text{cte}$: $\frac{p}{T} = \text{cte}$).

$$\frac{p_a}{T_a} = \frac{p_2}{T_2} \quad T_a = T_2 \frac{p_a}{p_2} \quad \text{y como } p_a = p_1, T_a = T_2 \frac{p_1}{p_2}$$

Igualando ambas expresiones:

$$T_1 \frac{v_2}{v_1} = T_2 \frac{p_1}{p_2} \quad ; \text{ transponiendo térmicos: } \frac{p_1 v_1}{T_1} = \frac{p_2 v_2}{T_2}$$

Como los puntos 1 y 2 son arbitrarios, esta relación puede derivarse para cualquier otro par de puntos y consecuentemente, la ex-

presión $\frac{p \cdot v}{T}$ debe ser constante para cualquier gas y se le representa por R. Al haberla asociado con la unidad de masa de la sustancia, puede designarsele como constante específica del estado gaseoso y ordinariamente se le abrevia como constante del estado gaseoso. En términos generales se expresa como:

$$\frac{p \cdot v}{T} = R \quad \text{ó} \quad p \cdot v = RT$$

Si se multiplican ambos miembros por w (masa correspondiente a cualquier volumen de gas) y haciendo $vw = V$:

$$p \cdot v \cdot w = w \cdot RT \quad \text{ó} \quad pV = wRT$$

Esta ecuación se conoce como ecuación de estado o ecuación característica de un gas perfecto.

Tanto la ley de Boyle como la de Charles pueden derivarse de $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ haciendo T, P y V constantes sucesivamente.

Unidades de R.

$$\text{Siendo } R = \frac{p \cdot v}{T} ; \left[\frac{p \cdot v}{T} \right] = \frac{(FL^{-2})(L^3 Mi^{-1})}{T} = \frac{FL}{MiT}$$

En sistema inglés sus unidades serán: $\frac{lb \cdot ft}{lb \cdot ^\circ R}$

En sistema MKS absoluto: $\frac{N \cdot m}{kg \cdot ^\circ K} = \frac{J}{kg \cdot ^\circ K}$; el joule es unidad de trabajo o de energía en este sistema como lo es el lb.ft en el inglés. Recordando que 1J = 778 lb.ft, R/J estará dada en Etu/°R por cada libra de sustancia.

El valor de R para cualquier gas puede determinarse por obser-

vación experimental exacta de los valores simultáneos de P, v y T. Así a 32°F y una presión atmosférica nominal (14.7 lb/in²), el volumen específico del aire es de 12.39 ft³/lb. El valor de la constante R para el aire será de:

$$R = \frac{pv}{T} = 14.7 \frac{\overline{\text{lb}}}{\text{in}^2} \times 144 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}^2} \times 12.39 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} \times \frac{1}{(460+32)^{\circ}\text{R}}$$
$$\therefore R = \frac{14.7 \times 144 \times 12.39}{492} = \frac{\overline{\text{lb}} \text{ ft}}{\text{lb}^{\circ}\text{R}} \quad \therefore R = 53.3 \frac{\overline{\text{lb}} \text{ ft}}{\text{lb}^{\circ}\text{R}}$$

La masa molecular M del aire es 29; para este gas, el producto MR alcanza un valor de: $29 \times 53.3 = 1545 \frac{\overline{\text{lb}} \text{ ft}}{\text{lbmol}^{\circ}\text{R}}$ y es interesante notar que MR (llamada constante universal del estado gaseoso) es casi el mismo valor para todos los gases, especialmente para los de tipo monoatómico o diatómico.

MR = 1544 se ha elegido como la constante universal del estado gaseoso con unidades $\frac{\text{lb ft}}{\text{lbmol}^{\circ}\text{R}}$

(Ver Tabla 1.-)

$$n = \frac{0.508 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3}{44 \text{ g/mol}} = 11.54 \text{ moles g.}$$

En (1):

$$V = \frac{11.54 \times 0.0848 \times 288}{1.033} = 272.2 \text{ lts} \quad \therefore V = 272.2 \frac{\text{lts gas}}{\text{lt liq}}$$

En la ciudad de México $P = 585 \text{ mm Hg}$, _____, o sean:

$$P = \frac{1.033 \text{ Kg/cm}^2}{760 \text{ mm Hg}} \times 585 \text{ mm Hg} = 0.795 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$V = \frac{11.54 \times 0.0848 \times 288}{0.795} = 354.5 \quad V = 354.5 \frac{\text{lts gas}}{\text{lt liq}}$$

Se logran cálculos satisfactorios de las relaciones presión-volu-

men-temperatura con la ley de los gases ideales a bajas presiones, cuando los volúmenes por mol son relativamente grandes y las distancias entre moléculas considerables o cuando las temperaturas son relativamente altas. En condiciones de pequeños volúmenes molales, correspondientes a altas presiones, los errores suponiendo comportamiento de gas ideal pueden ser hasta del 500 por ciento.

Comportamiento real de los gases.

Varios cientos de ecuaciones han sido propuestas para expresar la relación presión-volumen-temperatura, pero ninguna se ha encontrado satisfactoria y la mayor parte de ellas son aplicables a solamente un gas en un intervalo limitado de temperaturas y presiones.

Se tratará la ecuación de Van der Waals solamente en relación con su valor para proporcionar una noción elemental de las razones de la desviación de los gases del comportamiento ideal y no por su exactitud que es raramente garantizada.

En la deducción de la teoría cinética de los gases se considera que cada molécula tiene un espacio libre permisible en el cual puede moverse y que se supone igual al volumen total ocupado por el gas. Esta suposición no es correcta excepto bajo tales condiciones en las que el volumen de las mismas moléculas es despreciable en -

comparación con el volumen total ocupado por ellas.

13

En realidad, en cada mole de gas existe un volumen (v-b) aprovechable para el movimiento libre, algo menor que el volumen total.- La corrección b, por la cual el volumen libre aprovechable difiere del volumen total por mole depende del volumen representado por -- las N moléculas presentes; este es el volumen que debe ser empleado en deducciones más rigurosas de las leyes cinéticas de los gases.

Otro factor despreciado en el tratamiento simple de la cinética de un gas es la atracción existente entre moléculas, conocida como fuerzas de Van der Waals. Estas fuerzas tienden a aproximarse a -- las moléculas entre si y disminuir, al mismo tiempo, la presión -- ejercida abajo del valor correspondiente a un comportamiento ideal. Puede demostrarse por la teoría cinética que esta reducción es inversamente proporcional al cuadrado del volumen molar. Así:

$$p = p' - \frac{a}{v^2}, \text{ de donde: } p' = p + \frac{a}{v^2} \text{ , siendo:}$$

p' : presión calculada por la teoría cinética simple.

p : presión real.

La ecuación $PV = RT$ tomará la forma:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT$$

Esta es la ecuación de Van der Waals que representa la forma general de las relaciones $P - V$ de un gas aún cuando se encuentre comprimido en la región de licuefacción. Aunque esta ecuación es una mejora a la ley del gas ideal, sus resultados numéricos son solamente una regular aproximación cuando los volúmenes molales son pequeños. Los factores a y b, característicos de cada gas, son -- llamados constantes de Van der Waals. (Tabla No. 2).

T A B L A II

Ecuación de Van der Waals

Constantes de Van der Waals y constantes críticas de los gases.

a; b = Constantes de Van der Waals.

$$a = (\text{Atm}) \left(\frac{\text{cc}}{\text{g-mole}} \right)^2; \quad b = \frac{\text{cc}}{\text{g-mole}}$$

t_c = Temperatura crítica en grados centígrados.

p_c = Presión crítica en atmósferas.

d_c = Densidad crítica del vapor en g/cm³

v_c = Volumen crítico en cm³.

Para convertir los valores de "a" a $\frac{\text{lb}}{\text{pulg. lb.mole}} \left(\frac{\text{piés.}}{\text{pulg.}} \right)^2$, multiplique los valores de la tabla por 0.003776

Para convertir los valores de "b" a $\frac{\text{ft}^3}{\text{lb-mole}}$, multiplique los valores de la tabla por 0.0160.

	a	b	t_c	p_c	d_c	v_c
Argón.	1.35x10 ⁶	32.3	-122	48	0.531	75.2
Acetileno.	4.37x10 ⁶	51.2	36	62	0.231	113
Aire	1.33x10 ⁵	36.6	-140.7	37.2	-----	-----
Amoniaco.	4.19x10 ⁶	37.3	132.4	111.5	0.235	72.4
Bióxido de carbono.	3.6 x10 ⁶	42.8	31.1	73.0	0.460	95.5
Monóxido de carbono.	1.46x10 ⁶	39.4	-139	35	0.311	90.0
Cloro.	6.50x10 ⁶	56.2	144	76.1	0.573	124
Etileno.	4.48x10 ⁶	57.2	9.7	50.9	0.22	127
Cloruro de hidrógeno.	3.65x10 ⁶	40.8	51.4	81.6	0.42	87
Hidrógeno.	0.245x10 ⁶	26.6	-239.9	12.8	0.0310	64.5
Metano	2.25x10 ⁶	42.8	- 82.5	45.8	0.162	99
Cloruro de metilo.	7.50x10 ⁶	65.1	143.1	65.8	0.37	137
Nitrógeno.	1.347x10 ⁶	38.6	-147.1	33.5	0.3110	90
Oxígeno.	1.36x10 ⁶	31.9	-118.8	49.7	0.430	74
Anhidrido sulfuroso.	6.80x10 ⁶	57.2	157.2	77.7	0.52	123
Agua.	5.48x10 ⁶	30.6	374	217.7	0.4	45

Ley de Avogadro.

Otra ley importante para el estado gaseoso es la conocida como Ley de Avogadro:

"Si cada uno de diversos gases perfectos se confina en un volumen determinado, a la misma presión y temperatura, habrá el mismo número de moléculas en ese volumen sin importar que gas contiene"

Por ejemplo, supóngase que un cierto volumen contiene 10^{10} moléculas de hidrógeno; si se extrae el hidrógeno y se reemplaza -- por oxígeno, a la misma presión y temperatura, en ese volumen habrá 10^{10} moléculas de oxígeno.

Como la molécula de oxígeno es mas pesada que la del hidrógeno la masa de oxígeno en ese volumen será mayor que la del hidrógeno. Existiendo n moléculas de gas dentro de ese volumen, a la misma presión y temperatura:

$$\text{Masa del oxígeno} = n M_O$$

$$\text{Masa del hidrógeno} = n M_H$$

En donde M_O y M_H son las masas moleculares del oxígeno y del hidrógeno.

Siendo P_O y P_H las densidades del oxígeno y del hidrógeno, la relación $\frac{P_O}{P_H}$ será:

$$\frac{P_O}{P_H} = \frac{n M_O / v}{n M_H / v} \quad \therefore \frac{P_O}{P_H} = \frac{M_O}{M_H}$$

pues el volumen ocupado por ambas masas es el mismo (v).

La densidad es la inversa del volumen específico (v), considerando, entonces, que: $P_O = \frac{1}{v_O}$ y $P_H = \frac{1}{v_H}$, la igualdad anterior resulta:

$$\frac{v_H}{v_O} = \frac{M_O}{M_H}, \text{ de donde : } M_O v_O = M_H v_H$$

El producto masa molecular por volumen específico para el oxígeno es igual al producto de esas cantidades para el hidrógeno, si ambos gases se encuentran a la misma presión y temperatura. Se hubiera llegado a la misma conclusión para cualquier otro par de gases; entonces, de la Ley de Avogadro se concluye que el producto Mv es el mismo para todos los gases perfectos a una presión y a una temperatura particulares.

Como otras leyes del estado gaseoso, la ley de Avogadro es aproximada para gases reales y se cumple con bastante exactitud para gases monoatómicos y diatómicos.

Para el hidrógeno, $v = 178.2 \text{ ft}^3/\text{lb}$ a 32° F y 14.7 psia y, siendo su masa molecular de $2.016 \text{ lb}/\text{lbmole}$, el producto Mv alcanzará un valor de:

$$Mv = 2.016 \frac{\text{lb}}{\text{lbmole}} \times 178.2 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} = 359 \frac{\text{ft}^3}{\text{lbmole}} \quad (\text{a } 32^\circ \text{ F y } 14.7 \text{ psia})$$

que equivale a 22.4 Lts a 0° C y 1 atm . (condiciones normales).

Este volumen es llamado volumen mol a condiciones normales de presión y temperatura y es el volumen que ocupa una mole de gas. Si una mole de gas es M (masa molecular) libras o gramos de gas, una mole de hidrógeno es 2.016 lb o g . de hidrógeno, una mole de oxígeno es 32 lb o g . de oxígeno, etc.

De lo anteriormente expuesto se concluye que, a una misma presión y temperatura, el volumen de una mol es el mismo para todos los gases, considerados como gases perfectos.

Tabla 1.- Valores de la constante de los gases R en $PV = RT$ para 1 Mole de gas ideal.

Unidades de temperatura	Unidades de Presión.	Unidades de volumen	Unidades de energía.	R/g-Mole
$^{\circ}K$			Calorías.	1.9872
$^{\circ}K$			Joules-abs.	8.3144
$^{\circ}K$			Joule Inter nacional.	8.3130
$^{\circ}K$	Atm.	cm^3		82.057
$^{\circ}K$	Atm.	Litros.		0.082054
$^{\circ}K$	mm Hg	Litros.		62.361
$^{\circ}K$	Baras	Litros.		0.08314
$^{\circ}K$	Kg/cm ²	Litros.		0.08478
Unidades de Temperatura	Unidades de Presión	Unidades de volumen	Unidades de energía.	R/libra-mole.
$^{\circ}R$			Btu(I.T.)	1.986
$^{\circ}R$			HP- hora.	0.0007805
$^{\circ}R$			Kw -hora.	0.0005819
$^{\circ}R$	Atm.	ft^3		0.7302
$^{\circ}R$	in. Hg	ft^3		555.0
$^{\circ}R$	lb/in ² abs.	ft^3		10.73
$^{\circ}R$	lb/ft ² abs.	ft^3	ft -lb _f	1545.0
$^{\circ}K$	Atm.	ft^3		1.314
$^{\circ}K$	mm Hg	ft^3		998.9
$^{\circ}K$			c.h.u.	1.986

Dividiendo la masa W , correspondiente a un volumen V de gas, entre su masa molecular M , se obtiene el número de moles n de esa masa de gas:

$$n = \frac{W}{M} \left(\frac{lb}{lb/mol} \right), \text{ de donde: } nM = W$$

y otra forma útil de expresar la ecuación de estado sería:

$$pV = nRT \quad \therefore pV = nMRT$$

MR es la constante universal del estado gaseoso si $MR = R'$, entonces: $pV = nR'T$

Aplicaciones:

1). Qué tantas libras de CO están contenidas en un recipiente con capacidad de 500 ft^3 , si la presión es de una atmósfera y la temperatura de 70°F .

$$pV = nMRT \quad n = \frac{pV}{MRT} = \frac{14.7 \times 144 \times 500}{1545 \times (460 + 70)} = 1.293 \text{ lb/mol}$$

$$n = \frac{W}{M} \quad \therefore W = nM = 1.293 \times 28 = 36.2 \text{ lb} \quad \therefore W = 36.2 \text{ lb}$$

2). Calcular el volumen ocupado a 110°C y 2 atm . por 11 ft^3 de gas medidos a 0°C y 760 mm . de mercurio.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \therefore V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1} \times \frac{p_1}{p_2} = 11 \text{ ft}^3 \times \frac{383^\circ\text{K}}{273^\circ\text{K}} \times \frac{1 \text{ atm}}{2 \text{ atm}} \quad \therefore V_2 = 7.7 \text{ ft}^3$$

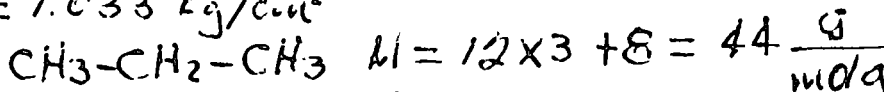
3). Qué volumen de propano gaseoso a 15°C se obtendrá de un litro de propano líquido, si su densidad a esa temperatura es de 0.508 g/cm^3 y se descarga a la atmósfera y al nivel del mar.

$$MR = 0.0848 \frac{\text{kg/cm}^2 \cdot \text{ft}}{\text{mdeg} \times ^\circ\text{K}}$$

Al nivel del mar:

$$p = 1.033 \text{ kg/cm}^2$$

Para el



La temperatura absoluta será de: $T = 273 + 15 = T = 288^\circ\text{K}$

$$pV = nMRT \quad \therefore V = \frac{nMRT}{p} \quad \dots \quad (1)$$

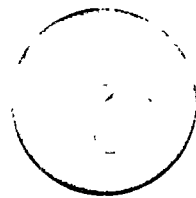
Cálculo de n en el litro de propano líquido:

$$\therefore n = \frac{W}{M} \text{ pero } p = \frac{W}{V} \quad \therefore W = pV \text{ y } n = \frac{pV}{M}$$





centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

CONCEPTOS BASICOS

ING. LUIS CIFUENTES RAMIREZ

I.- CONCEPTOS BASICOS.

1o.- LOS COMBUSTIBLES Y SUSTITUTOS FUTUROS.

DEFINICION DE COMBUSTIBLE.

Se considera como combustible, a cualquier sustancia que produce calor ó energia, por combustión.

DEFINICION DE COMBUSTION.

La combustión, es un proceso químico, que va acompañado de producción de energia térmica y energia luminosa, se lleva a cabo por la combinación del oxígeno del aire -- con las sustancias combustibles.

CLASIFICACION DE LOS COMBUSTIBLES.

Los combustibles, son la fuente de energia de la industria para su estudio, se les puede clasificar según se les encuentra en la naturaleza, es decir en las tres fases características de la materia: Sólidos, Líquidos y Gaseosos. Todos son de origen orgánico.

Además por la forma en que se aprovechan, se les puede dividir en: primarios ó naturales y secundarios ó fabricados.

A) COMBUSTIBLES SOLIDOS.

a) NATURALES O PRIMARIOS.

Los combustibles sólidos que se encuentran en estado

natural son:

Carbón de Piedra ó Hulla. (Coal)

Turba (Peat)

Madera (ó leña). (Wood).

Varios materiales de desecho.

CARBÓN DE PIEDRA O HULLA.

El carbón de piedra o hulla, es un combustible sólido que se encuentra en la naturaleza en grandes depósitos, proviene de la fosilización de vegetales que existieron en eras geológicas pasadas y que por diversos procesos químicos y físicos, la materia orgánica de dichos vegetales, no se descompuso, sino que se conservó y transformó en carbón como principal componente, en base a su forma, textura, dureza, contenido de humedad y de sustancias volátiles, a la hulla se le clasifica en siete grupos: Antracita, Semiantracita, carbón semibituminoso, carbón bituminoso, carbón subbituminoso, Lignito y Carbón mate ó hulla de llama brillante.

ANTRACITA.

Es un carbón fósil, de color negro brillante, duro, denso, de estructura homogénea, poco fracturado, se quiebra pero es fácilmente manejable. Se quema con flama corta, clara y azulosa y produce poco humo. Tiene alto contenido de carbón y poca materia volátil.

del análisis en peso se observa:

humedad 2%, materia volátil 7.3%, carbono fijo 74.3%, ceniza 16.4%

SEMI-ANTRACITA.

La semiantracita, también es un carbón fósil, de color gris oscuro, de estructura granulosa, duro, quebradizo, al quemarse no produce humo, con flama corta y clara.

Análisis en peso.

humedad 1.2%, materia volátil 12.8%, carbono fijo 74%, ceniza 12%

CARBÓN SOLIDIFICADO.

Es carbón es menos duro que la antracita, de color grisoso-negrusco, de estructura duramente granulosa, fácilmente quebrable, se observa un aumento en los materiales volátiles y una disminución en la ceniza, los granos son casi puro carbón, se quema con flama corta y clara y produce poco humo.

Análisis en peso:

humedad 1%, materia volátil 19%, carbono fijo 75.5%, ceniza 5.5%

MINERALES.

Son carbones minerales, con un contenido alto de mate

ria volátil. Son de textura tanto laminar como granular, -- son relativamente blandos y se desmenuan fácilmente, de estructura homogénea y los hay claramente de textura laminar o de textura granular, son manejables y resistentes a la alteración atmosférica. Por su alto contenido en volátiles, -- son buenos para destilarlos y obtener coque y productos volátiles. Si en el quemado, no se operan convenientemente se hacen torta en el fuego y producen humo, algunos materiales volátiles que contienen, no se queman y salen por la chimenea, son invisibles, pero como no producen humo, no es índice de una buena combustión.

Algunos de estos carbones bituminosos, tienen la propiedad de inflamarse espontáneamente.

Análisis en peso:

Humedad 1%, materia volátil 29%, carbono fijo 61%, ceniza 9%.

CARBÓN SUBBITUMINOSO.

Algunas veces llamado lignito negro, de color café -- obscuro ó negro, de estructura homogénea, sin indicios de -- laminación, superficie lisa, con un contenido alto de humedad, -- aunque de apariencia seca (20 a 40% de humedad). Cuando están expuestos al aire, pierden parte de la humedad y se -- fracturan, con ruido audible, disgregándose fácilmente. -- Cuando se quema no produce torta ya que segrega fácilmente -- en pequeños fragmentos. Se inflama espontáneamente.

Analisis en peso:

Humedad 8.5%, materia volatil 41.5%, carbono fijo 46.5%, —
ceniza 3.5%

LICRITO.

Es un carbón mineral de color café, de estructura laminar, de textura como la madera, aún se observan perfectamente trozos de ellas, no tan duro, pero con un martillo se puede romper en grandes trozos. Poco resistente a los efectos atmosféricos, por su alto contenido de humedad, expuesto a la intemperie pierde humedad y se desintegra fácilmente, dicho contenido de humedad varía entre el 30 a 45 %, por su bajo poder calorífico y su alto contenido de humedad no es un combustible económico en su transportación a grandes distancias se emplea en quemadores diseñados especialmente para este tipo de carbón, con bandas transportadoras. También se le emplea como carbón en forma pulverizada, en algunos casos es un buen combustible sólido.

Analisis en peso:

Humedad 33%, materia volatil 30%, carbono fijo 30%, ceniza 7%

CARBÓN MATE O HULLA DE LLAMA BRILLANTE. (Cannel Coal).

Este carbón mate ó hulla de llama brillante, es un carbón mineral que no queda clasificado en ninguno de los grupos anteriores, por su alto contenido en materia volatil, se caracteriza por su alto contenido de Hidrógeno, y su empleo es en la manufactura de gas.

TURBA

Carbón de origen vegetal, semi-carbonizado, formado por la descomposición de varias plantas en el agua, se encuentra en los pantanos, cerca de la superficie de la tierra. Es un combustible que aparentemente seco, tiene un contenido muy alto de humedad, se desintegra rápidamente al exponerlo al aire, por la pérdida de su humedad.

Análisis en peso:

Humedad de 14.57 a 6.34%, carbón fijo aprox. 33%, cenizas 3.23 a 36.06%, azufre 0.19 a 1.94%, poder calorífico de 9244 a 9290 BTU/lb.

CICLO DEL CARBON DE HIDRA O ANTRA

MADERA.

La madera o leña, es el combustible más antiguo en uso, se le obtiene de diferentes clases de árboles, excepto de aquellos que son resinosos, los valores caloríficos varían con cada tipo de madera, pero son proporcionales a su peso, en caso seco, el poder calorífico de la madera es bajo, dependiendo del tipo de madera, y varía entre 1200- a 1500 Btu/lb.

DIVERSOS TIPOS DE COMBUSTIBLES PRIMARIOS.

Se consideran como combustibles primarios, a ciertos productos de desecho, en la fabricación de otros elementos que no son precisamente la manufactura de combustibles, es decir son residuos naturales, que se pueden emplear en la combustión, con un poder calorífico aceptable, teniendo un área reducida en su aplicación. Tales combustibles son entre otros muchos.

Bagazo de caña de azúcar. (Baggase).

Paja (Straw)

Madera de desperdicio (Wood-Waste o Hogged Fuel).

Acebrín (Sawdust).

Corteza de árbol en la fabricación de papel (Wood -- bark).

Corteza de árbol en el curtido de pieles. (Tan-bark)

Residuo del proceso de la extracción de la tur-entina.

BAGAZO

El bagazo, es un producto residual, que se obtiene en los ingenios azucareros, de textura fibrosa, como resultado de la extracción del jugo de la caña, es similar en su análisis a la madera, tiene un contenido alto de humedad, dependiendo de la eficiencia de los molinos, siendo del orden de 40 a 60%, tiene un contenido alto de cenizas, debido a que es un sedimento fibro. Por su alto contenido de humedad el rendimiento al generar vapor por libra de combustible, es muy bajo, su poder calorífico es de 8000 a 9000 Btu/lb.

Análisis de elementos en peso:

Hidrógeno 5.89%, Oxígeno 43.30%, carbono 49.0%, ceniza 1.7%.

PAJA. (Straw)

Es un combustible que se obtiene de diversas plantas y su poder calorífico depende de cada tipo, variando este entre los límites de 5000 a 6000 Btu/lb.

ASERRÍN DE DESPERDICIO. (Wood-Waste ó Hogged Fuel)

La madera de desperdicio, llamada algunas veces como combustible cochino, está constituido esencialmente por el desperdicio de la madera en los aserraderos, consistiendo de aserrín, corteza de árbol, trozos de madera reducidos a pequeños fragmentos en máquinas especiales, virata y astillas de madera. Tiene alto contenido de humedad, del 30 a

0', también un alto contenido de materia volátil, además tiene un alto contenido de oxígeno. Del material colocado en un quemador, en base seca, se tiene que cuatro quintas partes lo ocupan los materiales volátiles y una quinta parte sería del carbono fijo. El proceso de quemado del combustible sería en tres etapas consecutivas, la primera sería la evaporación de la humedad, destilación de la materia volátil y finalmente la combustión del carbono fijo, por lo tanto su rendimiento es relativamente bajo.

Como la madera o mejor dicho los troncos de árboles son transportados en ríos y en algunos casos a través de las bahías, su contenido en agua es muy alto y en algunas ocasiones dichos troncos se impregnan de sales.

Análisis en peso, en base seca.

Humedad 7%, materia volátil 82.5 a 74.2%, carbono fijo de 17.2 a 23.6%, cenizas de 0.2 a 2.2%, azufre traces. - Poder calorífico de 6620 a 9220 Btu/lb.

Los datos varían, dependiendo del origen de las diversas clases de maderas.

ASERRÍN

El aserrín, es un combustible que se obtiene como desecho en las madererías, proveniente del cortado de la madera y en general del proceso para la elaboración de tablas de madera. Su contenido de humedad es muy bajo.

Análisis en peso, en base a un combustible libre de humedad.

Materia volátil 80%, carbón fijo 19.5%, ceniza 0.5%, azufre trazas.

Poder calorífico 9000 Btu/lb.

CORTEZA DE ARBOL, EN LA FABRICACION DEL PAPEL. (Wood Park)

Este combustible sólido, es un producto de desecho, en las fábricas de papel y se le obtiene en la limpieza de los troncos de árbol, que con la base de dicha industria, por su forma y dimensión, es un combustible de difícil maniobrabilidad. Su contenido de humedad llega a ser de 60%.

Análisis en peso, en base a considerar el material sin humedad.

Materia volátil 73%, carbono fijo 25%, ceniza 2% y azufre trazas.

Con poder calorífico 9000 Btu/lb.

CORTEZA DE ARBOL, EN LA INDUSTRIA DEL CURTIDO DE PIELES.

(Tan Park).

Este combustible, es el producto de desecho, después que se ha empleado la corteza de ciertas variedades de árboles, en la industria del curtido de pieles. Generalmente tiene un contenido muy alto de humedad, 60 a 70% y su poder calorífico varía entre 2500 a 3000 Btu/lb. Es un combustible que requiere de grandes volúmenes en los lugares donde se va a consumir.

ANÁLISIS DEL PRODUCTO DE LA REACCIÓN DE LA TURPENTINA.

Es un combustible sólido, que se obtiene como producto remanente, en los procesos de extracción de la turpentina, sustancia resinosa, que se obtiene de la madera del pino amarillo. Está constituido por pequeñas piezas de medidas uniformes de 2.5 a 3.0 cm. de longitud y de 6 a 8 cm. de espesor. Este combustible contiene alrededor de un 35% de humedad.

Análisis en peso, en base seca.

Materia volátil 83.5%, carbono fijo 15.4%, ceniza 1.15%.

B).- FABRICADOS O SECUNDARIOS.

Estos combustibles sólidos, son el resultado de una fabricación especial en su obtención o como resultado residual de un proceso de extracción de otros elementos, pero a saber a partir de un combustible primario o natural.

Se les puede agrupar por su orden de importancia comercial:

Coque (Coke) en sus diversas variedades.

Carbón Vegetal.

Combustibles pulverizados.

Lriquetas.

COQUE. (COKE)

El coque, es un producto obtenido a partir de carbón

tibles primarios, los cuales son, las hullas o carbones de piedra con alto contenido de materia volátil, como los coque bituminosos, subbituminosos y el lignito. Es el residuo obtenido por un proceso de la destilación de los carbones antes mencionados y en el cual se obtiene una serie de productos comerciales, a partir de la materia volátil que dichos carbones contienen. Este residuo es casi puro carbón con un bajo contenido de ceniza y con un poder calorífico de 11,500 a 13,500 Btu/lb, su contenido de humedad es nulo o casi nulo.

Este carbón, se obtiene a través de un proceso específicamente elaborado para su obtención, sin embargo hay otros carbones del mismo tipo del coque, que se obtienen como residuo final de un proceso determinado, como los siguientes:

Coque de Gas.

Coque de petróleo.

Coque de alquitrán de hulla.

COQUE DE GAS. (GAS COKE)

Es un residuo remanente, que se obtiene en la manufactura del gas de hulla (coal gas), es un residuo ligero, que se desmenuza fácilmente, no se emplea en la producción de aceros, ni como combustible para hornos, su uso principal es para la fabricación del gas de agua.

COQUE DE PETRÓLEO. (PETROLIUM COKE)

Este combustible, se obtiene en la operación de la refinación del petróleo crudo, y es un residuo sólido denominado Coque (Coke), por su pureza, no se le emplea como combustible, sino en la elaboración de pilas secas (eléctricas), en la manufactura de electrodos y como resistencias en los hornos eléctricos.

COQUE DE ALQUITRAN DE HULLA. (Coal Tar Pitch) (HIGH COKE)

Este carbón se obtiene como producto remanente, en la destilación y refinación del alquitrán de hulla, es un sólido a la temperatura y presión ambiente, pero a 300°F, es líquido. Se emplea para generar vapor en pequeñas calderas. Se le emplea en forma pulverizada o en forma de líquido, pero en esta última forma tiene que calentarse para manejarse y en tiempo de frío para evitar su congelamiento. Por su bajo contenido de ceniza, es muy empleado, ya que el gas producto de la combustión no acarrea sedimentos.

Analisis en peso:

Humedad 2.2%, materia volátil 48.2%, carbono fijo 48.9% ceniza 0.7% poder calorífico 16,200 Btu/lb.

Por su bajo contenido de ceniza también se le emplea para la fabricación de electrodos.

MADERA VEGETAL (CHARCOAL)

Materia fabricada a partir de la madera, por deshi-

lación de los productos volátiles, es un carbón ligero, - absorbe rápidamente humedad, del orden del 10 al 15%. Tiene un poder calorífico de 12 000 a 13 000 Btu/lb, este carbón además del uso como combustible tiene muchas aplicaciones.

Es muy poroso, resiste la acción del intemperismo, - tiene la facultad de absorber varias veces su volumen de gases.

Análisis en peso.

Humedad 1%, materia volátil 24%, carbono fijo 72%, - ceniza 3%.

COMBUSTIBLES PULVERIZADOS.

En algunos quemadores de ciertas industrias, el equipo está diseñado para quemar combustible, en forma pulverizada y para obtener un mayor rendimiento.

Para este combustible, se emplean combustibles con poco contenido de materia volátil, como la antracita, la semiantracita y la hulla semibituminosa, coque y en algunos casos el carbón vegetal, teniendo un poder calorífico como el ya indicado para cada uno de estos carbones.

FRECUENTAS. (BRIQUETTING).

Estos elementos sólidos, están formados por carbones finos provenientes del proceso de la destilación de la hulla, prensados para obtener pequeños elementos sólidos de-

forma conveniente, para su manejo y almacenamiento fácil, se introduce un elemento conglomerante, para unir los carbones, tal como al alquitrán de hulla o el petróleo asfáltico. Estos cuerpos así formados reciben el nombre de — Briquetas y tienen un poder calorífico de aproximadamente 13,500 Btu/lb.

En algunos casos se emplea carbón vegetal para hacer estas briquetas y el elemento conglomerante es el almidón, con muy buenos resultados.

2) COMBUSTIBLES LIQUIDOS.

La mayor fuente de combustibles líquidos, que se aplican en la industria, es obtenida del petróleo crudo, que se encuentra en yacimientos bajo la superficie de la tierra.

El petróleo crudo, es una mezcla de muchos hidrocarburos, conteniendo como impurezas a compuestos de azufre y de nitrógeno, varían mucho en su composición, con respecto a su contenido de hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos. Todos los aceites crudos, son mezclas de hidrocarburos de estos tres grupos, y en ningún caso se ha encontrado un aceite que solo contenga un solo grupo.

Los aceites crudos del tipo parafínico, están compuestos principalmente por hidrocarburos de esta clase, pero contienen algo de hidrocarburos alquilonafténicos en sus fracciones más pesadas, además contienen cereas parafínicas y cantidades apreciables de asfaltos.

En la refinación del petróleo crudo, se obtienen combustibles gaseosos, y combustibles líquidos como son la gasolina, keroseno, aceites combustibles ligeros y aceites combustibles pesados y residuos sólidos.

También del gas natural se obtienen en una cantidad de consideración, de combustibles líquidos, como son el propano y el butano, la gasolina natural y otros hidrocarburos parafínicos.

Otros combustibles líquidos que se emplean en la industria como combustibles, son el alquitrán de hulla, el alcohol metílico, el alcohol etílico y el benceno, pero no en la proporción en la que se emplean los combustibles líquidos obtenidos del petróleo o aceite crudo.

Casi todos los combustibles líquidos comerciales, son de origen orgánico, aunque para el caso especial del alcohol, se le puede obtener por síntesis, del CO y del H_2 en presencia de ciertos catalizadores, pero esta producción de este elemento no es comercial.

Los combustibles líquidos, se pueden clasificar de dos formas, dependiendo del uso al que se le va a dar, si es para quemarse en aparatos generadores de vapor de agua, hornos o en equipo de calentamiento en ciertas industrias y en aparatos o motores para crear fuerza motriz.

Estos combustibles se estudiarán de la siguiente forma:
1. Derivados del petróleo y no derivados del petróleo.

DERIVADOS DEL PETRÓLEO.

Los combustibles líquidos derivados del petróleo crudo, obtenidos a través de las diferentes formas que hay en la industria de la refinación del petróleo crudo son:

Gasolinas naturales

Gasolinas

Ferrocinas

Gaselcos (Diseles)

Combustoles

GASOLINAS NATURALES. (CASING HEAD GAS)

La gasolina natural, se obtiene al quitarle al gas natural que se obtiene de los yacimientos de gas, los condensados, es decir, el gas natural se hace pasar en un cierto aceite, el cual absorbe o por compresión y enfriamiento, -- propano, butano y la gasolina natural, si en esta última, -- una serie de hidrocarburos saturados que a condiciones normales son líquidos, tales como pentano, hexano, heptano y octano y sus isómeros.

El poder calorífico de esta gasolina es:

GASOLINA

La gasolina, es un producto obtenido en la refinación del petróleo crudo, con un poder calorífico de 20 000 Btu/lb. (18,800 a 20,500 Btu/lb) con peso específico de 0.70 a 0.79, se le adiciona tetraáltilo de plomo para su uso en los automóviles, por lo cual no se emplea en aparatos generados de vapor.

Análisis en peso.

Carbono fijo 83.5 a 85%, hidrógeno 15.0 a 15.8%, de nitrógeno, azufre y oxígeno de 0 a 1%.

HERCENINAS

La hercenina, es otro producto obtenido también en la refinación del petróleo crudo, son hidrocarburos mas pesados

que el anterior, con un peso específico que varía de 0.78 a 0.84, con un poder calorífico de 19800 a 18600 Btu/lb, se emplea este combustible, tanto para aparatos generadores como en motores de combustión interna como tractores y aviones de turbina.

Análisis en peso.

Carbono fijo 84%, hidrógeno 16%, azufre no debe exceder de 0.125%

CASOLES O ACEITES DIESEL

Este combustible líquido se obtiene del petróleo crudo, de un proceso de cracking catalítico, es un líquido más pesado que la kerosina, ya que su peso específico varía de 0.82 a 0.90, con poder calorífico de 19200 a 18000 Btu/lb, este combustible se emplea tanto para producir vapor como en motores de combustión interna diseñados para este combustible.

DETRITADOS O ACEITES COMBUSTIBLES.

Estos combustibles son aún más pesados que el aceite diesel, su empleo es únicamente en aparatos generadores de vapor o en industrias que requieren este combustible en sus diversos procesos de calentamiento, su peso específico varía de 0.92 a 0.99, con un poder calorífico que está entre 16300 a 17500 Btu/lb. Son una mezcla compleja de hidrocarburos, en algunos casos hay que precalentarlos para disminuir

su viscosidad y poderlos manejar fácilmente.

Análisis en peso.

Carbón fijo 83 a 87% o hidrógeno 11 a 13%.

NO DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Entre los combustibles líquidos, que no se obtienen de la refinación del petróleo crudo, se tienen:

Alquitrán de Hulla

Aceite de creosota

Benceno o Benzol

Alcohol metílico

Alcohol etílico.

ALQUITRAN DE HULLA. (COAL TAR)

El alquitrán de hulla, es un producto obtenido en la fabricación del coque y de gas de coque, es un líquido viscoso, formado en su mayor parte por hidrocarburos aromáticos o cíclicos se emplea en los mismos usos que el aceite combustible de petróleo, inclusive en los mismos quemadores, debe de ser precalentado para disminuir su viscosidad.

Su poder calorífico varía entre 15,000 a 16,500 Btu/lb

Análisis en peso.

Carbón fijo 89.9%, hidrógeno 6.0%, azufre 1.2%,

oxígeno 1.8% Nitrógeno 0.4% y humedad 0.7%.

ACEITE DE CEROSOTA. (TAR-OIL).

Este combustible se obtiene de la destilación del alquitrán de hulla, en dicha destilación se obtiene este combustible líquido y un residuo sólido denominado coque de alquitrán de hulla, sus características físicas, son muy similares a las del anterior.

BENCENO O BENZOL

El benceno, es un hidrocarburo no saturado, que se obtiene en la destilación de la hulla, tiene un octonaje natural de 88, es un combustible líquido, que se puede emplear en motores de combustión interna mezclado con gasolina, se emplea también mezclado con alcohol metílico o con alcohol etílico, para motores de combustión interna o en aparatos generadores de vapor, dentro de ciertos límites económicos.

Tiene un poder calorífico de 18000 Itu/lb.

ALCOHOL METILICO

El alcohol metílico, es un producto líquido que se obtiene de la destilación seca de la madera, comúnmente llamado alcohol de madera, tiene un poder calorífico de 9550 — btu/lb, se emplea como combustible junto con el benceno.

ALCOHOL ETILICO

El alcohol etílico, es un producto obtenido de la fermentación de ciertos azúcares, su empleo es bastante amplio se lo emplea como combustible junto con el alcohol metílico y el benceno. Tiene un poder calorífico de 12700 Itu/lb.

3) COMBUSTIBLES GASEOSOS

Los combustibles gaseosos, son aquellos combustibles que a la presión y temperatura normal se les encuentra en fase gaseosa.

En la naturaleza, solo al gas natural es el que se le puede denominar combustible primario ó natural y en pequeñas cantidades al metano que se produce en los pantanos, de ahí en adelante, todos los demás combustibles gaseosos, son secundarios o fabricados.

Los combustibles gaseosos secundarios se han determinado 106 tipos de ellos, dependiendo de su forma de obtenerlos. Para su estudio no se agruparán, sino que se mencionarán según su importancia.

GAS NATURAL.

El gas natural, se le define como aquella mezcla de hidrocarburos gaseosos y de gases que no son hidrocarburos, que se encuentran en las formaciones porosas bajo la superficie de la tierra, y que en algunos casos se encuentra asociado al petróleo crudo.

El gas natural está constituido principalmente por metano, que es el hidrocarburo más ligero y elemental, por estar constituido por un carbono saturado con cuatro hidrógenos, y en algunos casos llega a contener, hasta una tercera parte en volumen de etano, que es el segundo hidrocarburo -

satura, es decir tiene dos carbonos saturados con hidrógenos.

Este gas, al salir de los pozos de gas, contiene como impurezas al propano, butano y gasolinas naturales, esto a lo que se refiere a hidrocarburos, y con respecto a gases que no son hidrocarburos, que contiene en cantidades relativamente muy pequeñas son: Nitrógeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y Helio. En algunos casos también se ha encontrado como impurezas Oxígeno y argón, aunque en muy pequeñas cantidades.

El poder calorífico del gas natural es de 900 a 1200-Btu/ft³, y su gravedad específica con respecto al aire es de 0.58 a 0.79, estos valores dependen de las cantidades del etano presentes y de los residuos remanentes de los otros hidrocarburos.

El gas natural al salir de los pozos, pasa por un proceso en el que se le eliminan los condensados, refiriéndose esto a la gasolina natural, al butano y propano, estos condensados, son extraídos del gas natural mediante dos procesos, uno es el de absorción en aceites y el otro es por compresión y enfriamiento.

Dada la alta presión que el gas natural tiene al fluir de los pozos, este combustible puede transportarse a grandes distancias a través de ductos, para ser aprovechado en los centros de consumo.

En algunos casos el gas natural es licuado a grandes presiones y a bajas temperaturas, almacenado en recipientes

especiales y transportado en barcos, hasta los centros de aprovechamiento, como en Inglaterra.

En general el almacenamiento del gas natural en fase líquida es costoso en algunos casos este combustible se almacena en minas abandonadas y perfectamente selladas o en grandes depósitos de concreto, pero siempre en fase vapor.

El gas natural o mejor dicho metano y etano, se les obtiene al refinar el petróleo crudo, en cantidades relativamente pequeñas en comparación a las extraídas directamente de los pozos productores de gas.

Un análisis de un gas natural, en porciento de volumen es:

Metano (CH_4) 90%, etano (C_2H_6) 4,63%, propano (C_3H_8) 3.91%, Isobutano (Iso- C_4H_{10}), Butano normal (n- C_4H_{10}) 0.51, Bióxido de carbono (CO_2) 0.4, Pentano (C_5H_{12}) 0.08, aire trazas.

CASES LICUADOS DE PETRÓLEO. (GAS L.P.)

Los gases licuados de petróleo, están constituidos por propano, butano puros o sus mezclas, son hidrocarburos que a las condiciones normales son gases, pero que se licúan a presiones relativamente bajas y a la temperatura normal. Son gases que se les puede manejar fácilmente en estado líquido, pero en recipientes apropiados para ello.

Estos gases se les encuentra en el gas natural, formando junto con la gasolina natural, lo que se conoce como condensados del gas natural, solos separa de dicha gasolina fácilmente. También se les obtiene en los procesos de refinación del petróleo crudo.

El uso de estos combustibles es tanto en motores de combustión interna, ya que su octonaje es alto y natural, como en aparatos generadores de vapor y principalmente en usos domiciliarios, son también base de la industria de la petroquímica.

Son combustibles con un alto poder calorífico, para el propano es de 2520 Btu/ft³ y para el butano de 3260 Btu/ft³. Su gravedad específica con respecto al aire, es: para el propano 1.52 y para el butano 2.01.

GAS DE ALTOS HORNOS. (BLAST FURNACE GAS)

El gas de altos hornos, es un combustible obtenido en los procesos de fundición del acero, una tercera parte de este gas se aprovecha en las mismas fundiciones y las otras dos terceras partes se pueden emplear para otros propósitos, es un gas con un poder calorífico muy bajo, de 90 a 110 Btu/ft³.

Para su uso en servicios domiciliarios en pequeñas poblaciones cercanas a las fundiciones, se le emplea, lavándolo previamente y precalentándolo, y en algunos casos se -

le carbura con gas natural o con propano y butano, para aumentar su poder calorífico.

Analisis en volumen.

Monóxido de carbono 23.4 a 32.8%, bióxido de carbono 15.6 a 8.7%, hidrógeno 1.6 a 1.8%, metano de 0.1 a 0.2%
Nitrógeno 59.3 a 56.5%

GAS DE AGUA, GAS AZUL O GAS AZUL DE AGUA. Blue Gas.

Este combustible tiene la particularidad de que su flama es de color azul, es un combustible producido, al hacer pasar, vapor de agua sobre coque al rojo, hulla al rojo o sobre cualquier material carbonoso en estado de ignición produciéndose monóxido de carbono, hidrógeno, bióxido de carbono y nitrógeno, este gas es la base para el gas de agua carburado, que se puede emplear para servicios públicos.

Analisis en volumen.

Monóxido de carbono 34.4 a 46.6%, metano de 0.2 a 4.8%
Bióxido de carbono 5.1 a 16.9%, hidrógeno de 34 a 56%
Nitrógeno de 2.299%

El poder calorífico de este gas varía de 244 a 300 Btu/16

GAS DE AGUA CARBURADO. (CALCULATED WATER GAS)

Este gas está constituido esencialmente por gas de --

agua, carburado o enriquecido con otros gases, tales como, gas de aceite, gas natural, o con gases licuados de petróleo, su poder calorífico varía de 300 a 1200 Btu/lb, dependiendo de la carburación efectuada, se emplea en servicios públicos.

GAS DE HULLA O GAS DE RETORTA (COAL GAS RETORT)

El gas de hulla, se obtiene por la destilación pirogénica de la hulla o carbón de piedra, se caracteriza -- por su alto contenido de hidrógeno y metano, con algo de monóxido de carbono, se obtiene sobre todo de los carbones o coque con alto contenido de materia volátil. El poder calorífico de este gas varía de 460 a 600 Btu/ft³, dependiendo del proceso de obtención.

Análisis en volumen:

Monóxido de carbono 7.3 a 13.5%, metano de 29.2 a 29.2%
hidrógeno de 48.0 a 54.5%, bióxido de carbono de 1.7 a 3.0%
oxígeno de 0.2 a 0.8%, Nitrógeno de 4.4 a 11.3%, iluminantes (C₂H₂) de 2.8 a 3.4%.

GAS DE HORNO DE COQUE. (COKE-OVEN GAS)

El gas de horno de coque, se obtiene en la destilación de la materia volátil de los carbones minerales o hullas -- que tienen menos materia volátil, como son los carbones minerales bituminosos y semibituminosos. Primeramente se obtiene el coque, gas y el alquitrán y otros productos químicos.

Este gas tiene en promedio un poder calorífico de -- aproximadamente 500 Btu/ft³, y está constituido de monóxido de carbono, metano, etano, hidrógeno e iluminantes. El poder calorífico varía de 300 a 914 Btu/ft³.

Análisis en volumen.

Monóxido de carbono 2.9 a 14.1%, metano 5.6 a 70.9%

Hidrógeno 16.4 a 84%, bióxido de carbono 0.3 a 5.1%

Oxígeno de 0.4 a 10%, nitrógeno 2.0 a 15.6% e iluminantes de 0 a 4.6%.

HIDROGENO

El hidrógeno, es un combustible, de uso limitado, se le emplea como combustible en los cohetes interestaciales, también en ciertas industrias, y para cortar y soldar metales. Tiene un poder calorífico de 275 a 325 Btu/ft³, dependiendo de las impurezas que contenga.

El hidrógeno se obtiene por diversas formas, entre -- las principales se tienen: electrolisis del agua, cracking -- térmico del gas natural y de otros hidrocarburos, oxidación catalítica del monóxido de carbono, en el gas de agua, a -- bióxido de carbono con vapor de agua, destilación fraccionada del carbón mineral a baja temperatura.

Cuando el hidrógeno se obtiene por electrolisis del -- agua se obtiene con una pureza de 99.3%, y cuando se le produce por descomposición de los hidrocarburos, se obtiene un

porcentaje de volumen: monóxido de carbono de 0 a 2%, metano de 0 a 2%, bióxido de carbono de 0 a 20%, nitrógeno de 0 a 1% e hidrógeno 80 a % .

CAS DE ACEITE. (OIL GAS)

Los gases de aceites se producen por la descomposición térmica de los aceites, variando estos aceites, desde la nafta hasta los residuos aceitosos con alto contenido de carbono.

El proceso de obtención de este gas, es muy similar al proceso de obtención del gas de agua, se gasifica el aceite en una cámara a temperatura alta y se le introduce vapor de agua, la operación se efectúa en cámaras que tienen mamparas calientes. Esta operación se efectúa en un ciclo. Tienen alto contenido de hidrógeno, de iluminantes e hidrocarburos saturados.

El poder calorífico de los gases obtenidos varía, dependiendo del aceite empleado siendo los límites: 523 a 1036 Btu/ft³.

Los elementos que contiene en porcentaje de volumen son:

Análisis en % de volumen.

Monóxido de carbono 1.5 a 9.5%, metano 24.7 a 42.7%, etano 0 a 4.4%, hidrógeno 11.5 a 60.1%, bióxido de carbono 0.8 a 6.0%, oxígeno 0.2 a 1.2%, nitrógeno 1.1 a 19.4% e iluminantes 4.8 a 29%

Su empleo es suplir al gas natural.

GAS POBRE. (PRODUCER GAS)

El gas pobre se obtiene, al hacer pasar corrientes de aire húmedo o aire con vapor de agua, sobre lechos de coque o hulla al rojo, también se pueden emplear otros combustibles sólidos en la fabricación de este gas, tales como el carbón vegetal, la leña, etc., variando en cada caso el poder calorífico de estos combustibles gaseosos, entre los siguientes límites 125 a 253 Btu/ft³.

Los componentes de estos gases son: Análisis en porcentaje de volumen: monóxido de carbono 22.0 a 45.3%, metano 0.5 a 3.1%, hidrógeno 5.0 a 41.0%, dióxido de carbono 1.0 a 16.5%, oxígeno de 0 a 9.3%, nitrógeno 0.9 a 60.0%.

GASES DE REFINERÍA. (REFINERY CIL GAS o REFINERY GAS)

Los gases de refinería, son gases que se obtienen simultáneamente con otros productos en los procesos de refinación y varían en composición y en cantidad. A estos gases se les extraen todos los elementos licuables y queda solo un gas seco, dependiendo de los hidrocarburos que contenga, estos gases tienen un poder calorífico alto que varía de 1400 a 2000 Btu/ft³. Su uso es similar al del gas natural y se emplean los mismos equipos.

GASES REFORMADOS. (REFORMED GAS)

Son gases obtenidos de un proceso de cracking térmico,

en el gas natural, propano, butano o en los gases de retorta con agua, resultando gases combustibles con bajo poder calorífico, dependiendo de los elementos iniciales. Los gases contienen hidrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos saturados y no saturados.

El poder calorífico varía entre los siguientes límites: 200 a 550 Btu/ft³.

Análisis en por ciento de volumen:

Monóxido de carbono 11.4 a 22.3%, metano 5.4 a 35.5%
etano 0 a 0.2, hidrógeno 33.7 a 56.6%, bióxido de carbono-
1.2 a 6.6, oxígeno 0.1 a 0.6%, nitrógeno 1.4 a 30.8% lumi-
nantes 11.4 a 23.3%.

GAS DE ALCANTARILLA. (SEWAGE GAS.)

Es un gas obtenido de la materia orgánica que se encuentra en las aguas de desecho de las ciudades, esta materia orgánica se introduce en aparatos denominados digestivos y se obtiene gas con poderes caloríficos de 600 a 700 Btu/ft³, consistiendo de dos terceras partes de metano y una tercera parte de bióxido de carbono.

En Argentina este método para obtener gases combustibles se ha desarrollado desde hace mucho tiempo, empleando la materia fecal producida por los animales en las haciendas ganaderas, en aparatos sencillos denominados gasómetros.

También se puede producir este gas, en los mismos aparatos

ratos, empleando materia vegetal en descomposición.

Análisis en porcentaje de volumen.

Metano 53.5 a 76.6, hidrógeno 0 a 3.7%, dióxido de carbono 14.7 a 33.5%, oxígeno 0 a 1.8%, nitrógeno 1.1 a 8.2% otros 0 a 20%.

ACETILENO.

El acetileno, es un gas que se obtiene de la mezcla del carburo de calcio con el agua, es un combustible gaseoso que se emplea como iluminante o en sopletes para soldar o cortar metales, que requieren una flama de temperatura alta. Se le emplea en pequeñas lámparas para iluminación.

D) COMBUSTIBLES SUSTITUTOS Y PRODUCTORES FUTUROS DE ENERGIA.

a).- Combustibles sustitutos.

Con respecto a los combustibles sólidos, dada la carencia de combustibles líquidos y gaseosos por lo que atraviesa no solo México sino el mundo en general, y ya que estos no acusan una marcada disminución en sus reservas, se prevé, que serán los combustibles que empezarán a explotarse para subsanar las deficiencias de los otros, hasta que otros fuentes de energía, que más adelante se hablará de ellas, sean las que sustituyan en un 90% a todos los combustibles.

Como muchas industrias, están diseñadas para el empleo de combustibles líquidos y gaseosos, en la actualidad, se está estudiando la forma de encontrar métodos para fabricar dichos combustibles, a partir de los combustibles sólidos, a través de procesos más económicos. En años anteriores esto no hubiera sido comercial, pero dado el precio actual de los hidrocarburos y la carencia de ellos, al tratar de producir combustibles líquidos y gaseosos a partir de los sólidos empieza a tener sentido.

México, un país en el que la industria en un 70% emplea combustibles líquidos o gaseosos, cuenta con grandes reservas de combustibles sólidos que no han sido explotados, y se puede decir que en todo el país hay grandes can-

tidades de combustibles sólidos de diversos tipos.

PRINCIPALES ZONAS CARBONIFERAS DE MEXICO

Cuenca de Fuente.

Esta zona tiene una longitud de 45 Km. y un ancho de 18 Km. comienza en Piedras Negras, al suroeste del río Fra vo, hasta cercanías de Zaragoza, tiene aproximadamente un área de 8000 hectareas y se ha cubicado en aproximadamente 90 millones de toneladas de carbón mineral.

Cuenca del Río Sabinas.

Esta zona carbonífera se encuentra más al sur de la anterior y es la más importante de la República. Tiene una longitud de 54 Km por 23 de ancho, lo cual equivale aproximadamente a 90,000 hectareas se ha cubicado con cerca de 1,350 millones de toneladas de carbón mineral, hay zonas con espesores de 40 m. de la capa de dicho carbón.

Cuenca de Esperanzas.

Se encuentra al sur de la cuenca de Sabinas, teniendo una longitud de 40 Km por 5 Km de ancho, con una superficie de 20,000 hectáreas, se ha cubicado en 180 millones de toneladas de carbón de piedra.

Cuenca de Saltillo.

Esta cuenca está poco explotada y se ha cubicado en 100 millones de toneladas.

Cuenca de Lomacitos.

Zona carbonífera de 25,000 hectáreas, con una cubica-
ción de 260 millones de toneladas.

Cuenca de San Blas.

Se encuentra al sur de la sierra de Santa Rosa y al-
norte de la Sierra de Tullillo, está menos explotada que --
las anteriores, con una superficie de 60,000 hectáreas.

Cuenca de San Patricio.

Esta zona se encuentra ubicada al sur de las anterio-
res y al noroeste de Lampazos, es la menos formada ya que
está constituida principalmente por lignitos. Los carbonos
de esta zona son mantos de la era cretácica, llamadas lutí-
tas y areniscas del cretácico.

Otras Cuencas.

Existen otras zonas además de las mencionadas en mu-
chos Estados de la República. En la zona norte, al sur de
Tamaulipas, se encuentra un manto carbonífero llamado Co-
lumbia, con 12 millones de toneladas.

En el Estado de Sonora, se encuentra en la cuenca --
del Yaqui uno de los mantos carboníferos más puros de la --
República y se le conoce por la zona de los Bronces, con --
una cubicación de 22 millones de toneladas.

En el Estado de Jalisco, se cuenta con muchas zonas carboníferas cerca de la costa, como en Atoyac y Concepción de Buenos Aires, constituidas por pizarras carbonosas, existiendo capas a poco más de dos metros de profundidad.

Al sur, entre Michoacán y Colima se encuentra el yacimiento carbonífero de Playa Azul, y otras zonas carboníferas muy importantes, es una de las zonas más ricas del país.

En Veracruz se tienen las zonas carboníferas de: Quixahuixcuautila y Tlacolula, esta última con lignitos de muy buena calidad, esta zona se encuentra cerca de Tecoluitla.

En la zona sur del país, en los estados de Morelos y Oaxaca, se tienen los yacimientos carboníferos de: Tezatlán, Ixtepec y Tlaxiaco.

En el Estado de Chiapas, se han encontrado yacimientos carboníferos de estados de Pennsylvaniense y Missisipico (carbonífero), entre la Sierra Madre del Sur y la Sierra Central de Chiapas.

En términos generales, se han encontrado en todo el país, yacimientos carbóníferos explotables, por lo que los recursos de este combustible son muy superiores a las necesidades interiores del país.

Carbón Combustible Sólido.

Además de los yacimientos carboníferos, con que el --

país cuenta, se han encontrado yacimientos constituidos por esquistos aceitosos ó bituminosos, que tienen una naturaleza química diferente a la del petróleo y arenas alquitranosas. Estos combustibles sólidos, que originalmente no eran comercialmente explotables ya que el costo de ellos comparado con los costos de los hidrocarburos provenientes del petróleo, eran muy superiores a los de estos últimos.

Como el precio del petróleo crudo y del gas natural ha aumentado y sobre todo la escasez que de ellos se prevee, el procesar estos combustibles sólidos para obtener aceites combustibles y gas natural, empieza a ser económicamente posible.

Combustibles sólidos sustitutos.

Los combustibles sólidos, no tendrán que ser sustituidos por otros combustibles. Ya que las industrias que los emplean no presentan crisis en lo que a ellas respecta, muchas industrias que usan actualmente combustibles líquidos o gaseosos, tendrán que cambiar a dichos combustibles sólidos.

Combustibles líquidos sustitutos.

Como se ha visto a últimas fechas, que los combustibles líquidos y gaseosos tienden a su agotamiento, y ya que muchas industrias y todos los transportes, dependen de este tipo de combustibles, se ha estado estudiando para ob

tener estos combustibles a partir de combustibles sólidos que hasta la fecha no se han explotado con este fin.

ESQUISTOS ACEITOSOS O ESQUISTOS BITUMINOSOS Y ARENAS ALQUITRANOSAS. (Oil Shale And Tar Sand).

Los esquistos aceitosos ó bituminosos y las arenas alquitranosas, son sustancias de origen orgánico que se encuentran con relativa facilidad en la naturaleza, de composición química diferente a la del petróleo crudo, se les encuentra en estado sólido, pero por destilación, se pueden obtener líquidos denominados aceites de esquistos bituminosos y alquitranes sustancias que son combustibles.

En la Unión Americana y en Canadá, se han instalado plantas piloto para la obtención de los combustibles líquidos antes mencionados y por proceso de hidrogenación se han obtenido aceites y gas natural, que se prevé que podrán competir con los aceites del petróleo.

Estos aceites tienen un alto contenido de azufre, oxígeno y compuestos nitrogenados. Se han encontrado problemas del tipo minero, otro problema que se ha presentado es su bajo contenido de hidrógeno.

Combustibles gaseosos sustitutos.

Respecto a los combustibles en estado gaseoso, hay varios estudios y pruebas que se han realizado sobre combusti

bles sólidos, para obtener combustibles gaseosos y como antes se ha mencionado, hay bastantes reservas de los sólidos.

Gas pobre y gas de agua, producido en el subsuelo.

Se han efectuado pruebas en yacimientos carboníferos, que por su profundidad ya no son explotables económicamente, sobre masas en ignición de carbón mineral, se ha hecho pasar una corriente de aire, con o sin oxígeno y suplementada con vapor de agua, para producir gas pobre y gas de agua. — Estas pruebas se han efectuado en Rusia, Inglaterra y la — Unión Americana, el país que mejores resultados a reportado ha sido Rusia.

Los gases producidos en esta forma han reportado poderes caloríficos entre 50 y 100 Btu/ft³ y en algunos casos — hasta 250 Btu/ft³.

El objetivo de estos estudios ha sido el de utilizar yacimientos profundos y no explotables, también se han efectuado en minas de carbón, para obtener mejores resultados. — Por su bajo poder calorífico y el alto costo en el proceso, estos trabajos no han sido continuados.

Gases de Petróleo producidos en el subsuelo.

En la Unión Americana se ha estado estudiando, el — aplicar una de las teorías de la formación del petróleo, — por medios artificiales. En yacimientos profundos de es—

quistos aceitosos ó bituminosos, introducir una bomba nuclear y hacerla explotar, con lo cual se desmenuzaría esta formación de esquistos, aumentaría la presión y la temperatura y la falta de oxígeno, daría origen a que toda la materia orgánica quedara en libertad, y se presentarían procesos de metanización, hidrogenación, craking y otras muchas. Se prevee que se formarían aceites de petróleo, gases de petróleo y otras funciones similares a las del petróleo, que se podría extraer por los métodos usuales a los de la explotación del petróleo crudo.

Gas entablado de alto poder calorífico. (Pipeline High-Btu Gas)

A partir de combustibles sólidos, como el carbón de piedra ó hulla, de la antracita, coque, del lignito y de los esquistos aceitosos ó bituminosos, se están experimentando en plantas piloto en la Unión Americana, procesos tales como la gasificación por síntesis del gas, metanización catalítica, la hidrogenación y la combinación de estos dos últimos procesos, que se aplican a dichos combustibles sólidos, para obtener gases de alto poder calorífico que podrían sustituir comercialmente al gas natural.

Se han efectuado cálculos para determinar los costos y como ejemplo se tiene que saldrá más barato producir energía eléctrica empleando este combustible gaseoso, que por el empleo del carbón mineral en el mismo caso.

El poder calorífico de los gases obtenidos por estos-

procedimientos es de 650 a 1124 Btu/lb, pero las últimas --- pruebas con la selección del material más apropiado han sido muy satisfactorias.

Análisis en porcentaje de volumen.

Monóxido de carbono 0.8 a 23%, metano 28.0 a 92.6%, - etano 6 a 28.0%, propano 0 a 4.0%, hidrógeno 0.4 a --- 23.0%, bióxido de carbono 0 a 1.5%, Oxígeno 0 a 0.8%, iluminantes 0 a 7.3%, nitrógeno de 2 a 9%.

Productores futuros de energía.

En la naturaleza se encuentran otras fuentes de energía aprovechable, muy diferente en su forma de transferir la para su empleo, pero que suplirán a la energía dada por los combustibles.

Energía Geotérmica.

En México y en otros países, se ha empezado a aprovechar el vapor de agua sobrecalentado que se genera en ciertas formaciones rocosas en el interior de la tierra. Dicho vapor se emplea en las plantas termo-eléctricas para obtener energía eléctrica, el vapor de agua que de esta planta salen, después de haberse empleado en las turbinas, pasan a enfriarse en depósitos del tipo cambiador de calor, que contienen aguas saladas, evaporando agua para concentrar---

la sal, esta agua evaporada, junto con el agua condensada proveniente de las turbinas, pasa a depósitos para ser administrada en usos municipales de ciertas poblaciones. Y de las aguas saladas concentradas se obtiene una buena cantidad de sal, para obtener de ella diversos productos comerciales.

Calor solar.

Primeramente, deberemos tener idea, de la energía térmica que la tierra intercepta del sol, durante una revolución sobre su eje, es decir en 24 hrs, se ha calculado que es aproximadamente de 1.73×10^{16} watts. Capacidad que es 100,000 veces mayor que la energía eléctrica producida por los aparatos instalados para tal fin en todo el planeta. Con 15 minutos de exposición de la tierra frente al sol, la energía térmica que se recibe, equivale a toda la energía consumida por toda la población mundial en un año.

Con estos datos, se puede observar, la cantidad de energía que se puede aprovechar del sol. Energía que se aprovecha en la actualidad en una mínima e insignificante cantidad, ya que algunos edificios cuentan con calentadores de agua aprovechando esta energía, para abastecer sus necesidades.

En principio, hay varias formas de convertir esta energía solar, en energía eléctrica, diferente al proceso de foto síntesis, que han dado origen a todos los combusti-

bles fósiles, con que actualmente se cuenta. Las formas como se ha estimado aprovechar dicha energía son, la primera la concentración del calor y la segunda la conversión directa en energía eléctrica.

Concentración del calor.

El calor solar, deberá ser colectado mediante diversos aparatos, que pueden ser substancias que absorben rápidamente el calor y que la irradian lentamente o mediante espejos parabólicos. La energía térmica de esta manera concentrada, se empleará para calentar agua y producir vapor sobrecalentado, que se empleará en mover turbinas para generar fuerza eléctrica, o como en ciertos lugares de Europa, que se emplea este calor colectado para fundiciones de acero en una forma directa.

Conversión directa.

Hay ciertos materiales, que son los semi-conductores, como los silicones, que absorben fotones de la luz y generan pequeños potenciales eléctricos, potenciales que se almacenarán en acumuladores. Aparatos de este tipo se encuentran en muchos artefactos espaciales, que tienen celdas solares que producen la corriente eléctrica necesaria para que los aparatos instalados trabajen.

La ventaja de este segundo procedimiento, es la de que no se pasa por la etapa intermedia para generar corriente eléctrica, es decir la luz solar convertida en electricidad eléctrica, es decir la luz solar convertida en electricidad.

dad sin tener que generarse calor.

Problemas para aprovechar el calor solar.

Los problemas que se han planteado para aprovechar el calor solar son dos principalmente: el primero es que la energía solar es difusa y segundo que es intermitente.

La energía solar es difusa.

La energía solar es difusa y es necesario concentrarla, en días nublados esta energía disminuye relativamente en ciertas localidades. Para las diversas formas de su aprovechamiento se tendrán que aumentar las áreas de captación de dicha energía y para evitar los lugares que se pueden nublar, se ha previsto instalar estas plantas, en zonas desérticas, donde la atmósfera es transparente en un 99% en los 365 días del año.

La energía solar es intermitente.

Se dice que la energía solar es intermitente, por que la tierra recibe luz solar en un solo lado del globo terrestre. Una de las soluciones a este problema, es almacenar energía térmica ó eléctrica durante el día y emplearla en parte el día y parte en la noche. Proyectos más avanzados, han previsto captar la energía del sol durante la noche, en satélites sincronizados con respecto a la tierra, que captarán dicha energía y la convertirán en apa

ratos especiales en micro-ondas que serán transmitidas hacia la tierra, en los periodos que determinadas localidades no reciben la luz solar, en antenas especiales serán recibidas estas microondas y vueltas a transformar en energía eléctrica.

Antecedentes Históricos.

Del aprovechamiento de la energía solar, por medios mecánicos, ya se tienen antecedentes de ello, con el uso de los espejos parabólicos ó espejos ustarios, en tiempos de Arquímedes, que fueron empleados para concentrar los rayos solares y quemar las naves que sitiaron a la ciudad de Siracusa, invento atribuido a este sabio.

Calor Nuclear.

El calor nuclear, es una fuente nueva, para obtener energía térmica, con la cual se puede generar vapor de agua y este emplearlo para mover turbinas y producir fuerza eléctrica.

El calor nuclear se puede obtener por dos procesos — que son: la fisión y la fusión.

Energía del viento.

Otra fuente de energía, que se está estudiando y que en la actualidad se emplea, como en la India, Rusia, Alemania y en la Unión Americana, es la generación de electricidad, producida en generadores movidos por la fuerza del viento.

Se está estudiando las trayectorias de las corrientes de aire, su intensidad, el tiempo que actúan, etc., — además en el diseño de los generadores se está estudiando también el peso del equipo generador, las alturas convenientes sobre el nivel del piso, en fin una serie de factores que son de consideración.

Otras fuentes de energía.

Otras fuentes para producir energía, son las corrientes térmicas en el Golfo de México, la variación del nivel del mar, es decir las mareas, el desnivel que hay entre el Océano Pacífico y el Océano Atlántico, y otros más.

Electricidad.

Como se habrá observado, todas las fuentes futuras de energía, se aprovecharán, para obtener energía eléctrica, para sustituir a los combustibles orgánicos, por lo que se prevén grandes cambios, tanto en la industria como en la vida diaria del hombre.

Futuro de los combustibles.

Para tener idea del futuro de los combustibles fósiles o combustibles de origen orgánico, se debe conocer en que proporción se les encuentra en la naturaleza, el cual es: 90% son carbones minerales, 4% es petróleo crudo, 3% gas natural y 3% de otros.

Por los datos anteriores, se puede observar que el combustible alrededor del cual la vida diaria se verá girar, será el carbón de piedra o mineral, del cual se tendrán que obtener combustibles líquidos y gaseosos que son indispensables en la rutina diaria de los pueblos que integran nuestra civilización actual.

VANTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS COMBUSTIBLES

Combustibles Sólidos.

Las ventajas del empleo de los combustibles sólidos, se puede decir que son: un alto poder calorífico, un precio bajo, y sobre todo un futuro seguro en lo que se refiere a sus reservas.

Las desventajas que los combustibles sólidos presentan son: un área de almacenamiento grande y cubierta, para preservarlos de los efectos del intemperismo, además presentan el peligro de una inflamabilidad espontánea, hay que preparar algunos carbones minerales, para disminuirles el contenido de humedad y materia volátil, antes de emplearlos como combustibles, proporcionarles una granulometría apropiada, la manipulación de este material se tiene que efectuar con maquinaria especial, como son las bandas transportadoras, los costos de acarreo del combustible, desde los sitios de su obtención a los lugares de consumo y de almacenamientos son altos.

Combustibles Líquidos.

Los combustibles líquidos tienen la ventaja, de tener un alto poder calorífico, con lo cual su almacenamiento es relativamente económico, los recipientes en los cuales se le puede almacenar no son costosos, la

Alimentación de este tipo de combustible es poco complicada, los aparatos para ser quemado son simples y de fácil operación, la longitud de la flama es fácilmente detectable, no requiere de muchos dispositivos de seguridad y es un combustible que contiene poca ceniza.

Entre las desventajas que se tienen en el uso de este combustible, se pueden mencionar las siguientes: muchos combustibles deben ser precalentados para disminuir su viscosidad y pueden ser transportados desde su almacenamiento a los aparatos de aprovechamiento, en muchos quemadores hay que inyectarlo a presión para formar nubes de combustible, su almacenamiento en muchos casos requiere de equipo auxiliar contra incendio, dependiendo de su volatilidad e inflamabilidad hay que filtrarlos, el mantenimiento del equipo es costoso y el contenido de azufre es otro problema. Como la fuente de obtención de estos combustibles es el petróleo crudo, y este presenta una tendencia a su agotamiento, se ve que tiene que escasearse.

Combustibles Gaseosos.

Con el empleo de combustibles gaseosos, se obtienen las siguientes ventajas: es el combustible más limpio, no produce cenizas, no contiene humedad, el gas natural no requiere de equipo para su almacenamiento ya que este es suministrado mediante tuberías a los ductos de

nerales, los gases licuados de petróleo, se pueden almacenar a grandes volúmenes en fase líquida en recipientes especiales, su presión es usada para transportar fácilmente a este combustible.

Estos combustibles presentan las siguientes desventajas: para la utilización en los quemadores se requiere de equipo de regulación, equipo de control, dispositivos de seguridad, todos estos equipos con un costo alto, el gas natural por sus características no puede ser almacenado y está sujeto a ser recibido del ducto general, los recipientes para almacenar gas L.P., son especiales y requieren de protección y vigilancia. Otra desventaja es la escasez que se prevé, sobre todo para el gas L.P., no así para el gas natural, que del cual ya se tienen estudios para obtenerlo por métodos diferentes a los actuales.

TABLA DE PEDIROS CARACTERÍSTICOS DE FIVELADOS COMESTIBLES

COMESTIBLE	Etu/lb de combustible		Ltu/lb ³ de combustible	
	P.C. Bajo	P.C. Alto	P.C. Bajo	P.C. Alto
Carrón (para CO ₂)		14150		
Carbón (para CO)		3950		
Hidrógeno	51500	52000	275	320
Aluminio (para SO ₂)		3900		
Aluminio	9500	12500		
Carbón (para H ₂ O)	14000	14300		
Carbón subbituminoso	12600	13000		
Sople		11600		
Hidrógeno		6000		
Madera (para)	5500	7200		
Alcohol Metílico (CH ₃ O)	3400	9000		
Alcohol Etílico Comercial (C ₂ H ₅ O)	10500	11500		
Gasolina	15000	15500		
Gasolina	16000	16500		
Gasolina (pesado)	18000	19000		
Gasolina (ligero)	19000	20550		
Óxido de Carbono	4500		300	
Óxido de Nitrógeno	1200	1205	50	100
Gas Pétrol	1000	2000	120	100
Gas Natural	21000	23000	90	100
Gasolina	2100	23000	100	1000
Gasolina	2010	22100	1500	1700
Gasolina	1000	21500	2000	2000
Gasolina	2000	21000	1000	1000

3.- CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL GAS L.P.

El término gas L.P. ha sido aplicado a ciertas combinaciones de hidrocarburos en las que predominan el propano (C_3H_8) y el butano (C_4H_{10}); en menores proporciones el gas L.P. contiene otros hidrocarburos tales como el isobutano, el propileno, el butileno, el pentano, etc.

El gas L.P. es el único entre los combustibles que más frecuentemente se emplean que, a presiones moderadas y a temperaturas normales, puede ser transportado y almacenado en estado líquido y que al ser liberado, a presiones atmosféricas, vaporiza aún a temperaturas relativamente bajas, pudiendo entonces manejarse y utilizarse como un gas.

Las tablas 1 y 2 contienen constantes físicas de hidrocarburos que pueden encontrarse, en mayor o menor cantidad, en el gas L.P. y que serán de gran utilidad en el aspecto técnico y en el de seguridad relativos al almacenamiento y manejo de este combustible.

Densidad relativa (specific gravity). Se entiende por densidad relativa a la densidad de una sustancia comparada con la de otra sustancia que se ha tomado como estandar.

Desde el punto de vista macroscópico la materia se clasifica en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Para expresar la densidad relativa de sólidos y líquidos se emplea el agua como estandar, en tanto que para gases la sustancia de referencia es el aire. Así, para líquidos:

$$sg_L = \frac{\rho_L}{\rho_{H_2O}}$$

sg_L : Densidad relativa del líquido.
 ρ_L Densidad del líquido.
 ρ_{H_2O} Densidad del agua.

y para gases:

$$sg_G = \frac{\rho_G}{\rho_{aire}}$$

sg_G : Densidad relativa del gas.
 ρ_G Densidad del gas.
 ρ_{aire} Densidad del aire.

La densidad relativa es, pues, un número adimensional que expresa las veces que una sustancia es más densa que el agua (líquidos) o que el aire (gases).

La densidad del agua a 60°F es, aproximadamente, de 62.4 lb/ft³ y la del aire, a la misma temperatura y presión atmosférica-normal de 0.0764 lb/ft³; es decir:

$$sg_L = \frac{\rho_L}{62.4} \quad \text{y} \quad sg_G = \frac{\rho_G}{0.0764}$$

De las tablas de propiedades termodinámicas, a 60°F, las densidades del propano y del butano, en estado líquido, son: 31.75 lb/ft³ y 36.45 lb/ft³. Sus densidades relativas serán:

$$sg_{C_3} = \frac{0.1162}{0.0764} = 1.52 \quad \text{y} \quad sg_{C_4} = \frac{0.1531}{0.0764} = 2.00$$

En estado líquido, ambos hidrocarburos son menos densos que el agua; en estado gaseoso los dos son más densos que el aire. Debido a esta característica, tanto el propano como el butano, o cual-

quier mezcla de ellos, tenderán a ocupar los niveles más bajos si son expulsados a la atmósfera.

Punto de ebullición.- El punto de ebullición de los hidrocarburos listados en las tablas 1 y 2 están dados a la presión atmosférica normal. Estos hidrocarburos tienen la propiedad, en común con todos los líquidos, de que al alcanzar una temperatura en particular la evaporación es lo suficientemente rápida para producir una formación notoria de burbujas de vapor. Tomando el butano normal como ejemplo típico, se encuentra en la tabla que su punto de ebullición es de 31.1°F; esto significa que si un recipiente abierto a la atmósfera conteniendo butano normal se mantuviera a una temperatura varios grados abajo de 31.1°F (temperatura menor a la de congelamiento del agua), este no herviría, solo se evaporaría lentamente. Si se elevara, entonces la temperatura del líquido hasta 31.1°F empezaría a hervir en forma notoria.

El punto de ebullición del propano es todavía menor, a -43.7°F el propano líquido alcanza una ebullición franca a la presión atmosférica normal.

VER TABLAS 1 y 2

Relación de expansión de líquido a vapor. Al tratar de las leyes que rigen al estado gaseoso se calculó que por cada litro de propano líquido a 15°C se obtienen 272.2 lts. de este hidrocarburo en estado vapor, a la misma temperatura y presión atmosférica normal.

En el caso del butano la relación de expansión es de 237.8, en las mismas condiciones de presión y temperatura; es decir, ambos hidrocarburos incrementan su volumen más de doscientas veces al exponerse en estado líquido a la atmósfera.

Cual sería la expansión aproximada que sufrirá 1 litro de propano gaseoso al liberarse a la atmósfera, si dentro del recipiente almacenado se encuentra sujeto a una presión manométrica de $100 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ (----- $(7.03 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2)$), a la temperatura ambiente.

$$P_2 V_2 = P_1 V_1 \quad V_2 = \frac{P_1}{P_2} V_1$$

$$V_2 = \frac{(7.03 + 1.033)}{1.033} \times 1 ; \quad V_2 = \frac{8.063}{1.033} = 7.805 \text{ Lts.}$$

En la atmósfera, un litro de gas en las condiciones indicadas ocuparía casi ocho veces su volumen inicial.

Una fuga de líquido en las instalaciones que almacenan y manejan gas L.P. es, por lo tanto, más riesgosa que una fuga del combustible en estado gaseoso.

Limites de inflamabilidad. El gas combustible y el aire deben estar mezclados en la proporción conveniente para que la combustión se lleve a cabo con el propano, por ejemplo, la combustión no se desarrollará si no hay, por lo menos, un 2.37 % de gas en la mezcla gas aire; si el porcentaje de propano excede al 9.5 %, la mezcla es muy rica para quemarse.

Para el butano, los límites mínimo y máximo de inflamabilidad son: 1.86 % y 8.41 %, respectivamente.

Presión de vapor. Todo líquido tiene una presión de vapor que aumenta al aumentar su temperatura. Esta presión es una propiedad para un líquido en particular y puede ser definido como la presión existente en un -

espacio cerrado sobre el líquido puro cuando no se encuentran presentes otros gases o vapores en ese sistema cerrado.

Los valores numéricos de la presión de vapor se encuentran expresados en diferentes formas: libras por pulgada cuadrada absolutas, libras por pulgada cuadrada manométricas ó pulgadas de columna de mercurio.

La presión existente dentro de un tanque almacenador de gas L.P. depende no solamente de la temperatura, sino de la cantidad relativa de cada uno de los hidrocarburos puros presentes en la mezcla. Las presiones de vapor para el propano y el butano puros se encuentran en las tablas 3 y 4 a diferentes temperaturas.

Suponiendo que se tiene un recipiente cerrado que contiene una mezcla de butano y propano a 100°F, un manómetro conectado al tanque no marcaría 172 lb_f/in^2 ni 37.5 lb_f/in^2 , sino un valor intermedio entre esas dos lecturas.

Efectos de la temperatura sobre el volumen del gas licuado. La medida correcta del gas licuado de petróleo, en volumen, se puede llevar a cabo corrigiendo el volumen del gas a la temperatura de observación al volumen que éste ocuparía a la temperatura base de 60°F.

Los gases L.P. de diferentes densidades se expandirán o contraerán en diferente forma con aumentos o disminuciones de temperatura. Este cambio de volumen por variaciones de temperatura se mide por el coeficiente de expansión térmica; en general puede decirse que a menores densidades son mayores los efectos de contracción o de expansión.

Con referencia a la tabla de factores de conexión de volumen puede observarse que estos son considerablemente mayores para el propano que para el butano en el intervalo de temperaturas atmosféricas. Es necesario, por lo tanto, relacionar el factor con la densidad del líquido a la temperatura base de 60°F.

El volumen líquido medido a la temperatura de observación, multiplicado por el factor correspondiente a esa temperatura y a la densidad relativa del líquido, proporciona el volumen corregido a la temperatura base de 60°F. Por ejemplo, un recipiente de almacenamiento contiene mezcla de propano y butano cuya densidad relativa es de 0.560 a 60°F/60°F; la temperatura del líquido es medida y resulta de 80°F. Al mismo tiempo, el medidor del tanque indica un volumen de 1,000 galones almacenados.

El factor seleccionado de la tabla es 0.975 y el volumen neto a 60°F. será de: $1000 \times 0.975 = 975$ galones.

Cuando la temperatura cambia el volumen del gas licuado cambia produciéndose, por lo mismo un cambio por su densidad. La tabla se emplea para convertir la densidad relativa observada (o medida) a la temperatura ambiente a la densidad relativa corregida a 60°F/60°F.

VER TABLA 3 y 4

Temperatura de ignición. La temperatura de ignición se puede definir como la más baja temperatura a la cual la combustión genera más rápidamente calor que el que se pierde en los alrededores, lo que determina que la combustión se autopropague. Abajo de esta temperatura la mezcla gas-aire no se quemará espontáneamente, a menos que se le suministre calor.

La temperatura de ignición es afectada por muchos factores y en diferentes intensidades (uniformidad de la mezcla gas-aire, concentración de oxígeno, volumen del recipiente, etc.,) por lo que no puede considerarse como una propiedad fija del gas y los valores tabulados no son necesariamente válidos, excepto bajo las condiciones específicas del análisis por el cual fueron determinados.

La temperatura de ignición de la mayor parte de las sustancias decrece con el aumento de presión, que es un factor importante en la operación de máquinas de combustión. En los hidrocarburos parafínicos generalmente decrece al aumentar la masa molecular.

Temperaturas de ignición de hidrocarburos combustibles:

HIDROCARBURO	GRADOS FARENHEIT	
	A.P. Atmosférica	A 200 lb/ pulg ²
Metano	1260 - 1380	1050
Etano	990 - 1120	760
Propano	950 - 1080	700
Butano	890 - 1020	670
Pentano	890 - 1020	670
Heptano	535 - 545	320
Gasolina (80 octanos)	860	560

Poder calorífico.- Los poderes caloríficos listados en las tablas de constantes físicas son para hidrocarburos puros, por lo que en la práctica estos valores variarán ligeramente de acuerdo con la composición real del combustible.

El poder calorífico, o calor de combustión grueso, difiere poco entre butano y propano cuando se mide en Btu/lb (21,315 y 21,670, respectivamente), pero cuando se mide en volumen si hay una variación considerable (3,368 y 2,558 Btu/Pie³ respectivamente).

Odorización.- La odorización del gas es importante para la seguridad de los consumidores puesto que los hidrocarburos que constituyen el gas L.P. son virtualmente inodoros.

El objeto de introducir un odorante es el de darle al gas su olor distintivo que lo haga notar rápidamente cuando una pequeña cantidad de él escape o haya escapado sin quemarse.

La mayor parte de las normas sobre odorización requieren una concentración de odorante que haga detectable una fuga del gas a concentraciones muy abajo del límite de inflamabilidad. (menos de la quinta parte de este límite, según especificaciones de la NFPA)

Propiedades de un odorante ideal:

Algunas de ellas han sido expresadas como sigue:

Deberá ser inocuo psicológicamente en cualquier concentración en la que se encuentre.

Sus productos de combustión deberán ser inofensivos, no corrosivos y sin olor.

Un pequeño volumen de líquido deberá ser capaz de odorizar un gran volumen de gas.

El líquido deberá ser lo suficientemente volátil para distri-

buirse rápidamente en el gas.

El odorante no deberá irritar los ojos o membranas mucosas, no deberá provocar náuseas, ni reaccionar con los metales comunes, empaques o diafragmas de medidores y reguladores.

Los materiales que son más ampliamente empleados para propósitos de odorización son los mercaptanos y los sulfuros, ya que estos compuestos químicos cumplen más cercanamente las especificaciones para un odorante ideal.

COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS
COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	C ₅ H ₁₂		H ₂ O
Vapor Pressure at 100° F. Lbs. per sq. in. gauge	.....	.....	.....	212.5	175.8	57.5	47.6	48.9	36.9	5.7	.....	.....	.....	.....
..... absolute	.....	.....	780	227.2	190.0	72.2	62.3	63.6	51.6	20.4	19.4	15.6	.....	.949
Normal State at Atmospheric Pressure and 60° F.	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Liquid	Liquid	Liquid	Gas	Liquid
Boiling Point of Liquid at Atmospheric Pressure	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
° F.	-259.7	-151.7	-127.5	- 53.9	- 43.7	10.9	20.7	19.6	31.1	82.1	85.9	96.9	-317.7	212
° C.	-151.5	-103.7	- 88.6	- 47.7	- 42.1	- 11.7	- 6.3	- 6.9	- 0.5	27.9	30.0	35.1	-194.3	100
Weight of Liquid @ 60° F. Pounds Per Gallon	2.5	3.3	3.11	4.35	4.23	4.69	5.011	5.004	4.86	5.20	5.337	5.25	7.135	8.323
Specific Gravity	.3	.....	.374	.5218	.593	.563	.6011	.6002	.584	.625	.6451	.631	.855	1.000
API Gravity	340.0	.....	247	139.7	147.2	119.8	103.9	104.3	110.6	95.0	87.5	92.7	165.3	10.0
Cubic Feet of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F. Formed from	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1 Gallon of Liquid @ 60° F.	59.0	44.6	39.25	37.9	36.35	30.59	33.81	33.91	31.75	27.40	29.18	27.68	.....	.....
1 Pound of Liquid	23.6	13.51	12.65	8.71	8.62	6.53	6.75	6.78	6.54	5.27	5.42	5.27	.....	.....
Weight of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F. Pounds Per Hundred Cubic Feet	4.227	7.393	7.923	11.09	11.62	15.31	14.79	14.79	15.31	19.01	.....	19.01	7.54	.....
Specific Gravity (Air = 1)	.551	.9691	1.033	1.4527	1.522	2.036	1.9370	1.9370	2.006	2.491	.....	2.491	1.000	.....
Heat of Combustion Btu Per Pound	23,891	21,650	22,329	21,060	21,670	21,265	20,860	20,740	21,315	21,015	20,720	21,094	.....	.....
Btu Per Cubic Foot @ 60° F.	1,012	1,601	1,783	2,335	2,558	3,354	3,081	3,066	3,363	4,033	3,329	4,015	.....	.....
Btu Per Gallon @ 60° F.	.....	70,910	69,433	87,740	91,914	99,097	103,430	104,060	103,017	103,820	110,850	110,125	.....	.....
Cubic Feet of Air to Burn 1 Cubic Foot of Gas At Atmospheric Pressure and 60° F.	9.53	14.29	16.67	21.41	23.62	30.97	28.53	28.58	30.97	38.11	35.73	38.11	.....	.....
Pounds of Air to Burn 1 Pound of Gas	17.24	14.76	16.13	14.76	15.71	15.49	14.76	14.76	15.19	15.35	11.76	15.35	.....	.....
Flammability Limits Lower % in Air	5.0	3.22	3.0- 3.3	2.0	2.37	1.60	.....	.....	1.86	1.32	1.60	1.40	.....	.....
Upper % in Air	15.0	12.45	10.6-15.0	11.0	9.50	8.41	.....	.....	8.41	.....	.....	7.80	.....	.....

HANDBOOK BUTANE PROPANE GASES

556

COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS
COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

(Continued)

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	C ₅ H ₁₂		H ₂ O
Heat Required to Vaporize Liquid at the Boiling Point and Atmospheric Pressure Btu Per Pound	245	203	211	189	183	153	174	157	155	145	142	153	82	870.2
Btu Per Gallon	712	635	559	222	774	741	872	233	737	733	727	833	633.5	2735.4
Ratio of Liquid Volume @ 60° F. to Gas Volume @ Atmospheric Pressure and 60° F.	443	333.7	294.3	283.5	272.7	229.3	252.9	254.0	237.8	205.0	218.3	207		
Freezing Point of Liquid at Atmospheric Pressure °F.	-296.5	-272.6	-297.8	-301.4	-305.9	-255.3	-301.6	-220.6	-216.9	-257.1	-265.5	-201.5		32
°C.	-182.5	-169.2	-183.2	-185.2	-187.7	-159.4	-185.3	-140.3	-138.3	-160.6	-165.3	-129.7		0
Molecular Weight	16.042	28.052	30.069	42.079	44.094	58.12	56.105	56.105	58.12	72.146	70.131	72.145	28.966	18.015
Gallons Per Pound Mol at 60° F.	6.4	8.5	9.64	9.7	10.41	12.35	11.2	11.2	11.94	13.84	13.0	13.71	4.06	2.15
Specific Heat at Atmospheric Pressure @ 60° F. Cp Liquid - Btu Per Pound Per °F.	0.5271	0.362	0.410	0.352	0.339	0.387	0.51	0.555	0.55 @ 32° F.	0.533		0.535		1.000
Cp Vapor - " " " " " "	0.602	0.268	0.343	0.293	0.312	0.352	0.347		0.397	0.388		0.397	0.171	0.455
Cv Vapor - " " " " " "	0.402	0.268	0.343	0.293	0.312	0.352	0.303		0.363	0.351		0.370		0.303
Cv Liquid - " " " " " "	1.308	1.258	1.193	1.120	1.133	1.097	1.145		1.094	1.076		1.074	1.410	1.335
Cv														
Critical Conditions Temperature °F.	-116.5	49.8	90.1	196.5	205.2	273.2	297	292.5	305.6	370.0	394	387.0	-221.3	715
°C.	-82.5	9.9	32.3	91.4	96.8	131.0	147.2	141.7	152.0	187.6	201	197.2	-150.7	374.1
Pressure - Pounds Per Square Inch Absolute	673	742	768	667	617	529	538	550	551.0	483	531	490	517	3278
Pressure - Atmospheres	45.8	50.5	48.2	45.4	42.0	36.0	40.0	39.5	37.5	32.9	40.1	33.3	37.2	215.2
Density - Pounds Per Gallon	1.351		1.695		1.898	1.916			1.891	1.955		1.955		
Volume Cubic Feet Per Pound Mol.	1.586		2.371		3.123	3.900			4.130	4.932		4.98		

PROPERTIES OF THE HYDROCARBONS IN LP-GAS

53 2



.....



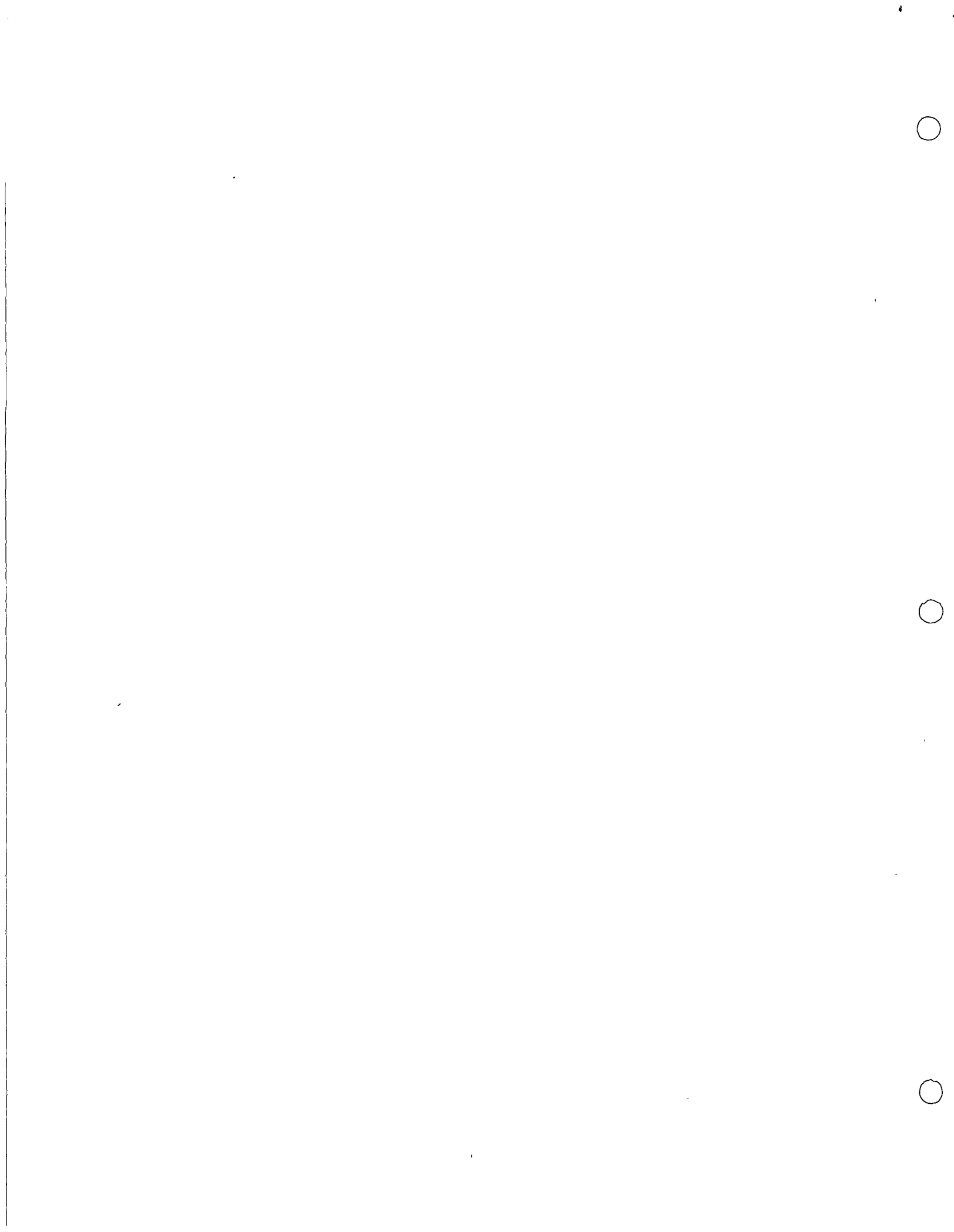
centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO
DE RECIPIENTES

ING. MANUEL CASTRO ROMO



El tema que se me ha asignado es sumamente extenso por lo que nos limitaremos a dar algunos conceptos generales y presentar algunos puntos que nos sean de más utilidad en la práctica.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE RECIPIENTES.-

Los ingenieros químicos involucrados en procesos industriales, relacionados con la transformación de un producto en otro, a través de un proceso determinado, manejan y almacenan grandes cantidades de productos en tanques muy variados dependiendo de su estado, es decir de sus propiedades físicas y químicas y también por consiguiente del proceso en particular. Los recipientes son básicos en casi todos los procesos por ejemplo, en un autoclave es un recipiente a presión equipado con un agitador y una fuente de calentamiento, una columna de destilación o absorción, es un recipiente en el cual existe un contacto con el vapor o líquido, un cambiador de calor será un recipiente que transmite temperatura a otro líquido a través de las paredes de los tubos y un evaporador será un recipiente que contiene un intercambiador de calor y un espacio para la disgregación del vapor.

En el diseño de estos recipientes influyen muchos factores, uno de ellos será el seleccionar el recipiente más adecuado para tales o cuales condiciones, el tipo de material a usar, los esfuerzos inducidos, así como la resistencia física, es también muy importante el costo de fabricación en relación con la vida útil del recipiente.

SELECCION Y TIPO DE RECIPIENTES.-

Lo primero será seleccionar el tipo de tanque para el uso en cuestión.

Algunos de los factores podrán ser los siguientes:

- Función del recipiente
- Localización
- Naturaleza del producto
- Proceso
- Temperatura
- Presión de operación
- Volumen

Los recipientes más comunes son:

- 1) Tanques abiertos
- 2) Tanques de fondo plano, cilíndricos verticales
- 3) Tanques verticales y horizontales con cabezas formadas
- 4) Tanques esféricos

Frecuentemente el rango de servicios se traslapa con el tipo de tanques, por lo cual es difícil hacer una clasificación basada en su aplicación. Solamente indicaremos algunas generalidades y los usos más comunes que se les da: líquidos no riesgosos como salmuera y otras soluciones acuosas se almacenan en tanques abiertos de acero, madera o concreto, tanques cerrados serán empleados para almacenar productos tóxicos, combustibles o que se gasifican durante su almacenaje si la presión es más alta que la

atmosférica, se almacenan en tanques cilíndricos de fondo plano y techo cónico, líquidos a presiones atmosféricas, tanques esféricos a presión son usados para almacenar grandes volúmenes, tanques cilíndricos con cabezas formadas son empleados para almacenar bajos volúmenes de líquidos a presión, en nuestra plática nos ocuparemos de éstos últimos.

Muchos códigos han sido desarrollados en los últimos años para controlar la fabricación de recipientes, entre ellos podemos citar al ASME (Ameri can Society of Mechanical Engineers), el del Instituto Americano del Petróleo y en nuestro país la Norma Oficial de Calidad DGN X 12 de 1969. Para la aplicación de soldadura tenemos entre los más empleados, la Sección IX del Código ASME (Welding Qualifications). El Código para tuberías a presión ASA Sección CB 131.1 Apéndices I y II, el Standard Qualification Process of the American Welding Society. Tenemos el API que principalmente indica las especificaciones de tanques verticales, en sus secciones 7 y 8. La Sociedad Americana de Soldadura AWS establece las ba ses para la calificación de procedimientos, soldadores y operadores.

El método más comunmente empleado para la fabricación de recipientes a presión es mediante el proceso de soldadura por fusión, se deberá tomar en cuenta que estas normas para la fabricación de recipientes a presión mediante el proceso de soldadura depende muy especialmente de la soldadura misma y del método empleado por el soldador.

DEFORMACIONES ELASTICAS - ESFUERZOS INDUCIDOS.-

Las deformaciones elásticas son inducidas por la carga, es decir cuando el tanque se llena y se vacía y cuando éste último sucede, el tanque vuelve a su forma original. Durante los años de servicio, los tanques están sujetos a estos esfuerzos inducidos, el esfuerzo se define como la fuerza por unidad de área en el elemento analizado. Varios tipos de esfuerzos son inducidos dependiendo del tipo de carga y se clasifican como de tensión, compresión, corte, doblez y torsión.

Estos esfuerzos son causados quizás por el simple peso del material empleado en la construcción o también por cargas resultantes de la presión interior del producto, de vientos y otras.

Partes sujetas a esfuerzos axiales; de compresión o tensión, inducen esfuerzos que pueden ser cuantificados por una simple fórmula.

- Esfuerzo de tensión axial $F = \frac{P}{a}$
- Esfuerzo de compresión axial $F = \frac{P}{a}$

Donde F = esfuerzo inducido axial
 P = carga
 a = área de la sección transversal

Los esfuerzos inducidos resultantes por doblez o tensión son mucho más difíciles de cuantificar, muchos libros han sido escritos sobre el particular para evaluar esos esfuerzos, esos esfuerzos acarrear deformaciones

elásticas, la cuales pueden poner en peligro el equipo. Por ejemplo: una brida hecha de material muy delgado, con tornillos bien apretados contra el empaque dará como resultado que la tapa no pueda transmitir los esfuerzos a los tornillos y fallen por doblez. Otro ejemplo podría ser el que se presenta en una columna de destilación cuando debido a la carga sobre una charola, ésta se deforma ocasionando un sello no uniforme para el burbujeo y por consiguiente inestabilidad en la operación de la charola.

MODULO DE ELASTICIDAD.-

Para evitar lo anterior será necesario diseñar los recipientes con suficiente rigidez para que las deformaciones no pongan en peligro al recipiente, las deformaciones que pueden ser toleradas se determinarán para cada elemento a diseñar.

ESPECIFICACION DE MATERIALES.-

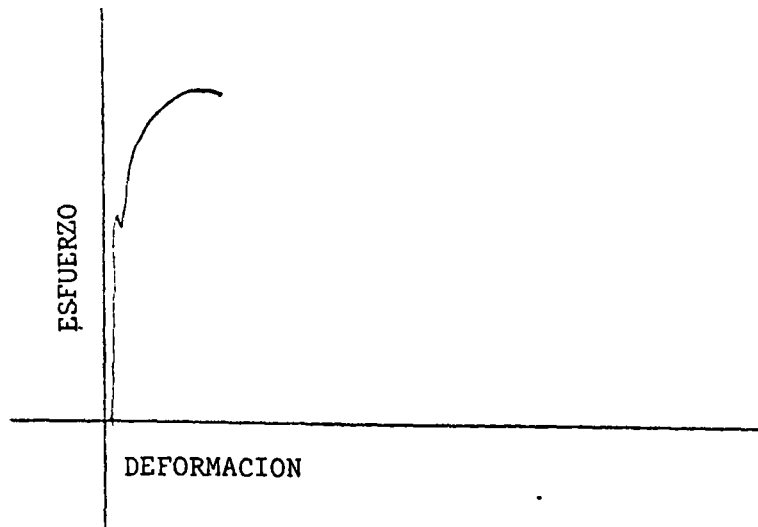
Acero al carbón de no más 0.35% y de baja aleación son comunmente usados, primeramente por su bajo costo y porque son materiales que facilmente se encuentran en el mercado, los aceros generalmente usados en la fabricación de estos recipientes han sido indicados en la tabla siguiente. Entre los aceros más usados podremos citar el acero SA-285-C, este acero tiene buena ductibilidad, buena soldabilidad y maquinabilidad, es uno de los más económicos para la fabricación de recipientes a presión sin embargo, su uso se limita a recipientes cuyos espesores no excedan de 5/8". Para recipientes

con espesores mayores se usa el SA-285-C, para caso de presiones más altas y diámetros mayores se usa acero SA-515-70 ya que por ejemplo se necesitará solamente un 79% de espesor del cuerpo en comparación con el acero SA-285-C. Para unidades de transporte se usa el SA-202-B y el SA-517-E cuando el peso de la unidad es importante.

<u>MATERIAL TIPO</u>	<u>No. P</u>	<u>LIMITE DE CEDENCIA</u>	<u>LIMITE DE RUPTURA</u>	<u>ESFUERZO DE TRABAJO - 20 a 600°F</u>
SA-285-C	1	30	55	13.75
SA-515-55	1	30	55	13.75
SA-36	1	36	58	12.6
SA-515-60	1	32	60	15
SA-515-70	1	38	70	17.5
SA-455-B	1	36.5	73	18.25
SA-455-A	1	37.5	75	18.75
SA-202-B	4	47	85	21.25

Datos en miles de lb/pulg²

GRAFICA DE ESFUERZO DE FORMACION.-



Si tomamos una probeta de material y la sometemos a una carga hasta su ruptura obtendremos una gráfica como la anterior, para cada acero tenemos un límite elástico y un límite de ruptura, así como un esfuerzo de trabajo.

Como ustedes podrán darse cuenta, el esfuerzo de trabajo se ha determinado dividiendo el límite de ruptura entre cuatro (a excepción hecha del SA-36), este límite de ruptura es mínimo, es decir que por ningún motivo puede ser aceptado una colada o planchón abajo del límite de ruptura establecido, el esfuerzo máximo de trabajo es aproximadamente la mitad del límite elástico.

Para la obtención del espesor del cuerpo deberemos emplear las siguientes fórmulas:

- Fórmula para recipientes cilíndricos

Esfuerzos circunferenciales (juntas longitudinales) $t = \frac{PR}{SE-0.6 P}$ δ

$P = \frac{SEt}{R + 0.6 t}$

Esfuerzos longitudinales (juntas circunferenciales) $t = \frac{PR}{2 SE+ 0.4P}$ δ

$P = \frac{2 SE t}{R - 0.4 t}$

Donde t = espesor mínimo de cuerpo

P = presión de diseño

R = radio interior (antes del factor de corrosión, si es que debe tomarse en cuenta alguno)

S = máximo esfuerzo permisible

E = eficiencia de las juntas

CABEZAS COMUNMENTE USADAS EN LA FABRICACION DE RECIPIENTES CLINDRICOS A PRESION.-

Las cabezas empleadas son de diferentes formas como semi esféricas en gajos, elípticas, toriesféricas y combadas con pestaña, entre las más comunmente usadas son las semi elípticas y semi esféricas.

Las cabezas semi elípticas, toriesféricas y semi esféricas son considerablemente mejores en lo que al esfuerzo se refiere, que las cónicas o planas. La gran mayoría de los recipientes cilíndricos horizontales usan ya sea la semi elíptica o la toriesférica sin embargo, la semi esférica es la mejor de las tres, ya que el esfuerzo se reparte mejor. Las cabezas semi esféricas son ahora las más empleadas en la fabricación de recipientes para almacenamiento de gas butano o propano, ya que son más económicas que las cabezas semi elípticas o toriesféricas.

Los esfuerzos en la parte central de las coronas en este tipo de cabezas combadas, son relativamente sencillos de valuar. Para este tipo de recipientes, los esfuerzos serán máximos en una cabeza toriesférica y menores en una cabeza semi esférica sin embargo, en virtud de que los esfuerzos

no son continuos en la unión de la cabeza con el cuerpo, se dificulta un poco más su evaluación.

CABEZAS SEMI ELIPSOIDALES.-

El espesor requerido para estas cabezas en donde la mitad del radio menor (profundidad interior de la cabeza menos el faldón) es igual a una cuarta parte del diámetro interior de la cabeza, se determina por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PDK}{2SE-0.2P} \quad \delta \quad P = \frac{2 SEt}{KD+0.2 t}$$

Donde: K = factor en las fórmulas de las cabezas semi elpsoidales que depende de la proporción $\frac{D}{2h}$

D = diámetro interior

h = mitad de la longitud del eje menor de la cabeza semi - elíptica ó la profundidad interior de la cabeza semi - elíptica medida desde la línea de tangente

CABEZAS SEMI ESFERICAS.-

Quando el espesor de la cabeza semi esférica no exceda de 0.356 R ó P no exceda de 0.665 S \bar{E} , la siguiente fórmula deberá ser aplicada:

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad \delta \quad P = \frac{2 SE t}{R + 0.2 t}$$

CABEZAS TORIESFERICAS.-

El espesor requerido en una cabeza toriesférica, en la cual el radio de nudillos es el 6% del radio de la corona, deberá ser determinado por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{0.855 PL}{SE - 0.1 P} \quad \text{ó} \quad P = \frac{SE t}{0.855 L + 0.1 t}$$

Donde: L = radio interior de la corona

VALORES DEL FACTOR K

$\frac{D}{2h}$	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.0
K	1.83	1.73	1.64	1.55	1.46	1.37	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00
$\frac{D}{2h}$	1.9	1.8		1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
K	0.93	0.87		0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50

Como se ha podido apreciar, tanto el esfuerzo de trabajo como la eficiencia de las juntas representan factores muy importantes en las fórmulas para el cálculo de los recipientes a presión con cabezas formadas.

Por lo que se sugiere revisar los certificados de análisis de la fundición antes de iniciar la fabricación y marcar todas las placas o secciones de ellas con el número de planchón y colada y así tener una fácil identificación.

PRUEBA CON SONIDO ULTRASONICO.-

En algunas ocasiones será conveniente comprobar si la placa que vamos a emplear en la fabricación de un recipiente no tiene laminaciones. El método de ultrasonido para poder determinar que la placa está libre de laminaciones es comunmente usado.

La frecuencia nominal de prueba deberá ser 2 1/2 MHz., el espesor y tipo de material, grano y microestructura podrán ser factores que modifiquen la frecuencia a usar. La inspección deberá ser llevada a cabo con un instrumento y una frecuencia que de una lectura de mínimo 50 máximo 75% de de la escala del aparato.

Deberá cuadrricular la placa con cuadros de 23 x 23 cm., tomando la lectura en las esquinas. El cuadrriculado deberá empezar a 5 cm. de las orillas de la placa.

Cualquier otra lectura obtenida diferente al espesor del material que no sea mayor de 7.6 cm. ó no mas de la mitad del espesor, cualquiera mayor no es aceptable.

EFICIENCIA DE LAS JUNTAS.-

El uso de las juntas soldadas da como resultado un incremento del esfuerzo

en la soldadura y cerca de ella, esto quizás sea el resultado de una discontinuidad metalúrgica y de esfuerzos residuales, el Código nos permite cierta eficiencia de las juntas basado en varios tipos de soldadura. Esto da al diseñador opciones en seleccionar el tipo de soldadura a usarse y si éstas deberán ser radiografiadas en parte o en su totalidad.

SOLDADURA. -

Las reglas que se aplican a la calificación de procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de máquinas automáticas de soldar para todos los tipos de procesos de soldadura manual y automática de arco y de gas permitidos, pueden también ser aplicadas en todo lo que puedan aplicarse a otros procesos de soldadura manual o automática.

Cada fabricante o contratista es responsable de la soldadura efectuada por su organización, y deberá conducir las pruebas requeridas para calificar los procedimientos de soldadura que él use en la construcción de las partes soldadas construídas bajo Código y para la calificación de habilidad de los soldadores y de los operadores de máquinas automáticas de soldar, quienes aplicarán estos procedimientos de soldadura.

Cada fabricante o contratista deberá guardar un record de los resultados obtenidos de las pruebas para calificación de procedimiento de soldadura y calificación de habilidad de soldadores y de los resultados de los exámenes de los operadores de máquinas automáticas de soldar.

Estos records deberán ser certificados por el fabricante o contratista y deberán estar accesibles al inspector autorizado.

Las orientaciones de las soldaduras con respecto a los planos de referencia horizontal y vertical, son clasificadas en cuatro posiciones: plana, horizontal, vertical y sobre-cabeza.

Tres tipos de pruebas son usados en la calificación de procedimientos de soldadura y de soldadores, como sigue:

(1) Pruebas de tensión directa son usadas en pruebas de calificación de procedimiento para medir el esfuerzo a la tensión de las juntas de soldadura a tope.

(2) Pruebas de doblez guiado, son usadas en pruebas de calificación de procedimiento y de habilidad de soldadores para comprobar el grado de sanidad y ductilidad de juntas de soldadura a tope.

(3) Pruebas como se describen, son usadas en pruebas de calificación de habilidad para comprobar el tamaño, contorno y grado de sanidad de la soldadura de filete.

La probeta de prueba no deberá tener ninguna rotura visible. Deberá ser cortada transversalmente para tener una sección central de 25.4mm.

(10 pulgadas) de largo y dos secciones extremas de aproximadamente 25.4mm. (1") de longitud.

Un exámen de una longitud de soldadura por medio de radiografía o seccionamiento es usado para probar la habilidad de operadores de máquinas automáticas de soldar para hacer soldaduras sanas.

ELECTRODOS COMUNMENTE USADOS EN LA FABRICACION DE RECIPIENTES A PRESION.-

PRUEBAS A ELECTRODOS DEPOSITADOS

7018	50 Kg/mm ²
	52 Kg/mm ²
9018	65 Kg/mm ²
	67 Kg/mm ²
6024	47 Kg/mm ²
	50 Kg/mm ²
12018	85 Kg/mm ²
AUTOMATICAS.- L 60	48 Kg/mm ²
	50 Kg/mm ²
L 61	55 Kg/mm ²
	60 Kg/mm ²

Por lo que la selección del electrodo deberá estar en función de la resistencia a la tensión del material base, ya que si se usa un electrodo con el cual se obtenga un límite de ruptura menor que el de la placa, el recipiente fallará en el cordón de la soldadura.

MAXIMO ESFUERZO PERMISIBLE EN JUNTAS SOLDADAS CON ARCO ELECTRICO

No.	TIPO DE JUNTAS DESCRIPCION	LIMITACIONES	PORCENTAJE DE EXAMINACION RADIOGRAFICA		
			(a) 100%RADIOGRA FICA	(b) POR MUES- TRES	(c). SIN RADIO GRAFIAR
(1)	Juntas dobles soldadas por am- bos lados de tal forma que se obtenga un depósito homogéneo para que cumpla con las especi- ficaciones UW-35. Se excluyen las juntas con solera de res - paldo que tengan que permanecer en el lugar.	Ninguna	1.00	0.85	0.70
(2)	Juntas soldadas por un solo la- do con solera de respaldo. O - tras no incluidas en la primera especificación.	(a) Ninguna a excepción hecha de (b) (b) Soldadura de un solo paso circun- ferencial, véase figura UW-13-1	0.90	0.80	0.65
(3)	Soldadura soldada por un solo lado sin hacer uso de solera de respaldo.	En juntas circunferenciales, no arri- ba de 5/8" y no más de 24" ϕ	--	--	0.60
(4)	Soleras de respaldo soldadas por ambos lados	En juntas longitudinales no arriba de 3/8" de espesor. En juntas circunfe- renciales no arriba de 5/8" de espesor	--	--	0.55
(5)	En soldaduras traslapadas con soldadura de relleno en perfora- ciones conforme UW-17	(a) Juntas circunferenciales para cabe- zas no arriba de 24" ϕ y cuerpos no a- rriba de 1/2". (b) Juntas circunferenciales para cuer- pos de chaqueta no arriba de 5/8" de es- pesor nominal, cuando la distancia de	--	--	0.50

MAXIMO ESFUERZO PERMISIBLE EN JUNTAS SOLDADAS CON ARCO ELECTRICO

No.	TIPO DE JUNTAS DESCRIPCION	LIMITACIONES	PORCENTAJE DE EXAMINACION RADIOGRAFICA		
			(a) 100% RADIO - GRAFICA	(b) POR MUESTREO	(c) SIN RADIO GRAFIAR
		los centros entre centros de las soldaduras de orificio y al final de la placa no sean menores de 1 1/2 veces el diámetro de la soldadura por relle <u>no</u> .	--	--	0.45
(6)	Soldadura simple de traslape sin soldadura de orificio	(a) Para poner cabezas convexas a presión no arriba de 5/8", solamente para soldadura por filete dentro del cuerpo ó (b) para cabezas de juntas teniendo una presión a cualquiera de los lados y para cuerpos no arriba de 24" ϕ interior y no arriba de 1/4" de espesor, para la soldadura por filete afuera de la cabeza, combadas solamente			

ARRIBA DE ESTOS ESPESORES PARA JUNTAS SOLDADAS POR AMBOS LADOS, ES OBLIGATORIO RADIOGRAFIAR AL 100%.-

No. P CLASIFICACION DEL MATERIAL	DEBERA SER RADIOGRAFIADO AL 100%
1	1 1/4
3	3/4
4	5/8
5	0
9A	5/8
9B	5/8
9C	5/8
10A	3/4
10B	5/8
12A	
Subgrupo 1	1 1/4
12B	
Subgrupo 1	3/4
Subgrupo 2	1 1/4
Subgrupo 3	5/8
Subgrupo 4	0
12C	
Subgrupo 1	5/8

REFUERZO DE LAS ABERTURAS EN CUERPOS.-

En el caso de que hagamos una abertura en un cuerpo, y ésta sea mayor de 76mm., es obligatorio ponerle un refuerzo.

El material removido en el plano axial deberá ser reemplazado por material de refuerzo, el área de refuerzo requerida para un orificio en un recipiente será la siguiente; $A = D \times t$ donde: A = sección transversal del refuerzo en pulgadas cuadradas, una vez puesta la tubería es decir, del diámetro interior del tubo y t = espesor de la pared del tanque sin factor de corrosión.

Así como es importante la soldadura, también lo es la calidad del material usado para los coples, bridas, tubería, etc., ya que es una parte sujeta a presión.

TUBERIA:

	<u>LIMITE ELASTICO</u>	<u>LIMITE DE RUPTURA</u>	
SA-556-A2	26	47	11.7
SA-53-B	35	60	12.0
SA-106-B	35	60	12.0
SA-106-C	40	70	17.5

	<u>LIMITE ELASTICO</u>	<u>LIMITE DE RUPTURA</u>	
BARRA:			
SA-306-45	22.5	40	11.2
SA-306-50	25.0	50	12.5
SA-306-55	27.5	55	13.7
SA-306-55	32.5	65	16.2
SA-206-70	35.0	70	17.5

FORJA:			
SA-105-1	30	60	15
SA-181-1	30	60	15
SA-105-11	36	70	17.5
SA-181-11	36	70	17.5
SA-372-1	35	60	14.5

TORNILLOS:			
SA-354-BB	78	100	19.5
SA-354-BC	99	115	23.0

DISEÑO DE LOS SOPORTES .-

La selección y tipo de soportes para un recipiente a presión horizontal, depende de muchas variables como son el tipo de recipiente, el espesor de la pared, el espacio disponible y la elevación del recipiente, el material de construcción y la temperatura de operación.

Los tanques cilíndricos horizontales a presión comunmente se soportan sobre silletas o cunas. Si el recipiente se encuentra a una distancia no muy alta del nivel del piso, silletas de acero sobre cimentación de concreto pueden ser usadas o soportes de concreto, cuando el recipiente es elevado se sugiere usar estructura de acero con silletas o cuna para soportarlo. Si los soportes del recipiente son equidistantes, la carga resultante del peso del propio recipiente más su contenido se dividirá entre dos para conocer la carga en cada uno de ellos. Cuando la carga no puede ser dividida entre dos soportes, se pueden usar más soportes sin embargo, el sistema de dos soportes es más ventajoso que el de varios.

El análisis de los esfuerzos inducidos al cuerpo y soportes, fué desarrollado por el Sr. Zick quien obtuvo una ecuación para el cálculo de esos esfuerzos y contiene constantes empíricas determinadas experimentalmente. Si empleamos en este tipo de análisis los siguientes esfuerzos podrán ser evaluados:

- Esfuerzo máximo longitudinal
- Esfuerzo tangencial al corte
- Esfuerzo en la corona de soportes de las silletas y por último el
- Esfuerzo adicional en la cabeza usada como refuerzo.

Para nuestro propósito y no entrar en análisis complicados de estos esfuerzos, haremos una selección de la localización de los soportes basado en la dimensión entre el centro de la silleta y la soldadura que une la cabeza con el cuerpo. Esta dimensión nunca deberá exceder del -- 20% de la longitud total del cuerpo (sin incluir cabezas) de otra forma los esfuerzos resultantes de sección en cantiliver serán excesi - vos.

Para un recipiente con cabezas semi elipsoidales o troiesféricas, debe- rá ser tratado como si fuera la longitud del cuerpo igual a la longitud total.

TRATAMIENTO TERMICO.-

Es recomendable llevar a cabo un tratamiento térmico especialmente en los casquetes semi esféricos que han sido combados y por lo tanto deformada la estructura molecular del material al inducirse esfuerzos al dar la forma a la cabeza ahora bien, para cada uno de los aceros empleados en la fabricación de recipientes a presión, existe un No. P que también nos indicarán cuando éstos deben ser relevados de esfuerzos.

El tratamiento térmico debe llevarse en un horno en el cual pueda subirse su temperatura hasta 650°C y mantenerlo en esa temperatura por lo menos una hora por cada 25mm. de espesor, enfriándose y calentándose a un ritmo de 200°E por hora. Deberá contar con un termopar para registrar la temperatura cada 1.5m. de longitud, obteniendo en el registrador la gráfica correspondiente al ciclo calentamiento-enfriamiento, documento que estará a disposición del inspector en el expediente del recipiente.

PRUEBA HIDROSTATICA.-

En virtud de que la prueba hidrostática determinará la hermeticidad del recipiente, ésta se llevará a cabo cuando el mismo esté totalmente terminado y relevado de esfuerzos, si es el caso. La presión de prueba será de 1.5 veces la presión de diseño y mantenida por un lapso

necesario para inspeccionar cuidadosamente el recipiente. El ciclo deberá ser registrado en una gráfica.

Además el fabricante deberá entregar al inspector la siguiente información:

- 1) La autorización de fabricación por la DGN
- 2) Planos y cálculos de diseño del recipiente y sus partes
- 3) Reporte de la fundición en el que se certifique que el acero fué fabricado de acuerdo con la Norma.
- 4) Reportes de partes fabricadas con placa
- 5) Permitir el acceso del inspector a todas las áreas de la planta involucradas con la fabricación del tanque o sus partes, informando al inspector de los progresos en la fabricación del recipiente.
- 6) Evidencia del examen de todos los materiales empleados en la fabricación antes de su montaje como el certificado de análisis de la fundición, tipo y calidad de coples, bridas, tubos, etc. usadas en el recipiente.
- 7) Documentación de la prueba de impacto, cuando sea requerida.
- 8) Que el inspector certifique previamente cada reparación,
- 9) Examen del cuerpo y cabezas para certificar que cumplen con las especificaciones del Código.
- 10) Calificación del proceso de soldadura antes de emplearlo en el recipiente

- 11) Calificación por laboratorio autorizado de los operadores de soldadoras automáticas y de los soldadores.
- 12) Examinar previamente todas las partes para ver si están de acuerdo con las especificaciones y/o fabricadas de acuerdo con el Código y bajo las tolerancias solicitadas, alineadas y propiamente soldadas.
- 13) Radiografías, tanto de cuerpo y cabezas como las reparaciones efectuadas.
- 14) Gráfica del relevo de esfuerzos.
- 15) Certificado de la prueba hidrostática.
- 16) Verificar que la placa nombre cuente con la información necesaria y esté colocada en lugar visible .

ACCESORIOS.-

Los accesorios que indica la Norma DGN C 12 de 1969 para los tanques de almacenamiento, son las siguientes:

- a) Válvulas de seguridad (válvula de paso múltiple)
- b) Medidor rotatorio o medidor flotador
- c) Manómetro
- d) Termómetro
- e) Válvulas de máximo de llenado
- f) Drenaje
- g) Excesos en las salidas de líquidos y vapores

VALVULAS DE SEGURIDAD.-

La válvula de seguridad es un dispositivo empleado para abrir y desfogar la presión cuando por alguna causa se haya elevado, por lo que tendrán que tener suficiente capacidad de desfogue. Para calcular esta capacidad se emplean las fórmulas siguientes:

Recipientes cilíndricos cabezas semi esféricas:

$$A = \text{Longitud total} \times \text{diámetro exterior} \times 3.1416$$

Recipientes cilíndricos cabezas semi elípticas:

$$A = (\text{Longitud total} + .3 \text{ diámetro exterior}) \text{ diámetro exterior} \times 3.1416$$

Recipientes esféricos:

$$A = \text{Diámetro exterior al cuadrado} \times 3.1416$$

El flujo está dado bajo condiciones normales en pies³ de aire a --
60°F y una presión atmosférica de 14.7 psig.

AREA DE SUPERFI CIE	FLUJO REQUE RIDO CFM aire	AREA DE SUPERFI CIE	FLUJO REQUE RIDO CFMaire	AREA DE SUPERFI CIE	FLUJO REQUE RIDO CFMaire
20 or less	626	170	3620	600	10170
25	751	175	3700	650	10860
30	872	180	3790	700	11550
35	990	185	3880	750	12220
40	1100	190	3960	800	12880
45	1220	195	4050	850	13540
50	1330	200	4130	900	14190
55	1430	210	4300	950	14830
60	1540	220	4470	1000	15470
65	1640	230	4630	1050	16100
70	1750	240	4800	1100	16720
75	1850	250	4960	1150	17350
80	1950	260	5130	1200	17960
85	2050	270	5290	1250	18570
90	2150	280	5450	1300	19180
95	2240	290	5610	1350	19780
100	2340	300	5760	1400	20380
105	2440	310	5920	1450	20980
110	2530	320	6080	1500	21570
115	2630	330	6230	1550	22160
120	2720	340	6390	1600	22740
125	2810	350	6540	1650	23320
130	2900	360	6690	1700	23900
135	2990	370	6840	1750	24470
140	3080	380	7000	1800	25050
145	3170	390	7150	1850	25620
150	3260	400	7300	1900	26180
155	3350	450	8040	1950	26750
160	3440	500	8760	2000	27310
165	3530	550	9470		

MEDIDOR ROTATORIO.-

En el centro del cuerpo o cabeza, se localiza el medidor rotatorio, éste consta de un tubo que pasa a través de la cabeza o el cuerpo con un dobléz a 90° en el interior, el mecanismo permite girar el tubo to do el diámetro del tanque. Mediante una manija se hace girar el tubo en el interior del tanque, en el extremo de éste hay una válvula de purga que se abre cuando el tubo está en la parte superior, dejando escapar vapor; lentamente se gira hacia un extremo hasta cuando des - cargue líquido. La manija tiene un indicador que apunta a un disco di vidido a cada lado de 100% a 0%, se repite la misma operación hacia el lado contrario, teniendo cuidado de purgar el líquido que quedó en el tubo y se obtiene otra lectura, si la segunda lectura no es igual a la anterior, se promedian, el resultado es el porcentaje aproximado de lle nado.

MEDIDOR MAGNETICO.-

El medidor magnético es un mecanismo que consta de un brazo horizontal a traves del cual gira un vástago que es movido por un elemento que cae libremente, ambos se encuentran articulados mediante un engrane. En el extremo de éste último, se localiza el flotador. Recibe su nombre de magnético debido a que la señal pasa a la carátula a través de dos ima nes, la aguja tiene en su centro un imán y el vástago en su extremo o - tro de polaridad contraria. La lectura en la carátula nos da el % de llenado.

VALVULAS DE MEXIMO DE LLENADO.-

Son dos válvulas con tubos interiores a una altura que corresponde al 85% y 90% del tanque, cuando se está llenando el recipiente se abre la del 85% y cuando a través de ella sale el líquido se cierra y se abre la siguiente, cuando ésta última desaloja líquido se interrumpe el llenado. El propósito es el de tener dos niveles fijos.

TABLE 3. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SATURATED PROPANE

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at 200° F. where the values are zero. Refer to Fig. 1 for Enthalpies and Entropies of super heated propane vapor.

Temp. Deg. F.	Pressure† Lb. per Sq. In.		Specific Volume† Cu. Ft. per Lb.		Density† Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy** Btu per Lb.		Latent Heat per Lb. L.	Entropy** Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F.
	Absolute P	Gauge P	Liquid v	Vapor V	Liquid l/l	Vapor V/V	Liquid h _f	Vapor h _g		Liquid s _f	Vapor s _g	
-75	6.37	*17.0	0.02660	14.5	37.59	0.0690	65.5	255.5	190.0	0.142	0.621	-75
-70	7.37	*14.9	0.02671	12.9	37.40	0.0775	68.0	257.0	189.0	0.148	0.622	-70
-65	8.38	*12.7	0.02688	11.3	37.20	0.0825	71.5	258.6	188.5	0.154	0.621	-65
-60	9.72	*10.1	0.02703	9.93	37.03	0.111	74.6	259.5	188.5	0.156	0.620	-60
-55	11.1	* 7.3	0.02717	8.70	36.80	0.115	77.0	261.0	188.0	0.157	0.618	-55
-50	12.6	* 4.3	0.02732	7.74	36.60	0.125	79.5	262.7	188.2	0.173	0.617	-50
-45	14.4	* 0.6	0.02748	6.89	36.39	0.145	82.3	264.2	181.9	0.179	0.615	-45
-40	16.2	1.5	0.02763	6.13	36.19	0.163	85.0	265.8	180.8	0.185	0.614	-40
-35	18.1	3.4	0.02779	5.51	35.99	0.161	87.5	267.2	179.7	0.185	0.613	-35
-30	20.3	5.6	0.02795	4.93	35.78	0.203	90.2	268.9	178.7	0.186	0.612	-30
-25	22.7	8.0	0.02811	4.46	35.58	0.224	92.8	270.3	177.5	0.202	0.610	-25
-20	25.4	10.7	0.02827	4.00	35.37	0.250	95.6	271.8	176.2	0.203	0.608	-20
-15	28.3	13.6	0.02844	3.60	35.16	0.272	98.3	273.2	171.9	0.214	0.607	-15
-10	31.4	16.7	0.02860	3.26	34.96	0.307	101.0	274.9	173.9	0.220	0.607	-10
- 5	34.7	20.0	0.02876	2.97	34.75	0.337	103.8	276.2	172.4	0.226	0.606	- 5
0	38.2	23.5	0.02895	2.71	34.51	0.369	106.2	277.7	171.5	0.231	0.605	0
+ 5	41.9	27.2	0.02913	2.48	34.33	0.403	108.8	279.0	170.2	0.236	0.604	+ 5
10	45.0	31.3	0.02931	2.27	34.12	0.441	111.3	280.5	169.2	0.243	0.603	10
15	50.6	35.9	0.02950	2.07	33.90	0.483	114.0	281.3	167.8	0.243	0.602	15
20	55.5	40.8	0.02970	1.90	33.67	0.526	116.8	283.1	168.3	0.254	0.601	20
25	60.9	46.2	0.02991	1.74	33.43	0.575	119.7	284.4	161.7	0.260	0.600	25
30	65.3	51.6	0.03012	1.60	33.20	0.625	122.3	285.7	163.4	0.275	0.599	30
35	72.0	57.3	0.03033	1.48	32.97	0.675	125.6	287.0	162.0	0.272	0.598	35
40	78.0	63.3	0.03055	1.37	32.73	0.730	128.0	288.3	160.3	0.276	0.597	40
45	84.6	69.9	0.03078	1.27	32.49	0.787	131.1	289.5	159.4	0.285	0.596	45
50	91.8	77.1	0.03102	1.18	32.24	0.847	134.2	290.7	156.5	0.292	0.595	50
55	99.3	84.6	0.03125	1.10	32.00	0.909	137.2	292.0	154.8	0.298	0.594	55
60	107.1	92.4	0.03150	1.01	31.75	0.970	140.6	293.2	152.6	0.305	0.593	60
65	115.4	100.7	0.03174	0.943	31.50	1.06	143.8	294.5	150.7	0.313	0.591	65
70	124.0	109.3	0.03201	0.883	31.24	1.13	147.5	295.8	148.3	0.321	0.589	70
75	133.2	118.5	0.03229	0.825	30.97	1.21	150.3	296.9	146.6	0.327	0.588	75
80	142.8	128.1	0.03257	0.770	30.70	1.30	154.0	299.1	145.1	0.335	0.586	80
85	153.1	138.4	0.03287	0.722	30.42	1.39	157.0	299.2	142.2	0.342	0.585	85
90	164.0	149.0	0.03317	0.673	30.15	1.49	160.3	300.3	140.0	0.348	0.583	90
95	175.0	160.0	0.03348	0.632	29.87	1.58	163.4	301.3	137.9	0.356	0.582	95
100	187.0	172.0	0.03381	0.591	29.58	1.69	166.5	302.4	135.6	0.363	0.582	100
105	200.0	185.0	0.03416	0.553	29.27	1.81	169.8	303.2	133.4	0.370	0.582	105
110	212.0	197.9	0.03453	0.520	28.96	1.92	172.8	304.6	131.2	0.376	0.581	110
115	225.0	211.0	0.03493	0.489	28.63	2.05	175.2	304.7	128.5	0.383	0.580	115
120	240.0	225.0	0.03534	0.459	28.30	2.18	179.3	305.2	125.4	0.391	0.580	120
125	254.0	239.0	0.03575	0.432	27.97	2.31	183.5	305.3	122.3	0.397	0.580	125
130	272.0	257.3	0.03618	0.404	27.61	2.43	188.3	306.1	119.3	0.401	0.580	130
135	288.0	273.3	0.03662	0.382	27.23	2.62	190.0	306.3	116.3	0.413	0.580	135
140	305.0	290.3	0.03707	0.360	27.00	2.75	194.0	306.5	112.5	0.422	0.580	140

* Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1920, Vol. 12, No. 12, Page 403.

† Inches of mercury below one standard atmosphere (29.92 in.).

** From Mollier Diagrams for Propane, W. C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).

550

TABLE 4. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NORMAL SATURATED BUTANE

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at 260 °F, where the values are zero. Refer to Fig. 2 for Enthalpies and Entropies of superheated butane vapor.

Temp. Deg. F.	Pressure† Lb. per Sq. In.		Specific Volume‡ Cu. Ft. per Lb.		Density Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy** Btu per Lb.		Latent Heat Btu per Lb. L.**	Entropy** Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F.
	Absolute P	Gauge p	Liquid v	Vapor V	Liquid 1/v	Vapor 1/V	Liquid h _f	Vapor h _g		Liquid s _f	Vapor s _g	
0	7.3	*15.0	0.02591	11.1	38.59	0.0901	103.8	275.3	171.5	0.225	0.572	0
5	8.2	*13.2	0.02603	9.93	38.41	0.100	106.2	276.9	170.7	0.231	0.572	5
10	9.2	*11.1	0.02615	8.95	38.24	0.112	108.8	278.5	169.7	0.236	0.576	10
15	10.4	* 8.8	0.02627	8.05	38.07	0.124	111.5	280.0	168.5	0.242	0.571	15
20	11.6	* 6.3	0.02639	7.23	37.89	0.136	114.0	281.6	167.6	0.248	0.571	20
25	13.0	* 3.6	0.02651	6.55	37.72	0.153	116.7	283.1	166.6	0.253	0.571	25
30	14.4	* 0.6	0.02664	5.90	37.54	0.169	119.2	284.9	165.7	0.260	0.571	30
35	16.0	1.3	0.02676	5.37	37.37	0.186	121.8	285.4	164.6	0.264	0.573	35
40	17.7	3.0	0.02689	4.88	37.19	0.205	124.2	285.0	163.3	0.270	0.573	40
45	19.6	4.9	0.02703	4.47	37.00	0.224	126.8	285.5	162.7	0.276	0.571	45
50	21.6	6.9	0.02716	4.07	36.82	0.244	129.6	291.2	161.6	0.282	0.571	50
55	23.8	9.1	0.02730	3.73	36.63	0.263	132.1	292.7	160.6	0.287	0.576	55
60	26.3	11.6	0.02743	3.40	36.45	0.285	134.8	294.2	159.4	0.293	0.576	60
65	28.9	14.2	0.02759	3.12	36.24	0.304	137.3	295.9	158.6	0.298	0.576	65
70	31.6	16.9	0.02773	2.88	36.06	0.327	140.1	297.5	157.4	0.304	0.570	70
75	34.5	19.8	0.02789	2.65	35.86	0.377	142.6	298.9	156.3	0.310	0.570	75
80	37.6	22.9	0.02805	2.46	35.65	0.407	145.0	300.3	155.3	0.315	0.570	80
85	40.9	26.2	0.02821	2.28	35.45	0.459	147.8	302.0	154.2	0.322	0.570	85
90	44.5	29.3	0.02838	2.10	35.24	0.476	150.5	303.5	153.0	0.326	0.571	90
95	48.2	33.5	0.02854	1.96	35.04	0.519	153.1	305.0	151.9	0.332	0.571	95
100	52.2	37.5	0.02870	1.81	34.84	0.572	156.2	306.7	150.5	0.340	0.571	100
105	56.4	41.7	0.02889	1.70	34.62	0.613	159.1	308.1	149.0	0.346	0.572	105
110	60.8	46.1	0.02906	1.58	34.41	0.653	161.9	309.5	147.6	0.352	0.572	110
115	65.6	50.9	0.02925	1.48	34.19	0.676	165.0	311.1	146.1	0.359	0.572	115
120	70.8	56.1	0.02945	1.37	33.96	0.700	167.3	312.7	144.9	0.365	0.572	120
125	76.0	61.3	0.02962	1.28	33.77	0.723	171.0	314.0	143.0	0.372	0.573	125
130	81.4	66.7	0.02980	1.19	33.56	0.759	174.0	315.5	141.5	0.376	0.573	130
135	87.0	72.3	0.03000	1.11	33.34	0.900	177.1	317.0	139.9	0.385	0.573	135
140	92.6	77.9	0.03020	1.04	33.14	0.935	179.9	318.2	138.3	0.391	0.574	140
145	100.0	85.3	0.03040	0.966	32.92	1.035	183.1	319.5	136.4	0.396	0.574	145
150	100.0	93.7	0.03060	0.857	32.70	1.115	186.5	321.0	134.5	0.405	0.574	150
155	115.0	100.3	0.03084	0.840	32.43	1.196	190.3	322.3	132.6	0.411	0.574	155
160	122.0	107.3	0.03112	0.765	32.15	1.275	192.7	323.8	131.1	0.416	0.575	160
165	130.0	115.3	0.03140	0.733	31.90	1.365	195.8	325.0	129.2	0.425	0.575	165
170	140.0	125.3	0.03165	0.667	31.62	1.455	199.2	326.1	126.9	0.433	0.575	170
175	150.0	135.3	0.03193	0.613	31.36	1.557	202.1	327.2	125.1	0.439	0.575	175
180	160.0	145.3	0.03213	0.562	31.10	1.660	205.0	328.4	123.4	0.445	0.575	180

* Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1920, Vol. 12, No. 12, Page 402.

† Inches of mercury below one standard atmosphere (29.92 in.).

** From Mollier Diagrams for Butane, W. C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).

3.- CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL GAS L.P.

El término gas L.P. ha sido aplicado a ciertas combinaciones de hidrocarburos en las que predominan el propano (C_3H_8) y el butano (C_4H_{10}); en menores proporciones el gas L.P. contiene otros hidrocarburos tales como el isobutano, el propileno, el butileno, el pentano, etc.

El gas L.P. es el único entre los combustibles que más frecuentemente se emplean que, a presiones moderadas y a temperaturas normales, puede ser transportado y almacenado en estado líquido y que al ser liberado, a presiones atmosféricas, vaporiza aún a temperaturas relativamente bajas, pudiendo entonces manejarse y utilizarse como un gas.

Las tablas 1 y 2 contienen constantes físicas de hidrocarburos que pueden encontrarse, en mayor o menor cantidad, en el gas L.P. y que serán de gran utilidad en el aspecto técnico y en el de seguridad relativos al almacenamiento y manejo de este combustible.

Densidad relativa (specific gravity). Se entiende por densidad relativa a la densidad de una sustancia comparada con la de otra sustancia que se ha tomado como estandar.

Desde el punto de vista macroscópico la materia se clasifica en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Para expresar la densidad relativa de sólidos y líquidos se emplea el agua como estandar, en tanto que para gases la sustancia de referencia es el aire. Así, para líquidos:

$$sg_L = \frac{\rho_L}{\rho_{H_2O}}$$

sg_L : Densidad relativa del líquido.
 ρ_L Densidad del líquido.
 ρ_{H_2O} Densidad del agua.

y para gases:

$$sg_G = \frac{\rho_G}{\rho_{aire}}$$

sg_G : Densidad relativa del gas.
 ρ_G Densidad del gas.
 ρ_{aire} Densidad del aire.

La densidad relativa es, pues, un número adimensional que expresa las veces que una sustancia es más densa que el agua (líquidos) o que el aire (gases).

La densidad del agua a 60°F es, aproximadamente, de 62.4 lb/ft³ y la del aire, a la misma temperatura y presión atmosférica-normal de 0.0764 lb/ft³; es decir:

$$sg_L = \frac{\rho_L}{62.4} \quad \text{y} \quad sg_G = \frac{\rho_G}{0.0764}$$

De las tablas de propiedades termodinámicas, a 60°F, las densidades del propano y del butano, en estado líquido, son: 31.75 lb/ft³ y 36.45 lb/ft³. Sus densidades relativas serán:

$$sg_{C_3} = \frac{0.1162}{0.0764} = 1.52 \quad \text{y} \quad sg_{C_4} = \frac{0.1531}{0.0764} = 2.00$$

En estado líquido, ambos hidrocarburos son menos densos que el agua; en estado gaseoso los dos son más densos que el aire. Debido a esta característica, tanto el propano como el butano, o cual-

quier mezcla de ellos, tenderán a ocupar los niveles más bajos si--
son expulsados a la atmósfera.

Punto de ebullición.- El punto de ebullición de los hidrocarburos--
listados en las tablas 1 y 2 están dados a la presión atmosférica -
normal. Estos hidrocarburos tienen la propiedad, en común con todos
los líquidos, de que al alcanzar una temperatura en particular la -
evaporación es lo suficientemente rápida para producir una forma---
ción notoria de burbujas de vapor. Tomando el butano normal como --
ejemplo típico, se encuentra en la tabla que su punto de ebullición
es de 31.1°F; esto significa que si un recipiente abierto a la at--
mósfera conteniendo butano normal se mantuviera a una temperatura -
varios grados abajo de 31.1°F (temperatura menor a la de congela---
miento del agua), este no herviría, solo se evaporaría lentamente.-
Si se elevara, entonces la temperatura del líquido hasta 31.1°F em-
pezaría a hervir en forma notoria.

El punto de ebullición del propano es todavía menor, a-43.7°F
el propano líquido alcanza una ebullición franca a la presión atmos-
férica normal.

VER TABLAS 1 y 2

Relación de expansión de líquido a vapor. Al tratar de las leyes -
que rigen al estado gaseoso se calculó que por cada litro de propa-
no líquido a 15°C se obtienen 272.2 lts. de este hidrocarburo en esta
do vapor, a la misma temperatura y presión atmosférica normal.

En el caso del butano la relación de expansión es de 237.8, en las mismas condiciones de presión y temperatura; es decir, ambos hidrocarburos incrementan su volumen más de doscientas veces al exponerse en estado líquido a la atmósfera.

Cual sería la expansión aproximada que sufrirá 1 litro de propano gaseoso al liberarse a la atmósfera, si dentro del recipiente almacenado se encuentra sujeto a una presión manométrica de $100 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ (----- $(7.03 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2)$), a la temperatura ambiente.

$$P_2 V_2 = P_1 V_1 \quad V_2 = \frac{P_1}{P_2} V_1$$

$$V_2 = \frac{(7.03 + 1.033)}{1.033} \times 1 ; \quad V_2 = \frac{8.063}{1.033} = 7.805 \text{ Lts.}$$

En la atmósfera, un litro de gas en las condiciones indicadas ocuparía casi ocho veces su volumen inicial.

Una fuga de líquido en las instalaciones que almacenan y manejan gas L.P. es, por lo tanto, más riesgosa que una fuga del combustible en estado gaseoso.

Limites de inflamabilidad. El gas combustible y el aire deben estar mezclados en la proporción conveniente para que la combustión se lleve a cabo con el propano, por ejemplo, la combustión no se desarroyará si no hay, por lo menos, un 2.37 % de gas en la mezcla gas aire; si el porcentaje de propano excede al 9.5 %, la mezcla es muy rica para quemarse.

Para el butano, los límites mínimo y máximo de inflamabilidas son: 1.86 % y 8.41 %, respectivamente.

Presión de vapor. Todo líquido tiene una presión de vapor que aumenta al aumentar su temperatura. Esta presión es una propiedad para un líquido en partirular y puede ser definido como la presión existente en un -

espacio cerrado sobre el líquido puro cuando no se encuentran presentes otros gases o vapores en ese sistema cerrado.

Los valores numéricos de la presión de vapor se encuentran expresados en diferentes formas: libras por pulgada cuadrada absolutas, libras por pulgada cuadrada manométricas ó pulgadas de columna de mercurio.

La presión existente dentro de un tanque almacenador de gas L.P. depende no solamente de la temperatura, sino de la cantidad relativa de cada uno de los hidrocarburos puros presentes en la mezcla. Las presiones de vapor para el propano y el butano puros se encuentran en las tablas 3 y 4 a diferentes temperaturas.

Suponiendo que se tiene un recipiente cerrado que contiene una mezcla de butano y propano a 100°F, un manómetro conectado al tanque no marcaría 172 lb_f/in^2 ni 37.5 lb_f/in^2 , sino un valor intermedio entre esas dos lecturas.

Efectos de la temperatura sobre el volumen del gas licuado. La medida correcta del gas licuado de petróleo, en volumen, se puede llevar a cabo corrigiendo el volumen del gas a la temperatura de observación al volumen que éste ocuparía a la temperatura base de 60°F.

Los gases L.P. de diferentes densidades se expandirán o contraerán en diferente forma con aumentos o disminuciones de temperatura. Este cambio de volumen por variaciones de temperatura se mide por el coeficiente de expansión térmica; en general puede decirse que a menores densidades son mayores los efectos de contracción o de expansión.

Con referencia a la tabla de factores de conexión de volumen puede observarse que estos son considerablemente mayores para el propano que para el butano en el intervalo de temperaturas atmosféricas. Es necesario, por lo tanto, relacionar el factor con la densidad del líquido a la temperatura base de 60°F.

El volumen líquido medido a la temperatura de observación, multiplicado por el factor correspondiente a esa temperatura y a la densidad relativa del líquido, proporciona el volumen corregido a la temperatura base de 60°F. Por ejemplo, un recipiente de almacenamiento contiene mezcla de propano y butano cuya densidad relativa es de 0.560 a 60°F/60°F; la temperatura del líquido es medida y resulta de 80°F. Al mismo tiempo, el medidor del tanque indica un volumen de 1,000 galones almacenados.

El factor seleccionado de la tabla es 0.975 y el volumen neto a 60°F. será de: $1000 \times 0.975 = 975$ galones.

Cuando la temperatura cambia el volumen del gas licuado cambia produciéndose, por lo mismo un cambio por su densidad. La tabla se emplea para convertir la densidad relativa observada (o medida) a la temperatura ambiente a la densidad relativa corregida a 60°F/60°F.

VER TABLA 3 y 4

Temperatura de ignición. La temperatura de ignición se puede definir como la más baja temperatura a la cual la combustión genera más rápidamente calor que el que se pierde en los alrededores, lo que determina que la combustión se autopropague. Abajo de esta temperatura la mezcla gas-aire no se quemará espontáneamente, a menos que se le suministre calor.

La temperatura de ignición es afectada por muchos factores y en diferentes intensidades (uniformidad de la mezcla gas-aire, concentración de oxígeno, volumen del recipiente, etc.,) por lo que no puede considerarse como una propiedad fija del gas y los valores tabulados no son necesariamente válidos, excepto bajo las condiciones específicas del análisis por el cual fueron determinados.

La temperatura de ignición de la mayor parte de las sustancias decrece con el aumento de presión, que es un factor importante en la operación de máquinas de combustión. En los hidrocarburos parafínicos generalmente decrece al aumentar la masa molecular.

Temperaturas de ignición de hidrocarburos combustibles:

HIDROCARBURO	GRADOS FARENHEIT	
	A.P. Atmosférica	A 200 lb/ pulg ²
Metano	1260 - 1380	1050
Etano	990 - 1120	760
Propano	950 - 1080	700
Butano	890 - 1020	670
Pentano	890 - 1020	670
Heptano	535 - 545	320
Gasolina (80 octanos)	860	560

Poder calorífico.- Los poderes caloríficos listados en las tablas de constantes físicas son para hidrocarburos puros, por lo que en la práctica estos valores variarán ligeramente de acuerdo con la composición real del combustible.

El poder calorífico, o calor de combustión grueso, difiere poco entre butano y propano cuando se mide en Btu/lb (21,315 y 21,670, respectivamente), pero cuando se mide en volumen si hay una variación considerable (3,368 y 2,558 Btu/Pie³ respectivamente).

Odorización.- La odorización del gas es importante para la seguridad de los consumidores puesto que los hidrocarburos que constituyen el gas L.P. son virtualmente inodoros.

El objeto de introducir un odorante es el de darle al gas su olor distintivo que lo haga notar rápidamente cuando una pequeña cantidad de él escape o haya escapado sin quemarse.

La mayor parte de las normas sobre odorización requieren una concentración de odorante que haga detectable una fuga del gas a concentraciones muy abajo del límite de inflamabilidad. (menos de la quinta parte de este límite, según especificaciones de la NFPA)

Propiedades de un odorante ideal:

Algunas de ellas han sido expresadas como sigue:

Deberá ser inocuo psicológicamente en cualquier concentración en la que se encuentre.

Sus productos de combustión deberán ser inofensivos, no corrosivos y sin olor.

Un pequeño volumen de líquido deberá ser capaz de odorizar un gran volumen de gas.

El líquido deberá ser lo suficientemente volátil para distri-

buirse rápidamente en el gas.

El odorante no deberá irritar los ojos o membranas mucosas, no deberá provocar náuseas, ni reaccionar con los metales comunes, empaques o diafragmas de medidores y reguladores.

Los materiales que son más ampliamente empleados para propósitos de odorización son los mercaptanos y los sulfuros, ya que estos compuestos químicos cumplen más cercanamente las especificaciones para un odorante ideal.

COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS
COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	AIR	H ₂ O
Vapor Pressure at 100° F. Lbs. per sq. in. gauge absolute	.....	.....	780	212.5 227.2	175.8 190.0	57.5 72.2	47.6 62.3	48.9 63.6	36.9 51.6	5.7 20.4	19.4	9 15.6	.....	949
Normal State at Atmospheric pressure and 60° F.	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Liquid	Liquid	Liquid	Gas	Liquid
Boiling Point of Liquid at Atmospheric Pressure ° F. ° C.	-253.7 -151.5	-151.7 -103.7	-127.5 -88.6	-53.9 -47.7	-43.7 -42.1	10.9 -11.7	20.7 -6.3	19.6 -6.9	31.1 -0.5	82.1 27.9	85.9 30.0	96.9 36.1	-317.7 -194.3	212 100
Weight of Liquid @ 60° F. Pounds Per Gallon Specific Gravity API Gravity	2.5 .3 340.0	3.3	3.11 .374 247	4.35 .5218 139.7	4.23 .503 147.2	4.69 .563 119.8	5.011 .6011 103.9	5.004 .6002 104.3	4.86 .584 110.6	5.20 .625 95.0	5.387 .6461 87.5	5.25 .631 92.7	7.125 .855 165.3	8.323 1.000 10.0
Cubic Feet of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F. Formed from 1 Gallon of Liquid @ 60° F. 1 Pound of Liquid	59.0 23.6	44.6 13.51	39.25 12.65	37.9 8.71	36.35 8.62	30.59 6.53	33.81 6.75	33.91 6.78	31.76 6.54	27.40 5.27	29.18 5.42	27.68 5.27	.....	.....
Weight of Vapor at Atmospheric pressure and 60° F. Pounds Per Hundred Cubic Feet Specific Gravity (Air = 1)	4.227 .554	7.393 .9681	7.923 1.038	11.09 1.4527	11.62 1.522	15.31 2.006	14.79 1.9370	14.79 1.9370	15.31 2.006	19.01 2.491	.....	19.01 2.491	7.54 1.000	.....
Gross Heat of Combustion Btu Per Pound Btu Per Cubic Foot @ 60° F. Btu Per Gallon @ 60° F.	23,891 1,012	21,650 1,601 70,910	22,329 1,783 69,433	21,060 2,335 87,740	21,670 2,558 91,914	21,265 3,354 99,697	20,860 3,081 103,430	20,740 3,086 104,060	21,315 3,363 103,017	21,015 4,003 103,820	20,720 3,829 110,850	21,004 4,015 110,125	.....	.....
Cubic Feet of Air to Burn 1 Cubic Foot of Gas At Atmospheric pressure and 60° F. Cubic Feet of Air to Burn 1 Pound of Gas	9.53 17.24	14.29 14.76	16.67 16.13	21.41 14.76	23.62 15.71	30.97 15.49	28.56 14.76	28.56 14.76	30.97 15.10	38.11 15.35	35.73 11.76	38.11 15.35	.....	.....
Flammability Limits Lower % in Air Upper % in Air	5.0 15.0	3.22 12.45	3.0-3.3 10.6-15.0	2.0 11.0	2.37 9.50	1.50 6.41	.....	.....	1.66 8.41	1.32	1.60	1.10 7.80	.....	.....

HANDBOOK BUTANE PROPANE GASES

556

COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS
COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

(Continued)

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE 1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	C ₅ H ₁₂		H ₂ O
Heat Required to Vaporize Liquid at the Boiling Point and Atmospheric Pressure Btu Per Pound	245	203	211	189	123	153	174	167	166	149	143	153	92	972
Btu Per Gallon	712	555	555	522	774	741	872	839	787	759	737	873	555.6	591.6
Ratio of Liquid Volume @ 60° F. to Gas Volume @ Atmospheric Pressure and 60° F.	443	333.7	294.3	283.5	272.7	229.3	252.9	254.0	237.8	205.0	218.3	207	...	...
Freezing Point of Liquid at Atmospheric Pressure °F.	-296.5	-272.6	-297.3	-301.4	-305.9	-255.3	-301.6	-220.6	-216.9	-257.1	-265.5	-291.5	...	32
°C.	-182.5	-169.2	-183.2	-185.2	-187.7	-159.4	-185.3	-140.3	-133.3	-160.6	-165.3	-129.7	...	0
Molecular Weight	16.042	28.052	30.068	42.079	44.094	58.12	56.105	56.105	58.12	72.146	70.131	72.146	28.966	18.016
Gallons Per Pound Mol at 60° F.	6.4	8.5	9.64	9.7	10.41	12.35	11.2	11.2	11.94	13.84	13.0	13.71	4.06	2.15
Specific Heat at Atmospheric Pressure @ 60° F. Cp Liquid - Btu Per Pound Per °F.	0.5271	0.352	0.410	0.352	0.339	0.387	0.51	0.555	0.397	0.533	...	0.539	0.171	1.000
Cv Vapor	0.402	0.288	0.343	0.298	0.312	0.352	0.347	...	0.363	0.388	...	0.397	...	0.455
Cv Liquid	1.308	1.258	1.193	1.180	1.133	1.097	1.145	...	1.094	1.076	...	1.074	1.410	1.335
Critical Conditions Temperature °F.	-116.5	49.8	90.1	196.5	206.2	273.2	297	292.5	303.6	370.0	394	387.0	-221.3	715
°C.	-82.5	9.9	32.3	91.4	96.8	131.0	147.2	144.7	152.0	187.6	201	197.2	-130.7	374.1
Pressure - Pounds Per Square Inch Absolute	673	742	708	667	617	529	588	560	551.0	483	534	490	517	3235
Pressure - Atmospheres	45.8	50.5	48.2	45.4	42.0	36.0	40.0	39.5	37.5	32.9	40.4	33.3	37.2	218.2
Density - Pounds Per Gallon	1.351	...	1.695	...	1.058	1.916	...	...	1.891	1.935	...	1.935	...	...
Volume Cubic Feet Per Pound Mol.	1.586	...	2.371	...	3.123	3.990	...	...	4.130	4.932	...	4.98	...	...

PHYSICAL CONSTANTS OF THE HYDROCARBONS IN LP-GAS

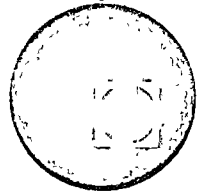
55

2





centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO
DE RECIPIENTES

ING. MANUEL CASTRO ROMO



El tema que se me ha asignado es sumamente extenso por lo que nos limitaremos a dar algunos conceptos generales y presentar algunos puntos que nos sean de más utilidad en la práctica.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE RECIPIENTES.-

Los ingenieros químicos involucrados en procesos industriales, relacionados con la transformación de un producto en otro, a través de un proceso determinado, manejan y almacenan grandes cantidades de productos en tanques muy variados dependiendo de su estado, es decir de sus propiedades físicas y químicas y también por consiguiente del proceso en particular. Los recipientes son básicos en casi todos los procesos por ejemplo, en un autoclave es un recipiente a presión equipado con un agitador y una fuente de calentamiento, una columna de destilación o absorción, es un recipiente en el cual existe un contacto con el vapor o líquido, un cambiador de calor será un recipiente que transmite temperatura a otro líquido a través de las paredes de los tubos y un evaporador será un recipiente que contiene un intercambiador de calor y un espacio para la disgregación del vapor.

En el diseño de estos recipientes influyen muchos factores, uno de ellos será el seleccionar el recipiente más adecuado para tales o cuales condiciones, el tipo de material a usar, los esfuerzos inducidos, así como la variación física, es también muy importante el costo de fabricación en relación con la vida útil del recipiente.

SELECCION Y TIPO DE RECIPIENTES.-

Lo primero será seleccionar el tipo de tanque para el uso en cuestión.

Algunos de los factores podrán ser los siguientes:

- Función del recipiente
- Localización
- Naturaleza del producto
- Proceso
- Temperatura
- Presión de operación
- Volumen

Los recipientes más comunes son:

- 1) Tanques abiertos
- 2) Tanques de fondo plano, cilíndricos verticales
- 3) Tanques verticales y horizontales con cabezas formadas
- 4) Tanques esféricos

Frecuentemente el rango de servicios se traslapa con el tipo de tanques, por lo cual es difícil hacer una clasificación basada en su aplicación. Solamente indicaremos algunas generalidades y los usos más comunes que se les da: líquidos no riesgosos como salmuera y otras soluciones acuosas se almacenan en tanques abiertos de acero, madera o concreto, tanques cerrados serán empleados para almacenar productos tóxicos, combustibles o que se gasifican durante su almacenaje si la presión es más alta que la

atmosférica, se almacenan en tanques cilíndricos de fondo plano y techo cónico, líquidos a presiones atmosféricas, tanques esféricos a presión son usados para almacenar grandes volúmenes, tanques cilíndricos con cabezas formadas son empleados para almacenar bajos volúmenes de líquidos a presión, en nuestra plática nos ocuparemos de éstos últimos.

Muchos códigos han sido desarrollados en los últimos años para controlar la fabricación de recipientes, entre ellos podemos citar al ASME (American Society of Mechanical Engineers), el del Instituto Americano del Petróleo y en nuestro país la Norma Oficial de Calidad DGN X 12 de 1969.

Para la aplicación de soldadura tenemos entre los más empleados, la Sección IX del Código ASME (Welding Qualifications). El Código para tuberías a presión ASA Sección CB 131.1 Apéndices I y II, el Standard Qualification Process of the American Welding Society. Tenemos el API que principalmente indica las especificaciones de tanques verticales, en sus secciones 7 y 8. La Sociedad Americana de Soldadura AWS establece las bases para la calificación de procedimientos, soldadores y operadores.

El método más comunmente empleado para la fabricación de recipientes a presión es mediante el proceso de soldadura por fusión, se deberá tomar en cuenta que estas normas para la fabricación de recipientes a presión median te el proceso de soldadura depende muy especialmente de la soldadura mis ma y del método empleado por el soldador.

DEFORMACIONES ELÁSTICAS - ESFUERZOS INDUCIDOS.-

Las deformaciones elásticas son inducidas por la carga, es decir cuando el tanque se llena y se vacía y cuando éste último sucede, el tanque vuelve a su forma original. Durante los años de servicio, los tanques están sujetos a estos esfuerzos inducidos, el esfuerzo se define como la fuerza por unidad de área en el elemento analizado. Varios tipos de esfuerzos son inducidos dependiendo del tipo de carga y se clasifican como de tensión, compresión, corte, doblez y torsión.

Estos esfuerzos son causados quizás por el simple peso del material empleado en la construcción o también por cargas resultantes de la presión interior del producto, de vientos y otras.

Partes sujetas a esfuerzos axiales; de compresión o tensión, inducen esfuerzos que pueden ser cuantificados por una simple fórmula.

- Esfuerzo de tensión axial $F = \frac{P}{a}$
- Esfuerzo de compresión axial $F = \frac{P}{a}$

Donde F = esfuerzo inducido axial

P = carga

a = área de la sección transversal

Los esfuerzos inducidos resultantes por doblez o tensión son mucho más difíciles de cuantificar, muchos libros han sido escritos sobre el particular para evaluar esos esfuerzos, esos esfuerzos acarrearán deformaciones

elásticas, la cuales pueden poner en peligro el equipo. Por ejemplo: una brida hecha de material muy delgado; con tornillos bien apretados contra el empaque dará como resultado que la tapa no pueda transmitir los esfuerzos a los tornillos y fallen por doblez. Otro ejemplo podría ser el que se presenta en una columna de destilación cuando debido a la carga sobre una charola, ésta se deforma ocasionando un sello no uniforme para el burbujeo y por consiguiente inestabilidad en la operación de la charola.

MODULO DE ELASTICIDAD.-

Para evitar lo anterior será necesario diseñar los recipientes con suficiente rigidez para que las deformaciones no pongan en peligro al recipiente, las deformaciones que pueden ser toleradas se determinarán para cada elemento a diseñar.

ESPECIFICACION DE MATERIALES.-

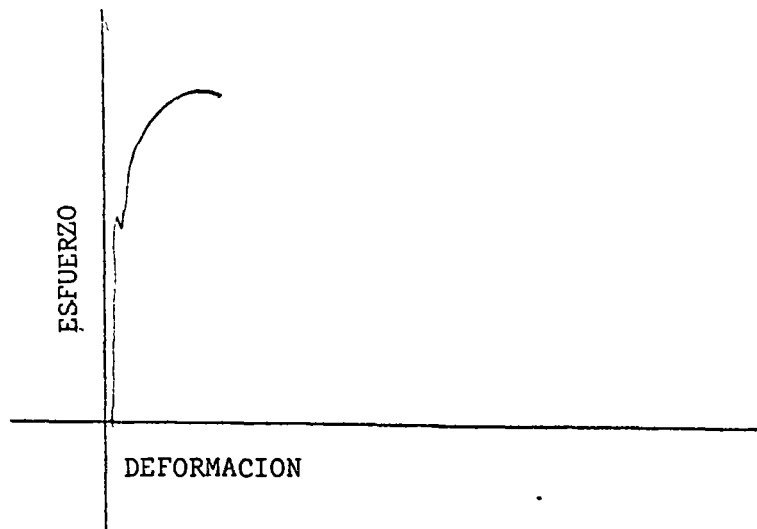
Acero al carbón de no más 0.35% y de baja aleación son comunmente usados, primeramente por su bajo costo y porque son materiales que facilmente se encuentran en el mercado, los aceros generalmente usados en la fabricación de estos recipientes han sido indicados en la tabla siguiente. Entre los aceros más usados podremos citar el acero SA-285-C, este acero tiene buena ductibilidad, buena soldabilidad y maquinabilidad, es uno de los más económicos para la fabricación de recipientes a presión sin embargo, su uso se limita a recipientes cuyos espesores no excedan de 5/8". Para recipientes

con espesores mayores se usa el SA-285-C, para caso de presiones más altas y diámetros mayores se usa acero SA-515-70 ya que por ejemplo se necesitará solamente un 79% de espesor del cuerpo en comparación con el acero SA-285-C. Para unidades de transporte se usa el SA-202-B y el SA-517-E cuando el peso de la unidad es importante.

<u>MATERIAL TIPO</u>	<u>No. P</u>	<u>LIMITE DE CEDENCIA</u>	<u>LIMITE DE RUPTURA</u>	<u>ESFUERZO DE TRABAJO - 20 a 600°F</u>
SA-285-C	1	30	55	13.75
SA-515-55	1	30	55	13.75
SA-36	1	36	58	12.6
SA-515-60	1	32	60	15
SA-515-70	1	38	70	17.5
SA-455-B	1	36.5	73	18.25
SA-455-A	1	37.5	75	18.75
SA-202-B	4	47	85	21.25

Datos en miles de lb/pulg²

GRAFICA DE ESFUERZO DE FORMACION.-



Si tomamos una probeta de material y la sometemos a una carga hasta su ruptura obtendremos una gráfica como la anterior, para cada acero tenemos un límite elástico y un límite de ruptura, así como un esfuerzo de trabajo.

Como ustedes podrán darse cuenta, el esfuerzo de trabajo se ha determinado dividiendo el límite de ruptura entre cuatro (a excepción hecha del SA-36), este límite de ruptura es mínimo, es decir que por ningún motivo puede ser aceptado una colada o planchón abajo del límite de ruptura establecido, el esfuerzo máximo de trabajo es aproximadamente la mitad del límite elástico.

Para la obtención del espesor del cuerpo deberemos emplear las siguientes fórmulas:

- Fórmula para recipientes cilíndricos

Esfuerzos circunferenciales (juntas longitudinales) $t = \frac{PR}{SE - 0.6 P}$ δ

$$P = \frac{SEt}{R + 0.6 t}$$

Esfuerzos longitudinales (juntas circunferenciales) $t = \frac{PR}{2 SE + 0.4 P}$

$$P = \frac{2 SE t}{R - 0.4 t}$$

Donde t = espesor mínimo de cuerpo

P = presión de diseño

R = radio interior (antes del factor de corrosión, si es que debe tomarse en cuenta alguno)

S = máximo esfuerzo permisible

E = eficiencia de las juntas

CABEZAS COMUNMENTE USADAS EN LA FABRICACION DE RECIPIENTES CLINIDRICOS A PRESION.-

Las cabezas empleadas son de diferentes formas como semi esféricas en gajos, elípticas, toriesféricas y combadas con pestaña, entre las más comunmente usadas son las semi elípticas y semi esféricas.

Las cabezas semi elípticas, toriesféricas y semi esféricas son considerablemente mejores en lo que al esfuerzo se refiere, que las cónicas o planas. La gran mayoría de los recipientes cilíndricos horizontales usan ya sea la semi elíptica o la toriesférica sin embargo, la semi esférica es la mejor de las tres, ya que el esfuerzo se reparte mejor. Las cabezas semi esféricas son ahora las más empleadas en la fabricación de recipientes para almacenamiento de gas butano o propano, ya que son más económicas que las cabezas semi elípticas o toriesféricas.

Los esfuerzos en la parte central de las coronas en este tipo de cabezas combadas, son relativamente sencillos de valuar. Para este tipo de recipientes, los esfuerzos serán máximos en una cabeza toriesférica y menores en una cabeza semi esférica sin embargo, en virtud de que los esfuerzos

no son continuos en la unión de la cabeza con el cuerpo, se dificulta un poco más su evaluación.

CABEZAS SEMI ELIPSOIDALES.-

El espesor requerido para estas cabezas en donde la mitad del radio menor (profundidad interior de la cabeza menos el faldón) es igual a una cuarta parte del diámetro interior de la cabeza, se determina por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PDK}{2SE-0.2P} \quad \text{ó} \quad P = \frac{2 SEt}{KD+0.2 t}$$

Donde: K = factor en las fórmulas de las cabezas semi elpsoidales que depende de la proporción $\frac{D}{2h}$

D = diámetro interior

h = mitad de la longitud del eje menor de la cabeza semi-elíptica ó la profundidad interior de la cabeza semi-elíptica medida desde la línea de tangente

CABEZAS SEMI ESFERICAS.-

Cuando el espesor de la cabeza semi esférica no exceda de 0.356 R ó P no exceda de 0.665 SE, la siguiente fórmula deberá ser aplicada:

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad \text{ó} \quad P = \frac{2 SE t}{R + 0.2 t}$$

CABEZAS TORIESFERICAS.-

El espesor requerido en una cabeza toriesférica, en la cual el radio de nudillos es el 6% del radio de la corona, deberá ser determinado por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{0.855 PL}{SE - 0.1 P} \quad \delta \quad P = \frac{SE t}{0.855 L + 0.1 t}$$

Donde: L = radio interior de la corona

VALORES DEL FACTOR K

$\frac{D}{2h}$	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.0
K	1.83	1.73	1.64	1.55	1.46	1.37	1.29	1.21	1.14	1.07	1.00
$\frac{D}{2h}$	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	
K	0.93	0.87	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.57	0.53	0.50	

Como se ha podido apreciar, tanto el esfuerzo de trabajo como la eficiencia de las juntas representan factores muy importantes en las fórmulas para el cálculo de los recipientes a presión con cabezas formadas.

Por lo que se sugiere revisar los certificados de análisis de la fundición antes de iniciar la fabricación y marcar todas las placas o secciones de ellas con el número de planchón y colada y así tener una fácil identificación.

PRUEBA CON SONIDO ULTRASONICO.-

En algunas ocasiones será conveniente comprobar si la placa que vamos a emplear en la fabricación de un recipiente no tiene laminaciones. El método de ultrasonido para poder determinar que la placa está libre de laminaciones es comunmente usado.

La frecuencia nominal de prueba deberá ser 2 1/2 MHz., el espesor y tipo de material, grano y microestructura podrán ser factores que modifiquen la frecuencia a usar. La inspección deberá ser llevada a cabo con un instrumento y una frecuencia que de una lectura de mínimo 50 máximo 75% de de la escala del aparato.

Deberá cuadrricular la placa con cuadros de 23 x 23 cm., tomando la lectura en las esquinas. El cuadrriculado deberá empezar a 5 cm. de las orillas de la placa.

Cualquier otra lectura obtenida diferente al espesor del material que no sea mayor de 7.6 cm. ó no mas de la mitad del espesor, cualquiera mayor no es aceptable.

EFICIENCIA DE LAS JUNTAS.-

El uso de las juntas soldadas da como resultado un incremento del esfuerzo

en la soldadura y cerca de ella, esto quizás sea el resultado de una discontinuidad metalúrgica y de esfuerzos residuales, el Código nos permite cierta eficiencia de las juntas basado en varios tipos de soldadura. Esto da al diseñador opciones en seleccionar el tipo de soldadura a usarse y si éstas deberán ser radiografiadas en parte o en su totalidad.

SOLDADURA.-

Las reglas que se aplican a la calificación de procedimientos de soldadura, soldadores y operadores de máquinas automáticas de soldar para todos los tipos de procesos de soldadura manual y automática de arco y de gas permitidos, pueden también ser aplicadas en todo lo que puedan aplicarse a otros procesos de soldadura manual o automática.

Cada fabricante o contratista es responsable de la soldadura efectuada por su organización, y deberá conducir las pruebas requeridas para calificar los procedimientos de soldadura que él use en la construcción de las partes soldadas construídas bajo Código y para la calificación de habilidad de los soldadores y de los operadores de máquinas automáticas de soldar, quienes aplicarán estos procedimientos de soldadura.

Cada fabricante o contratista deberá guardar un record de los resultados obtenidos de las pruebas para calificación de procedimiento de soldadura y calificación de habilidad de soldadores y de los resultados de los exámenes de los operadores de máquinas automáticas de soldar.

Estos records deberán ser certificados por el fabricante o contratista y deberán estar accesibles al inspector autorizado.

Las orientaciones de las soldaduras con respecto a los planos de referencia horizontal y vertical, son clasificadas en cuatro posiciones: plana, horizontal, vertical y sobre-cabeza.

Tres tipos de pruebas son usados en la calificación de procedimientos de soldadura y de soldadores, como sigue:

(1) Pruebas de tensión directa son usadas en pruebas de calificación de procedimiento para medir el esfuerzo a la tensión de las juntas de soldadura a tope.

(2) Pruebas de dobléz guiado, son usadas en pruebas de calificación de procedimiento y de habilidad de soldadores para comprobar el grado de sanidad y ductilidad de juntas de soldadura a tope.

(3) Pruebas como se describen, son usadas en pruebas de calificación de habilidad para comprobar el tamaño, contorno y grado de sanidad de la soldadura de filete.

La probeta de prueba no deberá tener ninguna rotura visible. Deberá ser cortada transversalmente para tener una sección central de 25.4mm. (10 pulgadas) de largo y dos secciones extremas de aproximadamente 25.4mm. (1") de longitud.

Un exámen de una longitud de soldadura por medio de radiografía o seccionamiento es usado para probar la habilidad de operadores de máquinas automáticas de soldar para hacer soldaduras sanas.

ELECTRODOS COMUNMENTE USADOS EN LA FABRICACION DE RECIPIENTES A PRESION.-

PRUEBAS A ELECTRODOS DEPOSITADOS

7018	50 Kg/mm ²
	52 Kg/mm ²
9018	65 Kg/mm ²
	67 Kg/mm ²
6024	47 Kg/mm ²
	50 Kg/mm ²
12018	85 Kg/mm ²
AUTOMATICAS.-	48 Kg/mm ²
L 60	50 Kg/mm ²
	55 Kg/mm ²
L 61	60 Kg/mm ²

Por lo que la selección del electrodo deberá estar en función de la resistencia a la tensión del material base, ya que si se usa un electrodo con el cual se obtenga un límite de ruptura menor que el de la placa, el recipiente fallará en el cordón de la soldadura.

MAXIMO ESFUERZO PERMISIBLE EN JUNTAS SOLDADAS CON ARCO ELECTRICO

No.	TIPO DE JUNTAS DESCRIPCION	LIMITACIONES	PORCENTAJE DE EXAMINACION RADIOGRAFICA		
			(a) 100%RADIOGRA FICA	(b) POR MUES- TRES	(c) SIN RADIO GRAFIAR
(1)	Juntas dobles soldadas por am- bos lados de tal forma que se obtenga un depósito homogéneo para que cumpla con las especi- ficaciones UW-35. Se excluyen las juntas con solera de res - paldo que tengan que permanecer en el lugar.	Ninguna	1.00	0.85	0.70
(2)	Juntas soldadas por un solo la- do con solera de respaldo. O - tras no incluidas en la primera especificación.	(a) Ninguna a excepción hecha de (b) (b) Soldadura de un solo paso circun- ferencial, véase figura UW-13-1	0.90	0.80	0.65
(3)	Soldadura soldada por un solo lado sin hacer uso de solera de respaldo.	En juntas circunferenciales, no arri- ba de 5/8" y no más de 24" ϕ	--	--	0.60
(4)	Soleras de respaldo soldadas por ambos lados	En juntas longitudinales no arriba de 3/8" de espesor. En juntas circunfe- renciales no arriba de 5/8" de espesor	--	--	0.55
(5)	En soldaduras traslapadas con soldadura de relleno en perfora- ciones conforme UW-17	(a) Juntas circunferenciales para cabe- zas no arriba de 24" ϕ y cuerpos no a- rriba de 1/2". (b) Juntas circunferenciales para cuer- pos de chaqueta no arriba de 5/8" de es- pesor nominal, cuando la distancia de	--	--	0.50

MAXIMO ESFUERZO PERMISIBLE EN JUNTAS SOLDADAS CON ARCO ELECTRICO

No.	TIPO DE JUNTAS DESCRIPCION	LIMITACIONES	PORCENTAJE DE EXAMINACION RADIOGRAFICA		
			(a) 100% RADIO - GRAFICA	(b) POR MUESTREO	(c) SIN RADIO GRAFIAR
		los centros entre centros de las soldaduras de orificio y al final de la placa no sean menores de 1 1/2 veces el diámetro de la soldadura por relle <u>no</u> .	--	--	0.45
(6)	Soldadura simple de traslape sin soldadura de orificio	(a) Para poner cabezas convexas a presión no arriba de 5/8", solamente para soldadura por filete dentro del cuerpo ó (b) para cabezas de juntas teniendo una presión a cualquiera de los lados y para cuerpos no arriba de 24" ϕ interior y no arriba de 1/4" de espesor, para la soldadura por filete afuera de la cabeza, combadas solamente			

ARRIBA DE ESTOS ESPESORES PARA JUNTAS SOLDADAS POR AMBOS LADOS, ES OBLIGATORIO RADIOGRAFIAR AL 100%.-

No. P CLASIFICACION DEL MATERIAL	DEBERA SER RADIOGRAFIADO AL 100%
1	1 1/4
3	3/4
4	5/8
5	0
9A	5/8
9B	5/8
9C	5/8
10A	3/4
10B	5/8
12A	
Subgrupo 1	1 1/4
12B	
Subgrupo 1	3/4
Subgrupo 2	1 1/4
Subgrupo 3	5/8
Subgrupo 4	0
12C	
Subgrupo 1	5/8

REFUERZO DE LAS ABERTURAS EN CUERPOS.-

En el caso de que hagamos una abertura en un cuerpo, y ésta sea mayor de 76mm., es obligatorio ponerle un refuerzo.

El material removido en el plano axial deberá ser reemplazado por material de refuerzo, el área de refuerzo requerida para un orificio en un recipiente será la siguiente; $A = D \times t$ donde: A = sección transversal del refuerzo en pulgadas cuadradas, una vez puesta la tubería es decir, del diámetro interior del tubo y t = espesor de la pared del tanque sin factor de corrosión.

Así como es importante la soldadura, también lo es la calidad del material usado para los coples, bridas, tubería, etc., ya que es una parte sujeta a presión.

TUBERIA:

	<u>LIMITE ELASTICO</u>	<u>LIMITE DE RUPTURA</u>	
SA-556-A2	26	47	11.7
SA-53-B	35	60	12.0
SA-106-B	35	60	12.0
SA-106-C	40	70	17.5

	<u>LIMITE ELASTICO</u>	<u>LIMITE DE RUPTURA</u>	
BARRA:			
SA-306-45	22.5	40	11.2
SA-306-50	25.0	50	12.5
SA-306-55	27.5	55	13.7
SA-306-55	32.5	65	16.2
SA-206-70	35.0	70	17.5

FORJA:			
SA-105-1	30	60	15
SA-181-1	30	60	15
SA-105-11	36	70	17.5
SA-181-11	36	70	17.5
SA-372-1	35	60	14.5

TORNILLOS:			
SA-354-BB	78	100	19.5
SA-354-BC	99	115	23.0

DISEÑO DE LOS SOPORTES .-

La selección y tipo de soportes para un recipiente a presión horizontal, depende de muchas variables como son el tipo de recipiente, el espesor de la pared, el espacio disponible y la elevación del recipiente, el material de construcción y la temperatura de operación.

Los tanques cilíndricos horizontales a presión comunmente se soportan sobre silletas o cunas. Si el recipiente se encuentra a una distancia no muy alta del nivel del piso, silletas de acero sobre cimentación de concreto pueden ser usadas o soportes de concreto, cuando el recipiente es elevado se sugiere usar estructura de acero con silletas o cuna para soportarlo. Si los soportes del recipiente son equidistantes, la carga resultante del peso del propio recipiente más su contenido se dividirá entre dos para conocer la carga en cada uno de ellos. Cuando la carga no puede ser dividida entre dos soportes, se pueden usar más soportes sin embargo, el sistema de dos soportes es más ventajoso que el de varios.

El análisis de los esfuerzos inducidos al cuerpo y soportes, fué desarrollado por el Sr. Zick quien obtuvo una ecuación para el cálculo de esos esfuerzos y contiene constantes empíricas determinadas experimentalmente. Si empleamos en este tipo de análisis los siguientes esfuerzos podrán ser evaluados:

- Esfuerzo máximo longitudinal
- Esfuerzo tangencial al corte
- Esfuerzo en la corona de soportes de las silletas y por último el
- Esfuerzo adicional en la cabeza usada como refuerzo.

Para nuestro propósito y no entrar en análisis complicados de estos esfuerzos, haremos una selección de la localización de los soportes basado en la dimensión entre el centro de la silleta y la soldadura que une la cabeza con el cuerpo. Esta dimensión nunca deberá exceder del -- 20% de la longitud total del cuerpo (sin incluir cabezas) de otra forma los esfuerzos resultantes de sección en cantiliver serán excesi-vos.

Para un recipiente con cabezas semi elipsoidales o troiesféricas, debe-
rá ser tratado como si fuera la longitud del cuerpo igual a la longitud
total.

TRATAMIENTO TERMICO.-

Es recomendable llevar a cabo un tratamiento térmico especialmente en los casquetes semi esféricos que han sido combados y por lo tanto deformada la estructura molecular del material al inducirse esfuerzos al dar la forma a la cabeza ahora bien, para cada uno de los aceros empleados en la fabricación de recipientes a presión, existe un No. P que también nos indicarán cuando éstos deben ser relevados de esfuerzos.

El tratamiento térmico debe llevarse en un horno en el cual pueda subirse su temperatura hasta 650°C y mantenerlo en esa temperatura por lo menos una hora por cada 25mm. de espesor, enfriándose y calentándose a un ritmo de 200°C por hora. Deberá contar con un termopar para registrar la temperatura cada 1.5m. de longitud, obteniendo en el registrador la gráfica correspondiente al ciclo calentamiento-enfriamiento, documento que estará a disposición del inspector en el expediente del recipiente.

PRUEBA HIDROSTATICA.-

En virtud de que la prueba hidrostática determinará la hermeticidad del recipiente, ésta se llevará a cabo cuando el mismo esté totalmente terminado y relevado de esfuerzos, si es el caso. La presión de prueba será de 1.5 veces la presión de diseño y mantenida por un lapso

necesario para inspeccionar cuidadosamente el recipiente. El ciclo deberá ser registrado en una gráfica.

Además el fabricante deberá entregar al inspector la siguiente información:

- 1) La autorización de fabricación por la DGN
- 2) Planos y cálculos de diseño del recipiente y sus partes
- 3) Reporte de la fundición en el que se certifique que el acero fué fabricado de acuerdo con la Norma.
- 4) Reportes de partes fabricadas con placa
- 5) Permitir el acceso del inspector a todas las áreas de la planta involucradas con la fabricación del tanque o sus partes, informando al inspector de los progresos en la fabricación del recipiente.
- 6) Evidencia del examen de todos los materiales empleados en la fabricación antes de su montaje como el certificado de análisis de la fundición, tipo y calidad de coples, bridas, tubos, etc. usadas en el recipiente.
- 7) Documentación de la prueba de impacto, cuando sea requerida.
- 8) Que el inspector certifique previamente cada reparación,
- 9) Examen del cuerpo y cabezas para certificar que cumplen con las especificaciones del Código.
- 10) Calificación del proceso de soldadura antes de emplearlo en el recipiente

- 11) Calificación por laboratorio autorizado de los operadores de soldadoras automáticas y de los soldadores.
- 12) Examinar previamente todas las partes para ver si están de acuerdo con las especificaciones y/o fabricadas de acuerdo con el Código y bajo las tolerancias solicitadas, alineadas y propiamente soldadas.
- 13) Radiografías, tanto de cuerpo y cabezas como las reparaciones efectuadas.
- 14) Gráfica del relevo de esfuerzos.
- 15) Certificado de la prueba hidrostática.
- 16) Verificar que la placa nombre cuente con la información necesaria y esté colocada en lugar visible .

ACCESORIOS.-

Los accesorios que indica la Norma DGN C 12 de 1969 para los tanques de almacenamiento, son las siguientes:

- a) Válvulas de seguridad (válvula de paso múltiple)
- b) Medidor rotatorio o medidor flotador
- c) Manómetro
- d) Termómetro
- e) Válvulas de máximo de llenado
- f) Drenaje
- g) Excesos en las salidas de líquidos y vapores

VALVULAS DE SEGURIDAD.-

La válvula de seguridad es un dispositivo empleado para abrir y desfogar la presión cuando por alguna causa se haya elevado, por lo que tendrán que tener suficiente capacidad de desfogue. Para calcular esta capacidad se emplean las fórmulas siguientes:

Recipientes cilíndricos cabezas semi esféricas:

$$A = \text{Longitud total} \times \text{diámetro exterior} \times 3.1416$$

Recipientes cilíndricos cabezas semi elípticas:

$$A = (\text{Longitud total} + .3 \text{ diámetro exterior}) \text{ diámetro exterior} \times 3.1416$$

Recipientes esféricos:

$$A = \text{Diámetro exterior al cuadrado} \times 3.1416$$

El flujo está dado bajo condiciones normales en pies³ de aire a --
60°F y una presión atmosférica de 14.7 psig.

AREA DE FLUJO SUPERFI CIE PIES ²	FLUJO REQUE RIDO CFM aire	AREA DE FLUJO SUPERFI CIE PIES ²	FLUJO REQUE RIDO CFMaire	AREA DE FLUJO SUPERFI CIE PIES ²	FLUJO REQUE RIDO CFMaire
20 or less	626	170	3620	600	10170
25	751	175	3700	650	10860
30	872	180	3790	700	11550
35	990	185	3880	750	12220
40	1100	190	3960	800	12880
45	1220	195	4050	850	13540
50	1330	200	4130	900	14190
55	1430	210	4300	950	14830
60	1540	220	4470	1000	15470
65	1640	230	4630	1050	16100
70	1750	240	4800	1100	16720
75	1850	250	4960	1150	17350
80	1950	260	5130	1200	17960
85	2050	270	5290	1250	18570
90	2150	280	5450	1300	19180
95	2240	290	5610	1350	19780
100	2340	300	5760	1400	20380
105	2440	310	5920	1450	20980
110	2530	320	6080	1500	21570
115	2630	330	6230	1550	22160
120	2720	340	6390	1600	22740
125	2810	350	6540	1650	23320
130	2900	360	6690	1700	23900
135	2990	370	6840	1750	24470
140	3080	380	7000	1800	25050
145	3170	390	7150	1850	25620
150	3260	400	7300	1900	26180
155	3350	450	8040	1950	26750
160	3440	500	8760	2000	27310
165	3530	550	9470		

MEDIDOR ROTATORIO.-

En el centro del cuerpo o cabeza, se localiza el medidor rotatorio, éste consta de un tubo que pasa a través de la cabeza o el cuerpo con un dobléz a 90° en el interior, el mecanismo permite girar el tubo todo el diámetro del tanque. Mediante una manija se hace girar el tubo en el interior del tanque, en el extremo de éste hay una válvula de purga que se abre cuando el tubo está en la parte superior, dejando escapar vapor; lentamente se gira hacia un extremo hasta cuando descargue líquido. La manija tiene un indicador que apunta a un disco dividido a cada lado de 100% a 0%, se repite la misma operación hacia el lado contrario, teniendo cuidado de purgar el líquido que quedó en el tubo y se obtiene otra lectura, si la segunda lectura no es igual a la anterior, se promedian, el resultado es el porcentaje aproximado de llenado.

MEDIDOR MAGNETICO.-

El medidor magnético es un mecanismo que consta de un brazo horizontal a través del cual gira un vástago que es movido por un elemento que cae libremente, ambos se encuentran articulados mediante un engrane. En el extremo de éste último, se localiza el flotador. Recibe su nombre de magnético debido a que la señal pasa a la carátula a través de dos imanes, la aguja tiene en su centro un imán y el vástago en su extremo, o -tro de polaridad contraria. La lectura en la carátula nos da el % de llenado.

VALVULAS DE MEXIMO DE LLENADO.-

Son dos válvulas con tubos interiores a una altura que corresponde al 85% y 90% del tanque, cuando se está llenando el recipiente se abre la del 85% y cuando a través de ella sale el líquido se cierra y se abre la siguiente, cuando ésta última desaloja líquido se interrumpe el llenado. El propósito es el de tener dos niveles fijos.

PROPERTIES OF THE HYDROCARBONS IN LIQUIDS

TABLE 3. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF SATURATED PROPANE

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at 200° F. where the values are zero. Refer to Fig. 1 for Enthalpies and Entropies of super heated propene vapor.

Temp. Deg. F.	Pressure Lb. per Sq. In.		Specific Volume Cu. Ft. per Lb.		Density Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy** Btu per Lb.		Latent** Heat Btu per Lb.	Entropy** Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F.
	Absolute P	Gauge P	Liquid v	Vapor V	Liquid l/p	Vapor V/p	Liquid h _f	Vapor h _g		Liquid s _f	Vapor s _g	
-75	6.37	*17.0	0.02660	14.5	37.59	0.0690	65.5	255.5	190.0	0.142	0.621	-75
-70	7.37	*14.9	0.02671	12.9	37.40	0.0775	68.0	257.0	189.0	0.148	0.627	-70
-65	8.48	*12.7	0.02688	11.3	37.20	0.0835	71.5	258.6	188.5	0.154	0.631	-65
-60	9.72	*10.1	0.02703	9.93	37.03	0.111	74.0	259.5	188.5	0.160	0.635	-60
-55	11.1	* 7.3	0.02717	8.70	36.80	0.115	77.0	261.0	189.0	0.167	0.638	-55
-50	12.6	* 4.3	0.02732	7.74	36.60	0.129	*79.5	262.7	189.2	0.173	0.641	-50
-45	14.4	* 0.6	0.02748	6.89	36.39	0.145	82.3	264.2	189.9	0.179	0.645	-45
-40	16.2	1.5	0.02763	6.13	36.19	0.163	85.0	265.8	190.8	0.185	0.648	-40
-35	18.1	3.4	0.02779	5.51	35.99	0.161	87.5	267.2	191.7	0.191	0.652	-35
-30	20.3	5.6	0.02795	4.93	35.78	0.200	90.2	268.9	192.7	0.196	0.656	-30
-25	22.7	8.0	0.02811	4.46	35.58	0.224	92.8	270.3	193.5	0.202	0.660	-25
-20	25.4	10.7	0.02827	4.00	35.37	0.250	95.6	271.8	194.2	0.208	0.663	-20
-15	28.3	13.6	0.02844	3.60	35.16	0.272	98.3	273.2	194.9	0.214	0.667	-15
-10	31.4	16.7	0.02860	3.26	34.96	0.307	101.0	274.9	195.9	0.220	0.671	-10
- 5	34.7	20.0	0.02876	2.97	34.75	0.337	103.8	276.2	196.4	0.226	0.675	- 5
0	38.2	23.5	0.02895	2.71	34.51	0.369	106.2	277.7	197.5	0.231	0.679	0
+ 5	41.9	27.2	0.02913	2.48	34.33	0.403	108.8	279.0	198.2	0.236	0.684	+ 5
10	45.0	31.3	0.02931	2.27	34.12	0.441	111.5	280.5	199.2	0.241	0.688	10
15	50.6	35.9	0.02950	2.07	33.90	0.483	114.0	281.8	199.8	0.246	0.692	15
20	55.5	40.8	0.02970	1.90	33.67	0.526	116.8	283.1	200.3	0.251	0.696	20
25	60.9	46.2	0.02991	1.74	33.43	0.575	119.7	284.4	201.7	0.256	0.700	25
30	66.3	51.6	0.03012	1.60	33.20	0.625	122.3	285.7	203.4	0.261	0.704	30
35	72.0	57.3	0.03033	1.48	32.97	0.675	125.6	287.0	204.6	0.267	0.708	35
40	78.0	63.3	0.03055	1.37	32.73	0.730	128.0	288.3	206.3	0.272	0.712	40
45	84.6	69.9	0.03078	1.27	32.49	0.787	131.1	289.5	207.4	0.278	0.716	45
50	91.8	77.1	0.03102	1.18	32.24	0.847	134.2	290.7	208.5	0.282	0.720	50
55	99.3	84.6	0.03125	1.10	32.00	0.909	137.2	292.0	209.8	0.288	0.724	55
60	107.1	92.4	0.03150	1.01	31.75	0.970	140.6	293.2	210.2	0.293	0.728	60
65	115.4	100.7	0.03174	0.943	31.50	1.06	143.8	294.5	211.5	0.298	0.732	65
70	124.0	109.3	0.03201	0.883	31.24	1.13	147.5	295.8	212.3	0.301	0.736	70
75	133.2	118.5	0.03229	0.825	30.97	1.21	150.3	296.9	213.6	0.307	0.740	75
80	142.8	128.1	0.03257	0.770	30.70	1.30	154.0	298.1	215.1	0.313	0.744	80
85	153.1	138.4	0.03287	0.722	30.42	1.39	157.0	299.2	216.2	0.318	0.748	85
90	164.0	149.6	0.03317	0.673	30.15	1.49	160.3	300.3	217.0	0.323	0.752	90
95	175.0	160.0	0.03348	0.632	29.87	1.58	163.4	301.3	217.9	0.328	0.756	95
100	187.0	172.0	0.03381	0.591	29.58	1.69	166.5	302.4	218.5	0.333	0.760	100
105	200.0	185.0	0.03416	0.553	29.27	1.81	169.8	303.2	219.4	0.337	0.764	105
110	212.0	197.0	0.03453	0.520	28.96	1.92	172.8	304.0	220.2	0.342	0.768	110
115	226.0	211.0	0.03493	0.483	28.63	2.05	175.2	304.7	220.5	0.346	0.772	115
120	240.0	225.0	0.03534	0.459	28.30	2.18	179.3	305.2	225.4	0.351	0.776	120
125	254.0	239.0	0.03575	0.432	27.97	2.31	183.5	305.8	229.3	0.357	0.780	125
130	272.0	257.3	0.03618	0.401	27.61	2.43	188.3	306.1	233.3	0.361	0.784	130
135	288.0	273.3	0.03662	0.367	27.22	2.62	190.0	306.3	237.3	0.363	0.788	135
140	305.0	288.3	0.03707	0.339	27.00	2.76	194.0	306.5	241.5	0.367	0.792	140

* Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1920, Vol. 12, No. 12, Page 403.
 † In class of mercury below one standard atmosphere (29.92 in.).
 ** From Mollier Diagrams for Propane, W. C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).

TABLE 4. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NORMAL SATURATED BUTANE

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at -200° F., where the values are zero. Refer to Fig. 2 for Enthalpies and Entropies of superheated butane vapor.

Temp. Deg. F.	Pressure ¹ Lb. per Sq. In.		Specific Volume ¹ Cu. Ft. per Lb.		Density ¹ Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy ^{2,2} Btu per Lb.		Latent Heat Btu per Lb.	Entropy ^{2,2} Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F.
	Absolute p	Gauge g.p.	Liquid v	Vapor V	Liquid ρ_v	Vapor ρ_V	Liquid h _f	Vapor h _g		Liquid s _f	Vapor s _g	
0	7.3	*15.0	0.02591	11.1	38.59	0.0901	103.8	275.3	171.5	0.225	0.572	0
5	8.2	*13.2	0.02603	9.99	38.41	0.100	106.2	276.9	170.7	0.231	0.572	5
10	9.2	*11.1	0.02615	8.95	38.24	0.112	108.8	278.5	169.7	0.236	0.572	10
15	10.4	* 8.8	0.02627	8.05	38.07	0.124	111.5	280.0	168.5	0.242	0.571	15
20	11.6	* 6.3	0.02639	7.23	37.89	0.136	114.0	281.6	167.6	0.248	0.571	20
25	13.0	* 3.6	0.02651	6.55	37.72	0.153	116.7	283.1	166.4	0.254	0.571	25
30	14.4	* 0.6	0.02664	5.99	37.54	0.165	119.2	284.9	165.7	0.260	0.571	30
35	16.0	1.3	0.02676	5.37	37.37	0.186	121.8	286.4	164.6	0.266	0.571	35
40	17.7	3.0	0.02689	4.68	37.19	0.205	124.2	288.0	163.4	0.270	0.571	40
45	19.6	4.9	0.02703	4.47	37.00	0.224	126.8	289.5	162.7	0.276	0.571	45
50	21.6	6.9	0.02716	4.07	36.82	0.246	129.6	291.2	161.6	0.282	0.571	50
55	23.6	9.1	0.02730	3.73	36.63	0.268	132.1	292.7	160.6	0.287	0.570	55
60	26.3	11.6	0.02743	3.40	36.45	0.296	134.6	294.2	159.4	0.293	0.570	60
65	28.9	14.2	0.02759	3.12	36.24	0.321	137.3	295.9	158.0	0.298	0.570	65
70	31.6	16.9	0.02773	2.88	36.06	0.347	140.1	297.5	157.4	0.304	0.570	70
75	34.5	19.8	0.02789	2.65	35.86	0.377	142.6	299.9	156.3	0.310	0.570	75
80	37.6	22.9	0.02805	2.46	35.65	0.407	145.0	300.3	155.3	0.315	0.570	80
85	40.9	26.2	0.02821	2.28	35.45	0.439	147.8	302.0	154.2	0.322	0.570	85
90	44.5	29.8	0.02838	2.10	35.24	0.476	150.5	303.5	153.0	0.326	0.571	90
95	48.2	33.5	0.02854	1.96	35.04	0.516	153.1	305.0	151.9	0.332	0.571	95
100	52.2	37.5	0.02870	1.81	34.84	0.552	156.2	306.7	150.5	0.340	0.571	100
105	56.4	41.7	0.02889	1.70	34.62	0.583	159.1	308.1	149.0	0.346	0.572	105
110	60.8	46.1	0.02906	1.58	34.41	0.613	161.9	309.5	147.6	0.352	0.572	110
115	65.6	50.9	0.02925	1.48	34.19	0.646	165.0	311.1	146.1	0.359	0.572	115
120	70.8	56.1	0.02945	1.37	33.96	0.700	167.8	312.7	144.9	0.365	0.572	120
125	76.0	61.3	0.02962	1.28	33.77	0.763	171.0	314.0	143.0	0.372	0.573	125
130	81.4	66.7	0.02980	1.19	33.56	0.830	174.0	315.5	141.5	0.378	0.573	130
135	87.0	72.3	0.03000	1.11	33.34	0.900	177.1	317.0	139.9	0.385	0.573	135
140	92.6	77.9	0.03020	1.04	33.14	0.975	179.9	318.2	138.3	0.391	0.574	140
145	100.0	85.3	0.03040	0.966	32.92	1.023	183.1	319.3	136.4	0.396	0.574	145
150	106.0	93.7	0.03060	0.887	32.70	1.115	186.5	321.0	134.5	0.405	0.574	150
155	115.0	100.3	0.03084	0.840	32.43	1.166	190.3	322.3	133.0	0.411	0.574	155
160	122.0	107.3	0.03112	0.785	32.15	1.245	192.7	323.8	131.1	0.416	0.575	160
165	130.0	115.3	0.03140	0.733	31.90	1.355	195.8	325.0	129.2	0.425	0.575	165
170	140.0	125.3	0.03165	0.687	31.62	1.455	199.2	326.1	126.9	0.429	0.575	170
175	150.0	135.3	0.03193	0.643	31.36	1.557	202.1	327.2	125.0	0.430	0.575	175
180	160.0	145.3	0.03218	0.602	31.10	1.600	205.0	328.4	123.4	0.445	0.575	180

Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1920, Vol. 12, No. 12, Page 452.

¹Inches of mercury below one standard atmosphere (29.92 in.).
^{2,2}From *Steamer Diagrams for Butane*, W. C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).



centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS

PROPANO - BUTANO

ING. ARTURO MADRID PERALTA

4.- PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS PROPANO - BUTANO

Como en la práctica casi nunca son empleados los hidrocarburos propano y butano en estado puro, como combustibles, el principal valor de sus propiedades particulares es su empleo para el cálculo de las propiedades de sus mezclas.

La mayor parte de las mezclas conocidas como gas L.P. están compuestas principalmente por propano y butano normal junto con pequeñas cantidades de etano, pentanos e hidrocarburos más pesados. Los porcentajes de cada uno dependen del gas de donde son obtenidos, del equipo usado para su recuperación y de los propósitos para los cuales se empleará el gas.

Para facilitar la determinación de las propiedades de las mezclas se pueden elaborar gráficas de donde pueden ser obtenidas a las condiciones de norma adoptadas por la Industria del Gas L.P. (60°F y 14.73 lb/in²), cuando su composición en volumen es conocida. Los resultados de estas gráficas son suficientemente exactas para propósitos de ingeniería.

Presión de vapor. Cuando la velocidad de evaporación de un líquido es exactamente igual a la velocidad de condensación de su vapor el vapor es saturado. La presión ejercida por el vapor saturado sobre las paredes del recipiente es llamada presión de vapor del líquido a la temperatura a la que se encuentra.

El cálculo de la presión de vapor de una mezcla a una temperatura determinada se explica de la siguiente manera:

De acuerdo con la ley de Dalton la presión total ejercida por una mezcla de gases o vapores es la suma de las presiones par-

ciales ejercidas por cada uno de los gases o vapores que forman la mezcla.

Por otra parte, la ley de Raoul establece que la presión parcial ejercida por cada componente es el producto de su presión de vapor a la temperatura existente y la fracción mole del componente presente en el líquido. Como el líquido y el vapor que se encuentran sobre él están en equilibrio, la suma de las presiones parciales en el líquido iguala a la suma de las presiones parciales del vapor.

Ejemplo. Calcúlese cual es la presión de vapor manométrica aproximada que ejerce una mezcla de 70% de propano y 30% de butano líquidos a una temperatura de 60°F.

De las tablas de propiedades termodinámicas del propano y del butano saturados, sus presiones de vapor y sus densidades son:

$$P_{C_3} = 101.7 \text{ psia.} \quad C_3 = 31.75 \text{ lb/ft}^3$$

$$P_{C_4} = 26.3 \text{ psia.} \quad C_4 = 36.45 \text{ lb/ft}^3$$

Las masas moleculares de estos hidrocarburos son:

$$M_{C_3} = \frac{44 \text{ lb}}{\text{lb mol}} \quad \text{y} \quad M_{C_4} = \frac{58 \text{ lb}}{\text{lb mol}}$$

Tomando como base 1 ft³ de mezcla líquida, el número de libras mol del propano y del butano presentes en la mezcla, serán:

$$n = \frac{w}{M} \quad \text{y} \quad \text{como} \quad w = V \quad n = \frac{V}{M}$$

Entonces:

$$n_{C_3} = \frac{31.75 \times 0.7}{44} = 0.5051 \text{ lb mol de } C_3$$

$$n_{C_4} = \frac{36.45 \times 0.3}{58} = 0.1885 \text{ lb mol de } C_4$$

Sumando: $n_T = 0.6936$ lb mol de C_3 y C_4 en 1 ft^3 de mezcla

Las fracciones mol de ambos hidrocarburos tendrán un valor de:

$$x_{C_3} = \frac{n_{C_3}}{n_T} = \frac{0.5051}{0.6936} = 0.728$$

$$x_{C_4} = \frac{n_{C_4}}{n_T} = \frac{0.1885}{0.6936} = 0.272$$

Aplicando la ley de Raoul, las presiones parciales de cada uno de los componentes de la mezcla serán:

$$P_{C_3} = x_{C_3} P_{C_3}^* = 101.7 \times 0.728 = 74.04 \text{ psia.}$$

$$P_{C_4} = x_{C_4} P_{C_4}^* = 26.3 \times 0.272 = 7.15 \text{ psia.}$$

Por la ley de Dalton, la presión de vapor ejercida por la mezcla, será el resultado de la suma de las presiones de vapor parciales calculadas:

$$P = P_{C_3} + P_{C_4} = 74.04 + 7.15 \therefore P = 81.19 \text{ psia.}$$

La presión manométrica será, pues, de:

$$P_{\text{man}} = 81.19 - 14.7 \therefore P_{\text{man.}} = 66.49 \text{ psig.}$$

Expresando este resultado en Kg/cm^2 .

$$P = 66.49 \frac{\text{lb}_f}{\text{in}^2} \times 0.0703 \frac{\text{Kg/cm}^2_f}{\text{lb/in}^2} P = 4.674 \frac{\text{Kg}_f}{\text{cm}^2}$$

La gráfica I relaciona la presión de vapor manométrica con la temperatura, para mezclas de propano y butano presentes en diferentes porcentajes en volumen líquido.

Calor de combustión ó poder calorífico. El poder calorífico alto de un combustible se define como la cantidad de calor absorbida de los productos de la combustión completa de la unidad de peso del combustible cuando son enfriados a la temperatura inicial del mismo, bajo tales condiciones que todo el vapor de agua formado por la combustión del hidrógeno del combustible se condense.

El poder calorífico bajo de un combustible se obtiene cuando los productos de la combustión completa son enfriados a la temperatura inicial de la mezcla sin condensar nada del vapor de agua formado al quemarse el hidrógeno del combustible.

Poder calorífico del gas en estado líquido. El poder calorífico de una mezcla líquida propano-butano se obtiene, a cualquier temperatura ordinaria de la siguiente expresión:

$$(x_{C_3} Q_{C_3} + x_{C_4} Q_{C_4}) k$$

En donde:

Q_{C_3} y Q_{C_4} son los poderes caloríficos del propano y del butano puros por unidad de volumen líquido.

K: Factor de corrección de volumen.

En estado gaseoso, el calor de combustión por unidad de volumen a 60°F y 14.73 lb/in² absolutos es el calor de combustión de la unidad de volumen del gas evaporado, de un líquido cuyo porcentaje de constituyentes es conocido, a gas en las condiciones establecidas. Para mezcla propano - butano, y a cualquier presión o temperatura ordinarias se encontrará de:

$$\frac{X_{C_3} Q_{C_3} + X_{C_4} Q_{C_4}}{X_{C_3} V_{C_3} + X_{C_4} V_{C_4}} \times \frac{P}{14.73} \times \frac{520}{t + 460}$$

En donde:

V_{C_3} y V_{C_4} son los volúmenes gaseosos del propano y del butano por unidad de volumen líquido de los mismos.

Las expresiones $\frac{P}{14.73}$ y $\frac{520}{t + 460}$ se han empleado para cambiar el poder calorífico de las condiciones normales a la presión P- y temperatura t deseadas.

Poder calorífico por unidad de masa. Para mezcla de propano y butano, este valor puede obtenerse de:

$$\frac{X_{C_3} Q_{C_3} + X_{C_4} Q_{C_4}}{X_{C_3} C_3 + X_{C_4} C_4}$$

En donde: C_3 y C_4 son las densidades del propano y del butano líquidos a la temperatura deseada.

Densidad relativa del líquido. La densidad relativa de una mezcla líquida de los hidrocarburos tratados, a 60°F y referida al agua a 60°F se calcula de la expresión siguiente:

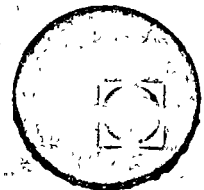
$$X_{C_3} \times s.g.C_3 + X_{C_4} \times s.g.C_4$$

En donde $s.g.C_3$ y $s.g.C_4$ son las densidades relativas de los hidrocarburos puros a $60^\circ F$, con respecto al agua a $60^\circ F$.

Volumen de gas obtenido por unidad de volumen líquido. Si la --- unidad de volumen de mezcla propano - butano vaporiza, el volumen de gas generado a 14.73 lb/in^2 y $60^\circ F$, por ese volumen de líquido a $60^\circ F$, es:

$$(X_{C_3} V_{C_3} + X_{C_4} V_{C_4}) \times \frac{14.73}{P} \times \frac{t+460}{520} \times K$$





centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam

PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

El gas licuado de petróleo (L.P.) es un combustible que se utiliza ampliamente en las plantas de almacenamiento de gas. Este tipo de gas se produce a partir del petróleo crudo y se licua a una temperatura y presión adecuadas para su almacenamiento y transporte. Las plantas de almacenamiento de gas deben diseñarse para garantizar la seguridad y la eficiencia en el manejo de este combustible. Los factores que influyen en el diseño de estas plantas incluyen el tipo de gas, el volumen de almacenamiento, las condiciones ambientales y los requisitos de seguridad. Es importante considerar todos estos aspectos para asegurar que la planta funcione correctamente y sin riesgos.

CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS

DEL GAS L. P.

El gas licuado de petróleo (L.P.) es un combustible que se utiliza ampliamente en las plantas de almacenamiento de gas. Este tipo de gas se produce a partir del petróleo crudo y se licua a una temperatura y presión adecuadas para su almacenamiento y transporte. Las plantas de almacenamiento de gas deben diseñarse para garantizar la seguridad y la eficiencia en el manejo de este combustible. Los factores que influyen en el diseño de estas plantas incluyen el tipo de gas, el volumen de almacenamiento, las condiciones ambientales y los requisitos de seguridad. Es importante considerar todos estos aspectos para asegurar que la planta funcione correctamente y sin riesgos.

ING. ARTURO MADRID PERALTA

3.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL GAS L.P.

El término gas L.P., ha sido aplicado a ciertas combinaciones de hidrocarburos en las que predominan el propano (C_3H_8) y el butano (C_4H_{10}); en menores proporciones el gas L.P., contiene otros hidrocarburos tales como el isobutano, el propileno, el butileno, el pentano, etc.

El gas L.P., es el único entre los combustibles que más frecuentemente se emplean que, a presiones moderadas y a temperaturas normales, pueden ser transportado y almacenado en estado líquido y que al ser liberado, a presiones atmosféricas, vaporiza aún a temperaturas relativamente bajas, pudiendo entonces manejarse y utilizarse como un gas.

Las tablas 1 y 2 contienen constantes físicas de hidrocarburos que pueden encontrarse, en mayor o menor cantidad, en el gas L.P. y que serán de gran utilidad en el aspecto técnico y en el de seguridad relativos al almacenamiento y manejo de este combustible.

Densidad Relativa (specific gravity). Se entiende por densidad relativa a la densidad de una sustancia comparada con la de otra sustancia que se ha tomado como "standard".

Desde el punto de vista macroscópico la materia se clasifica en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Para expresar la densidad relativa de sólidos y líquidos se emplea el agua como "standard", en tanto que para gases la sustancia de referencia es el aire. Así, para líquidos:

$$S.g_L = \frac{\rho_L}{\rho_{H_2O}}$$

S.g_L : Densidad relativa del líquido.

: Densidad del líquido

: Densidad del agua

y para gases:

$$S.g_G = \frac{\rho_{gas}}{\rho_{aire}}$$

S.g_G : Densidad relativa del gas.

: Densidad del gas.

aire: Densidad del aire

La densidad relativa es, pues un número adimensional que expresa las veces que una sustancia es más densa que el agua (líquidos) o que el aire (gases).

La densidad del agua a 60°F es, aproximadamente de 62.4 lb/ft³ y la del aire, a la misma temperatura y presión atmosférica normal, de 0.0764 lb/ft³; es decir:

$$s.g_L = \frac{\rho_L}{62.4} \quad \text{y} \quad s.g_G = \frac{\rho_G}{0.0764}$$

De las tablas de propiedades termodinámicas, a 60°F, las densidades del propano y del butano, en estado líquido, son: 31.75 lb/ft³ y 36.45 lb/ft³. Sus densidades relativas serán:

$$s.g_{C_3} = \frac{31.75}{62.4} = 0.508 \quad \text{y} \quad s.g_{C_4} = \frac{36.45}{62.4} = 0.584$$

A presión atmosférica normal y 60°F, las densidades del propano y del butano, en estado gaseoso, son: 0.1162 lb/ft³ y 0.1531 lb/ft³. Sus densidades relativas tendrán un valor de:

$$s.g_{C_3} = \frac{0.1162}{0.0764} = 1.52 \quad \text{y} \quad s.g_{C_4} = \frac{0.1531}{0.0764} = 2.00$$

En estado líquido, ambos hidrocarburos son menos densos que el agua; en estado gaseoso los dos son más densos que el aire. Debido a esta característica, tanto el propano como el butano, ó cualquier mezcla de ellos, tenderán a ocupar los niveles más bajos si son expulsados a la atmósfera.

Punto de ebullición. El punto de ebullición de los hidrocarburos listados en las tablas 1 y 2 están dados a la presión atmosférica normal. Estos hidrocarburos tienen la propiedad en común con todos los líquidos, de que al alcanzar una temperatura en particular la evaporación es lo suficientemente rápida para producir una formación notoria de burbújas de vapor. Tomando el butano normal como ejemplo típico, se encuentra en la tabla que su punto de ebullición es de 31.18 F; ésto significa que si un recipiente

abierto a la atmósfera conteniendo butano normal se mantuviera a una temperatura varios grados abajo de 31.1º F (temperatura menor a la de congelamiento del agua), este no herviría, solo se evaporaría lentamente. Si se elevara entonces la temperatura del líquido hasta 31.1º F empezaría a hervir en forma notoria.

El punto de ebullición del propano es todavía menor a 43.7º F el propano líquido alcanza una ebullición franca a la presión atmosférica normal.

Relación de expansión de líquido a vapor. Al tratar de las leyes que rigen el estado gaseoso se calculó que por cada litro de propano líquido a 15º C se obtienen 272.2 lts. de este hidrocarburo en estado de vapor, a la misma temperatura y presión atmosférica normal.

En el caso del butano la relación de expansión es de 237.8, en las mismas condiciones de presión y temperatura; es decir, ambos hidrocarburos incrementan su volumen más de doscientas veces al exponerse en estado líquido a la atmósfera.

Cual sería la expansión aproximada que sufrirá 1 litro de propano gaseoso al liberarse a la atmósfera, si dentro del recipiente almacenador se encuentra sujeto a una presión manométrica de 100 lb/in² (7.03 Kg_f/cm², a la temperatura ambiente.

$$P_2 V_2 = P_1 V_1 \qquad V_2 = \frac{P_1}{P_2} V_1$$

$$V_2 = (7.03 + 1.033) \times 1 \ ; \ V_2 = \frac{8.063}{1.033} = 7.805 \text{ Lts.}$$

En la atmósfera, un litro de gas en las condiciones indicadas ocuparía casi ocho veces su volumen inicial.

Una fuga de líquido en las instalaciones que almacenan y manejan gas L.P., es por lo tanto más riesgosa que una fuga del combustible en estado gaseoso.

Límites de inflamabilidad. El gas combustible y el aire deben estar mezclados en la proporción conveniente para que la combustión se lleve a cabo. Con el propano, por ejemplo, la combustión no se desarrollará si no hay, por lo menos, un 2.37% de gas en la mezcla gas aire; si el porcentaje de propano excede al 9.5%, la mezcla es muy rica para quemarse.

Para el butano, los límites mínimos y máximos de inflamabilidad son: 1.86% y 8.41%, respectivamente.

Presión de vapor. Todo líquido tiene una presión de vapor que aumenta al aumentar su temperatura. Esta presión es una propiedad para un líquido - en particular y puede ser definida como la presión existente en un espacio cerrado sobre el líquido puro, cuando no se encuentran presentes --- otros gases o vapores en ese sistema cerrado.

Los valores numéricos de la presión de vapor se encuentran expresados en diferentes formas: libras por pulgada cuadrada absolutas, libras por pulgada cuadrada manométricas ó pulgadas de columna de mercurio.

La presión existente dentro de un tanque almacenador de gas L.P., - depende no solamente de la temperatura, sino de la cantidad relativa de cada uno de los hidrocarburos puros presentes en la mezcla. Las presiones de vapor para el propano y el butano puros se encuentran en las tablas - 3 y 4 a diferentes temperaturas.

Suponiendo que se tiene un recipiente cerrado que contiene una mezcla de butano y propano a 100°F, un manómetro conectado al tanque no marcaría 172 lb/in², sino un valor intermedio entre esas dos lecturas.

Efectos de la temperatura sobre el volumen del gas licuado. La medida correcta del gas licuado de petróleo, en volumen, se puede llevar a cabo - corrigiendo el volumen del gas a la temperatura de observación al volumen que éste ocuparía a la temperatura base de 60°F.

Los gases L.P. de diferentes densidades se expandirán o contraerán en diferente forma con aumentos o disminuciones de temperatura. Este cambio de volumen por variaciones de temperatura se mide por el coeficiente de expansión térmica; en general puede decirse que a menores densidades son mayores los efectos de contracción o de expansión.

Con referencia a la tabla de factores de conexión de volumen puede observarse que estos son considerablemente mayores para el propano que para el butano en el intervalo de temperaturas atmosféricas. Es necesario, por lo tanto, relacionar el factor con la densidad del líquido a la temperatura base de 60°F.

El volumen líquido medido a la temperatura de observación, multiplicado por el factor correspondiente a esa temperatura y a la densidad relativa del líquido, proporciona el volumen corregido a la temperatura base de 60°F. Por ejemplo, un recipiente de almacenamiento contiene mezcla de propano y butano cuya densidad relativa es de 0.560 a 60°F/60°F; la temperatura del líquido es medida y resulta de 80°F. Al mismo tiempo el medidor del tanque indica un volumen de 1 000 galones almacenados.

El factor seleccionado de la tabla es 0.975 y el volumen neto a 60°F será de: $1\ 000 \times 0.975 = 975$ galones.

Cuando la temperatura cambia el volumen del gas licuado cambia produciéndose, por lo mismo, un cambio en su densidad. La tabla 2 se emplea para convertir la densidad relativa observada (o medida) a la temperatura ambiente a la densidad relativa corregida a 60°F/60°F.

Temperatura de ignición. La temperatura de ignición se puede definir como la más baja temperatura a la cual la combustión genera más rápidamente calor que el que pierde en los alrededores, lo que determina que la combustión se autopropague. Abajo de esta temperatura la mezcla gas-aire

no se quemará espontáneamente, a menos que se le suministre calor.

La temperatura de ignición es afectada por muchos factores y en diferentes intensidades (uniformidad de la mezcla gas-aire, concentración de oxígeno, volumen del recipiente, etc.), por lo que no puede considerarse como una propiedad fija del gas y los valores tabulados no son necesariamente válidos, excepto bajo las condiciones específicas del análisis por el cual fueron determinados.

La temperatura de ignición de la mayor parte de las sustancias decrece con el aumento de presión que es un factor importante en la operación de maquinas de combustión. En los hidrocarburos parafínicos generalmente decrece al aumentar la masa molecular.

Temperaturas de ignición de hidrocarburos combustibles:

Hidrocarburo	A p. atmosférica	°F	a 200 psia
Metano	1260-1380		1050
Etano	990-1120		760
Propano	950-1080		700
Butano	890-1020		670
Pentano	890-1020		670
Heptano	535- 545		320
Gasolina (80 octanos)	860		560

Poder calorífico.- Los poderes caloríficos listados en las tablas de constantes físicas son para hidrocarburos puros, por lo que en la práctica estos valores variarán ligeramente de acuerdo con la composición real del combustible.

El poder calorífico, o calor de combustión grueso, difiere poco entre butano y propano cuando se mide en Btu/lb (21,315 y 21,670, respectivamente), pero cuando se mide en volumen si hay una variación considerable (3,368 y 2558 Btu/ft³, respectivamente).

Odorización. La odorización del gas es importante para la seguridad de los consumidores puesto que los hidrocarburos que constituyen el gas L.P. son virtualmente inodoros.

El objeto de introducir un odorante es el de darle al gas un olor distintivo que lo haga notar rápidamente cuando una pequeña cantidad de él escape o haya escapado sin quemarse.

La mayor parte de las normas sobre odorización requieren una concentración de odorante que haga detectable una fuga del gas a concentraciones muy abajo del límite de inflamabilidad bajo. (menos de la quinta parte de este límite, según especificaciones de la NFPA).

Propiedades de un odorante ideal:

Algunas de ellas han sido expresadas como sigue:

Deberá ser inocuo psicológicamente en cualquier concentración en la que se encuentre.

Sus productos de combustión deberán ser inofensivos, no corrosivos y sin olor.

Un pequeño volumen de líquido deberá ser capaz de odorizar un gran volumen de gas.

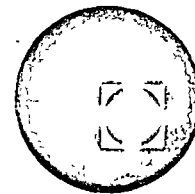
El líquido deberá ser lo suficientemente volátil para distribuirse rápidamente en el gas.

El odorante no deberá irritar los ojos o membranas mucosas, no deberá provocar náuseas, ni reacciones con los metales comunes, empaques o diafragmas de medidores y reguladores.

Los materiales que son más ampliamente empleados para propósitos de odorización son los mercaptanos y los sulfuros, ya que estos compuestos químicos cumplen más cercanamente las especificaciones para un odorante ideal.



centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

BOMBAS Y COMPRESORAS

ING. ARTURO MADRID PERALTA

VI.- BOMBAS Y COMPRESORAS

1.- Bombas.

Los gases licuados de petróleo se encuentran clasificados dentro de los líquidos más difíciles de desplazar por bombeo, entre otras razones, — porque a temperaturas ambiente se les maneja en proceso de ebullición. La cooperación de un gran número de fabricantes de bombas, algunos de ellos es especialistas en este campo, han beneficiado a la industria del gas L.P. not riamente y su interés primordial es la fabricación de bombas que reúnan los requisitos exigidos por el gas L.P. en condiciones de operación.

Para obtener los mejores resultados en operación de bombeo todos los fabricantes coinciden en que la bomba debe estar apropiadamente instalada y debe ser apropiadamente operada y para proporcionarle seguridad y eficiencia a sus funciones resulta indispensable la cooperación entre fabricante y operador en aspectos tales como instalación, procedimientos de operación y programas de mantenimiento.

Se describirán, brevemente, los requisitos de instalación que son co munes a todas las formas y tipos de bombas para gas L.P.; se sugerirán téni cas relacionadas con la operación y el mantenimiento que darán vida adicional a los sistemas de bombeo ya existentes y que, de ser atendidos, mejorarán futuros diseños.

En relación con cada tipo de bomba, en particular, el fabricante pro vee de manuales de operación y mantenimiento al usuario ya sea directamente en sus oficinas o a través de sus representantes de ventas. Esta literatura, preparada a gran costo, se obtiene habitualmente sin cargo extra o a — precio de costo.

La bomba desempeña un papel primordial en el sistema de una planta — almacenadora de gas L.P., su función es la de desplazar gas en estado líqui

do de un recipiente a otro y si no se encuentra operando adecuadamente, solamente se aprovechará una pequeña parte de su capacidad. Para mantener una eficiencia alta deberá instalarse la bomba apropiadamente, usarla con cuidado y repararla tan frecuentemente como lo requiera; los costos del manejo del combustible se mantendrán así a un mínimo.

INSTALACION.

1.- Equipo auxiliar.

La selección correcta de válvulas de exceso de gasto, filtros coladores y válvulas "By-pass" es muy importante no solamente por razones de seguridad sino también para reducir el deterioro de la bomba al máximo. La válvula de exceso de gasto escogida deberá ser del tamaño y tipo convenientes para la capacidad de la bomba; el filtro colador deberá escogerse de tal manera que proteja a la bomba sin presentar serias restricciones al flujo y, por supuesto, la válvula de "by-pass" que es necesaria para limitar las presiones de operación a un máximo dentro de la seguridad.

Válvulas de exceso de gasto.

Por razones de seguridad estas válvulas son muy deseables y habitualmente se instalan en las salidas de líquido de los tanques. Varias compañías manufacturan válvulas de exceso de gasto y como son empleadas con propósitos de seguridad siempre son nominadas por los fabricantes sobre bases de seguridad; algunas válvulas comunmente usadas están clasificadas de acuerdo con el gasto de líquido al que cierran, por ejemplo, 94 galones por minuto, y si este excede a dicho valor el flujo cesará. Sin embargo, estas mismas válvulas rara vez pueden suministrar más de 30 galones por minuto a la bomba.

Desafortunadamente, el flujo de cierre no indica si una válvula de - exceso de gasto es apropiada para alimentar a una tubería que conduce gas - L.P. a la bomba, sus clasificaciones en los catálogos están hechas bajo el - punto de vista de seguridad. Su conveniencia en el aspecto de bombeo depen - de de su resistencia al flujo; mientras menos sea ésta más se beneficiará - la bomba.

Filtros coladores.

El filtro colador deberá siempre ser instalado en la línea de suc - ción, entre el tanque almacenador y la bomba, para prevenir la entrada de - materia sólida tal como rebaba de soldadura, escoria, o escamas de metal -- oxidado, que pudiera dañar a la bomba. Ligeras impurezas corrosivas en el - combustible pueden causar la formación de costras de óxido en los tanques - que han estado en servicio por algún tiempo y, por supuesto, en aquellos -- que han estado fuera de servicio con sus salidas abiertas a la atmósfera, - en los cuales se acumulará una cantidad considerable de óxido en un período de meses.

Pocos modelos de bombas se fabrican con el filtro colador intercons - truido y usualmente este se provee por separado. Para seleccionar un buen - filtro colador, deberán considerarse los siguientes puntos:

a).- El filtro colador deberá ser de tamaño y tipo que no restrinjan el flujo de líquido a la bomba; si es posible, selecciónese de un diámetro - que sea el próximo mayor que el de la tubería empleada.

Las áreas de las mallas difieren entre las diferentes marcas de fil - tros, para el mismo diámetro de tubería; deberá elegirse el filtro cuya ma - lla presente la mayor área.

b).- Escójase el filtro que sea fácil de abrir para su limpieza; las aberturas bridadas para las mallas son mucho más fáciles de abrir que las de cuerda.

c).- Asegúrese que la malla sea lo suficientemente fina para detener pequeñas partículas abrasivas; es muy conveniente la malla de tela de alambre número 40 (40 ó más hilos por pulgada en cada dirección). Las mallas más finas que la número 40 protegen mejor a las bombas, pero pueden causar dificultades por requerir una limpieza más frecuente.

Los filtros coladores no son muy costosos y su duración es considerable (solamente la malla necesita reemplazarse). Pueden conseguirse buenos coladores a un precio que equivale a un porcentaje relativamente bajo del costo de la bomba.

La malla deberá inspeccionarse frecuentemente para cerciorarse de que no está rota y de que cubre el cuerpo del filtro convenientemente; su limpieza deberá hacerse tan frecuentemente como sea necesario, de tal forma que no restrinja el flujo de líquido a la bomba.

Cuando la eficiencia de la bomba baje súbitamente, deberá pensarse primero en el filtro colador; la malla puede quedar completamente bloqueada por acumulación de materia sólida debida a alguna impureza ocasional de la carga de combustible. Es buena práctica mantener a la mano algunas mallas extras.

Válvulas de "by-pass".

Estas válvulas, instaladas en la línea de descarga de las bombas, las protejan de trabajar contra presiones excesivas que pudieran causarles un desgaste considerable; previenen también de sobrecarga al motor eléctrico.

co.

Proporcionan también, en el aspecto de seguridad, la facilidad de aliviar la presión en el caso de que la bomba se encuentre operando contra válvulas cerradas, por error.

Cuando una bomba de gran capacidad se está empleando para el llenado de recipientes de pequeño contenido que no aceptan toda la carga, o cuando las restricciones de las válvulas de llenado son considerables, la válvula de by-pass permite el retorno del exceso de líquido al recipiente almacenador si se emplea un sistema como el ilustrado en la figura. (Fig. 3, B-P, p. 107).

La siguiente tabla puede tomarse como guía para la selección del diámetro apropiado de válvula de by-pass, de acuerdo con la capacidad de la bomba.

Capacidad:	Diámetro:
10 gpm	$\frac{1}{2}$ pulgada
15 "	$\frac{3}{4}$ "
20 "	1 "
35 "	1 "
50 "	1 $\frac{1}{4}$ "
100 "	1 $\frac{1}{2}$ "

Instalación. El arreglo tipo carrusel (conexión de la descarga de la válvula de "by-pass" a la línea de succión de la bomba) se evita en el manejo del gas L.P. debido fundamentalmente a que la recirculación de este líquido por la válvula de "by-pass" genera calor por fricción en ella que lo vaporiza parcialmente. La recirculación continua por un período de un minuto, o menos, formará suficiente vapor para que la bomba trabaje sin líquido. La

ausencia de líquido ocasiona un desgaste rápido de la bomba y el vapor trae consigo dificultades para que la bomba funcione nuevamente desplazando líquido.

Con la válvula de "by-pass" descargando al tanque de almacenamiento el vapor formado retorna a él y no es recirculado, por lo que no sufrirá aumento de volumen por temperatura y no causará dificultades.

Ajuste. El ajuste de la válvula de "by-pass" es de gran importancia; normas americanas establecen un máximo de 125 psig de presión diferencial para bombas de gas L.P. Esta recomendación se hace desde el punto de vista de seguridad para prevenir sobrecargas por presión en todo el sistema de suministro; ajustes mayores son definitivamente riesgosos en una instalación normal.

Desafortunadamente existe el incentivo de emplear ajustes altos por obtenerse así mayor rapidez de suministro. La mayor parte de los autores opinan que los ajustes deben limitarse a 75 psig.

Los ajustes usualmente empleados en plantas almacenadoras de gas L.P. son: 75 psig para operación de llenado de cilindros portátiles y 40 psig para carga de transportes.

Resulta muy conveniente la instalación de una válvula manual de "by-pass" (B en la figura). Si la bomba se llenara de vapor puede abrirse esta válvula y así el vapor se purgará fácilmente de las líneas y regresará al tanque de almacenamiento; esto se logra ordinariamente en menos de un minuto, debiendo cerrarse la válvula manual (que puede ser de globo o de ángulo) antes de procederse a bombear normalmente.

Diseño de la línea de succión de la bomba.

La tabla 3 proporciona los valores de la resistencia al flujo de 1 pie de tubería expresada en pies de gas L.P. en estado líquido, para varios diámetros de tubería y para diferentes gastos. Esta resistencia al flujo es proporcional a la longitud de la tubería; por ejemplo, a un gasto de 50 galones por minuto y a través de 50 pies de tubería de 2 pulgadas de diámetro, se causaría una resistencia al flujo de : 50×0.048 , equivalente a 2.4 pies de columna de gas L.P. líquido.

Los espacios en blanco en la tabla 3 indican que esos diámetros de tubería no son recomendables para los flujos correspondientes.

En la tabla 4 se pueden encontrar los valores de la resistencia al flujo de las válvulas y accesorios comunmente usados en las líneas de succión de los sistemas de bombeo de gas L.P.; esta resistencia está expresada en pies de tubería equivalente. Combinando las tablas 3 y 4 es posible desarrollar cálculos para diseñar o mejorar las condiciones de succión de una bomba destinada a desplazar gas L.P.

Si, por ejemplo, la línea de succión de esa bomba está constituida por una válvula de exceso de gasto, una válvula de globo, un codo 90°, un filtro colador y 5 ft de tubería de acero, todos de 2 pulgadas de diámetro, la resistencia total al flujo será de:

1).- Válvula de exceso de gasto (2"):	11 pies
2).- Válvula de globo (2"):	50 "
3).- Codo 90° (2"):	5 "
4).- Filtro colador (2"):	60 "
5).- Tubería en el sistema (2"):	5 "
Resistencia al flujo:	131 pies de tubería equivalente.

Si el flujo operado fuera de 50 galones por minuto, en la tabla 3, la resistencia al flujo para tubería de 2 pulgadas se encuentra de 0.048 — pies de gas L.P. por pie de tubería; entonces la conversión de la longitud de tubería equivalente a pies de columna de líquido será:

$$131 \times 0.048 = 6.29 \text{ pies (1.92 metros).}$$

Este resultado indica que la superficie libre del gas licuado en el interior del recipiente almacenador deberá estar, por lo menos, a 6.29 pies sobre el nivel de succión de la bomba, si esta va a operar con la alimentación de bombeo se presenta cuando el recipiente se encuentra casi vacío; en tales condiciones, el nivel inferior del tanque debería estar a la altura calculada para una operación eficiente.

EUTANO DEL GAS NATURAL

Butano (C_4H_{10}) 99.4%, pentano (C_5H_{12}) 0.6%, densidad específica 2.07 poder calorífico 3102 a 3371 Btu/ft³.

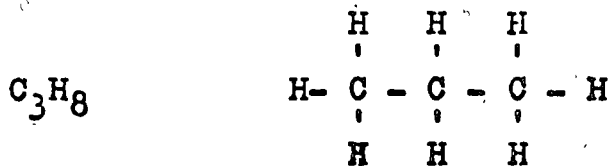
EUTANO DE LA REFINERIA

Eutano (C_4H_{10}) 90.0%, propano (C_3H_8) 5.0%, butileno-iluminante (C_4H_8) 5.0%, densidad relativa 2.03, poder calorífico 3068 a 3310 Btu/ft³.

FORMULAS QUIMICAS.

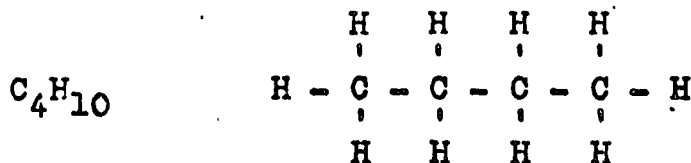
PROPANO.

La fórmula química del propano es C_3H_8 , se trata de un hidrocarburo saturado, constituido por tres carbonos y saturado con ocho átomos de hidrógeno.



BUTANO.

El butano es el cuarto hidrocarburo saturado, es decir tiene cuatro carbonos saturados con diez átomos de hidrógeno, por lo tanto su fórmula química será:



COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS

COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

(Continued)

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	C ₅ H ₁₂		H ₂ O
Heat Required to Vaporize Liquid at the Boiling Point and Atmospheric Pressure														
Btu Per Pound	245	208	211	189	183	158	174	167	166	146	148	153	92	970.3
Btu Per Gallon	712	686	696	822	774	741	872	836	797	759	797	803	656.5	8033.4
Ratio of Liquid Volume @ 60° F. to Gas Volume @ Atmospheric Pressure and 60° F.	443	333.7	294.3	283.5	272.7	229.3	252.9	254.0	237.8	205.0	218.3	207		
Freezing Point of Liquid at Atmospheric Pressure														
°F.	-296.5	-272.6	-297.8	-301.4	-305.9	-255.3	-301.6	-220.6	-216.9	-257.1	-265.5	-201.5		32
°C.	-182.5	-169.2	-183.2	-185.2	-187.7	-159.4	-185.3	-140.3	-138.3	-160.6	-165.3	-129.7		0
Molecular Weight	16.042	28.052	30.068	42.079	44.094	58.12	56.105	56.105	58.12	72.146	70.131	72.146	28.956	18.015
Gallons Per Pound Mol at 60° F.	6.4	8.5	9.64	9.7	10.41	12.38	11.2	11.2	11.94	13.84	13.0	13.71	4.06	2.16
Specific Heat at Atmospheric Pressure @ 60° F.														
Cp Liquid - Btu Per Pound Per °F.							0.54	0.555	.55 @ 32° F	0.533		0.536		1.000
Cp Vapor	0.5271	0.362	0.410	0.352	0.389	0.387	0.347		0.397	0.388		0.397	0.171	0.455
Cv Vapor	0.402	0.288	0.343	0.298	0.342	0.352	0.303		0.363	0.361		0.370		0.323
Cp Vapor	1.368	1.258	1.193	1.180	1.133	1.097	1.145		1.094	1.076		1.074	1.410	1.325
Cv														
Critical Conditions														
Temperature °F.	-116.5	49.8	90.1	196.5	206.2	273.2	297	292.5	305.6	370.0	394	337.0	-221.3	7.5
°C.	-82.5	9.9	32.3	91.4	96.8	131.0	147.2	141.7	152.0	187.6	201	197.2	-140.7	374.1
Pressure - Pounds Per Square Inch Absolute	673	742	768	667	617	529	588	580	551.0	483	594	490	547	3276
Pressure - Atmospheres	45.8	50.5	48.2	45.4	42.0	36.0	40.0	39.5	37.5	32.9	40.4	33.3	37.2	213.2
Density - Pounds Per Gallon	1.351		1.695		1.858	1.916			1.891	1.955		1.935		
Volume Cubic Feet Per Pound Mol.	1.566		2.371		3.123	3.930			4.130	4.930		4.98		

PROPERTIES OF THE HYDROCARBONS IN LP-GAS

55 a

22

COMBINED TABLES 1 AND 2—PHYSICAL CONSTANTS OF HYDROCARBONS
COMPOUNDS FOUND IN LP-GAS

NAME	METHANE	ETHENE	ETHANE	PROPENE	PROPANE	ISO-BUTANE	BUTENE-1	ISO-BUTENE	N-BUTANE	ISO-PENTANE	PENTENE-1	N-PENTANE	AIR	WATER
FORMULA	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	AIR	H ₂ O
Vapor Pressure at 100° F. Lbs. per sq. in. gauge absolute	.....	.....	..... 780	212.5 227.2	175.8 190.0	57.5 72.2	47.6 62.3	48.9 63.6	36.9 51.6	5.7 20.4	19.4	.9 15.6		.949
Normal State at Atmospheric Pressure and 60° F.	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Liquid	Liquid	Liquid	Gas	Liquid
Boiling Point of Liquid At Atmospheric Pressure ° F. ° C.	-258.7 -161.5	-154.7 -103.7	-127.5 -88.6	- 53.9 - 47.7	- 43.7 - 42.1	10.9 - 11.7	20.7 - 6.3	19.6 - 6.9	31.1 - 0.5	82.1 27.9	85.9 30.0	96.9 36.1	-317.7 -194.3	212 100
Weight of Liquid @ 60° F. Pounds Per Gallon Specific Gravity API Gravity	2.5 3 310.0	3.3	3.11 .374 247	4.35 .5218 139.7	4.23 .508 147.2	4.69 .563 119.8	5.011 .6011 103.9	5.004 .6002 104.3	4.86 .584 110.6	5.20 .625 95.0	5.387 .6461 87.5	5.25 .631 92.7	7.135 .856 165.3	8.323 1.000 10.0
Cubic Feet of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F. Formed from 1 Gallon of Liquid @ 60° F. 1 Pound of Liquid	59.0 23.6	44.6 13.51	39.25 12.65	37.9 8.71	36.35 8.62	30.59 6.53	33.81 6.75	33.94 6.78	31.75 6.54	27.40 5.27	29.18 5.42	27.68 5.27		
Weight of Vapor at Atmospheric Pressure and 60° F. Pounds Per Hundred Cubic Feet Specific Gravity (Air = 1)	4.227 .554	7.393 .9684	7.923 1.038	11.09 1.4527	11.62 1.522	15.31 2.006	14.79 1.9370	14.79 1.9370	15.31 2.006	19.01 2.491	19.01 2.491	19.01 2.491	7.64 1.000	
Gross Heat of Combustion Btu Per Pound Btu Per Cubic Foot @ 60° F. Btu Per Gallon @ 60° F.	23,891 1,012	21,650 1,601 70,910	22,329 1,783 69,433	21,060 2,335 87,740	21,670 2,558 91,044	21,265 3,354 99,697	20,660 3,081 103,430	20,740 3,086 104,060	21,315 3,363 103,017	21,016 4,033 103,820	20,720 3,829 110,850	21,094 4,015 110,125		
Cubic Feet of Air to Burn 1 Cubic Foot of Gas At Atmospheric Pressure and 60° F. Pounds of Air to Burn 1 Pound of Gas	9.53 17.24	14.29 14.76	16.67 16.13	21.44 14.76	23.82 15.71	30.97 15.49	28.58 14.76	28.58 14.76	30.97 15.19	39.11 15.35	35.73 11.76	38.11 15.35		
Flammability Limits Lower % in Air Upper % in Air	5.0 15.0	3.22 12.45	3.0- 3.3 10.6-15.0	2.0 11.0	2.37 9.50	1.80 8.41			1.66 8.41	1.32	1.60	1.10 7.80		

TABLE 4. THERMODYNAMIC PROPERTIES OF NORMAL SATURATED BUTANE

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at -200° F. where the values are zero. Refer to Fig. 2 for Enthalpies and Entropies of superheated butane vapor.

Temp. Deg. F.	Pressure Lb. per Sq. In.		Specific Volume Cu. Ft. per Lb.		Density Lb. per Cu. Ft.		Enthalpy** Btu per Lb.		Latent Heat Btu per Lb. L**	Entropy** Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F.
	Absolute P	Gauge gP	Liquid v	Vapor v'	Liquid l/l'	Vapor l/l'	Liquid hf	Vapor hg		Liquid sf	Vapor sg	
0	7.3	*15.0	0.02591	11.1	38.59	0.0901	103.8	275.3	171.5	0.226	0.572	0
5	8.2	*13.2	0.02603	9.98	38.41	0.100	106.2	276.9	170.7	0.231	0.572	5
10	9.2	*11.1	0.02615	8.95	38.24	0.112	108.8	278.5	169.7	0.236	0.572	10
15	10.4	* 8.8	0.02627	8.05	38.07	0.124	111.5	280.0	168.5	0.242	0.571	15
20	11.6	* 6.3	0.02639	7.23	37.89	0.136	114.0	281.6	167.6	0.248	0.571	20
25	13.0	* 3.6	0.02651	6.55	37.72	0.153	116.7	283.1	166.6	0.254	0.571	25
30	14.4	* 0.6	0.02664	5.90	37.54	0.169	119.2	284.9	165.7	0.260	0.571	30
35	16.0	1.3	0.02676	5.37	37.37	0.186	121.3	286.4	164.6	0.264	0.571	35
40	17.7	3.0	0.02689	4.88	37.19	0.205	124.2	288.0	163.8	0.270	0.571	40
45	19.6	4.9	0.02703	4.47	37.00	0.224	126.8	289.5	162.7	0.276	0.571	45
50	21.6	6.9	0.02716	4.07	36.82	0.246	129.6	291.2	161.6	0.282	0.571	50
55	23.8	9.1	0.02730	3.73	36.63	0.268	132.1	292.7	160.6	0.287	0.570	55
60	26.3	11.6	0.02743	3.40	36.45	0.294	134.8	294.2	159.4	0.293	0.570	60
65	28.9	14.2	0.02759	3.12	36.24	0.324	137.3	295.9	158.6	0.298	0.570	65
70	31.6	16.9	0.02773	2.88	36.06	0.347	140.1	297.5	157.4	0.304	0.570	70
75	34.5	19.8	0.02789	2.65	35.86	0.377	142.6	299.0	156.3	0.310	0.570	75
80	37.6	22.9	0.02805	2.43	35.65	0.407	145.0	300.3	155.3	0.315	0.570	80
85	40.9	26.2	0.02821	2.28	35.45	0.439	147.8	302.0	154.2	0.322	0.570	85
90	44.5	29.8	0.02838	2.10	35.24	0.476	150.5	303.5	153.0	0.326	0.571	90
95	48.2	33.5	0.02854	1.96	35.04	0.510	153.1	305.0	151.9	0.332	0.571	95
100	52.2	37.5	0.02870	1.81	34.84	0.552	156.2	306.7	150.5	0.340	0.571	100
105	56.4	41.7	0.02889	1.70	34.62	0.596	159.1	308.1	149.0	0.346	0.572	105
110	60.8	46.1	0.02906	1.58	34.41	0.653	161.9	309.5	147.6	0.352	0.572	110
115	65.6	50.9	0.02925	1.48	34.19	0.676	165.0	311.1	146.1	0.359	0.572	115
120	70.8	56.1	0.02945	1.37	33.96	0.730	167.8	312.7	144.9	0.365	0.572	120
125	76.0	61.3	0.02962	1.28	33.77	0.783	171.0	314.0	143.0	0.372	0.573	125
130	81.4	66.7	0.02980	1.19	33.56	0.840	174.0	315.5	141.5	0.378	0.573	130
135	87.0	72.3	0.03000	1.11	33.34	0.900	177.1	317.0	139.9	0.385	0.573	135
140	92.6	77.9	0.03020	1.04	33.14	0.955	179.9	318.2	138.3	0.391	0.574	140
145	100.0	85.3	0.03040	0.966	32.92	1.035	183.1	319.5	136.4	0.398	0.574	145
150	108.0	93.7	0.03060	0.897	32.70	1.115	186.5	321.0	134.5	0.405	0.574	150
155	115.0	100.3	0.03084	0.840	32.43	1.190	189.3	322.3	133.0	0.411	0.574	155
160	122.0	107.3	0.03112	0.785	32.15	1.275	192.7	323.8	131.1	0.416	0.575	160
165	130.0	115.3	0.03140	0.733	31.90	1.365	195.8	325.0	129.2	0.425	0.575	165
170	140.0	125.3	0.03165	0.687	31.62	1.455	199.2	326.1	126.9	0.433	0.575	170
175	150.0	135.3	0.03193	0.643	31.36	1.557	202.1	327.2	125.1	0.439	0.575	175
180	160.0	145.3	0.03218	0.602	31.10	1.660	205.0	328.4	123.4	0.445	0.575	180

Based on material from Dana, Jenkins, Burdick and Timm, published originally in REFRIGERATING ENGINEERING, June, 1920, Vol. 12, No. 12, Page 402.

* Inches of mercury below one standard atmosphere (29.92 in.).
 ** From Mollier Diagrams for Butane, W. C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).



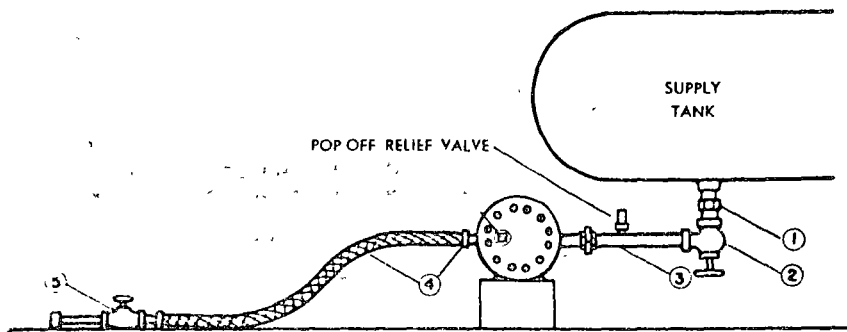


Fig. 4. Small pump installation.

- (1) 1/4" excess flow valve. Bottom outlet preferred.
- (2) 1" globe or angle shut off valve
- (3) 1" or 3/4" pipe or hose, with 1/4" pop off relief valve installed somewhere between valve (2) and pump.
- (4) 3/4" or 1/2" delivery hose, with 3/4" excess flow valve installed in pump outlet.
- (5) 3/4" or 1/2" globe valve with adapter to fit filler valves on tanks being filled

This requirement rules out the use of built-in bypass valves discharging within the pump on all delivery trucks, as well as some stationary dispensing systems used for filling cylinders and other small tanks. A pump having a built-in bypass valve discharging within pump can be adapted for such usage by also installing an outside bypass valve piped to discharge back to storage tank, and making sure that the bypass valve pressure setting is 25 psi less than the pressure setting of the built-in bypass valve. This will assure that the built-in bypass will not function in normal operation.

The fundamental reason for avoiding the Merry-Go-Round bypass arrangement is that the recirculation of LP-Gas through a bypass valve creates heat due to the friction in this valve. The heat causes the liquid gas handled to become partly vapor. Continuous recirculation for a period of one minute or less will form enough vapor to vapor-lock the pump. Lack of liquid causes fast pump wear, and vapor causes difficulties in starting the pump moving fuel into the next tank presented for filling. With bypass valve discharging to storage tank, heated vapors are returned to the tank. The vapors are not recirculated, so cannot build up in volume, and can cause no trouble.

Bypass Valve Setting: The setting of the bypass valve is of utmost importance. The maximum al-

lowed by Underwriters' Laboratories, Inc., in its standard for LP-Gas pumps, is 125 psi differential. This recommendation is made on the basis of safety to prevent pressure overloading of the entire delivery system. A definite hazard would result if the setting were higher. Unfortunately, an incentive exists to go to higher settings, as higher settings speed deliveries, especially when vapor return lines are not used. However, settings higher than 125 psig are definitely not safe in the usual installation. As a matter of fact, even a 125 psig setting is not safe in hot weather. The authors personally subscribe to the view that unless all conditions are studied carefully from a safety standpoint, by an experienced person, bypass settings should be limited to 75 psig. Thus the recommended setting for delivery truck pumps is 75 psig. On electric motor driven units, a maximum setting of 75 psig is also recommended depending on pump size and motor horsepower. Some motors cannot drive a pump to 75 psig; hence the bypass setting possibly should be even less, to prevent motor overload. Consult the manufacturer of electric-driven pump, or refer to his literature, to determine proper bypass valve setting (psig) to suit motor.

Hand Bypass Valves: Fig. 5 shows hand bypass valve B, piped around outside, spring-loaded type bypass valve C. If the pump ever becomes vapor locked, the hand bypass valve (which is just an ordinary globe or angle valve, same size as bypass valve) may be opened, so that the vapor will be purged easily from the lines and flow back to the storage tank.

Vapor can be formed by heat acting on the pump when it is not in use. This heat can come from a number of sources. On pumps mounted near the ground, the heat can come from sunlight; on pumps mounted on trucks, from the engine exhaust pipe, or from heated air blown past the engine. Pumps mounted in heated or partly heated structures can pick up heat from other pipes carrying steam, or from warm or hot liquids running too close to LP-Gas pipes. When such vapor forms, it is important to get rid of it. An open valve in a pipeline running back to storage is the most direct route. Ordinarily, the hand bypass valve need be left open for less than one minute, then closed, after which pumping will proceed normally.

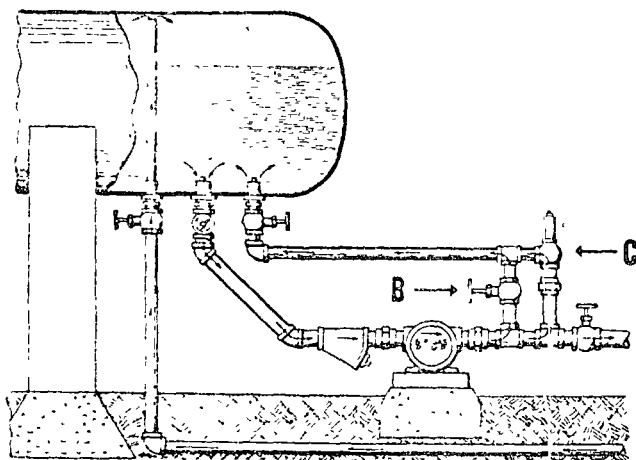


Fig. 3. Hand bypass valve installation.

The oil pump and hydraulic motor are a portion of this weight; the oil reservoir (G in Fig. 9) is also a heavy item. Experience indicates that the use of fairly low hydraulic pressure results in longer, more trouble-free life in such systems. However, lower pressures require larger oil pumps, hydraulic motors, oil reservoirs, and piping, adding even more to the weight problem.

Truck Pump Speeds

The truck pump speed is a major consideration in designing a truck pump drive. No compromise should be made that will force the LP-Gas pump to turn faster than the maximum speed recommended by the manufacturer. It is better to use an LP-Gas pump large enough so that the required delivery rate will be developed at less than maximum recommended speed. Slower speeds cause all makes of pumps to last longer, and when a pump in such a system begins to lose efficiency, through wear, the driver can be allowed to speed it up to regain proper delivery rates. However, it is seldom desirable to postpone truck pump repairs by racing pumps at speeds far in excess of their rated maximum. Such high speeds greatly accelerate the wear rate, wear the engine and transmission, and use more fuel. A month of high speed operation will, in the majority of cases, double the repair bill.

Truck pumps are available with interior working parts designed for many different speeds. The most common speed range available is from 400 to 600 rpm. Some manufacturers have pumps that can be run 800 to 1000 rpm, and 1600 to 2000 rpm. The latter, so-called high speed truck pumps are particularly desirable for use in hydraulic systems, since many hydraulic motors are also designed for high speed. High speed hydraulic motors are more efficient and are lighter in weight than low speed hydraulic motors

VI. TECHNICAL CONSIDERATIONS

Tables for Resistance-to-Flow Calculations

For the convenience of the reader who wishes to have a ready reference of technical data, useful for design and evaluation of piping systems, a number of tables are included in this section. Table 3 allows computations to be made concerning resistance-to-flow of various sizes of pipe. The resistance-to-flow is proportional to the length of the pipe in the system; Table 3 lists the resistance-to-flow for a 1-ft. length of pipe expressed in feet of head of liquid LP-Gas. For example, a rate of flow of 100 gpm through 3-in. pipe, in a system having 30 ft. of pipe, would cause a resistance-to-flow of 30 x .025, equivalent to 0.75 ft. of head.

The blank spaces in Table 3 indicate that those pipe sizes are not recommended for the corresponding flow rates. The pipe sizes are either too large to be economical (upper right of table), or are too small for proper pump performance (lower left of table), except for special or unusual conditions.

Table 4 lists the resistance-to-flow of valves and fittings commonly used in the inlet lines of LP-Gas pumping systems. The resistance-to-flow in Table 4 is expressed in equivalent feet of pipe. Used with Table 3, Table 4 allows computations to be made that can be converted into feet of head of liquid LP-Gas. For example, a 3-in. inlet line that contained a REGO 3-in. Type 7539 excess flow valve,

TABLE 3. RESISTANCE-TO-FLOW OF EXTRA HEAVY STEEL PIPE (FOR LP-GAS LIQUID ONLY, THAT IS, PROPANE, BUTANE AND THEIR MIXTURES, INCLUDING ASSOCIATED HYDROCARBONS)

Flow-Rate U. S. Gal. per minute	Resistance of 1-Ft. Lengths of Pipe (Expressed in Feet of Head of Liquid LP-Gas)						
	Pipe Size						
	1"	2"	2½"	3"	4"	5"	8"
10	.007						
20	.028	.008					
30	.060	.017	.007				
40		.031	.012				
50		.048	.020	.004			
60		.070	.028	.009			
70		.095	.036	.013			
80			.050	.017			
90			.063	.021			
100			.078	.025	.006	.002	.001
125				.036	.008	.003	.001
150				.051	.012	.004	.002
175				.068	.016	.005	.002
200				.088	.020	.007	.003
225					.025	.009	.003
250					.031	.010	.004
275					.037	.012	.005
300					.043	.014	.006

TABLE 4. RESISTANCE OF VALVES AND FITTINGS COMMONLY USED IN INLET LINES OF LP-GAS PUMPING SYSTEMS, EXPRESSED IN EQUIVALENT FEET OF PIPE

Type Valves and Fittings	Resistance in Equivalent Feet of Pipe of These Sizes						
	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	8"
2-in. Rego 3500 & 7537 series excess flow check valves	10	37	68	290			
3-in. Rego 3500 & 7539 series excess flow check valves	3	11	28	80	410		
3-in. Rego 2139 series excess flow check valves	18	63	165	480			
2½-in. Rego 2130 series excess flow check valves	33	120	289				
2-in. Rego 2137, 3232A, 3242, 3117 series excess flow check valves	40	173	420				
3-in. Weatherhead 66016, 66117 excess flow check valves	9	20	40	100			
2-in. Weatherhead 86018, 86019 excess flow check valves	10	33	130	430			
1¼-in. Weatherhead 96021 excess flow check valves	60	200					
3-in. Bohnhardt internal valve, wide open	6	23	55	183			
3-in. Fisher C-58 safety control valve	4	13	32	102	434		
Railroad tank car excess flow valves, ACF No. 1402, 2-in.; 1401, 2½-in.	37	121	290	970			
Straight-through flow valves, such as gate valves (including Okadeel), ball valves, and plug valves, same size as pipe*	5	6	8	10	14	17	20
Globe valves, wide open, same size as pipe*	40	60	60	80	110	130	160
Angle valves, wide open, same size as pipe*	20	25	30	40	55	70	80
Swing check valves, same size as pipe*	10	13	15	19	25	31	38
90° elbow, same size as pipe*	4	5	6	8	11	13	16
45° elbow, same size as pipe*	2	2½	3	3½	5	6	7
Tee, flow-through side outlet, same size as pipe*	6	10	13	15	21	27	33
Tee, flow straight through, same size as pipe*	2½	3	4	5	7	8½	11
Strainer, same size as pipe*	25	60	42	42	50	60	60
Strainer, next larger size than pipe*	18	17	14	20	30	30	
Bushing or reducer, to one size larger or smaller**	2	2½	3	4	5	6	7

* Figures shown for these items represent average resistance-to-flow values for number of styles.

Como no es posible montar tanques a mayor altura que la necesaria, - esta puede reducirse utilizando válvulas y conexiones con menor resisten-- cia al flujo. En el caso que se está tratando, por ejemplo podría sustituir se el filtro colador de 2 pulgadas por uno de 2 1/2 pulgadas (resistencia- del flujo: 14 pies de tubería equivalente, según tabla 4). Haciendo este - cambio, la resistencia al flujo total será de :

$$131-60 + 14 = 85 \text{ pies de tubería de 2 pulgadas.}$$

La altura de columna de líquido sería entonces:

$$85 \times 0.048 = 4.08 \text{ pies (1.24 metros)}$$

En algunos casos puede no ser posible, o demasiado costoso, diseñar la admisión de la bomba de tal manera que cuente con la altura convenien- te cuando el tanque se encuentre casi vacío; sin embargo, puede suponerse que la mayor parte del tiempo siempre estará, al menos, a la tercera par- te de su capacidad.

De esta forma el bombeo ocurrirá, casi en su totalidad, cuando la - columna de líquido es mayor que la distancia entre el fondo del tanque y- la admisión de la bomba.

La table 6 fué preparada para mostrar el efecto en la bomba cuando- el tanque no se encuentra elevado lo suficiente sobre su nivel de susción. Para usar esta tabla, primeramente se determina que tan alto deberá mon-- tarse el tanque y después cual es la diferencia entre esta altura y la -- real.

Las reducciones indicadas en la tabla, en porciento de la capacidad de la bomba, indican el porcentaje de vapor formado, en volumen, para pro- pano y butano a temperaturas seleccionadas. Supóngase que el tanque se en- cuentra elevado ³ pies abajo de la altura apropiada; el porcentaje de re-

ducción en la capacidad es menor del 10 por ciento para propano a altas temperaturas pero sobrepasa este valor a bajas temperaturas.

El butano, a cualquier temperatura, formará más del 10 por ciento de vapor, en volumen. Esta cantidad es suficiente para causar un desgaste extra a la bomba.

Como precaución, deberá evitarse cualquier instalación en la cual la falta de suficiente altura de succión cause la formación de más del 10 por ciento de vapor en la línea de admisión de la bomba empleada para desplazar gas L.P.

Línea de descarga de la bomba.

Debido a las bajas viscosidades de los gases licuados de petróleo las bombas son muy sencibles a restricciones de presión en las líneas de descarga; el claro entre engranes, aspas u otras partes móviles y las estacionarias permite al líquido regresar a la parte correspondiente a la succión de la bomba. Esta pérdida varía con la manufactura o tipo de bomba, pero en la mayoría de los casos las bombas para gas L.P. pueden del 3 al 10 por ciento de su capacidad por cada 10 litros por pulgada cuadrada de presión diferencial en contra de la cual están trabajando (una bomba de mucho uso perderá mayor porcentaje de su capacidad para una contrapresión determinada).

De esta manera, una bomba de 50 galones por minuto del tipo más eficiente, reducirá su capacidad a 35 galones por minuto cuando trabaje en contra de una presión de 100 psi (disminuirá en un 30 por ciento su capacidad a cero bajo tales condiciones.

Además de causarle a la bomba pérdida de capacidad, una línea de descarga altamente restrictiva le producirá un desgaste mayor, puesto que algunas de sus partes soportarán cargas mayores en proporción a la

presión extra desarrollada. Las líneas de descarga de las bombas deberán ser diseñadas, por lo mismo, para tener las menores pérdidas de presión posibles.

Como ayuda en el cálculo del abatimiento de presión total en un sistema de descarga, las talbas 8,9,10 y 11 proporcionan la pérdida de presión, en psi; para los componentes de un sistema de descarga, otros, como varios accesorios, no han sido incluidos porque pueden desprejarse, sin error apreciable, en la mayor parte de los casos.

TABLE 7. RESISTANCE-TO-FLOW OF AVERAGE METERS AVAILABLE FOR LP-GAS SERVICE

Delivery Rate GPM	Meter Pressure Drop, psi		
	1½" Size (6 to 30 GPM)	1½" Size (12 to 60 GPM)	2" Size (20 to 100 GPM)
5	0.3	Don't use	Don't use
10	0.5	Don't use	Don't use
15	0.9	0.8	Don't use
20	1.4	1.1	0.3
25	2.2	1.7	0.6
30	3.1	2.4	0.8
40	Don't use	4.1	1.2
50	Don't use	6.3	1.8
60	Don't use	9.0	2.6
70	Don't use	Don't use	3.7
80	Don't use	Don't use	4.9
90	Don't use	Don't use	6.3
100	Don't use	Don't use	7.8

TABLE 8. RESISTANCE-TO-FLOW OF AVERAGE GLOBE VALVES IN LP-GAS SERVICE

Delivery Rate GPM	Pressure Drop, psi					
	½" Size	¾" Size	1" Size	1¼" Size	1½" Size	2" Size
5	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
10	1.6	-0-	-0-	-0-	-0-	-0-
15	3.6	1.1	-0-	-0-	-0-	-0-
20	6.4	2.0	1.2	-0-	-0-	-0-
25	10.0	3.0	1.9	-0-	-0-	-0-
30	14.4	4.5	2.8	1.0	-0-	-0-
40	25.6	8.0	4.4	1.9	-0-	-0-
50	40.0	12.0	6.7	2.9	1.0	-0-
60	57.6	16.0	9.6	4.0	1.5	-0-
70	Too high	21.0	13.0	5.2	2.0	1.0
80	Too high	28.0	16.5	6.7	2.5	1.3
90	Too high	35.0	21.0	8.3	3.2	1.6
100	Too high	47.0	25.0	10.1	4.0	2.0

TABLE 9. RESISTANCE-TO-FLOW OF 50-FT LENGTHS OF LP-GAS DELIVERY HOSE OF VARIOUS SIZES AND AT VARIOUS DELIVERY RATES²

Delivery Rate GPM	Pressure Drop, psi					
	½" Size	¾" Size	1" Size	1¼" Size	1½" Size	2" Size
5	8.1	1.1	0.2	0.1	-0-	-0-
10	30.0	4.0	0.9	0.3	0.1	-0-
15	64.6	8.5	2.0	0.7	0.3	-0-
20	Too high	14.4	3.4	1.0	0.5	0.1
25	Too high	22.1	5.2	1.7	0.7	0.2
30	Too high	31.0	7.4	2.4	0.9	0.3
40	Too high	54.0	12.6	4.2	1.6	0.4
50	Too high	Too high	19.0	6.4	2.5	0.6
60	Too high	Too high	26.4	9.0	3.5	0.8
70	Too high	Too high	35.4	11.9	4.6	1.1
80	Too high	Too high	46.2	15.9	5.9	1.4
90	Too high	Too high	58.6	19.0	7.4	1.7
100	Too high	Too high	69.7	23.4	8.9	2.1

² This table was calculated from viscosity figures of propane and butane at 60 F. temperature, as given in Table 9 on page 34 of Handbook Butane-Propane Gases, Third Edition. The procedure followed in the calculations is as outlined on pages 210 and 212 of Daugherty's Hydraulics, Fourth Edition. * The resistance of hose is assumed to be the same as that of clean steel pipe of equivalent inside diameter. ** This assumption is in accordance with the viewpoint of a hose manufacturer's representative known to be conservative.

TABLE 10. RESISTANCE-TO-FLOW OF TANK FILLER VALVES OF VARIOUS SIZES AT VARIOUS FLOW RATES

Delivery Rate GPM	Pressure Drop, psi				
	Old-Style Filler Valves			New-Style Filler Valves	
	¾" Size	1¼" Size	2" Size	¾" Size	1¼" Size
5	2.9	0.4	0.1	1.0	0.1
10	9.2	2.0	0.3	2.5	0.3
15	20.0	2.8	0.6	5.6	0.6
20	35.0	4.5	0.9	10.0	1.1
25	54.7	6.8	1.5	15.8	1.7
30	Too high	10.0	2.2	22.5	2.5
40	Too high	17.8	3.9	40.0	4.4
50	Too high	27.0	6.1	62.9	6.9
60	Too high	32.4	8.8	Too high	10.0
70	Too high	44.1	12.0	Too high	13.6
80	Too high	57.6	15.8	Too high	17.8
90	Too high	Too high	19.8	Too high	22.2
100	Too high	Too high	24.5	Too high	27.0

TABLE 6. PERCENTAGE REDUCTION IN LP-GAS PUMP CAPACITY WHEN THE STORAGE TANK IS NOT MOUNTED HIGH ENOUGH

Liquid and Temperature	Difference Between the Height the Tank should be Mounted and the Height it is Mounted, in Feet											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Propane 100° F.	0.7	1.4	2.0	2.7	3.3	4.0	5.6	5.2	5.8	6.5	7.1	7.6
Propane 70° F.	1.4	2.8	4.1	5.4	6.6	7.9	9.0	10.2	11.4	12.4	13.5	14.6
Propane 40° F.	3.0	5.9	8.9	11.1	13.6	15.6	18.0	20.1	22.0	23.9	25.7	27.3
Propane 10° F.	6.9	12.9	17.9	22.0	27.1	30.6	34.2	37.3	40.2	43.5	45.1	47.2
Butane 100° F.	7.4	13.7	19.3	24.1	28.5	32.3	35.7	38.9	41.7	44.3	45.7	49.8
Butane 70° F.	15.3	26.5	35.1	41.8	47.3	51.9	55.8	59.0	61.8	64.2	66.3	68.3
Butane 40° F.	30.9	48.3	58.4	65.3	70.2	73.8	76.7	79.1	80.8	82.6	83.8	84.9

TABLE 11. AMOUNT OF BACK PRESSURE BUILT UP IN TANKS FILLED WITHOUT THE USE OF EQUALIZING CONNECTIONS.

Type of Fuel	Temperature (° F)	Back Pressure, psi	
		With New Vapor-Space Filling	With Old-Style Dip Tube Filler Valves
Propane	100°	31.1	124.4
Propane	70°	18.9	67.6
Propane	40°	8.0	30.5
Propane	10°	4.1	16.3
Propane	10°	1.6	6.4
Butane	100°	3.0	18.5
Butane	70°	1.6	7.9
Butane	40°	0.9	5.1

TABLE 1

Reduction of Volume to 60F—Against Specific Gravity 60/60F—For Liquefied Petroleum Gases (Abridgement of A S T M Table 24-LPG)

Table with columns for Observed Temperature (°F), Specific Gravity 60/60F (0.495 to 0.649), and Factor for Reducing Volume to 60 F. The table lists conversion factors for temperatures from -20°F to 50°F across various specific gravity ranges.

ing temperature to a corrected volume at 60 deg. F.: Determine the gravity at 60 deg. F. by weighing a known volume, by hydrometer, or by reference to shipping papers. Refer to the column in Table 1 corresponding to this gravity and read the volume conversion factor opposite the observed temperature. Multiply the measured volume by this factor

to obtain the volume at 60 deg. F.

(2) To convert from the observed specific gravity at an observed temperature to specific gravity at 60 deg. F.: Using Table 2, find the column for the observed specific gravity and read the corrected specific gravity at 60 deg. F. opposite the observed temperature listed in the extreme left column.

TABLE 4. TANK TRUCK FILLING DENSITIES

Maximum Specific Gravity of the LP-Gas at 60 deg F.	Maximum Permitted Filling Density in Per Cent of the Water-Weight Capacity of the Tanks		Maximum Permitted Filling Density by Volume*
	1200 Gal. or Less	Over 1200 Gal.	
0.504-0.510	42	45	
0.511-0.519	43	46	
0.520-0.527	44	47	
0.528-0.536	45	48	
0.537-0.544	46	49	
0.545-0.552	47	50	
0.553-0.560	48	51	
0.561-0.568	49	52	
0.569-0.576	50	53	
0.577-0.584	51	54	
0.585-0.592	52	55	

* Same filling density as permitted by weight, except when using fixed length dip tube or other fixed maximum liquid level indicators, in which case the maximum permitted filling density shall not exceed 97 per cent of the maximum permitted filling density by weight contained in the table.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS (DEL 20 DE SEPTIEMBRE AL 30 DE OCTUBRE DE 1974)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
8. SR. JAIME GARCIA CALDERON Apartado Postal 575 Puebla, Pue. Tel: 6-16-66	VEL-A-GAS DE PUEBLA, S. A. 3 Poniente 136 Puebla, Pue. Tel: 1-25-26
9. ING. A. GOMEZ GAITAN Aguilas No. 19 Las Arboledas Edo. de México Tel: 5-65-34-44	CIAS. UNIDAS DEL GAS, S. A. Norte 35 No. 717 Col. Industrial Vallejo México, D. F. Tel: 5-67-13-15
10. SR. RODOLFO ARISTIDES LOPEZ ORTEGA California No. 60-1 Col. Portales México 13, D. F. Tel: 5-32-63-58	BUFETE DE INGENIERIA CIVIL Y QUIMICA, S. A. Prolongación Melchor Ocampo No.302 Coyoacán México 21, D. F. Tel: 5-54-53-55
11. ING. JOSE LUIS LUNA DE LA ROSA Oasis No. 41 México 16, D. F. Tel: 5-27-03-95	SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA Palma Norte No. 513-9o. Piso México, D. F. Tel: 5-10-13-99
12. SR. FRANCISCO MAGAÑA GARDUÑO Av. Sierra Vista 276-202 Col. Lindavista México, D. F. Tel: 5-86-55-73	SERVICIOS TECNICOS DE GAS San Juan de Letrán 509 Locales 11 y 12 Edificio Guelatao México, D. F. Tel: 5-97-30-11 Ext. 42
13. SR. ANDRES MARTINEZ PALACIOS Ricarte 511 Col. Lindavista México 14, D. F. Tel: 5-67-94-71	SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMER- CIO DIRECCION GENERAL DE GAS Av. Cuauhtémoc No. 80 México 7, D. F. Tel: 5-78-81-21
14. SR. JUAN M. MURO RAMIREZ Norte No. 50 No. 3826 México, D. F. Tel: 5-17-02-75	GAS Y SERVICIOS, S. A. Montiol No. 229 Col. Lindavista México, D. F. Tel: 5-77-62-11

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS (DEL 20 DE SEPTIEMBRE AL 30 DE OCTUBRE DE 1974)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. ING. ROBERTO AGUILAR MERCADO Constantino No. 47 México, D. F. Tel: 5-83-13-21	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Paseo de la Reforma No. 107-4o. Piso México, D. F. Tel: 5-66-76-24
2. ING. GENARO F. ALVAREZ DEL C. Av. Andes 335 Lomas de Chapultepec México, D. F. Tel: 5-40-51-55	GAS SUPREMO, S. A. Av. Oaxaca No. 69-4o. Piso México, D. F. Tel: 5-33-62-02
3. SR. JOSE R. CARDONA GONZALEZ Tajín No. 228-303 Col. Narvarte México, D. F.	SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIRECCION GENERAL DE GAS Av. Cuauhtémoc No. 80 México, D. F. Tel: 5-78-81-21
4. SR. ROBERTO CARRILLO SOLIS Marcos Carrillo No. 298 Col. Viaducto Piedad México, D. F. Tel: 5-30-44-87	GAS METROPOLITANO, S. A. Buen Tono No. 26 Col. Industrial México, D. F. Tel: 5-17-80-67
5. SR. ZEFERINO DELGADO LARA Juan Bosco No. 110 Col. Vasco de Quiroga México, D. F. Tel: 7-81-10-45	GARZA GAS, S. A. Poniente 150 No. 801 México, D. F. Tel: 5-67-15-11
6. SR. MAX ENGLERTH Cardenales No. 76 México 20, D. F. Tel: 5-93-11-78	A.C. FINK, S. A. Cordoba No. 51 México 7, D. F. Tel: 5-33-13-75
7. ING. ARTURO ESQUERRA CASTAÑEDA Natlier No. 11 Col. Mixcoac México, D. F. Tel: 5-63-44-35	INFRAESTRUCTURA RECURSOS Y SERVICIOS, S. C. San Lorenzo 153-5o. Piso México, D. F. Tel: 5-75-40-77

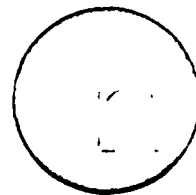
DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS (DEL 20 DE SEPTIEMBRE AL 30 DE OCTUBRE DE 1974)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
15. SR. ROSALIO PALAFOX ORTEGA Col. Viveros Xazotoc Edo. de México Tel: 5-69-05-93	GAS METROPOLITANO, S. A. Sedirugua y Carlo B-2 México, D. F. Tel: 5-69-36-18
16. SR. J. LUIS PEÑA CAMACHO Talisman 488 México, D. F. Tel: 5-37-32-19	CIA. MEXICANA DE GAS COMBUSTIBLE, S. A. Talisman 488 Col. San Juan de Aragón México 14, D. F. Tel: 5-37-48-68
17. SR. ROMEO RAMIREZ SANCHEZ Manuel Ma. Contreras No. 10-305 Col. San Rafael México, D. F.	A.C. FINK, S. A. Cordoba No. 51 México, D. F. Tel: 5-33-13-75
18. ING. RUBEN ROBLES ESPARZA Zapata No. 29 Catarina Tlahuac	NORMEX, S. A. San Esteban Pte. No. 9 Naucalpan Edo. de México Tel: 5-76-51-49
19. ING. LUIS F. TENA RAMIREZ Av. Revolución No. 749 México, D. F. Tel: 5-63-36-53	BUFETE DE INGENIERIA CIVIL Y QUIMI CA Prolongación Melchor Ocampo No.302 México, D. F. Tel: 5-54-53-55
20. SR. EMILIO ZUÑIGA QUINTERO Cuauhtémoc No. 6 Zumpango, México	ZU-GAS, S. A. Carretera " Los Reyes " K-10-200 Zumpango, México





centro de educación continua
facultad de ingeniería, unam



PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GAS

URBANIZACIÓN

ING. CARLOS ESCALANTE

TEMA X.- URBANIZACION

1.- LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Todas las plantas de almacenamiento de gas L.P., ya sean de volúmenes grandes o pequeños, deberán ser localizadas de tal manera que se apeguen a las normas y reglamentos que existen para su diseño y funcionamiento; para tal efecto se deberán tomar en cuenta los siguientes puntos que son básicos para una buena ubicación de la misma, que al quedar estratégicamente situada facilitará la distribución en la zona de servicio autorizada:

- A).- El terreno deberá ser localizado fuera de zonas urbanas de preferencia al margen de carreteras y en sitios que no presenten curvas cercanas, con el propósito de evitar riesgos provocados por volcaduras o cualquier otro tipo de accidente de tránsito cercano a la planta y obtener mayor visibilidad para la entrada y salida de vehículos.

- B).- El terreno escogido para la ubicación de la planta, será de preferencia plano, cuando menos en las áreas de trabajo, como son las zonas de almacenamiento, andén de llenado, tomas de recepción y suministro de auto-tanque oficinas y estacionamientos.
- C).- Al localizar un terreno para montar una planta, deberá considerarse también que se cuente con los servicios ne cesarios para poder llevar a cabo su operación, servicios tales como agua, corriente eléctrica, teléfono, - etc.
- D).- Deberán también considerarse los vientos dominantes que reinan en la región donde se ubicará la planta, ya que estos no deberán nunca correr de la planta de almacenamiento a las zonas urbanas, o a lugares que representen riesgos en caso de fugas.
- E).- Al localizar un terreno para una planta de almacenamien to deberá tomarse en cuenta que no exista en los pre- dios colindantes construcciones o instalaciones que por su naturaleza representen riesgos para la planta y vice versa.

F).- Se tratará de evitar que la ubicación de la planta sea cercana a barrancas, ríos o al margen de carreteras con declives muy pronunciados.

G).- Todos los linderos del terreno que ocupe la planta deberán ser construidos por lo menos de postes de concreto y alambre.

H).- Para montar una planta de capacidad grande se escogerán de preferencia aquellos terrenos en los cuales se tengan las facilidades para instalar una espuela de ferrocarril, ya que actualmente es necesario contar con suficiente capacidad de almacenamiento debido a la escasez del gas L.P., para tal efecto es necesario traer el combustible por medio de carros-tanque de ferrocarril.

I).- Los accesos a la planta deberán ser apropiados al movimiento diario que se tenga de vehículos, de tal manera que la entrada o salida de cualquiera de ellos no entorpezca la libre circulación de los demás.

2.- DISTRIBUCION DE AREAS DE TRABAJO.

Las áreas de trabajo en una planta de almacenamiento, estarán distribuidas de tal manera que se permita que los operadores efectuen sus labores sin que estén expuestos a distracciones causadas por los compañeros que desempeñen otra labor en sitio cercano; por lo que las áreas de trabajo deberán estar lo suficientemente distanciadas una de otra, en lugares apropiados para cada operación.

Las áreas de trabajo de más movimiento en una planta de almacenamiento son: el andén de llenado de recipientes portátiles, la zona de almacenamiento, las tomas de recepción y suministro de auto-tanques y la zona destinada a pintura de cilindros.

3.- DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE OPERACION.

Las zonas de operación en una planta de almacenamiento son las siguientes: andén de llenado, tomas de recepción y suministro de auto-tanques, zona de maquinaria, zona de pintura de recipientes, así como la zona de circulación interior de los vehículos que podemos considerar como una zona de operación secundaria.

A).- ZONA DE LLENADO DE RECIPIENTES PORTATILES.

En esta zona el piso del andén deberá estar en perfectas condiciones, sin ranuras o desniveles que puedan en torpecer el libre movimiento de los recipientes y el ma terial de construcción deberá ser de concreto.

Esta zona de llenado comunmente identificada como "andén" deberá tener la suficiente amplitud para cubrir el volu men de cilindros que exiga la demanda diaria, teniendo una área destinada a los cilindros llenos, listos para ser cargados en los vehículos de reparto.

B).- TOMAS DE RECEPCION Y SUMINISTRO DE AUTO-TANQUES.

Esta zona deberá estar en perfectas condiciones y su consolidación deberá ser tal, que no permita que existan hundimientos al estacionar un transporte para su descar ga o carga, se contará con declives en el piso para evi tar el estancamiento de las aguas de lluvia en esta zona de operación. Se contará con protecciones de concre to como son: muretes, topes, etc., para tratar de evi tar que sean dañadas las tomas de carga y descarga así como sus mangueras y accesorios de conexión.

C).- ZONA DE MAQUINARIA.

La zona de máquinas (bombas y compresoras) deberán contar con piso de concreto, el cual deberá tener las pendientes adecuadas para el escurrimiento de las aguas de lluvia. Las bombas y compresoras deberán estar montadas y fijas firmemente a una base de concreto. Es opcional que sean cubiertas para protegerlas contra la intemperie; en caso de que se deseen cubrirlas, deberá hacerse con materiales incombustibles y que cuenten con suficiente ventilación natural.

El piso estará perfectamente limpio y seco de manchas de aceite, ya que así se evitarán accidentes por resbalamientos; es recomendable también contar con iluminación eléctrica en esta zona.

Contará esta zona con protecciones apropiadas, así como con letreros alusivos para evitar que personas ajenas al cuidado de la maquinaria y operación, tengan acceso a dicha zona.

D).- ZONA DE PINTURA.

Esta zona de operación normalmente se localiza anexa a la zona de llenado, deberá ser también tan amplia como-

el volúmen de recipientes que se pinten diariamente, para evitar el amontonamiento y "choque" continuo de los recipientes recién pintados evitando con esto un pintado defectuoso y mala presentación del cilindro.

El piso de esta zona debe ser también de concreto y estará siempre en buenas condiciones para poder "rolar" los recipientes sin que esten expuestos a caídas y malos tratos.

Está totalmente prohibido usar la presión de los tanques de almacenamiento, sacándoles gas (vapor) y usarlo en el pintado de recipientes, en lugar de usar aire, para lo cual se deberá contar con un compresor especial para ese fin.

E).- ZONA DE CIRCULACION DE VEHICULOS

Todas las áreas para la circulación de vehículos dentro de la planta, deberán de estar compactados, debiendo tener un acabado superficial por lo menos de grava y arena debidamente apisonada, no deberán existir desniveles demasiado pronunciados; pero si los apropiados para evitar el estancamiento de las aguas de lluvia.

Estas áreas de circulación deben ser tan amplias que -- permitan el libre movimiento interior de los vehículos sin obstruirse el paso entre ellos mismos, evitando con esto contratiempos en la planta y como consecuencia un mal funcionamiento dentro de la misma y posibles accidentes.

5.- SERVICIOS SANITARIOS, OFICINAS, ESTACIONAMIENTOS, BODEGAS Y TALLERES.

A).- SERVICIOS SANITARIOS

En toda planta de almacenamiento se hace necesario y -- obligatorio contar con servicios sanitarios, los cuales se deben apegar a las indicaciones contenidas en el Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativo a Edificios y en los Instructivos Sanitarios publicados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

Cuando en una planta de almacenamiento, no se cuenta - con sistema de alcantarillado municipal en las cercanías del terreno, teniéndose además agua intradomiciliaria - ya sea municipal o particular, se construirán fosas sépticas con la capacidad suficiente para la disposición -

adecuada de los desechos producidos por el número de --
personas que laboren en la planta.

Cuando no se cuente con sistema de alcantarillado en -
las cercanías, ni se cuente con agua introdomiciliaria,
se podrán utilizar las llamadas "Letrinas Sanitarias" ,
las cuales se apegarán también, a los Reglamentos e Ins
tructivos respectivos, observándose las restricciones -
de localización que se señalen en los mismos para evi--
tar crear problemas de salud.

(Junto con estos apuntes y por separado, se proporciona
el Instructivo Sanitario, donde se explica detalladament
te lo concerniente a Fosas Sépticas y Letrinas Sanita--
rias)

B).- OFICINAS Y BODEGAS.

Las oficinas deberán ser localizadas en un sitio tal, -
que no sean obstáculo para el libre movimiento interior
de la planta, pero que a su vez se pueda controlar desde
las mismas, las operaciones de entrada y salida de per-
sonal y camiones; estas oficinas deben ser construidas-
con materiales incombustibles a una distancia que no de
berá ser menor de los 15 Mts. de la zona de almacena- -

miento; las puertas y ventanas, exteriores que den a la planta, serán metálicas, pudiendo ser el mobiliario interior de madera cuando la distancia antes citada sea de 15 Mts. o más.

Las bodegas al igual que las demás construcciones deben ser localizadas fuera de las zonas de almacenamiento, (15 Mts. mínimo empleándose en su construcción materiales incombustibles)

Existen algunos casos en que es indispensable la instalación de aparatos que producen fuego, (estufas, calentadores, parrillas, etc.) para el servicio del personal que labora en la planta, por lo que es recomendable que la localización de estos aparatos sea en un lugar alejado tanto como sea posible de las zonas de almacenamiento trasiego y suministro a una distancia que nunca podrá ser menor de los 15 Mts.

La construcción en que se instalen estos aparatos, deberá estar permanentemente cerrada en los costados que den al interior de la planta, no debiendo tener comunicación directa con la misma.

C).- ESTACIONAMIENTOS.

Las zonas destinadas al estacionamiento de vehículos repartidores dentro de la planta, deben ser localizadas - de tal manera que la entrada o salida de cualquier vehículo a estacionarse, no interrumpa la libre circulación de los demás; esta zona deberá mantenerse siempre limpia y despejada de basura así como de materiales combusti--bles o inflamables y de cualquier otro objeto que impida la circulación y estacionamiento.

El piso deberá tener las pendientes o drenes adecuados- para eliminar las aguas de lluvia, así como una consolidación apropiada (mínimo de grava); es opcional cubrir- los lugares destinados a estacionamientos con coberti--zos que deberán ser incombustibles.

Cuando el número de vehículos sea demasiado grande y no se tenga cupo dentro de la planta, se podrá establecer- estacionamiento, en un predio independiente de la misma observándose desde luego, las medidas de seguridad necesarias para no establecer riesgos a la comunidad.

D).- TALLERES

Cuando exista la necesidad de instalar taller mecánico- para reparar los propios vehículos, ya sea anexo al esta- cionamiento o independiente, será necesario observar - los siguientes requisitos:

- 1.- Queda prohibido construir fosas y en su lugar se - construirán rampas.
- 2.- Los lugares del taller en que se utilice flama (fue- go), por ejemplo para soldar o para otros fines, - guardando una distancia mínima de 15 Mts. al vehícu- lo estacionado más próximo.
- 3.- Como protección del taller, se instalará equipo ade- cuado contra incendio.
- 4.- Entre el estacionamiento y taller, se construirá un muro de 2.5 Mts. de altura.

Los incisos anteriores son nulos cuando el taller sea - localizado por uno de los frentes de la planta, en for- ma tal que el acceso a él, se lleva a cabo directamente desde la calle sin necesidad de entrar a la planta; los costados que den a la misma, serán herméticos.

5.- DRENAJE Y ALCANTARILLADO.

En una planta de almacenamiento, es recomendable contar con un sistema de drenaje, construido por medio de tubos de concreto, con una pendiente del 2%. Esta tubería se deberá colocar fuera de las áreas de almacenamiento, así como también fuera de las áreas de circulación de vehículos para evitar a plastamiento de los ductos.

Si el sistema de drenaje se va a conectar a la alcantarilla pública, es conveniente instalar una "trampa de grasas" a la salida del drenaje de la planta, para evitar que los residuos que sean arrastrados por las aguas de lluvia, penetran al sistema de alcantarillado general causando malestares por malos olores y en un momento dado, pequeñas explosiones al acumularse los gases que se desprenden de estos residuos.

En el caso, que no exista alcantarillado público al cual conectarse, no deben construirse fosas sépticas para colectar el efluente de una planta, ya que los componentes de los residuos, dificultan el proceso séptico y no se efectúa la transformación de la materia orgánica contenida en las aguas. Es preferible dejar escurrir las aguas libremente para que se absorvan en el terreno o se depositen en alguna zanja, barranca o corriente de agua cercana.

6.- MANTENIMIENTO.

En cada planta de almacenamiento de gas L.P., deberá existir una o dos personas encargadas de dar mantenimiento general a la misma, cabe hacer mención en esta parte que todas las secciones de ornato como son los jardines, prados, etc., que se construyan dentro de la planta deberán permanecer siempre verdes.

Deberá cuidarse que el andén de llenado cuente con protecciones apropiadas en sus bordes para evitar que sea dañado por los vehículos repartidores, así como las defensas de protección de las tomas de recepción y suministro; la zona de protección deberá estar siempre en buen estado y pintadas alternadamente con franjas diagonales de color amarillo y negro.

7.- DISEÑO DE LA INSTALACION DE PROCESO.

Para proyectar las instalaciones de proceso deberá tomarse en cuenta las necesidades reales del volúmen que representa la zona de distribución y los incrementos de por lo menos 10 años.

En cuanto a los materiales y equipo necesarios, deberán ser éstos los más apropiados para el manejo de gas L.P.

8.- SISTEMA DE SEGURIDAD.

En cuanto a los sistemas de seguridad, las plantas en relación a su tamaño y ubicación de las mismas deberán contar con un sistema Contra-Incendio; el cual está especificado en el instructivo para la ejecución y proyección de plantas de almacenamiento.

De igual manera en las diferentes zonas mencionadas dentro de la planta, se deberá contar con un sistema contra incendio a base de extintores apropiados que cubran las áreas de las diferentes zonas antes mencionadas.

10). Cálculo de Bases de Sustentación
 - cálculo de la zapata.

Datos:

$W = 55.6 \text{ ton.}$

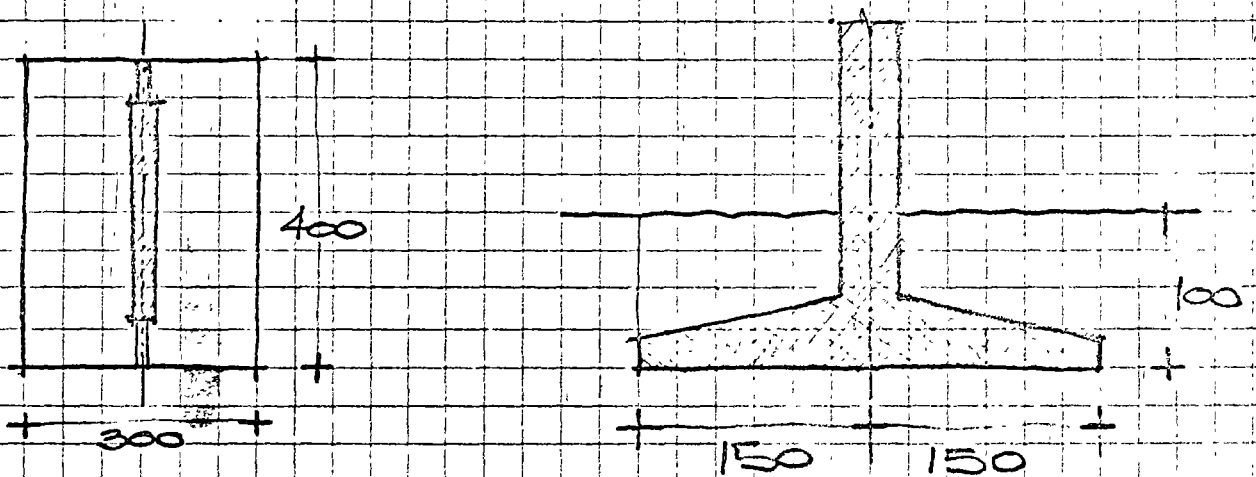
$M_s = 24.3 \text{ ton-m.}$

$f_c = 5.0 \text{ ton/m}^2$

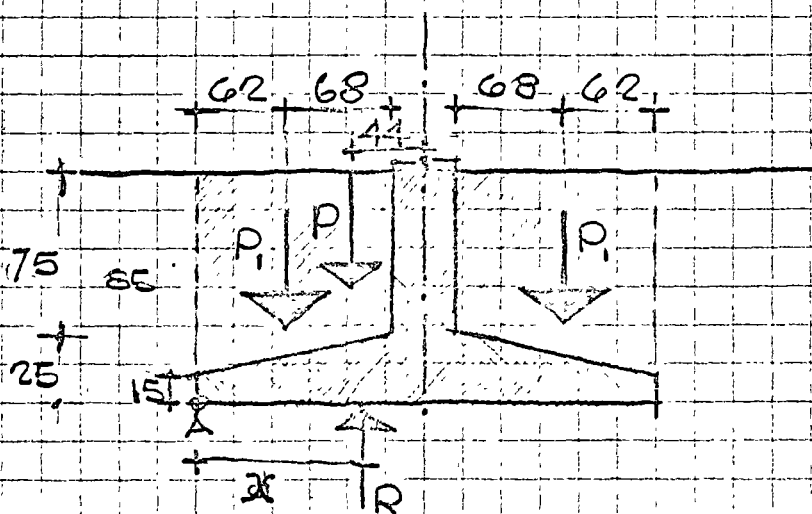
1ª CONDICION (Diseño por Area)

Area supuesta.

Profundidad supuesta.



Seccion Supuesta.



$$M_s = 24.3 \text{ ton-m.}$$

$$M_s = P \times e$$

$$\therefore e = \frac{M}{P}$$

$$e = \frac{24.3}{55.6}$$

$$e = 43.7 \approx 44 \text{ cms.}$$

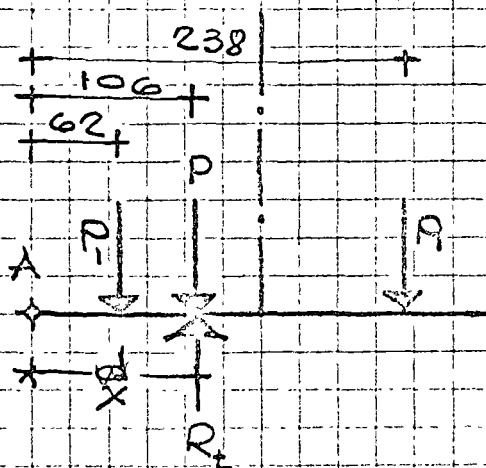
Cálculo del peso de la tierra P_1 .

$$P_1 = \frac{0.85 + 0.65}{2} \times 1.30 \times 1.4 \times 4.0$$

$$P_1 = 5.46 \text{ ton} \approx 5.5 \text{ ton.}$$

siendo el peso unitario del material de relleno = 1.4 ton/m³.

Cálculo del paso de la Resultante de Reacciones.



$$M_A = P_1 \times 0.62 + P \times 1.06 + P_1 \times 2.38 - R_L \times d = 0$$

$$M_A = 5.5 \times 0.62 + 55.6 \times 1.06 + 5.5 \times 2.38 - 55.6 \times d$$

$$0 = 3.41 + 58.94 + 13.09 - 55.6 \times d$$

$$0 = 75.44 - 55.6d$$

$$x = \frac{75.44}{55.60}$$

$$x = 1.356 \text{ m}, \quad e = 150 - 136$$

$$e = 14 \text{ cm, OK.}$$

Para que no se presenten esfuerzos de tensión en el terreno nuestra resultante de reacciones del terreno deberá localizarse como máximo en el extremo del tercio medio de nuestra zapata. Por lo tanto estamos correctos ya que la excentricidad $e = 14 \text{ cm} < 50$ que es la máxima excentricidad aceptada para este caso. Ya que nuestra área supuesta es correcta procedemos a calcular los esfuerzos en el terreno.

CALCULO DE ESFUERZOS:

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{My}{I}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{55.6}{12.0}$$

$$\frac{P}{A} = 4.63 \text{ ton/m}^2$$

$$M = 55.6 \times 0.14$$

$$M = 7.784 \text{ ton-m.}$$

$$I = 1.500 \text{ m}^4$$

$$I = \frac{4.0 \times 3.0^3}{12}$$

$$I = 9.0 \text{ m}^4$$

$$\frac{M y}{I} = \frac{7.784 \times 1.5}{9.0}$$

$$\frac{M y}{I} = 1.297 \approx 1.3 \text{ ton/m}^2$$

$$f_1 = 4.63 + 1.297$$

$$f_1 = 5.927 \approx 5.9 \text{ ton/m}^2 \text{ OK.}$$

Para cargas accidentales se permite según el Reglamento de Construcciones del D.F. un incremento igual al 33% por lo tanto.

$$f_p = 5.0 \times 1.33 = 6.65 > 5.9 \text{ ton/m}^2$$

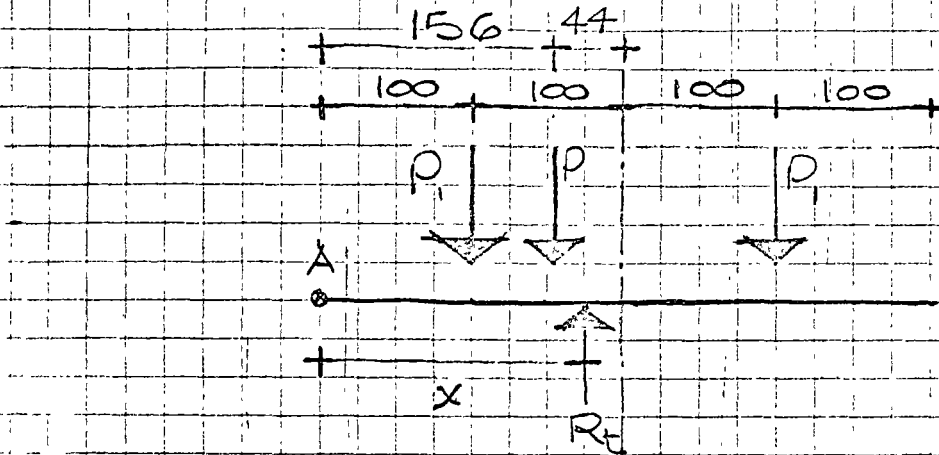
$$f_2 = 4.63 - 1.3$$

$$f_2 = 3.33 \text{ ton/m}^2$$

$$f_2 = 3.3 \text{ ton/m}^2$$

Una vez cumplido nuestras condiciones en la dirección corta, revisaremos la zapata en la dirección larga.

REVISIÓN EN LA DIRECCIÓN LARGA. (5)



$$M_A = P_1 \times 10 + P \times 156 + P_1 \times 30 - 55.6 \times d = 0$$

$$10 = 5.5 \times 10 + 55.6 \times 1.56 + 5.5 \times 30 - 55.6 \times d$$

$$0 = 5.5 + 86.74 + 16.5 - 55.6 \times d$$

$$x = \frac{108.74}{55.6}$$

$$x = 1.956 \text{ m.}$$

$$e = 2.00 - 1.96 = 0.04 \text{ m.}$$

En esta dirección el momento es casi nulo debido a que la excentricidad es pequeña por lo tanto nuestro esfuerzo en el terreno será de 5.0 ton/m².

2ª Condición (Diseño por flexión).

Diagrama de Esfuerzos.



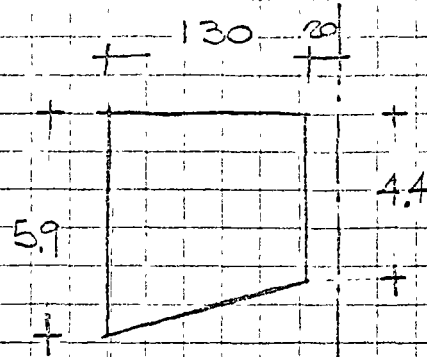
$$W = \frac{5.9 + 4.4}{2} \times 1.3$$

$$W = 6.9 \text{ ton}$$

$$M_f = W \frac{L}{2}$$

$$M_f = 6.9 \times 0.15$$

$$M_f = 4.26 \text{ ton-m.}$$



$$M_R = K b d^2$$

Para concreto de $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ tomemos una $K = 15$
para $d = 20 \text{ cms.}$

$$M_R = 15 \times 100 \times 20^2$$

$$M_R = 6.0 \text{ ton-m.} > 4.26$$

para $d = 15$

$$M_R = 15 \times 100 \times 15^2$$

$$M_R = 3.375 < 4.26$$

$$d_M = 20 \text{ cms.} \quad h = 25 \text{ cms.}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s \times J \times d}$$

$$A_s = \frac{426000}{5 \times 2000 \times 0.865 \times 20}$$

$$A_s = 12.3 \text{ cms.}^2$$

$$\# 5 \times 18 \text{ u}$$

$$\# 4 \times 10$$

El refuerzo de trabajo será #5 a 18 y se colocará en la dirección transversal. ⑦

El refuerzo longitudinal se dará para evitar los cambios volumétricos por efectos de temperatura.

Por lo tanto:

$$A_{st} = \rho \times A_c$$

$$A_{st} = 0.002 \times 25 \times 100 \times 0.5$$

$$A_{st} = 3.25 \text{ cms}^2$$

$$\# 3 \text{ a } 22 \text{ cms.}$$

También se armará por compresión debido a que está trabajando como volado.

$$A_{sc} = A_{sf} \times 0.5$$

$$A_{sc} = 12.3 \times 0.5$$

$$A_{sc} = 6.15 \text{ cm}^2$$

$$\# 4 \text{ a } 20$$

3ª Condición (Diseño por Cortante)

$$V = W$$

$$V = 6.9 \text{ tons.}$$

(8)

$$V_c = \rho_c \times b \times d_v$$

$$\rho_c = 0.5 \sqrt{f'_c}$$

$$\rho_c = 0.5 \sqrt{200}$$

$$\rho_c = 0.5 \times 14.15$$

$$\rho_c = 7.1$$

$$d_v = \frac{V}{\rho_c \times b}$$

$$d_v = \frac{6900}{7.1 \times 100}$$

$$d_v = 9.7 \text{ cms.} < 20 \text{ cms.}$$

4ª Condición (Diseño por Penetración)

En este ejemplo el diseño por penetración no funciona ya que la transmisión de la carga se hace por medio de un muro.

5ª Condición (Diseño por Adherencia)

$$\mu = \frac{V}{\Sigma 0 \times s \times d}$$

$$\mu = 20$$

$$s = 0.865$$

$$d = 2$$

$$\therefore \Sigma_0 = \frac{V}{\mu \times J \times d}$$

9

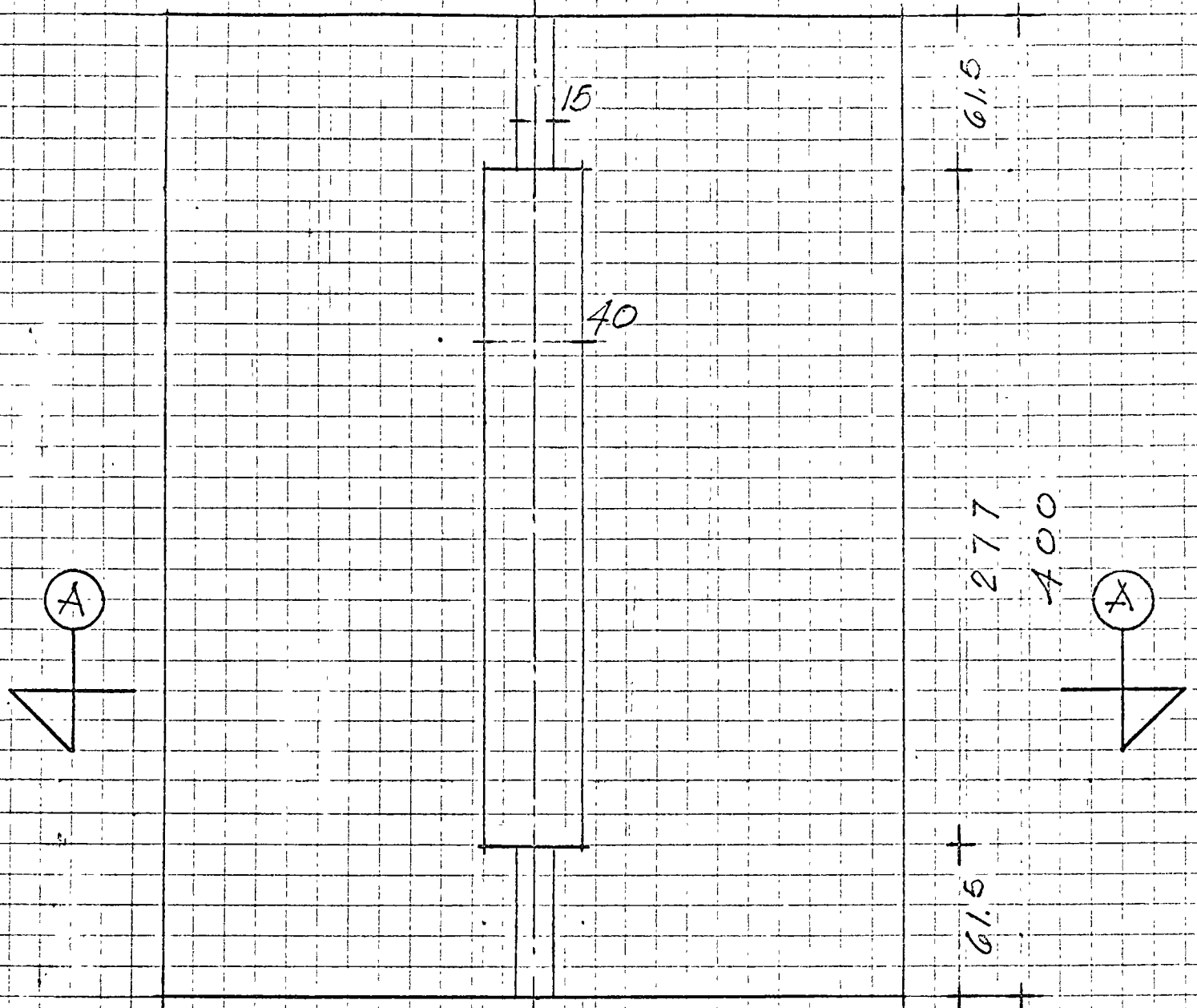
$$\Sigma_0 = \frac{6900}{20 \times 265 \times 20}$$

$$\Sigma_0 = 19.9 \text{ cm.}$$

$$\#4 = 20$$

$$\#5 = 30$$

Domina el refuerzo por flexión.



150

150

PLANTA

R/20. Columna.

#5ø20

#3ø25

50

50

#4ø20

#3ø25

50

10

15

5

5

150

150

CORTE A-A

NOMENCLATURA EMPLEADA

P = Carga Vertical

P_1 = Peso del relleno

x = Distancia calculada a la Resultante de Reacciones del terreno

R = Resultante de Reacciones del terreno

M_s = Momento Flexionante producido por la fuerza sísmica.

e = Excentricidad, desplazamiento de la carga vertical provocado por el efecto de sismo.

M_A = Momento con respecto al punto A.

f = fatiga del terreno o capacidad de carga.

A = Area de la base de sustentación.

M = Momento producido por la excentricidad de la Resultante de Reacciones del terreno.

y = Distancia a la fibra mas alejada de la sección de la zapata ~~considerada~~ con respecto al eje neutro.

I = Momento de Inercia de la sección de la zapata con respecto al eje neutro.

M_f = Momento flexionante considerando a la reacción del terreno como carga.

M_R = Momento resistente de una sección considerada.

d_M, d_V = peralte calculado por flexión y por cortante, respectivamente

A_s = Área de acero trabajando a tensión.

f_s = Fatiga de trabajo del acero.

J = Relación entre la distancia del centroide de compresión al centroide de tensión y el peralte d .

A_{st} = Área de acero proporcionado por efectos de temperatura.

p = Por ciento dado de acuerdo al Reglamento de Construcciones del D.F.

A_c = Área de concreto.

A_{sc} = Área de acero trabajando a compresión.

V = Cortante actuante.

W = Carga total.

v_c = Capacidad del concreto al esfuerzo cortante dado por el Reglamento de Construcciones del D.F.

f'_c = Resistencia a la compresión de cilindros de concreto de 15 cm de diámetro y 30 cms. de altura, a los 28 días para cemento normal. (Tipo I) y a edades equivalentes para otros tipos.

b = Ancho de un miembro estructural.

μ = Esfuerzo de Adherencia.

Σo = Suma de perímetros del acero de tensión.

K = Es una constante que está en función del concreto que se emplee.