



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y  
DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION  
PARA UN SISTEMA CRIOGENICO PARA  
ALMACENAR Y DISTRIBUIR  
AMONIACO LIQUIDO.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
MIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO

México, D. F.

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	Página
INTRODUCCION .....	1
AMONIACO .....	8
1.1 Propiedades Físicas y Químicas .....	9
1.2 Riesgo y Control .....	10
1.3 Equipo de Protección Personal .....	16
1.4 Producción de Amoníaco .....	20
1.5 Uso del Amoníaco en la Agricultura .....	21
II SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y RELICUEFACCION .....	23
2.1 Almacenamiento y Sistema de Relicuefaccion .....	24
2.2 Tipos de Almacenamiento de Amoníaco .....	28
2.3 Sistema de Relicuefacción del Amoníaco Vaporizado - ("Boil-Off") .....	31
2.4 Selección del Tipo de Almacenamiento y Sistema de - Relicuefacción .....	36
III INGENIERIA BASICA .....	39
3.1 Generalidades .....	40
3.2 Bases de Diseño .....	40
3.3 Descripción del Sistema .....	44
3.4 Lista de Equipo .....	46
3.5 Servicios Generales .....	51
3.6 Diagrama de Flujo Preliminar .....	52

	Página	
IV	BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	53
	4.1 Amoníaco Vaporizado ("Boil-off") .....	54
	4.2 Capacidad de Refrigeración .....	54
	4.3 Balances en las Corrientes Principales .....	59
	4.4 Potencia Consumida en los Compresores .....	64
	4.5 Sistema Rompedor de Vacío .....	67
	4.6 Balances de Materia y Energía en el Sistema de- Calentamiento de Amoníaco a Llenaderas .....	69
V	ESPECIFICACIONES GENERALES DE PROCESO	76
	5.1 Especificaciones Generales para Tubería .....	77
	5.2 Especificaciones Generales para Instrumentos ..	84
	5.3 Especificaciones Generales Mecánicas .....	89
	5.4 Especificaciones Generales Eléctricas .....	99
VI	DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE EQUIPO	108
	6.1 Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento -	109
	6.2 Dimensionamiento del Tanque de Succión.....	111
	6.3 Dimensionamiento del Tanque Acumulador de Inter- pasos Holding (Vertical) .....	113
	6.4 Dimensionamiento del Tanque Acumulador de Inter- pasos Filling (Vertical) .....	116
	6.5 Dimensionamiento del Tanque Acumulador Horizon- tal Holding .....	117

	Página
6.6 Dimensionamiento del Tanque Acumulador Horizontal Filling.....	119
6.7 Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento de Turbocina .....	120
6.8 Dimensionamiento del Tanque Acumulador de Condensados .....	121
<b>VII CRITERIOS DE DISEÑO Y OPERACION DE EQUIPOS</b>	<b>122</b>
7.1 Tanque de Almacenamiento .....	123
7.2 Recipientes .....	133
7.3 Bombas de Transferencia de Amoníaco .....	137
7.4 Condensadores de Coraza y Tubos .....	141
7.5 Purga de Incondensables .....	145
7.6 Purgador de Inertes .....	148
<b>VIII ESPECIFICACIONES DE EQUIPO</b>	<b>151</b>
8.1 Código y Normas .....	152
8.2 Criterios de Diseño .....	154
8.3 Especificaciones de Equipo .....	156
8.3.1 Tanque de Almacenamiento .....	156
8.3.2 Tanque de Succión .....	161
8.3.3 Tanque Acumulador de Interpasos .....	162
8.3.4 Tanque para Almacenamiento de Turbosina .....	162

	Página	
8.3.5	Tanque Acumulador de Condensados .....	163
8.3.6	Condensadores de Coraza y Tubos .....	163
8.3.7	Purgador de Incondensables .....	164
8.3.8	Compresores Reciprocantes .....	165
8.3.9	Tanque Acumulador Final .....	167
IX	ARREGLO GENERAL .....	176
9.1	Recomendaciones .....	177
9.2	Arreglo General .....	181
X	DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION Y DIAGRAMA DE - FLUJO DE PROCESO. ....	182
10.1	Filosofía del Control .....	183
10.2	Diagrama de Tuberías e Instrumentación .....	184
10.3	Diagrama de Flujo de Proceso.....	186
	CONCLUSIONES .....	187
	BIBLIOGRAFIA .....	189
	DIAGRAMA DE MOLLIER PARA EL AMONIACO .....	193

## INTRODUCCION

De los problemas a que se enfrenta el desarrollo del país, el de la ali-  
mentación es quizá el más grave y urgente, por esto se debe buscar la-  
respuesta en el incremento de la producción agrícola, la que se presen-  
ta en dos alternativas: ampliar las áreas de cultivo y aumentar el ren-  
dimiento de las tierras en producción. De éstas la primera va siendo -  
cada vez más difícil de adoptar y requiere de cuantiosas inversiones.

Fertilizantes, semillas mejoradas, mecanización, insecticidas, herbici-  
das, etc., son los procedimientos de que dispone la tecnología avanzada  
para aumentar el rendimiento agrícola, de todas sin duda el de la ferti-  
lización química de los suelos es el más productivo, su aplicación tie-  
ne importantes resultados y así en el caso de México, los fertilizantes  
contribuyen con el aumento del 17% en los rendimientos unitarios.

La utilización del amoníaco anhidro y de agua-amonia a nivel nacional -  
tiene un significado muy grande, tomando en consideración que represen-  
ta el medio más económico para proporcionar nitrógeno a la tierra. Ade-  
más de que el 95% de los fertilizantes nitrógenados utilizan amoníaco -  
para su elaboración.

Lo anterior ha traído como consecuencia un aumento considerable en el -  
uso del amoníaco, obligando a aumentar su producción y el volumen de -  
almacenamiento. Como el amoníaco es un gas a la temperatura del ambien-  
te y presión atmosférica, resulta antieconómico mantenerlo bajo estas -  
condiciones, la tecnología actual resuelve este problema mediante cir-  
cuitos de refrigeración y el uso de mejores materiales aislantes para -

mantener el amoníaco líquido ligeramente abajo de su punto de ebullición normal.

Quando se ha elaborado el estudio técnico, económico y de mercado, y se ha determinado que es necesaria la instalación de un sistema como el que aquí se presenta, es necesario sea proporcionada la información "básica" que establezca los lineamientos a seguir en el desarrollo del proyecto. Esto es: el alcance, tipo de sistema o proceso elegido, las condiciones de operación, el lugar en donde se localizará, condiciones climatológicas, etc.

La ingeniería básica como rama de la ingeniería la elaboran ingenieros de proceso (ingenieros químicos) con la ayuda de ingenieros especialistas en las ramas de: Ingeniería Eléctrica, Instrumentación, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Tuberías, Ingeniería Civil y Arquitectura.

La ingeniería básica es el punto de partida para la elaboración de la ingeniería detallada que servirá para llevar a cabo la construcción, erección y operación del sistema.

El objeto de este trabajo reside en la realización de la ingeniería básica de un sistema criogénico con capacidad para almacenar 20,000 toneladas métricas de amoníaco anhidro.

La capacidad de almacenamiento se determinó de un estudio realizado para cubrir el consumo agrícola en la zona norte del país, por Fertilizantes-Mexicanos, S.A., pensando en un lugar estratégico para el almacenamiento y distribución a otros centros de consumo mediante buques tanque, carros tanque de ferrocarril, pipas y para venta directa al público.



En el capítulo I se muestran:

- a) Las propiedades físicas y químicas del amoníaco, ésto es muy importante por que en base al conocimiento de éstas se establecen los primeros criterios para almacenarlo y manejarlo.
- b) Se indican los riesgos a los que los operarios pueden estar expuestos cuando están confinados a una área contaminada con amoníaco, así como el control y el equipo de protección personal requerido en caso de fugas o accidentes.
- c) La producción de Amoníaco apartir del gas de síntesis en presencia de un catalizador de magnetita.
- d) Al final el uso del amoníaco como fertilizante.

El capítulo II trata:

- a) De los diferentes tipos de almacenamiento como son los recipientes cilíndricos verticales tipo API para grandes volúmenes de almacenamiento a temperatura criogénica, los esféricos para almacenar el producto a temperaturas cercanas a 0 °C y los cilíndricos cerrados para pequeños volúmenes de almacenamiento a temperatura ambiente y alta presión.
- b) Sistema de relicuefacción del "boil-off": Sistema indirecto en el cual los vapores de amoníaco formados en el sistema se licúan mediante una planta refrigeradora exterior, sistema directo en el que se utilizan los mismos vapores de amoníaco generados en el sistema para

relicuarlos por ciclos sucesivos de compresión y enfriamiento (expansión y condensación), sistema indirecto o en cascada que es una combinación de los sistemas antes descritos.

- c) Al final la selección del tipo de almacenamiento y sistema de relicuefacción en base a las necesidades del consumo de amoníaco en el país y a una evaluación económica de los diferentes tipos de almacenamiento y ciclos de refrigeración.

En el capítulo III se presentan parte de los documentos que integran a la ingeniería básica como son: Las bases de diseño, descripción del sistema, lista de equipos, servicios generales y el diagrama de flujo de -- proceso preliminar.

El Capítulo IV, está integrado por los balances de materia y energía, - cálculos de: capacidad de refrigeración, potencia consumida en los compresores, sistema rompedor de vacío, sistema de calentamiento de amoníaco a llenaderas. La información obtenida de estos cálculos son el soporte de los cuadros de balances presentados, en los que se indican las capacidades y condiciones de operación de los equipos del sistema.

El capítulo V lo conforman las especificaciones generales de proceso: tuberías, instrumentos, mecánicas y eléctricas. Aquí se establecen las normas y códigos que rigen a los procedimientos de selección de materiales, fabricación, instalación de equipos, instrumentos, tuberías y accesorios necesarios para un buen funcionamiento del sistema.

El capítulo VI establece el dimensionamiento preliminar de los equipos. Esto es importante porque el tamaño de los recipientes permite conocer-

y cuantificar el material necesario para su fabricación, además para considerar el área necesaria y la presentación del arreglo general de equipo.

En el Capítulo VII se presentan los criterios de diseño y operación de los equipos.

Para el tanque de almacenamiento se mencionan los materiales adecuados para servicio criogénico, los tipos de aislamiento, accesorios, cimentaciones y las protecciones necesarias para evitar la sobrepresión y presión de vacío en el tanque. Todo esto es vital para una construcción segura y económica del tanque. Se recomienda la localización y dimensionamiento de las líneas de interconexión de los equipos como son: las líneas de drenado y compensación para tener un funcionamiento adecuado en el condensador. Se explican también las condiciones para un venteo apropiado de los incondensables, dado que un venteo ineficiente trae como consecuencia un consumo de potencia mayor en el compresor y baja eficiencia de condensación. Al final se muestra la instalación y el modo de operación del purgador de inertes, propuesto para este sistema.

En el Capítulo VIII se presenta en forma particular las especificaciones de cada uno de los equipos que conforman el sistema, así como los códigos y normas aplicables al sistema en particular. También se adicionan las hojas de datos de los equipos principales.

En el Capítulo IX se dan las recomendaciones para efectuar un buen a -

arreglo general de equipo, anexándose un plano del arreglo general del equipo propuesto.

En el Capítulo X se indica la filosofía del control mencionando cuales son las variables que deberán cuidarse para tener un buen control del sistema evitando que el tanque se fracture o colapse ya sea por una sobre presión o por presión de vacío dentro del mismo.

## CAPITULO I

### A M O N I A C O

- 1.1 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS
- 1.2 RIESGOS Y CONTROL
- 1.3 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.
- 1.4 PRODUCCION DE AMONIACO
- 1.5 USO DEL AMONIACO EN LA AGRICULTURA.

## 1.1 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

Fórmula	NH <sub>3</sub>
Color	Incoloro
Olor	Picante
Densidad (líquido)	0.616 g/cm <sup>3</sup> (15.68 °C)
Punto de ebullición normal	- 33 °C
Punto de congelamiento	- 78 °C
Límites de explosión	16 a 25% volumen en aire.
Sensibilidad a la luz	No
Afinidad por agua	Si

### GENERALIDADES.

El amoníaco líquido vaporiza rápidamente al escapar a la atmósfera.

El amoníaco como gas es más ligero que el aire y se dispersa rápidamente al alcanzar la temperatura ambiente.

A concentraciones elevadas irrita la piel y las mucosas o partes húmedas por su afinidad con el agua. En el caso del amoníaco líquido produce quemaduras por congelamiento.

En presencia de pequeñas cantidades de humedad es corrosivo al cobre, zinc, plata y muchas de sus aleaciones, por lo que en sistemas de amoníaco estos materiales deben ser protegidos.

Su presencia es indicada por un depósito azul o gotas azules de líquido desprendido de la pieza, de tal manera que las partes afectadas deben de ser cambiadas tan rápidamente como sea posible por otras que no contengan cobre, zinc o plata.

El amoníaco anhidro puede reaccionar con el mercurio bajo ciertas condiciones para formar compuestos explosivos. En los instrumentos que contengan este elemento, no debe permitirse el contacto directo con el amoníaco, ya que a presión se forma un compuesto que consiste en varias moléculas de amoníaco por átomo de mercurio y que al disminuir la presión, la relación entre estas dos disminuye originando un compuesto similar a un fulminato. Estos, conocidos como detonantes, presentan un serio peligro que se incrementa cuando el sistema que los contiene es despresurizado.

## 1.2 RIESGOS Y CONTROL.

### EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL AMONIACO LIQUIDO Y GASEOSO.

Debido a que el amoníaco tiene un olor penetrante, intensamente picante y sofocante, hay pocas probabilidades de que alguien permanezca en un área seriamente contaminada si está conciente y en condiciones de salir. Sin embargo, si no es posible escapar, pueden resultar daños graves. El amoníaco líquido ejerce una acción corrosiva localmente, pero es raramente absorbido en la corriente sanguínea.

Su mayor peligro nace del hecho de que frecuentemente es usado en combinación con otros productos químicos como parte familiar de un

proceso, por lo cual no es considerado seriamente como agente - peligroso. Que el amoníaco pueda causar serios daños si es empleado impropriadamente, se desprende en forma evidente, de la información siguiente:

#### AMONIACO GASEOSO.

El amoníaco gaseoso en concentraciones de 0.6 a 1% en volumen es letal en pocos minutos. En concentraciones de 0.05 a 0.1% produce irritación en los ojos, conducto respiratorio y garganta, al 0.2% produce tos convulsiva y puede ser fatal después de una corta exposición (menos de media hora). La máxima concentración tolerada por la piel a un tiempo de exposición de algunos segundos es de 2% (cuando se usa protección respiratoria adecuada). Como resultado de la exposición al amoníaco gaseoso, se producirán los siguientes síntomas: escozor en los ojos, conjuntivitis, irritación de la piel, inflamación de los párpados y labios, sequedad en la boca, escozor de la tráquea, tos y en la mayor parte de los casos de exposición, dificultad en la respiración (debido en parte a espasmos reflejos de la laringe); esputo tenaz manchado de sangre; signos y síntomas de congestión pulmonar (edema pulmonar); y al final muerte por sofocación (asfixia), debida principalmente a la congestión de todos los tejidos del sistema respiratorio. - Los casos de exposición severa tratados inadecuadamente que hayan desarrollado edema pulmonar, pueden ocasionalmente contraer una bronconeumonía secundaria que puede ser fatal.

#### AMONIACO LIQUIDO.

El amoníaco líquido anhídrido produce severas quemaduras al contac

to, debidas no solamente a su acción cáustica sino también al efecto de congelación producido por la rápida evaporación del amoníaco líquido. También si el líquido se maneja sin cuidado de manera que se desprenda amoníaco gaseoso, resultarán todos los efectos del gas en la forma previamente descrita.

#### RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSION

El amoníaco es capaz de formar mezclas inflamables y explosivas con aire entre ciertos límites (16 a 25% en volumen). Estas concentraciones rara vez se producen en condiciones normales y de acuerdo con éstos los riesgos relativos de fuego y explosión son pequeños.

Las conexiones de alumbrado y del equipo eléctrico deberán ser a prueba de vapor. Si se necesitan luces eléctricas portátiles deben ser también a prueba de vapor, conectadas a tierra y con un cable a prueba de agua de una sola pieza. Deberán ser conectadas en un lugar que este libre de amoníaco gaseoso. El tanque líneas y el equipo deberán ser purgados o lavados hasta que esten completamente libres de amoníaco antes de practicar cualquier tipo de soldadura. Las líneas se deberán cortar por medio de bridas ciegas y no deberá depender de válvulas de bloqueo.

La presencia de aceite o de una mezcla de amoníaco o cualquier otro material combustible, aumentará el riesgo de fuego. El rango explosivo del amoníaco se amplía por:

- a) Mezcla de oxígeno reemplazando a aire.

b) Temperaturas y presiones mayores que la atmosférica.

El amoníaco forma compuestos que son violentamente explosivos con el mercurio metálico. Por esta razón el mercurio no se deberá usar como líquido manométrico o en manómetros conectados a equipos que manejen amoníaco. El amoníaco reacciona rápidamente con cloro y cuando el cloro está en exceso, se forma el compuesto  $\text{NCl}_3$  que es violentamente explosivo.

Extintores: el amoníaco es soluble en agua. Chorros de manguera de incendio son comparativamente efectivos para remover el gas de la atmósfera.

#### PREVENCIÓN DE DAÑOS Y CONTROL DE RIESGOS

Ventilación: Es de primordial importancia promover una ventilación adecuada y mantenerla de manera que la concentración del amoníaco esté siempre abajo de 100 ppm por volumen en el aire. Concentraciones más altas son peligrosas para el trabajador no protegido. (Ver tabla 1.2.1 ).

A pesar de que no es estrictamente necesario el sistema de ventilación especial en la mayor parte de los procesos, los lugares en que se puedan producir gases de amoníaco deberán tener ductos de ventilación que conduzcan hacia el exterior, de manera que cualquier escape de gas no contamine las áreas adyacentes o bloquee el escape de personas que puedan estar trabajando dentro del referido espacio.

## INSPECCIONES PERIODICAS:

Deberán haber inspecciones regulares de todo el equipo y los procedimientos empleados en aquellos procesos en los que se produce, se usa o se transporta amoníaco, para checar las condiciones de servicio del equipo y dispositivos de seguridad y para evaluar los riesgos potenciales.

## EXAMEN FISICO DE LOS EMPLEADOS:

A pesar de que la mayor parte de los empleados pueden ser asignados sin riesgo a procesos en donde se use amoníaco, se recomienda que aquellos con enfermedad crónica pulmonar por ejemplo: tuberculosis, bronquitis, asma, etc., sean excluidos de dicho trabajo. Aquellas personas que son extremadamente sensibles al amoníaco, deberán ser asignadas a trabajos en los cuales no hay posibilidad de exposición al amoníaco en ninguna de sus formas.

No son necesarios exámenes físicos periódicos.

CONCENTRACION GASEOSA (ppm)	EFFECTOS EN EL TRABAJADOR.	TIEMPO DE EXPOSICION
50	Mínimo olor detectable	Es permisible para una exposición de 8 horas de trabajo.
100	No tiene efectos adversos en el trabajador que no está protegido.	
400	Causa irritación de la garganta. Causa irritación en los ojos.	Ordinariamente no tiene resultados serios - después de una exposición corta de menos de 1 hora.
1720	Causa tos convulsiva.	No exposición permisible. (puede ser fatal - después de exposiciones cortas de menos de 1/2 hora).
5000 a 10000	Causa estrangulación espasmódica de la respiración, asfixia.	No exposición permisible es rápidamente fatal.

TABLA 1.2.1 EFECTOS DEL AMONIACO.

### 1.3 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.

#### GENERALIDADES.

Ningún equipo de protección del personal es sustituto para condiciones de trabajo seguro y cuidado por parte del individuo. Es más, si el equipo de protección del personal va a ser usado efectivamente, cada trabajador debe estar completamente informado y entrenado en su uso.

#### Equipo Respiratorio.

Todo el equipo respiratorio debe ser aprobado por el United States Bureau of Mines para el uso a que se va a destinar - y debe ser usado estrictamente con las instrucciones del fabricante.

#### Bajas Concentraciones de Gas.

Se necesita protección respiratoria adecuada aún en casos - de que se encuentren sólo pequeñas concentraciones de amoníaco. Para concentraciones de amoníaco gaseoso que no - excedan de 3% y por un período de exposición relativamente corto, una máscara industrial que cubra toda la cara dotada de cánister verde, aprobada por el United States Bureau of Mines, puede ser usada si no hay deficiencia de oxígeno atmosférico, y se ha provisto una protección adecuada para la piel y membranas mucosas. Los respiradores deberán ser - fácilmente accesibles en todos aquellos puntos donde la referida exposición limitada puede ocurrir. Estos no son -

adecuados para su uso en una emergencia mayor, ya que en es  
ta la concentración del amoníaco es desconocida.

#### Altas Concentraciones de Gas:

Donde la concentración de gas excede de 3% o sea desconocida, como sucede en la mayoría de las situaciones de emer  
gencia o cuando la exposición es prolongada, lo indicado es usar máscaras que cubran toda la cara con suministros de aire conjuntamente con la ropa de protección debiendo ser usado el equipo mencionado por todas las personas que entren en el área contaminada. Esto también es cierto para atmósferas deficientes de oxígeno tales como las que existen frecuentemente en los tanques de almacenaje, carros tanques y alcantarillas que manejen residuos de amoníaco.

Los equipos respiratorios con suministro de aire consisten en equipos aprobados de:

- a) Máscara dotada de manguera con o sin bomba de aire, tal como se ha requerido para mantener un suministro adecuado de aire (la entrada de la manguera debe estar en una atmósfera libre de vapor).
- b) Máscara con suministro de aire comprimido equipada con un filtro adecuado y una válvula reductora o cualquier dispositivo diseñado, para efectuar la entrega de aire a la cara a la presión óptima.

NOTA.- Las máscaras de manguera o línea de aire son adecuadas para ser usadas solamente cuando las condiciones permitan un escape de seguridad en caso de falla del suministro de aire.

- c) Máscaras de los respiradores autónomos equipados con válvula reductora y su filtro, conteniendo un suministro adecuado de oxígeno o aire (estos equipos permiten una mayor movilidad pero normalmente requieren un mejor entrenamiento para su empleo adecuado).

#### Inspecciones:

Las máscaras de gas y equipo de respiración deben ser inspeccionados a intervalos regulares y se deberá dar servicio de limpieza después de cada uso. Es particularmente importante que los canisters y cilindros de oxígeno sean reemplazados antes de que se agoten.

#### Arnes de Rescate:

Un cinturón de seguridad amarrado a una extensión apropiada de línea deberá ser usado en caso de que el portador de un equipo de respiración entre en una atmósfera cerrada e irrespirable. Se deberá destacar un hombre fuera de la área contaminada para que actúe en caso de emergencia; este asistente deberá estar provisto con equipo de protección adecuada en caso de que se haga necesario que él también entre en el área contaminada.

### Protección de ojos, piel y membranas mucosas.

El equipo descrito a continuación, deberá ser usado cuando se requiera para protección de los ojos, piel y membranas mucosas.

- a) Camisa, pantalón y ropa interior de algodón (El algodón resiste los álcalis mejor que la lana).
- b) Botas de hule, guantes, delantal y chaqueta (el hule es más resistente al álcali que el cuero).
- c) Sombrero de hule o fieltro con ala ancha.
- d) Anteojos de seguridad de cualquier tipo apropiado.

Para máxima protección, el cuello deberá mantenerse abotonado, la parte superior de los guantes deberán mantenerse debajo de mangas y las piernas de los pantalones deberán ser dejadas fuera de las botas.

En áreas de alta concentración de amoníaco, el amoníaco puede condensarse en cualquier parte del cuerpo sujeta a sudoración, aún en el caso de que se use ropa protectora adecuada. La molestia causada por dicha condensación puede ser disminuída o evitada aplicando un aceite protector a dichas áreas del cuerpo en adición al uso de la ropa de protección adecuada.

### Advertencia:

La crema protectora por sí sola no ofrece una defensa adecuada.

#### 1.4 PRODUCCION DE AMONIACO.

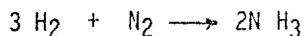
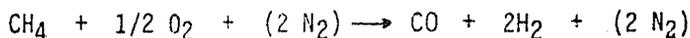
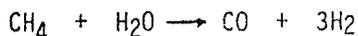
La producción de amoníaco se puede dividir en dos pasos:

( 1 ) La producción del gas de síntesis ( $3H_2 + N_2$  ); y

( 2 ) La síntesis de amoníaco.

En la producción del gas de síntesis, el nitrógeno siempre proviene del aire, pero el hidrógeno proviene de diferentes fuentes según el proceso utilizado. En el proceso más común, el hidrógeno proviene de hidrocarburos livianos (gas-natural) los cuales con vapor de agua y en presencia de calor, presión y un catalizador de níquel se transforman en hidrógeno y óxidos de carbono. En otros procesos, el hidrógeno se obtiene de hidrocarburos pesados, (fuel oil), de gasificación del carbón o por electrólisis del agua.

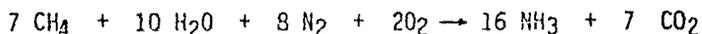
La segunda parte de la producción de amoníaco, la síntesis se lleva a cabo a alta presión mediante la reacción directa del  $H_2$  y  $N_2$  en presencia de un catalizador de magnetita\* ( $Fe_3 O_4$ ) con adiciones de potasio, óxidos de aluminio y calcio. Durante la operación los gases hidrógeno y nitrógeno se unen formando amoníaco. Las reacciones principales que ocurren durante las dos etapas son:



\* El catalizador no se altera. La reducción ocurre solo al

inicio durante la etapa de preparación del catalizador.

En total, la producción puede representarse como:



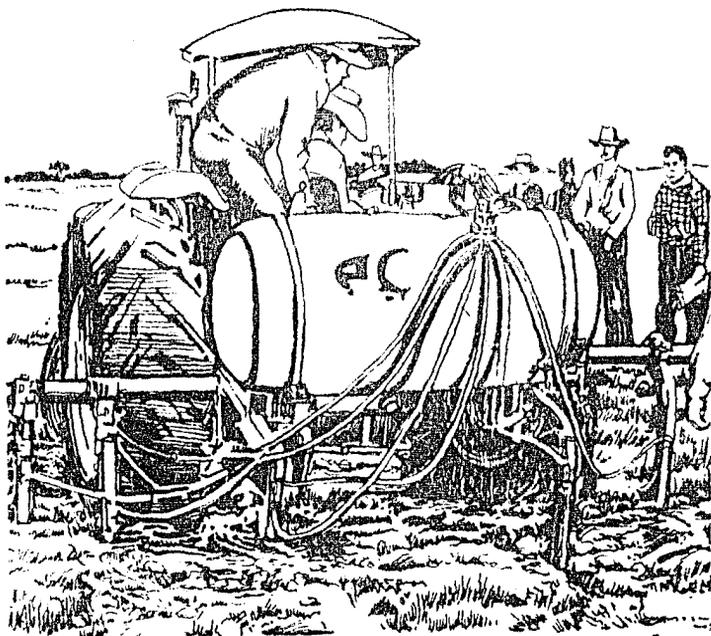
#### 1.5 USO DEL AMONIACO EN LA AGRICULTURA.

Su aplicación requiere de condiciones favorables del terreno y de cierta tecnificación en los equipos de aplicación.

El amoníaco es un compuesto gaseoso que se maneja en estado líquido en recipientes a presión. Se debe aplicar en suelos que contengan suficiente humedad para absorberlo, o sea en suelos bajo riego o de temporal eficiente. Para evitar que se volatilice durante la aplicación, el amoníaco tiene que ser inyectado entre 15 y 25 cms. de profundidad y para esto, se requiere de un equipo especial con cuchillas de aplicación, el cual es jalado por un tractor de mediana o alta potencia; de ésta depende la velocidad de aplicación directamente de tal manera que con unidades de 60 H.P. (caballo de fuerza) se alcanzan a cubrir 2 hectáreas por hora, mientras que con unidades de 300 H.P. se pueden alcanzar hasta 10 hectáreas por hora.

La aplicación del amoníaco en la forma de agua-amonia, generalmente como solución de amoníaco en agua al 25% de concentración, presenta ventajas y desventajas frente al empleo directo de este producto. Por un lado el agua-amonia se -

puede aplicar en suelos con menor humedad y a menor profundidad (10 cms) que el amoníaco anhidro. Por consiguiente, se reduce la potencia necesaria para mover los equipos de aplicación. Sin embargo, los costos de distribución aumentan considerablemente, debido a los volúmenes mucho mayores que se tienen que manejar en comparación con el amoníaco anhidro, pues 4 toneladas de agua amonia equivale a 1 tonelada de amoníaco anhidro.



## CAPITULO II

### SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y RELICUEFACCION

- 2.1 ALMACENAMIENTO Y SISTEMA DE RELICUEFACCION.
- 2.2 TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO.
- 2.3 SISTEMAS DE RELICUEFACCION DEL AMONIACO VAPO  
RIZADO ("Boil-off").
- 2.4 SELECCION DEL TIPO DE ALMACENAMIENTO Y SISTE  
MA DE RELICUEFACCION.

## 2.1 ALMACENAMIENTO Y SISTEMA DE RELICUEFACCION.

En general los líquidos criogénicos son almacenados en recipientes de doble pared. Un recipiente exterior y un interior que normalmente están localizados concéntricamente y de la misma configuración básica. Generalmente existen tres formas de envolturas, clasificándose según la forma del recipiente exterior.

### A) Tanques de fondo plano.

Estos son diseñados para presiones cercanas a la atmosférica. Los techos son elipsoidales o esféricos con rangos radiales del diámetro del recipiente a  $4/5$  de su valor. Los fondos normalmente son planos o de una forma similar a la del techo, ver fig. 2.1.1 a), b). En recipiente interno descarga sobre vigas de carga y el aislamiento transmite el peso de su contenido a la base de la cimentación. El fondo sirve sólo como un sello y no está sujeto a esfuerzos significativos, permitiendo un espesor de placa más delgado.

Para recipientes de este tipo, deberá preverse una protección a la coraza para contrarrestar las fuerzas de alzamiento provenientes de la presión interna. El diseño de sujeción del recipiente deberá permitir que el recipiente se mueva realmente como respuesta a los desplazamientos térmicos. Estos recipientes se usan para presiones de  $0.035$  a  $0.35$  kg/cm<sup>2</sup> en el espacio vapor.

Los recipientes a baja presión proveen almacenamiento a un

Costo mínimo, pero pueden elegirse otras formas por requerimiento de servicio como:

- 1.- Se requiere presión para transferir el contenido.
- 2.- Evacuar el espacio del aislado para reducir el calor transferido.
- 3.- Condiciones de cimentación crítica para hacer otras formas más económicas.

B) Recipientes esféricos.

Estos se construyen como se indica en las fig. 2.1.1 c), d) y e).

Pueden usarse con un sistema de aislamiento básico o con un sistema de vacío. El concepto utilizado en la fig. 2.1.1 - c) en algunas ocasiones se proporciona con un casco exterior cilíndrico para obtener pequeñas ganancias de calor y - y bajo costo de operación. La configuración de recipientes, cilindro exterior y esfera interna, normalmente son atractivas para capacidades abajo de 300 TM., cuando se almacena a presión o requiere aislado a vacío. Los recipientes esféricos generalmente son los más económicos para capacidades arriba de 125 TM.

C) Recipientes cilíndricos cerrados.

Diseñados para una presión interna arriba de  $15 \text{ kg/cm}^2$ . Estos tendrán que construirse como se muestra en la Fig. 2.1.1 f), a estos se les aísla con un sistema básico o de vacío.

Esta forma se usa para satisfacer las mismas condiciones de una esfera. Esta forma presenta algo de ventaja económica ya que puede construirse completamente en un taller y embarcarse como una sola unidad.

No obstante, cuando el volumen es menor el costo por unidad de volumen se incrementa.

Dependiendo de la cantidad de gas licuado, la temperatura óptima de almacenamiento decrece hasta llegar a la que corresponde al punto de ebullición a presión atmosférica. La tabla N° 1 indica en forma orientativa, los límites entre los diferentes tipos de almacenamiento en TM.

Como norma general se puede añadir, que los límites de la tabla N° 2.1.1 disminuyen si aumenta el tiempo de residencia y viceversa.

Los sistemas de refrigeración consisten básicamente en un circuito de compresión-refrigeración-expansión. La compresión puede ser de una, dos o tres etapas, dependiendo de la presión diferencial. La refrigeración entre las mismas se realiza con agua para temperaturas elevadas y en caso contrario suele usarse el propio fluido como líquido refrigerante intercalando en el ciclo uno o varios "flash-drum" intermedios.

GASES LICUADOS	G.N.L.	ETILENO	PROPILENO PROPANO	BUTANO	NH <sub>3</sub>	TIPO DE RECI - PIENTE.
Tipos de Almacena - miento.						
Temperatura amb.			1500	4000	1500	Esfera.
Semirefrigerados T Tamb. y P Atm.		800	1500 1500	8000	1500 5000	Esfera Aislada
Presión Atms.	Cualquier Cantidad	800	5000	8000	5000	Tanque cilíndri co. Vertical Ais lado.

TABLA N° 2.1.1 LIMITES DE APLICACION (EN TM) DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ALMACENAMIENTO.

## 2.2. TIPOS DE ALMACENAMIENTO DE AMONÍACO

Para almacenar gases licuados lo mismo que para transportarlos - existen tres alternativas principales:

### A) Almacenamiento a temperatura ambiente.

En este caso los recipientes usados deberán diseñarse para - soportar presiones elevadas, dependiendo de las condiciones- ambientales.

Estos recipientes generalmente de tipo cilíndrico horizontal se emplean para distribución de pequeñas cantidades de producto.

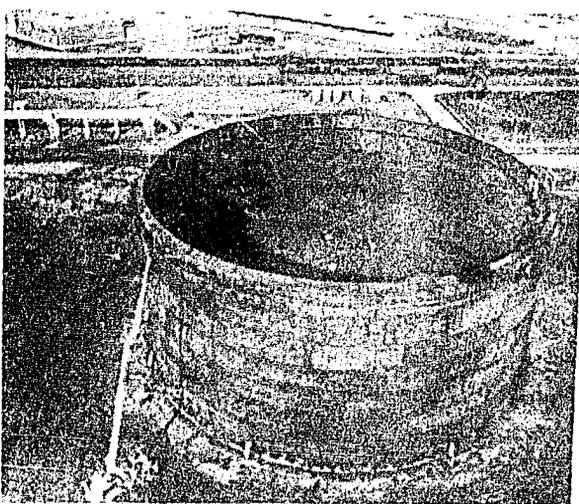
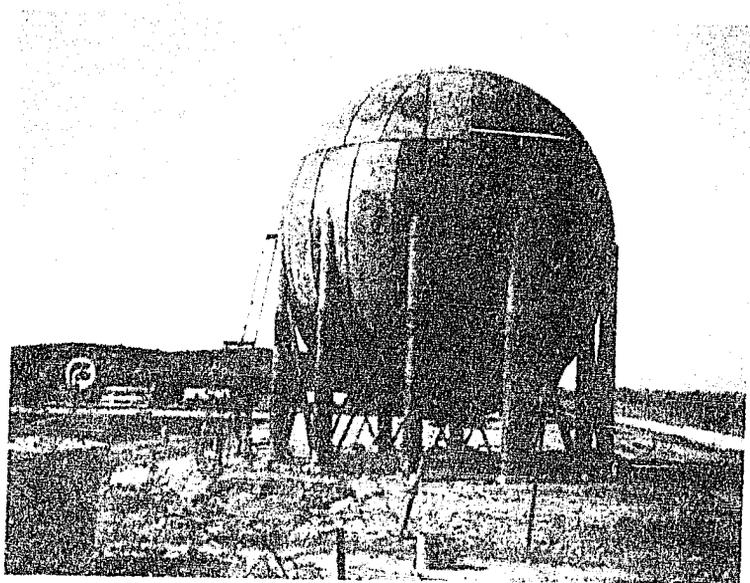
### B) Almacenamiento a temperatura reducida.

Este tipo de almacenamiento se utiliza principalmente para - volúmenes intermedios, en donde la baja presión y en parte la alta temperatura facilitan el manejo. A menudo se almacena - el producto a temperatura ligeramente arriba de 0 °C, así es- posible eliminar las dificultades presentadas por el congela- miento en los componentes no aislados de la planta.

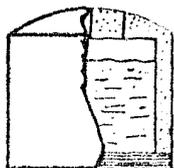
### C) Almacenamiento a la temperatura de ebullición normal del lí- quido.

Este tipo de almacenamiento se utiliza en forma general para grandes volúmenes. Los tanques de almacenamiento y equipo - asociado para ambas instalaciones terrestres y marina, debe-

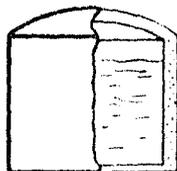
rán estar de acuerdo a su clasificación especial con las normas-  
y reglamentos aceptados por el país en donde serán instalados.



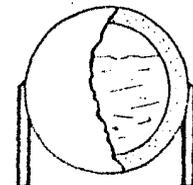
Anhydrous Ammonia Tank, Stockton, California.



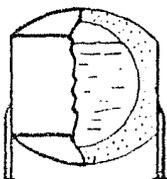
a)



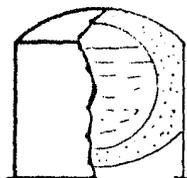
b)



c)



d)



e)



f)

- a) y b) CILINDRICOS DE FONDO PLANO.  
c), d) y e) ESFERICOS.  
f) CILINDRICOS HORIZONTALES.

FIGURA , 2 . 1 . 1 RECIPIENTES PARA ALMACENAR LIQUIDOS CRIOGENICOS.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO: FACULTAD DE QUIMICA

MIQUEL ANGEL CANACHO GUERRERO.

TESIS PROFESIONAL 1984

## 2.3 SISTEMAS DE RELICUEFACCION DEL "BOIL-OFF" \*

En cualquiera de los métodos de almacenamiento se requiere recon densar los vapores del "boil-off" que resultan del ingreso de ca lor por radiación u otros medios, para mantener la presión de ope ración dentro del tanque.

### A) Sistema Indirecto.

Los gases producidos en el "boil-off" y en el proceso de des- carga se mantienen frios o licuados según sea el caso, por una planta refrigeradora. Para esto el evaporador del refrigeran- te puede instalarse directamente en la parte superior de los - tanques de almacenamiento. En muchos casos el vapor que será licuado debe enfriarse primero, es preferible que se enfrie en un tanque enfriador exterior. El líquido enfriado se aspersa- dentro y por la parte superior del tanque de almacenamiento.

### B) Sistema Directo.

En el sistema directo los vapores de "boil-off" son succiona- dos por un compresor que aumenta su presión a la cual estos pue- den licuarse por el agua de enfriamiento disponible. Como con secuencia se utiliza un circuito de refrigeración abierto. Se aconseja el uso de compresores de acción libre de aceite para- este trabajo, puesto que el gas licuado almacenado no deberá - contaminarse con aceite. Las presiones finales usualmente - tienen un rango de 15 a 30 bar, siendo necesario dos o tres -

\* "boil-off" amoníaco líquido evaporado en el tanque de alma

cenamiento debido a las ganancias de calor. Ver punto 1 del Capítulo IV.

etapas de compresión. Se recomienda interenfriar los gases licuados a la temperatura correspondiente a la presión intermedia, por medio de un circuito como se muestra en la fig. 2.3.1 a), y 2.3.1 b), para aprovechar todas las ventajas del proceso de multietapas.

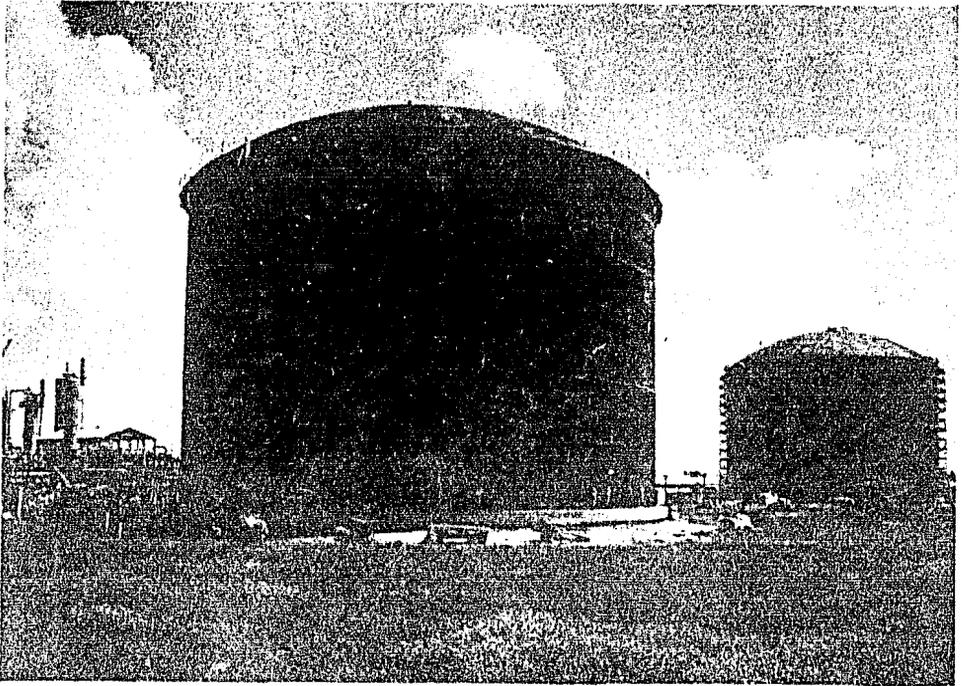
Sí el suenfriador está colocado de acuerdo a la Fig. 2.3.1 a) en un recipiente que contiene una cantidad relativamente grande de líquido (en una relación grande comparada a la cantidad evaporada), la temperatura de evaporación permite acercarse al punto de rocío, sí la temperatura alcanzada es menor (punto de ebullición) beneficia al subenfriamiento. También esto puede hacerse en un cambiador de calor a contracorriente. Fig. 2.3.1. b).

### C) Sistema Semi-indirecto o en Cascada.

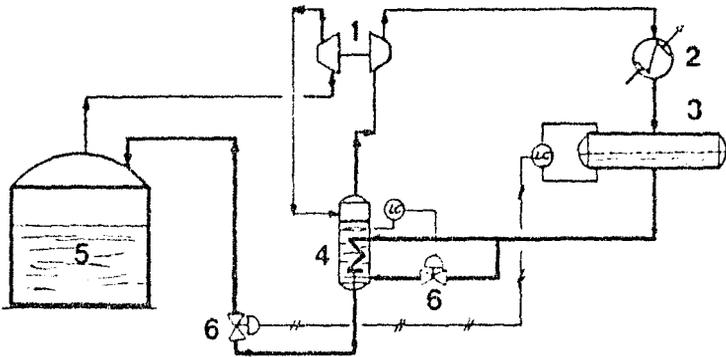
Como puede observarse en la Fig. 2.3.2 el sistema semi-indirecto o en cascada, es una combinación de los dos sistemas descritos previamente. Los vapores del boil-off se comprimen por un compresor de una sola etapa en donde posteriormente es licuado por una planta refrigeradora, a la temperatura reducida correspondiente, aquí la eficiencia se ve disminuida por el calor transferido entre el gas licuado y el refrigerante. Las ventajas principales son flexibilidad de operación y la capa -

idad de emplear la planta refrigerante para enfriar y secar - los inertes. Una desventaja es que una planta de esta clase es complicada en "lay out" \*, operación y control.

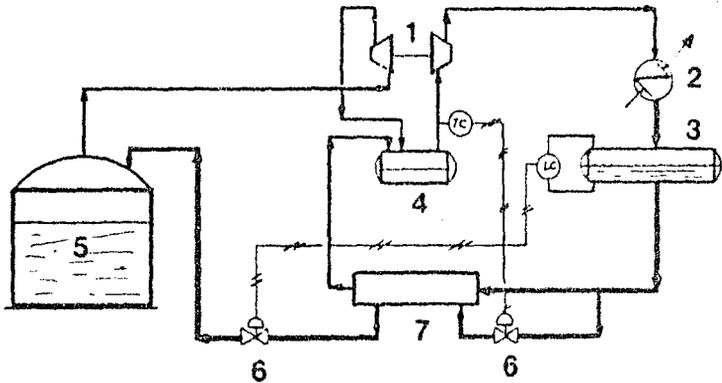
\* Arreglo de localización de equipo.



t Lisas, Trinidad and Tobago.



a) SUBENFRIAMIENTO EN RECIPIENTE PRESURIZADO INTERMEDIO



b) SUBENFRIAMIENTO EN CAMBIADOR SEPARADO

FIGURA N° 2.3.1 SISTEMA DIRECTO DE RELICUEFACCION.

- 1.- COMPRESOR DE DOS ETAPAS
- 2.- CONDENSADOR.
- 3.- RECIPIENTE DE AMONIACO
- 4.- ENFRIADOR INTER - ETAPA.
- 5.- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 6.- VALVULA DE EXPANSION.
- 7.- SUBENFRIADOR DE AMONIACO.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. FACULTAD DE QUIMICA.
NIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO.
TESIS PROFESIONAL 1984

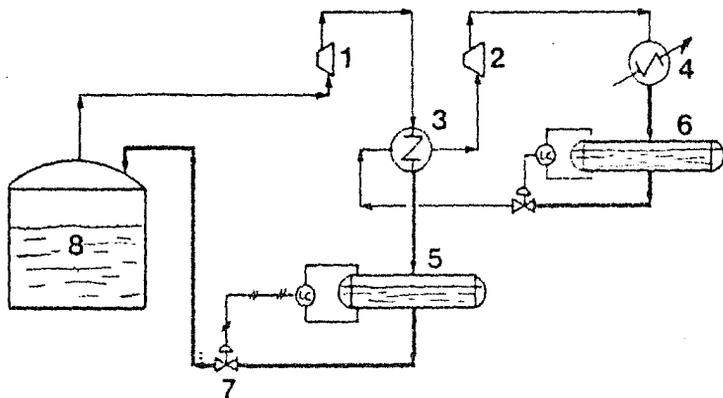


FIGURA 2.3.2.- SISTEMA SEMI-INDIRECTO O EN CASCADA .

- 1 . - COMPRESOR DE AMONIACO
- 2 . - COMPRESOR DE REFRIGERANTE
- 3 . - CONDENSADOR DE AMONIACO
- 4 . - CONDENSADOR DE REFRIGERANTE
- 5 . - RECIBIDOR DE AMONIACO
- 6 . - RECIBIDOR DE REFRIGERANTE
- 7 . - VALVULA DE EXPANSION
- 8 . - TANQUE DE ALMACENAMIENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO: FACULTAD DE QUIMICA

MIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO

TESIS PROFESIONAL 1984

## 2.4 SELECCION DEL TIPO DE ALMACENAMIENTO Y SISTEMA DE RELICUFACCION.

### A) Almacenamiento.

En virtud de que la demanda de amoniaco como fertilizante en el país ha aumentado considerablemente y además de que el consumo de amoniaco es estacional se tiene la necesidad de incrementar la capacidad de almacenamiento durante largos períodos.

La capacidad de almacenamiento elegida en este trabajo - - (20,000 toneladas métricas), se determinó de un estudio realizado para cubrir del consumo agrícola en la zona norte del país, por Fertilizantes Mexicanos, S.A., pensando en un lugar estratégico para el almacenamiento y distribución a otros centros de consumo mediante buques tanque, carros tanque de ferrocarril, pipas y para venta directa al público en nodrizas.

#### Evaluación Económica.

En las Fig. 2.4.1.a y 2.4.1.b se presenta la comparación de los costos de inversión y operación frente a la capacidad de almacenamiento, para diferentes sistemas.

La Fig. 2.4.1.a presenta los costos de inversión relativos al almacenamiento en tanques blindados (en tamaños de 30,000 - 100,000 galones), esferas (2,900 t), tanques de almacenamiento a presión atmosférica y licor amoniaco al 25%. La figura 2.4.1 b) resume los costos de operación. Como puede observarse en ambas figuras el almacenamiento de amoniaco a presión

atmosférica es el más económico.

B) Sistema de Relicuación.

Aunque aquí no se presenta una evaluación económica de los diferentes sistemas de relicuefaccion, para lo cual se recomienda acudir a la bibliografía, referencia N° 15, en la mayoría de los casos resulta más económico el sistema directo de dos etapas, esto se debe a que la cantidad de equipos y servicios es menor, además porque la eficiencia del ciclo de refrigeración es mayor. En las figuras 2.4.1 c) se resumen los costos fijos y de operación frente al No de etapas de reducción de presión.

En resumen se eligió un tanque cilíndrico vertical operando a presión atmosférica para almacenar el amoníaco y un sistema directo de relicuefaccion con dos etapas de reducción de presión.



## CAPITULO III

### INGENIERIA BASICA.

- 3.1 GENERALIDADES
- 3.2 BASES DE DISEÑO
- 3.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA
- 3.4 LISTA DE EQUIPO
- 3.5 SERVICIOS GENERALES
- 3.6 DIAGRAMA DE FLUJO PRELIMINAR

### 3.1 GENERALIDADES.

Se instalará un sistema criogénico para almacenamiento de amoníaco anhidro con una capacidad de 20,000 toneladas métricas, y sus sistemas de integración como: Descarga de Barcos, Refrigeración, Bombeo, Calentamiento, así como los servicios auxiliares requeridos.

La presente información comprende todo el suministro de la Ingeniería Básica para llevar a cabo la Ingeniería de Detalle, construcción y operación de la instalación.

### 3.2 BASES DE DISEÑO

A continuación se establecen las bases de diseño que regirán para el almacenamiento, descarga de barcos y distribución de amoníaco anhidro líquido en la localidad elegida. El diseño se desarrollará en base a los datos de requerimientos y características de operación, tomando en consideración los parámetros de facilidad operativa, confiabilidad y seguridad.

#### 2.1 Tanque de Almacenamiento.

Datos de diseño:

- Tipo                   Doble Pared.
- Producto             Amoníaco Líquido
- Capacidad            20,000 t.m.
- Temperatura        - 33 °C
- Peso Específico    0.683
- Presión interior    760 mm.c.a.

## Composición del amoníaco anhidro.

- Amoníaco	99.50% (peso) mín.
- Aceite	10 ppm max.
- Agua	0.5% (peso) máx.
- Inertes	0.2% (peso) máx.
- Fe	5 ppm

La capacidad del tanque de almacenamiento, ha sido determinada, en base a recibir un barco refrigerado completo y este deberá aceptar 625 t.p.h. de amoníaco líquido, proveniente de barcos de una temperatura de - 33 °C.

### 2.2 Capacidad de descarga de barcos.

Los barcos al descargarse en la Unidad, están equipados con tanques de pared aislada, para almacenar el amoníaco líquido ligeramente arriba de la presión atmosférica y una temperatura de - 33 °C. Estos barcos están equipados con sistemas de refrigeración y bombeo.

Para llevar a cabo la operación de descarga de barcos y suministro al tanque de almacenamiento refrigerado, se deberá diseñar una línea criogénica para recibir el amoníaco líquido a un flujo de 15,000 t.p.d. (625 t.p.h.), con una presión en el barco de 10 kg/cm<sup>2</sup> man. y una temperatura de - 33 °C, durante las 24 horas del día, resultando un tiempo total de descarga de 32 horas, ya que la capacidad de los barcos es de aproximadamente 20,000 t.

### 2.3 Sistema de Refrigeración.

El sistema de refrigeración deberá ser determinado para manejar el amoníaco gas producido debido a:

- Desplazamiento de gas durante el suministro.
- Ganancia de calor en las líneas de suministro.
- Ganancia de calor en el tanque de almacenamiento.

El sistema de refrigeración será abierto de dos etapas, - ciclo tanque flash, utilizando amoníaco como refrigerante- y deberá estar integrado en paquete y montado en una base común.

### 2.4 Capacidad de carga de carros-tanque de ferrocarril y pipas.

El sistema de suministro de amoníaco líquido a carros-tanque de ferrocarril y pipas, deberá ser diseñado para una - carga mínima de 11,750 toneladas y una máxima de 23,500 toneladas por mes, considerando que esta operación se efectuará, durante doce horas efectivas de carga (35 y 70 t.p.h.), siete días a la semana y dos turnos por día.

El amoníaco líquido será enviado del tanque de almacenamiento a los carros de ferrocarril mediante dos bombas. Cada - bomba tendrá capacidad para manejar 35 t.p.h. ó el 50% del-flujo total del diseño. Las bombas deberán ser centrifugas verticales y los materiales usados en las mismas se especificarán para operar a baja temperatura.

Un calentador de amoníaco líquido se deberá prever, para -  
calentar el gasto total de 70 t.p.h. desde - 33 °C a + 5 °C  
máx.

El amoníaco líquido suministrado bien sea a la estación de  
carros tanque de ferrocarril o la de pipas ( + 5 °C), debe  
rá ser a una presión de 14 kg/cm<sup>2</sup> man.

## 2.5 Condiciones metereológicas del sitio.

### Vientos:

- Dirección de los vientos dominantes
- Dirección de los vientos reinantes
- Se puede tomar como velocidad máxima de vientos 227 km/h.
- Temperatura de diseño en verano:
- Temperatura bulbo seco 37 °C
- Temperatura bulbo húmedo 27 °C
- Humedad relativa. 48%
- Zona sísmica B
- Precipitación pluvial -

## 2.6 Localización de la unidad.

Localidad	Topolobampo, Sin.
Latitud	-
Altitud	-
Altitud sobre el nivel del mar	0 m.

### 3.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA

El amoníaco anhidro líquido que se descarga de barcos (a - 33 °C) se envía al tanque de almacenamiento de doble pared M2-01 que se encuentra a - 33 °C. De aquí el amoníaco líquido anhidro se envía a las áreas de carga de carros tanque y pipas por medio de las bombas de suministro M5-01 A/B pasando primero a través del calentador T3-01, en el cual al amoníaco se calienta a una temperatura adecuada para su distribución (+ 5 °C)

Los gases de amoníaco generados en la operación de carga y descarga y por las ganancias de calor, en el sistema son comprimidos y condensados en la unidad de refrigeración para retornarlos posteriormente al tanque.

El sistema de refrigeración de amoníaco abarca principalmente dos aspectos:

- 1.- La etapa de espera (holding) en la cual se extraen los vapores de amoníaco generados en el área de carga de carros tanque y pipas.
- 2.- Etapa de llenado (filling) en la cual se extraen los vapores de amoníaco en el llenado del tanque.

Los vapores de amoníaco de ambas etapas son extraídos del tanque de almacenamiento M2-01 pasando a través del tanque de succión M2-04 en el cual son recalentados y enviados a la 1<sup>ra</sup> etapa del compresor M6-01 A/B, M6-01-C/D., ya comprimidos

se envían a los tanques acumuladores de interpasos M2-05 y M2-06 que se encuentran a una presión menor, estos vapores al entrar a los tanques acumuladores de interpasos son rocíados con amoníaco líquido frío que proviene de los acumuladores finales; parte de estos vapores al evaporarse (flashear se) y enfriarse se condensan. El condensado se retorna al tanque de almacenamiento M2-01, mientras que los vapores son succionados por la 2da. etapa del compresor M6-01 A/B, M6 01-C/D, en donde se comprimen y calientan aún más para pasarlos posteriormente a los condensadores de espera (Holding) T1-01 y de llenado (filling) T1-02 respectivamente para su total condensación. Los condensados provenientes de los condensadores se colectan en los tanques acumuladores finales M2-02, M2-03 y de aquí se envían a los acumuladores de interpasos pasando estos antes por una válvula de expansión, enviándose a los tanques acumuladores de interpasos como antes se mencionó.

NOTA.- Para tener una idea más clara de la descripción del sistema, el lector deberá revisar el diagrama de flujo de proceso.

### 3.4 LISTA DE EQUIPO:

#### 4.01 Unidad de Descarga Almacenamiento y Distribución de Amoníaco.

<u>Equipo</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción.</u>
M2-01	1	<u>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO</u> <ul style="list-style-type: none"><li>- Tipo: Cilíndrico Vertical</li><li>- Capacidad: 20,000 ton. métricas.</li><li>- Construcción:</li><li>- Tanque interior A 516 Gr-70</li><li>- Tanque exterior A 285-C, A 201</li></ul>
M2-04	1	<u>TANQUE SUCCION</u> <ul style="list-style-type: none"><li>- Tipo: Cilíndrico Vertical</li><li>- Capacidad: 5.73 m<sup>3</sup></li><li>- <math>\phi</math> 1.54 m</li><li>- H = 3.08 m.</li><li>- Construcción: Acero al carbón A 201 ó A 283-C</li></ul>
M6-01-A,B/C/D	4	<u>COMPRESORES DE HOLDING Y FILLING.</u> <ul style="list-style-type: none"><li>- Tipo: Recíprocantes libres de aceite de dos etapas.</li><li>- Capacidad: 75 T.R.</li><li>- Potencia: 225 H.P.</li><li>- Presión de Succión: 1 ATA</li><li>- Presión de Descarga: 15 ATA</li><li>- Temperatura de Succión - 33 °C</li><li>- Temperatura de descarga: 100 °C</li></ul>

Equipo  
Número

Cantidad

Descripción.

INCLUYENDO

- Filtro de succión.
- Bomba de aceite
- Filtro de aceite
- Enfriador de aceite
- Bomba de emergencia de aceite
- Filtros a la descarga y succión del -  
compresor de aceite.

M2-02, M2-03

2

ACUMULADOR FINAL (HoIding) (Filling)

- Tipo: Cilíndrico Horizontal
- Capacidad: 0.783 m<sup>3</sup>/5.25 m<sup>3</sup>
- $\phi$  : 0.58 m / 1.1 m.
- L= 2.9 m /5.5 m
- Construcción:acero al carbon A-285 Gr-C

M2-05, M2-06

2

ACUMULADOR DE INTERPASOS:(HoIding) / (Fi-  
lling).

- Tipo: Cilindro Vertical
- Capacidad: 0.17 m<sup>3</sup> / 0.695 m<sup>3</sup>
- $\phi$ : 0.51 m / 1.0 m
- h = 1.15 m/1.7 m
- Construcción: Acero al carbón  
A-285-Gr-C.

<u>Equipo Número</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
T1-01	1	<u>CONDENSADOR DE AMONÍACO (Holding)</u> - Carga Térmica: 283,099 kcal/h - Flujo NH <sub>3</sub> : 979.8 kg/hr. - Construcción: Coraza y tubos
T1-02	2	<u>CONDENSADOR DE AMONÍACO (Filling)</u> - Carga Térmica: 1,132,398.4 Kcal/h - Flujo NH <sub>3</sub> : 3,895.9 kg/h . - Construcción: Coraza y tubos.
T3-01	1	<u>CALENTADOR DE AMONÍACO A LLENADERA</u> - Carga Térmica: 2,386.704.4 Kcal/h - Flujo NH <sub>3</sub> : 70,000 kg/h. - Construcción: Coraza y tubos
T3-02		<u>CALENTADOR ROMPEDOR DE VACIO</u> - Carga Térmica: 424,298.5 Kcal/h - Flujo NH <sub>3</sub> : 7,722.24 kg/h - Construcción: Coraza y tubos
M5-01 A/B	2	<u>BOMBAS DE CARGA A LLENADERAS</u> Tipo: Centrífuga vertical - Capacidad: 35,000 kg/h (NH <sub>3</sub> ) - Temperatura a la succión: -33 °C - Presión a la succión: 0 kg/cm <sup>2</sup> man. - Presión a la descarga: 13.3 kg/cm <sup>2</sup> man.

<u>Equipo</u> <u>Número</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
M5-02-A/B	2	<u>BOMBAS ROMPEDORAS DE VACIO.</u> Tipo: Centrífuga horizontal - Capacidad: 7,722.24 kg/h. - Temperatura a la succión: - 33 °C - Presión a la succión: 0 kg/cm <sup>2</sup> - Presión a la descarga: 4.7 kg/cm <sup>2</sup>

LISTA DE EQUIPO PARA SERVICIOS AUXILIARES.

<u>Equipo</u> <u>Número.</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>
M2-S-01	1	<u>TORRE DE ENFRIAMIENTO DE AGUA</u> - Tipo: - Capacidad: 149,657 kg/h. - Construcción:
M2-S-01		<u>TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA</u> - Tipo: Cilíndrico vertical - Capacidad: 119,49 m <sup>3</sup> - Construcción: - $\phi = 5.023$ m - H = 4.18 m
M2-S-02	1	<u>TANQUE ACUMULADOR DE CONDENSADOS</u> - Tipo: Cilíndrico vertical - Capacidad: 1.28 m <sup>3</sup>

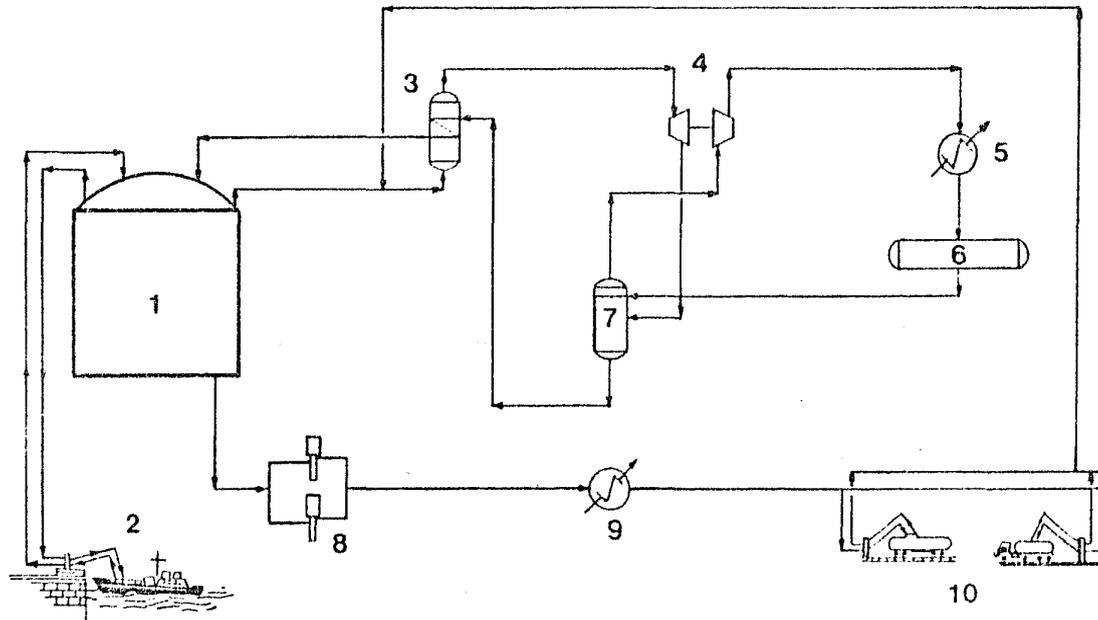
<u>Equipo</u> <u>Número</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción.</u>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción:</li> <li>- <math>\phi = 1.028 \text{ m.}</math></li> <li>- <math>H = 1.54 \text{ m.}</math></li> </ul>
T3-S-01	1	<u>CALENTADOR DE TURBOSINA</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad:</li> <li>- Carga térmica: 9,471,049.2 BTU/h</li> <li>- Construcción: Coraza y tubos</li> </ul>
M5-S-01	2	<u>BOMBA DE TURBINA AL SISTEMA DE CALENTA -</u> <u>MIENTO DE AMONIACO.</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo: Centrífuga horizontal</li> <li>- Capacidad: 195,239 t/h</li> <li>- Temperatura de succión: 40 °C</li> <li>- Presión de succión: 0. kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Presión de descarga: 5 kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>
M5-S-03	2	<u>BOMBA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DE TORRE DE</u> <u>ENFRIAMIENTO.</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo:</li> <li>- Capacidad: 149,657</li> <li>- Temperatura de Succión: 30 °C</li> <li>- Presión de Succión: 10 kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Presión de descarga: 4.0 kg/cm<sup>2</sup> man</li> </ul>

<u>Equipo</u> <u>Número</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Descripción.</u>
M5-S-04	2	<u>BOMBA DE CONDENSADO</u>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo: Centrífuga horizontal</li> <li>- Capacidad: 5.13 t/h</li> <li>- Temperatura de Succión: 138.3 °C</li> <li>- Presión de Succión: 0 kg/cm<sup>2</sup></li> <li>- Presión de descarga: 2.5 kg/cm<sup>2</sup></li> </ul>

### 3.5 SERVICIOS GENERALES.

- Energía Eléctrica: Ver capítulo V, (5.4-15)
 

Motores de 3/4 a 200 HP	480 V	3 ø
Motores de 250 HP- o más	480 V	3 ø
Iluminación	220	1 ø
Instrumentos y control	120	1 ø
  
- Agua de enfriamiento.
  - Agua de torre de enfriamiento a 30 °C
  
- Vapor de baja presión.
  - Vapor de baja presión a 3.5 kg/cm<sup>2</sup> man.
  
- Aire para instrumentos.
  - Aire para instrumentos a 7 kg/cm<sup>2</sup> man - 40 °C de punto de rocío.



- 1.-ALMACENAMIENTO DE AMONIACO.
- 2.-ESTACION DE DESCARGA DE BUQUES TANQUE.
- 3.-TANQUE DE SUCCION.
- 4.-COMPRESOR DE DOS ETAPAS.
- 5.-CONDENSADOR.
- 6.-TANQUE RECIBIDOR DE AMONIACO.

- 7.-TANQUE ECONOMIZADOR.
- 8.-BOMBAS DE CARGA A CARROS TANQUE, PIPAS Y NODRIZAS.
- 9.-CALENTADOR DE AMONIACO.
- 10.-ESTACION DE CARGA DE CARROS.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO: FACULTAD DE QUIMICA.
DIAGRAMA DE FLUJO PRELIMINAR.
MIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO.
TESIS PROFESIONAL 1984

## CAPITULO IV

### BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA.

- 4.1 AMONIACO VAPORIZADO ("Boil-off")
- 4.2 CAPACIDAD DE REFRIGERACION
- 4.3 BALANCES EN LAS CORRIENTES PRINCIPALES
- 4.4. POTENCIA CONSUMIDA EN LOS COMPRESORES
- 4.5 SISTEMA ROMPEDOR DE VACIO
- 4.6 BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AMONIACO A LLENADERAS.

#### 4.1 AMONIACO VAPORIZADO ("Boil-Off")

El término "Boil-Off" se refiere a la cantidad de amoníaco líquido que se ha evaporado por las ganancias de calor en el tanque de almacenamiento. Este representa el porcentaje de producto evaporado de la capacidad total del tanque en 24 horas. Para un aislante específico, el Boil-Off varía de acuerdo a la capacidad de almacenamiento.

#### 4.2 CALCULO DE LA POTENCIA DE REFRIGERACION

Para el cálculo de la potencia de refrigeración se considerarán todas las formas posibles de calor que entran al sistema. El sistema estará formado por la descarga del barco y la carga del tanque de almacenamiento, como se muestra en la Fig. 4.2.1.

En resumen la capacidad de refrigeración estará determinada por:

- A "Boil-Off" en el tanque.
- B Calor ganado en la tubería desde el barco hasta el tanque de almacenamiento.
- C Potencia de bombeo, expresado en Kcal/h para enviar 625 t/h de  $\text{NH}_3$  a  $-33\text{ }^\circ\text{C}$  y  $10\text{ kg/cm}^2$  man. de presión.
- D Desplazamiento volumétrico dentro del tanque durante la carga.

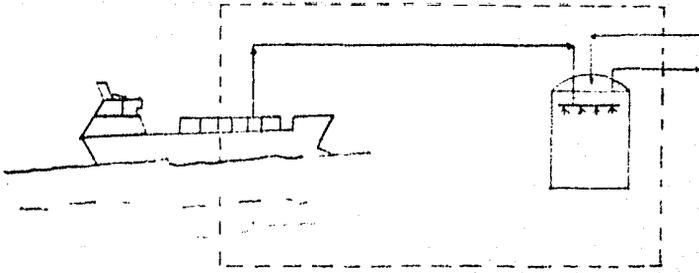


Fig. N° 4.2.1

A.- "Boil-Off"

El Boil-Off considerado para este volumen de almacenamiento es 0.07%.

$$20,000 \text{ t} \times \frac{0.07}{100} \times \frac{1}{24 \text{ h}} = 583. \text{ kg/h.}$$

A las condiciones del almacenamiento el calor latente de vaporización es: = 329 Kcal/Kg.

Por lo que el calor ganado en el boil-off será:

$$Q_1 = 329 \text{ Kcal/kg} \times 583.3 \text{ kg/h} = 191,905 \text{ Kcal/h.}$$

B.- Calor ganado en la tubería.

El flujo de amoníaco es 625 t/h = 0.225 m<sup>3</sup>/s.

La velocidad recomendada 1.27 m/s.

La sección de un tubo para manejar este amoníaco esta dada por:

$$A = q/v$$

en donde

$$A = m^2$$

$$q = m^3/s.$$

$$v = m/s.$$

Substituyendo valores.

$$A = \frac{0.225 m^3/s.}{1.27 m/s.} = 0.2 m^2$$

Para esto seleccionamos un tubo de 20 pulgadas cédula 40 que tiene un diámetro de 0.508 m.

La superficie exterior del tubo expuesta a la radiación solar es:  $\pi \times D \times L$

Substituyendo los valores correspondientes tenemos:

$$3.1416 \times 0.508 m \times 2,000 m = 3180 m^2$$

Si suponemos una ganancia de calor por radiación solar que no sobre pase las 10 Kcal/hr  $m^2$ , por lo que deberá considerarse el aislamiento adecuado, tendremos el calor ganado en esta tubería:

$$Q_2 = 3180 m^2 \times 10 Kcal/h m^2 = 31800 Kcal/h.$$

C. Calor ganado por la potencia de bombeo.

La potencia de bombeo en caballos de vapor esta dada por:

$$PCV = \frac{Sg \times q \times H}{75 \times \eta}$$

en donde:

$$S_g = \text{a la gravedad específica de NH}_3 \text{ a } -33 \text{ }^\circ\text{C} = 0.68$$

$$q = \text{gasto volumétrico en lt/seg.} = 255.3 \text{ lt/s.}$$

$$H = \text{cabeza total de descarga} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\eta = \text{eficiencia de la bomba} = 60\%$$

Substituyendo valores tenemos:

$$PCv = \frac{0.682 \times 255.3 \times 147}{75 \times 0.6} = 568.77 = 600$$

$$1 \text{ Cv} = 623 \text{ Kcal/h}$$

Esto transformado en calor nos da:

$$Q_3 = 600 \text{ Cv} \times \frac{623 \text{ Kcal/h}}{\text{Cv}} = 380,000 \text{ Kcal/h}$$

D. Desplazamiento volumétrico dentro del tanque.

El volúmen específico del NH<sub>3</sub> vapor a -33 °C es:

$$\frac{1120 \text{ m}^3}{\text{t}}$$

El gasto volumétrico bombeado que entra al tanque es:

$$919.11 \text{ m}^3/\text{h}, \text{ por lo que el desplazamiento será:}$$

$$\frac{919.11 \text{ m}^3/\text{h}}{1120 \text{ m}^3/\text{t.}} = 0.82 \text{ t/h}$$

Esto transformado en calor nos da:

$$Q_4 = 820.6 \text{ kg/h} \times 302.5 \text{ Kcal/kg} = 248,241.76 \text{ kcal/h}$$

La carga total es:

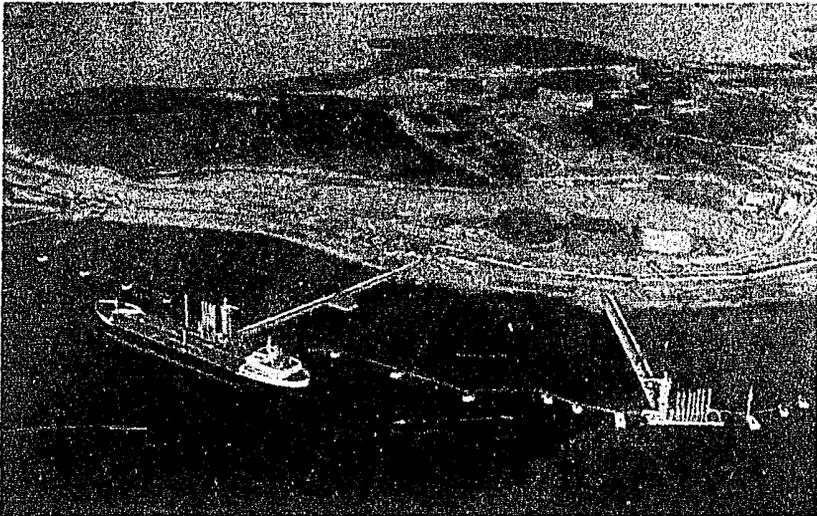
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$Q_T = 851,946 \text{ Kcal/h.}$

Que en toneladas de refrigeración es: 281.67 T.R.\*

Esta es la cantidad que será manejada por el sistema de refrigeración.

Nota: \*Una tonelada de refrigeración es la cantidad de calor -  
requerida para fundir una tonelada de hielo a  $0^\circ\text{C}$  --  
agua a  $0^\circ\text{C}$  durante 24 horas y equivale a 3025.9 Kcal/h



### 4.3 BALANCES EN LAS CORRIENTES PRINCIPALES.

Los balances indicados en esta sección se aplican para determinar las corrientes y condiciones de operación de los equipos correspondientes a la etapa de espera. En virtud de que la etapa de espera es similar a la etapa de llenado, solo que la primera maneja el 20% de la capacidad del sistema de refrigeración, y la de llenado maneja el 80% restante.

#### A.- Balances.

El balance total aplicado a la Fig. 4.3.1 es:

$$V_5 = L_8 \quad (4.3.1)$$

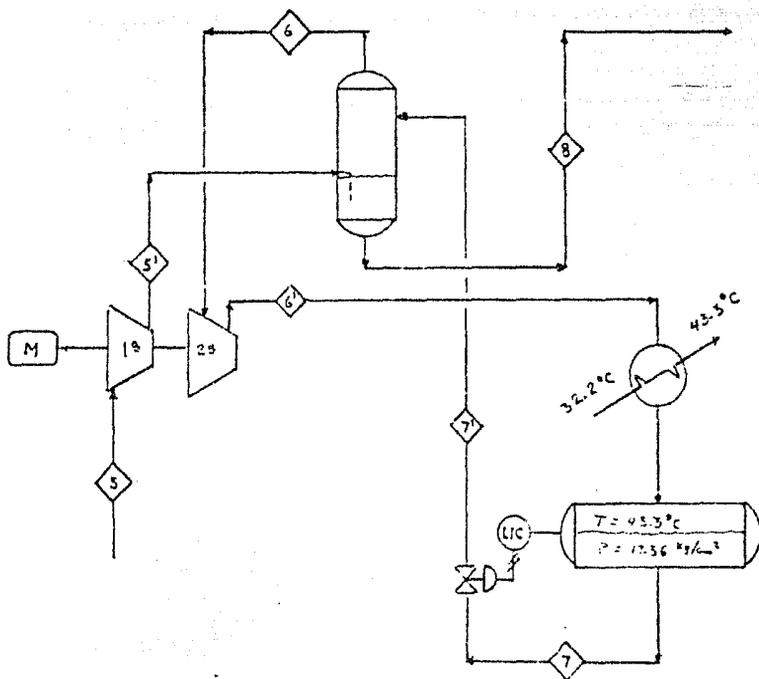


Fig. 4.3.1

El balance en el acumulador de interpasos M<sup>2</sup>-03 es:

$$V_5' H_5' + L_7 H_7 = V_6 H_6 + L_8 H_8 \quad (4.3.2)$$

$$\text{Si } V_6' = L_7 \quad (4.3.3)$$

y  $V_5' = L_8$ , los sustituimos en la ecuación 4.3.2 y despejamos  $V_6'$ , tenemos:

$$V_6' = \frac{(H_8 - H_5')}{(H_7 - H_6)} \times L_8 \quad (4.3.4)$$

Si fijamos la temperatura del agua de enfriamiento a la entrada y salida del condensador, automáticamente establecemos la - presión y temperatura de operación del tanque acumulador final. Esto es: la temperatura de condensación del amoníaco 43.3 °C es igual a la temperatura de salida del agua de enfriamiento. - Ver. Fig. 4.3.1

Las temperaturas del agua de enfriamiento en el condensador son:

$$\text{Temperatura de entrada} = 32.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura de salida} = 43.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bajo estas condiciones y con ayuda del diagrama de Mollier (ver Fig. 4.3.2) determinamos:

$$H_5' = 340 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$H_8 = 0 \text{ Kcal/Kg}$$

$$H_6 = 301 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$H_7 = 45 \text{ Kcal/Kg.}$$

Sí  $L_g = 737.8 \text{ kg/h}$ . (Ver diagrama de flujo de Proceso).

Substituimos estos valores en la ecuación(4.3.4) para determinar el vapor de la corriente. 6

$$V_6 = \frac{(0 - 340)}{(45 - 301)} \cdot x 737.8 = 979.89 \text{ Kg/h.}$$

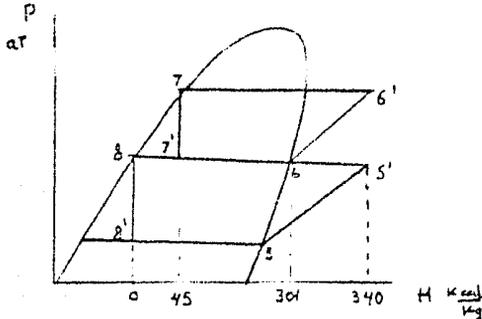


Fig. 4.3.2.2

B.- Presión de salida de la segunda etapa del compresor.

La presión de vapor del amoníaco líquido a  $43.3 \text{ }^\circ\text{C}$  es -  $17.36 \text{ Kg/cm}^2$  abs. y si consideramos pérdidas de presión- en el condensador, en tuberías y accesorios de  $0.843 \text{ kg/cm}^2$  la presión de descarga en compresor deberá ser de:

$$17.36 + 0.84 = 18.2 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.3.5)$$

La relación de compresión está dada por:

$$R_c = \frac{P_d}{P_s} \quad (4.3.6)$$

En donde:

$P_d$  = presión de descarga

$P_s$  = presión de succión.

Considerando las dos etapas de compresión tendremos:

$$P_s = 1.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$$

$$P_d = 18.21 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$$

$$R_c = \frac{18.21}{1.033} = 17.6$$

La relación de compresión aproximada por etapa es:

$$R_{ce} = \sqrt{R_c} = \sqrt{17.6} = 4.19 \quad (4.3.7)$$

C.- Presión de descarga de la primera etapa

$$P_{s1} = 1.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$$

$$\text{si } R_{c1} = \frac{P_{d1}}{P_{s1}} = 4.19 \quad (4.3.8)$$

$$\text{Despejando } P_{d1} = R_{c1} \times P_{s1} \quad (4.3.9)$$

Esto es:

$$P_{d1} = 4.19 (1.033) = 4.328 + 0.175 = 4.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.} \quad (4.3.10)$$

Se está considerando una pérdida de presión en el compresor de  $0.35 \text{ kg/cm}^2$ . Con este nuevo valor de la presión de descarga de la primera etapa del compresor, corregimos la relación de compresión de la primera etapa.

$$R_{c1} = \frac{4.5}{1.033} = 4.35 \quad (4.3.11)$$

Segunda etapa.

$$P_{s2} = 4.5 - 0.175 = 4.32 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.} \quad (4.3.11)$$

$$P_{d2} = 18.21 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs.}$$

$$R_{c2} = \frac{18.21}{4.32} = 4.2 \quad (4.3.12)$$

D.- Temperatura de descarga de la primera etapa.

La temperatura de descarga está dada por:

$$T_{d1} = T_{s1} R_c^{(k-1)/k} \quad (4.3.13)$$

En donde:

$$K = C_p/C_v = \frac{M_{cn}}{M_{cp}} - 1.98 \quad (4.3.14)$$

$$M_{cp} = A + B T \quad (4.3.15)$$

$$A = 6.219$$

$$B = 0.00434$$

T = es la temperatura a la succión en °R

Substituyendo estos valores en las ecuaciones (4.3.15) y (4.3.14) tenemos:

$$M_{cp} = 6.219 + 0.00434 (432,6)$$

$$M_{cp} = 8.09$$

$$k = \frac{8.09}{8.09 - 1.98} = 1.32$$

$$T_{d1} = (-28 + 460) (4.32)^{(1.32-1)/(1.32)} \quad (4.3.16)$$

$$T_{d1} = 619.69 \text{ °R}$$

$$T_{d1} = 619.69 - 460 = 159.69 \text{ °F}$$

$$T_{d1} = 70.94 \text{ °C}$$

E.- Temperatura de descarga de la segunda etapa

$$T_{d2} = T_{s2} R_{c2}^{(k-1)/k} \quad (4.3.17)$$

$$T_{d2} = (34 + 460) (4.2)^{(1.316-1)/(1.316)} \quad (4.3.18)$$

$$Td_2 = 694.7 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$Td_2 = 112.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Habrá que considerar pérdidas de temperatura por enfriamiento en el compresor.

#### 4.4 POTENCIA CONSUMIDA EN LOS COMPRESORES

: La potencia consumida en el compresor está dada por la siguiente expresión.

$$HP = \frac{W \times \Delta Hr}{641.34}$$

En donde:

$W$  = flujo msico en Kg/h.

$\Delta Hr$  = Cambio de entalpia, real.

$$\Delta Hr = \frac{H_i}{\eta_{is}} = \frac{H_d}{\eta_{is}} - H_s$$

$\Delta H_d$  = entalpia del  $\text{NH}_3$  a las condiciones de descarga

$\Delta H_s$  = entalpia del  $\text{NH}_3$  a las condiciones de la succión

$\eta_{is}$  = eficiencia isoentropica, esta var del 60 al 80%

Primera etapa para el servicio en hold.

Del diagrama de Mollier a las condiciones de la succión

la descarga tenemos:

$$H_{s1} = -419.12 \text{ Kcal/kg.}$$

$$H_{d1} = -368.12 \text{ Kcal/kg}$$

$$\Delta H_{is} = (-368.12) - (-419.12) = 50.99 \text{ Kcal/kg.} \quad (4.4.3)$$

Substituyendo estos valores en la ec. (4.4.2) tenemos:

$$\Delta Hr = \frac{\Delta H_{is}}{\eta_{is}} = \frac{50.99}{0.75} = 67.99 \text{ Kcal/Kg.}$$

si  $w = 737.8 \text{ Kg/h.}$

entonces la potencia consumida en la primera etapa es:

$$HP_1 = \frac{737.8 \times 68}{641.34} = 78.12 \quad (4.4.4)$$

Segunda etapa.

$$Ps_2 = 4.78 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs}$$

$$Td_2 = 113.63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Ts_2 = 1.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Pd_2 = 18.23 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$$

$$Hs_2 = -416.90 \text{ Kcal/kg.}$$

$$Hd_2 = -376.99 \text{ Kcal/kg}$$

$$\Delta Hi = Hd_2 - Hs_2 = -376.99 + 416.9 = 39.91 \text{ Kcal/kg.} \quad (4.4.5)$$

$$\Delta Hr = \frac{\Delta Hi}{\eta_{is}} = \frac{39.91}{0.75} = 53.22 \text{ Kcal/kg.} \quad (4.4.6)$$

la potencia consumida en la segunda etapa es:

$$HP_2 = \frac{979.8 \times 53.22}{641.34} = 81.3 \quad (4.4.7)$$

y la potencia consumida total es:

$$HP_1 + HP_2 = 78.12 + 81.3 = 159.59 \quad 160 \text{ HP} \quad (4.4.8)$$

como solo se esta manejando la etapa en espera esto representa el 20 % de la capacidad total de sistema.

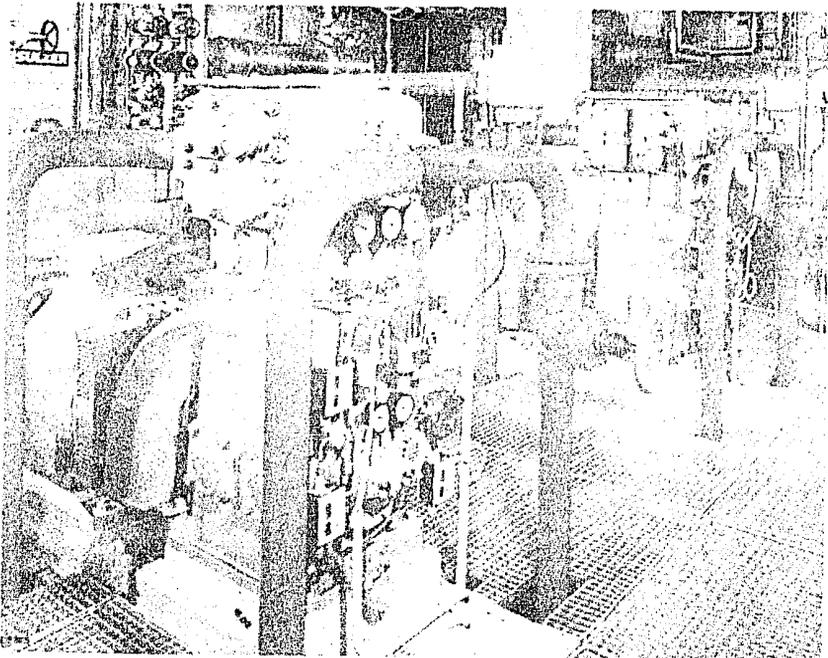
por lo que la potencia consumida total en el sistema, cuando se llena el tanque de almacenamiento es:

$$\text{HP total sistema} = \frac{100 \times 160}{20} = 800 \text{ HP.} \quad (4.4.9)$$

Si se tiene cuatro compresores cada uno consumirá

$$\text{HPc} = \frac{800}{4} = 200 \text{ HP} \quad (4.4.10)$$

Para la realización de este trabajo se instalarán compresores accionados con motores electricos de 250 HP dándonos una capacidad instalada de 1000 HP, esto es un sobrediseño del 25%.



#### 4.5 SISTEMA ROMPEDOR DE VACIO.

Como la succión de los compresores puede causar un vacío en el tanque de almacenamiento, el cual debe evitarse para que el tanque no colapse, se instalará un sistema rompedor de vacío, este manejará dos veces el gasto máximo de amoníaco del sistema de refrigeración, es decir 7722.24 Kg/h (50 gpm). Se instalarán dos bombas en paralelo, una operará normalmente y la otra estará en espera, cada una tendrá la capacidad de manejar el gator total del sistema rompedor de vacío. El amoníaco gas producido en este sistema no será mayor del 15% del gasto total manejado.

Si se tiene caída de presión en todo el sistema de:

1.2 kg/cm<sup>2</sup>, esto es:

Pérdida de presión en el calentador = 0.7 kg/cm<sup>2</sup>

Pérdida de presión en tubería = 0.5 kg/cm<sup>2</sup>

Entonces seleccionamos una presión de descarga de la bomba de 4.7 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que la presión a la entrada del tanque será de 3.5 kg/cm<sup>2</sup>

El % de amoníaco líquido evaporado cuando es calentado a 3.5 kg/cm<sup>2</sup> y entra al tanque el cual se encuentra a 1.033 kg/cm<sup>2</sup>, lo determinamos con un diagrama de Mollier como se muestra en

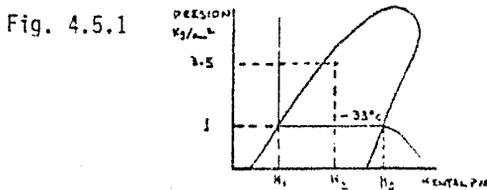


Fig. 4.5.1

$$\% \text{ de evaporación} = \frac{H_2 - H_1}{H_3 - H_1} = \frac{(12.95) - (-37)}{(296) - (-37)} = 0.15 \quad (4.5.1)$$

La capacidad del calentador rompedor de vacío será:

$$Q = w \times \Delta H \quad (4.5.2)$$

w = gasto en Kg/h.

$$\Delta H = H_2 - H_1 = 12.95 - (-37) = 49.95 \text{ Kcal/kg.} \quad (4.5.3)$$

$$Q = 7722.24 \times 49.95 = 385,725.89 \text{ Kcal/h}$$

Si consideramos un sobrediseño del 10% por pérdidas de calor tendremos:

$$Q = 385,725.89 \times 1.1 = 424,298.5 \text{ Kcal/h.} \quad (4.5.4)$$

La cantidad de turbosina requerida para calentar este amoníaco es:

$$w_t = \frac{Q}{C_p \times \Delta T} = \frac{424,298.5}{0.48(-36)} = 24,251.17 \text{ kg/h.} \quad (4.5.5)$$

endonde:

$$C_p = 0.48 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C} \quad (\text{turbosina})$$

$$\Delta T = (4 - 40) = -36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.6 BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA EN EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AMONIACO A LLENADERAS.

Calentador de amoniaco a llenaderas. (T3 - 01)

El gasto de amoniaco a llenaderas (70,000 kg/h.) se calentará de  $-33^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$  con turbosina a  $40^{\circ}\text{C}$ , por lo que la capacidad del calentador será:

$$Q = w C_{p_a} \Delta T \quad (4.6.1)$$

$$Q = 70,000 \times 1.18 (5 - (-33)) = 3,138,800 \text{ Kcal/h}$$

endonde:

$w$  = flujo de amoniaco en Kg/h.

$C_p$  =  $1.18 \text{ Kcal/Kg} - ^{\circ}\text{C}$  capacidad calorífica del amoniaco.

La cantidad de turbosina requerida es:

$$w_t = \frac{Q_d}{C_{p_t} \Delta T} = \frac{3,138,800 \times 1.1}{0.733 (40 - 5)} = 134,581.17 \text{ kg/h.} \quad (4.6.2)$$

endonde:

$Q_d$  = la carga térmica de diseño en Kcal/h

$C_{p_t}$  = capacidad calorífica de la turbosina  $\text{Kcal/Kg} - ^{\circ}\text{C}$

Calentador de turbosina.

La turbosina se calentará con vapor de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  manométricas, ligeramente sobrecalentado. Se recomienda que la turbosina fría ( $5^{\circ}\text{C}$ ) que sale del calentador de amoniaco a llenaderas se mezcle con turbosina caliente ( $40^{\circ}\text{C}$ ) para que alcance una tem-

peratura de 15 °C, esto es para evitar problemas de esfuerzos causados por los cambios térmicos y congelamiento.

Si aplicamos un balance en el punto en el cual se mezclan las corrientes 5 y 4 como se indica en la Fig. 4.6.1 considerando que no hay cambio de fase ni calor de mezclado obtenemos:

$$w_6 T_6 = w_4 T_4 + w_5 T_5 \quad (4.6.3)$$

despejando  $T_6$

$$T_6 = T_5 \frac{w_5}{w_6} = T_4 \frac{w_4}{w_6} \quad (4.6.4)$$

resolviendo esta ecuación de acuerdo a las condiciones de temperatura establecidas anteriormente tenemos:

$$T_6 = 5 \times 0.7 + 40 \times 0.3 = 15.5 \text{ °C} \quad (4.6.5)$$

de aqui  $\frac{w_5}{w_6} = 0.7$

$$w_6 = \frac{w_5}{0.7} = \frac{134,581.17}{0.7} = 192,258.81 \text{ kg/h.} \quad (4.6.6)$$

$$w_4 = w_6 - w_5 = 192,258.81 - 134,581.17 = 57,677.64 \text{ Kg/h.} \quad (4.6.7)$$

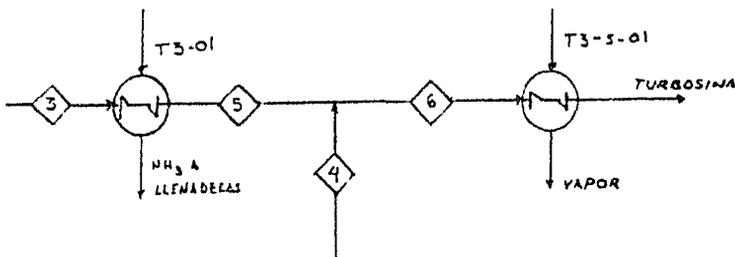


Fig. 4.6.1

Cantidad de vapor para el calentador de turbosina

$$T_3 - S - 01$$

$$\text{flujo de turbosina} = 192,258.81 \text{ Kg/h.}$$

$$t \text{ a la entrada} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t \text{ a la salida} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Cp_t = 0.48 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

Vapor de 3.5 Kg/cm<sup>2</sup> man. ligeramente sobrecalentado.

$$\Delta H_v = 604.4 \text{ Kcal/kg. } T = 148 \text{ }^\circ\text{C}$$

Balance en el calentador.

$$w_t \text{ } Cp_t \Delta t = w_v \Delta H_v \quad (4.6.8)$$

$$w_v = \frac{w_t \text{ } Cp_t \Delta t}{\Delta H_v} \quad (4.6.9)$$

Sustituyendo valores en la ec. (4.6.9) tenemos:

$$w_v = \frac{192,258.81 \times 0.48 (40 - 15)}{604.4} = 3,817.18 \text{ Kg/h.} \quad (4.6.10)$$

Consideramos un 34% de sobre diseño.

$$w_v = 3817.18 \times 1.34 = 5,115 \text{ Kg/h.} \quad (4.6.11)$$

Carga térmica del calentador.

$$Q = w_t \times Cp_t \times \Delta t \quad (4.6.12)$$

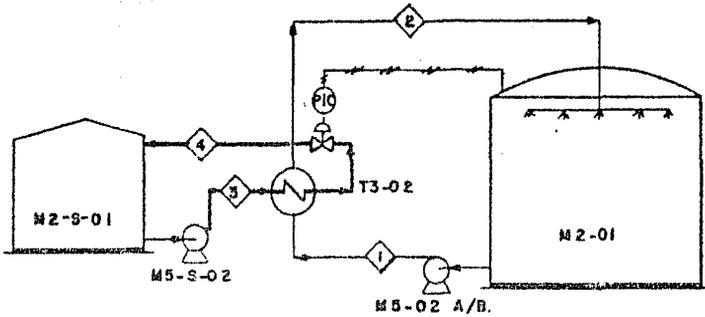
$$Q = 192,258.81 \times 0.48 (40 - 15) = 2,307,105.7 \text{ Kcal/h.}$$

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE NH<sub>3</sub> A LLENADERAS

Corriente Número	1	2	3	4	5 <sup>0</sup>	6	7	8	9	10	11
Gasto kg/Hr	10,000	195,237.11	136,667.38	58,571.73	136,667.38	195,239.11	737.8	195,239.1	737.8	5,130	5,130
Presión kg/cm <sup>2</sup>	2.0	5	4.5	4.3	4	4	15	3	13.3	3.5	3.0
Tempera tura °C	15	40	40	40	5	15	-33	40	5	148.8	138.3

BALANCE DEL DIAGRAMA DE FLUJO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

Corriente Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Gasto kg/Hr	149637	114,398	3,330	28,599	3,330	114,398	3,330	28,599	3,330	149637	
Presión Kg/cm <sup>2</sup>	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.3	3.53	3.3	3.3	3.3	
Tempera tura °C	30	30	30	30	30	4.0	35	40	35	39.7	

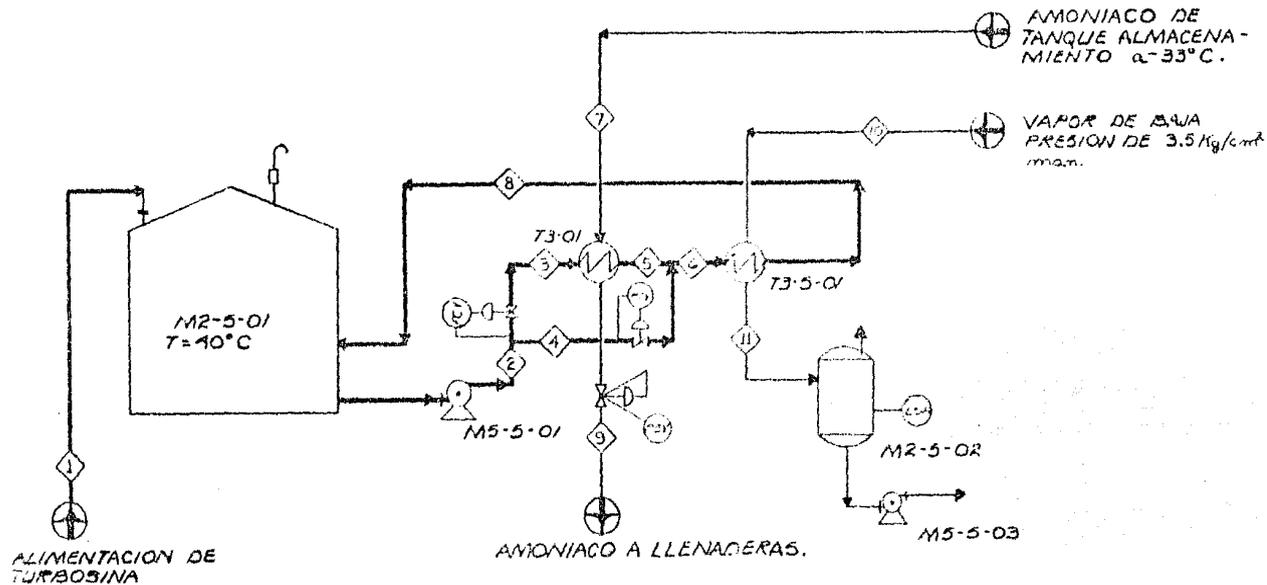


- M5-02 A/B - BOMBA ROMPEDORA DE VACIO.
- M5-S-02 - BOMBA DE TURBOSINA, AL SISTEMA ROMPEDOR DE VACIO.
- T3-02 - CALENTADOR DEL SIST ROMPEDOR DE VACIO.
- M2-01 - TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE NH<sub>3</sub>.
- M2-S-01 - TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA.

CORRIENTE. Nº	1	2	3	4
GASTO. Kg/Hr	7722.24	7722.24	24,251.17	24,251.17
PRESION Kg/cm.	4.7	2.5	4	3,5
TEMPERATU- RA. °C.	-33	-33	40	5

SISTEMA ROMPEDOR DE VACIO. \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE QUIMICA
MIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO.
TESIS PROFESIONAL 1984



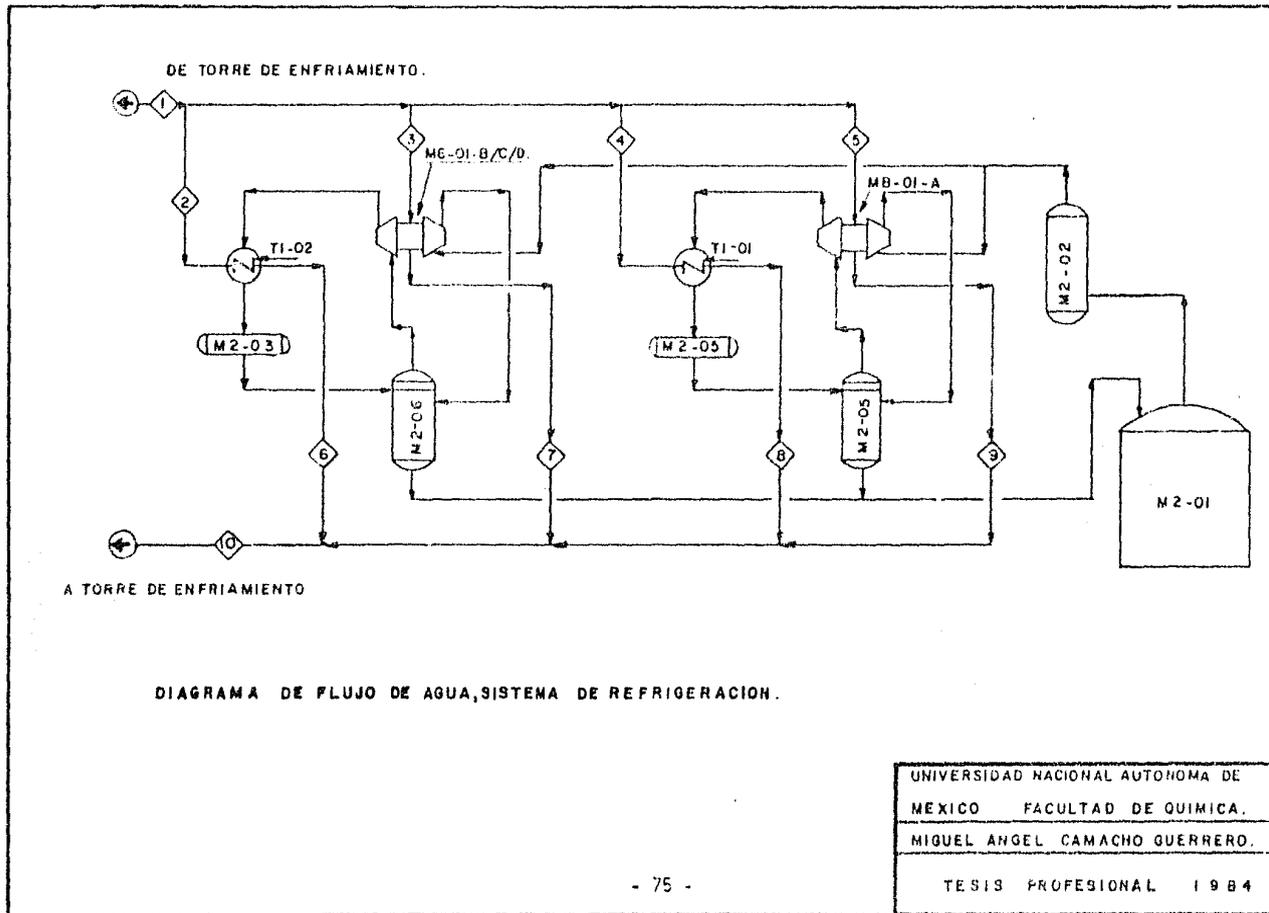
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AMONIACO A LLENADERAS

- M2-5-01 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA,
- M2-5-02 TANQUE DE CONDENSADOS.
- T3-01 CALENTADOR DE AMONIACO.
- T3-5-01 CALENTADOR DE TURBOSINA.
- M5-5-01 BOMBA DE TURBOSINA.
- M5-5-03 BOMBA DE CONDENSADOS.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. FAC. DE QUIMICA.

MIGUEL A. CAMACHO GUERRERO.

TESIS PROFESIONAL 1984



## CAPITULO V

### ESPECIFICACIONES GENERALES DE PROCESO

- 5.1 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA TUBERIA
- 5.2 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA INSTRUMENTOS
- 5.3 ESPECIFICACIONES GENERALES MECANICAS
- 5.4 ESPECIFICACIONES GENERALES ELECTRICAS

## 5.1 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA TUBERIA.

### 1 GENERAL

La importancia de la tubería para manejar amoníaco en algunas - ocasiones se pasa por alto debido a la ingeniería en la selec - ción de piezas mayores de equipo y del hecho de que la tubería - representa relativamente una parte pequeña de la inversión total de la planta. Deberá cuidarse a la hora del dimensionamiento que ésta sea adecuada y segura es decir que no tenga fugas. Una tu - bería excesiva en capacidad representa una inversión mayor mien - tras que una con baja capacidad nos incrementa los costos de ope - ración ya que se consume mayor potencia. Esta sección incluye - datos sobre el dimensionamiento de tuberías para manejo de amoní - co.

Las válvulas y accesorios deberán diseñarse y manufacturarse espe - cialmente para manejo de amoníaco, recordando que no se admiten - partes de cobre ni sus aleaciones.

### 2 ESPECIFICACIONES.

Referencia.

Las especificaciones siguientes son una buena guía práctica para - tubería para manejo de amoníaco hasta  $-45.5^{\circ}\text{C}$ . Las referencias - siguientes son excelentes para iniciar la selección de tubería - para manejo de amoníaco:

API Refrigerant piping data book (edición 1961)

ANSI Especificación B.31.5 1966

ASHRAE Guide and data book-systems.

### Tubería.

- 1 Deberá ser tubería sin costura, puede usarse tubería soldada para tamaños de 1 1/2" y menores.
- 2 Toda la tubería de 1" y menor deberá ser extrafuerte.
- 3 Las líneas de líquido de 1 1/2" pueden ser cargadas completamente.

### Acoplamientos entre tuberías y accesorios.

- 1 Las uniones entre tramos de tubería o entre tubería y accesorios deben ser roscados para tuberías de 2" de diámetro y menores y de ser posible se soldarán. Para mayores de 2" de berán soldarse.
- 2 Las roscas serán American Standard Taper. Los cortes deberán estar limpios y libres de rebaba. Las uniones deberán sellarse con reflón.
- 3 El soldado de las uniones lo deberán hacer soldadores con experiencia. Las superficies soldadas deberán limpiarse y estarán espaciadas en forma propia antes de soldarse. Las partes que solden estarán alineadas en todos sus puntos. Se recomienda una soldadura de 2 1/2" veces al espesor de la pared de la tubería recomendada.

## Acesorios y Bridas.

- 1 Los accesorios y bridas deben ser para manejo de amoníaco.
- 2 El tipo y terminado de los accesorios y bridas deberán corresponder a la selección de tubería y tipo de junta.
- 3 Los accesorios bridados deberán usarse para tamaños mayores - de 2".
- 4 Las bridas y las caras bridadas de los accesorios serán tipo-lengueta y ranura.
- 5 El mismo acero de las bridas de cuello soldable y codos soldables deberá usarse para soldar las líneas de tubería.
- 6 Puede usarse tubería doblada en vez de codos soldables donde el espacio lo permita. Los accesorios soldados a tope se recomiendan para tamaños de 1" y menor.
- 7 Las uniones (accesorios) deberán ser bridadas.

## Válvulas.

- 1 El cuerpo que está en contacto con el amoníaco, será de hierro o acero, se recomienda, usar válvulas de globo o ángulo. Las válvulas de compuerta no se usan para servicio con amoníaco.
- 2 Las válvulas de 2" y menores serán de tipo enrroscado. Las válvulas bridadas se usarán para tamaños mayores que 2".

- 3 Las válvulas de 1" y menores pueden tener bonetes roscados - para tamaños mayores que 1" tendrán bonetes con perno.
- 4 Válvulas de ángulo de acero de 1/2", y menores son usadas - para dren, purga, todas las otras válvulas tendrán asientos al retorno para reempacado del sello en servicio.
- 5 Las válvulas de retención pueden ser de pistón o columpio - tamaños mayores que 1" tendrán vástagos elevadores manuales.

#### Empaques.

Los empaques deberán ser de 1/6" de espesor compuestos de asbestos fibrosos, o plomo blanco y deberá ajustar con precisión en - tre las ranuras de los accesorios.

#### Pruebas.

- 1 La tubería después de instalada deberá probarse con aire a 21.1 kg/cm<sup>2</sup> man. de presión o nitrógeno en el lado de alta presión y 7.4 kg/cm<sup>2</sup> en el lado de baja presión, la tubería estará - libre de fugas.
- 2 El material defectuoso deberá reemplazarse y las fugas propia mente reparadas.
- 3 Las válvulas y los accesorios deberán probarse satisfactoria mente con 21.1 kg/cm<sup>2</sup> man de presión con aire o nitrógeno.

#### NOTAS DE CONSTRUCCION.

- 1 La tubería deberá tenderse generalmente como se indica en los

- dibujos e instrucciones, deberá tenerse cuidado de que no haya interferencia con otras tuberías, conduits, tubos neumáticos, etc.
- 2 Cada parte del sistema de tuberías deberá estar completo en todo detalle y provisto con todas las válvulas de control, etc., necesarias para una operación satisfactoria.
  - 3 Todas las tuberías deberán tener un espacio de 2.3 metros - arriba de pisos.
  - 4 Todas las líneas deberán estar a plomo en línea recta, y para lelas a las paredes, excepto aquellas líquidas u horizontales entre condensadores y recibidores y todas las líneas líquidas de baja presión. Teniendo una inclinación del 2% en dirección del flujo.
  - 5 Las bolsas, entrampamientos innecesarios, vueltas y acodamientos deberán evitarse, las trampas o bolsas, donde sean inevitables, deberán tener piernas de aceite y válvulas de drenado.
  - 6 Toda la tubería deberá ser accesible para repararse, se proveerán bridas de unión para desconectar equipo, controles, etc.
  - 7 Deberá hacerse un aprovisionamiento para contracción y expansión de 3/4" por 100' de tubería.
  - 8 La distancia entre líneas de tubería que serán aislados debe rá ser amplio, para poder trabajar el aislamiento.

Se recomienda que el espacio debe ser como mínimo tres veces el espesor del aislamiento, para accesorios roscados y cuatro veces el espesor del aislamiento para accesorios bridados. - El espacio entre tubo y superficies adyacentes deberá ser 3/4 de más de estas cantidades.

- 9 Todo trabajo deberá hacerse de acuerdo a los códigos, hojas de datos, y especificaciones establecidas por la empresa, las cuales serán indicadas en el contrato.

#### Limitaciones.

##### Líneas de Descarga.

- a) Las pérdidas de fricción total para líneas principales de 3 a 5 psi es considerada para diseño como buena pero no limitativas.

##### Líneas de Succión.

- a) Las pérdidas de fricción total para succión basadas en una caída de presión de 0.25 psi por 100 Ft de longitud equivalente cuando se opera a 5 psi presión de succión, 0.5 psi a 20 psi presión de succión y 1.0 psi a 45 psi de presión de succión, estas son consideradas en la práctica para diseño como buenas.

##### Líneas de Líquido.

- a) Las pérdidas por fricción para líneas líquidas de 5.0 psi es

considerada en la práctica como buena pero no es absolutamente limitada.

- b) La velocidad máxima en líneas de líquido entre condensadores y recipientes es 100 fpm para un recipiente tipo cruce y 200-fpm para tipo borboteo.

### 3 MATERIALES.

Para manejo de amoníaco se utilizarán los materiales siguientes:

- 1 Para servicio Criogénico.

Tubos ASTM A-334

Tuberías ASTM A-333

Piezas Forjadas ASTM-A350

- 2 Para altas temperaturas

Tuberías ASTM A-53-B

## 5.2 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA INSTRUMENTOS.

### ALCANCE.

- 1 Esta especificación incluye los requerimientos necesarios generales para el diseño de los sistemas de control automático para el almacenamiento de amoníaco.
- 2.1 Todos los instrumentos y dispositivos de protecciones, deberán mostrarse en los diagramas de flujo de tubería e instrumentación y en los diagramas de servicios auxiliares. En los circuitos de instrumentación se mostrarán los datos necesarios para una completa interpretación de dichos circuitos.
- 2.2 Se deberá preparar un índice de instrumentos
- 2.3 Los instrumentos de medición y control de todas las variables que afecten directamente la estabilidad del sistema deberán centralizarse en un tablero de control.
- 2.4 De preferencia se especificarán medidores y controladores locales para los casos en que la variable controlada no efectedirectamente al sistema y en los que no se requiere un ajuste periódico del punto de referencia.
- 2.5 Los símbolos y letras de identificación de instrumentos estarán de acuerdo con el estandar ISA S5.1 en su última edición.
- 2.6 No deberán llevarse tuberías del sistema hasta el tablero de control principal. Las mediciones que se efectúen en los sistemas que contengan sustancias peligrosas, se llevarán acabo

en el área de la planta y el resultado transmitirse al cuarto de control, mediante un circuito neumático o eléctrico.

2.7 Los instrumentos montados localmente deberán estar al alcance y ser accesibles para su fácil observación.

Todo el equipo que se monte localmente en la planta deberá ser:

- a) Apropriado para usarse, ya sea en alta o baja temperatura según sea el caso, además para uso a la intemperie.
- b) Inafectable por vibraciones producidas por el sistema.
- c) Protegido contra la erosión y corrosión como resultado del ambiente.

2.8 Las unidades de medición deberán ser las del sistema métrico decimal.

2.9 Instrumentación Neumática.

- a) Todas las señales de aire provenientes de transmisores debe rán tener  $0.21 \text{ k/cm}^2$  y  $1.05 \text{ k/cm}^2$  (3-15 psig) como límites-respectivos superior e inferior de trabajo.
- b) Los elementos finales de control podrán ser accionados con presiones manométricas superiores a  $1.05 \text{ k/cm}^2$  mediante el uso de un posicionador que reciba señal neumática entre los límites especificados en el párrafo anterior.
- c) El aire de instrumentos deberá ser seco y en cantidad suficiente con un punto de rocío abajo de  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 3.0 INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA.

3.1 Todos los sistemas de medición de temperatura que requieran trasmisión de señal utilizarán termopares o resistencias como elementos primarios de medición.

3.2 Los termopares y elementos de resistencia deberán suministrarse con ensambles de instalación formados por termopozo niples de - extensión, tuerca unión, aisladores internos y cabeza de conexiones a prueba de intemperie.

3.3 Los termómetros de carátula teniendo elementos primarios bimetálicos, serán usados para indicaciones en campo donde no se tenga vibración.

Para máquinas recíprocas, compresores, deberá considerarse el uso de termómetros de mercurio tipo industrial.

### 4.0 INSTRUMENTOS DE FLUJO.

4.1 Para mediciones de flujo se utilizarán ordinariamente instrumentos de presión diferencial.

4.2 Los elementos primarios de medición de flujo, generalmente se rán placas de orificio. En donde se tienen limitaciones severas de caída de presión permanentes, se utilizarán tubos venturi, tubos Dall, medidores de flujo magnéticos, turbina o desplazamiento positivo.

4.3 Los rotámetros pueden usarse bajo las siguientes condiciones:

- a) Si se requieren lecturas con características de flujo linial.
- b) Si se requiere la medición de flujos muy bajos.

4.4 Los materiales de construcción de los medidores de presión diferencial serán los siguientes:

4.04.1 El material del cuerpo será acero forjado a menos que se especifique otra cosa.

4.04.2 El material de los interiores será de acero inoxidable tipo 304 o 316 si no se especifica otra cosa.

4.04.3 Las partes sujetas a presión serán del tipo sello positivo.

4.5 Selección de los rangos.

4.5.1 Los medidores deberán seleccionarse de acuerdo a lo siguiente:

4.5.1.1 Para medidores de orificio la velocidad normal del flujo deberá estar entre el 70 y 80% del rango del instrumento.

4.5.1.2 Para rotámetros, el flujo normal deberá estar entre el 50 y el 80% del rango del instrumento.

5.0 INSTRUMENTOS DE PRESION.

5.1 Los elementos primarios de medición de presión serán ordinaria-

mente tubos de bourdon, fuelles o diafragmas, dependiendo de la presión de operación y la exactitud requeridas.

Los manómetros de presión local deberán ser del tipo de bourdon de acero inoxidable 316, monel troquelados o taladrados en material sólido, soldadas con arco o latón.

Generalmente la parte en movimiento será de acero inoxidable, o de monel, las carátulas deberán ser de materiales resistentes a la corrosión con fondo blanco y letras negras, las cajas deberán ser fundidas a presión o de material termoplástico durable, rígido, negro y deberán ser a prueba de agua.

## 5.2 Rangos de Presión.

5.2.1 Los rangos de los instrumentos de presión deben ser seleccionados de tal forma que la presión normal quede en el segundo tercio de la escala. Los instrumentos deberán cubrir un rango de 1.3 veces la presión máxima a la cual pueden ser expuestos.

5.2.2 Para rangos de presión de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  (50 psig) o mayores, los elementos sensibles serán tipo espiral o helicoidal. El material deberá ser de aleación de acero, a menos que se especifique otra cosa.

5.2.3 Para rangos de presión entre 1 y  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  (15-50 psig) los elementos sensibles serán fuelles o helicoidales. Los fuelles serán de acero inoxidable tipo 304 AISI, a -

menos que se especifique otra cosa.

5.2.4 Para presiones menores que  $1 \text{ k/cm}^2$  (15 psig) y para servicios de presión diferencial, la unidad sensible puede ser de fuelle, manómetros de balance de fuerza. Estos últimos no deberán usarse en servicios pulsantes.

### 5.3 Sellado

Los instrumentos de presión serán sellados, cuando lo requieran las condiciones del sistema.

## 5.3 ESPECIFICACIONES GENERALES MECANICAS.

### 1.- Recipientes a Presión.

#### 1.1.0 Alcance

Esta especificación satisface los requisitos para el diseño, materiales, fabricación, inspección, prueba y embarque de recipientes a presión fabricados bajo el Código ASME, ensamblado totalmente en taller.

#### Condiciones de Diseño:

1.2.0 El diseño de los recipientes será de acuerdo a esta especificación, hojas de datos y dibujos.

#### 1.3 Códigos Requeridos.

Los recipientes a presión deben satisfacer las condiciones del Código ASME para calderas y recipientes a pre - -

si3n, VIII, Divisi3n 1.

#### 1.4 Dibujos de Taller.

Los dibujos de taller ser3n completos con todos los detalles necesarios y dimensiones, incluyendo procedimientos de soldadura, trazo de todas las uniones longitudinales y circunferenciales.

Los dibujos de taller tendr3n boquillas y registros para inspecci3n dise3ados como lo indican los dibujos del comprador.

Los dibujos para cada recipiente tendr3n una l3nea de referencia permanente que se marcar3 en el per3metro del recipiente con un punz3n con marcas a cada 300 mm y a 300 mm. de una de las l3neas de tangentes. Las marcas estar3n dentro y fuera del recipiente, excepto en recipiente con revestimiento o con uniones soldadas a traslape, los que ser3n marcados s3lo por fuera de esta forma todas las dimensiones se tomar3n partiendo de esta l3nea de referencia.

Las localizaciones de accesorios, anillos y uniones ser3n dimensionadas sobre una base acumulativa respecto a la l3nea de referencia. No se deben usar dimensiones adicionales.

#### 1.5 Materiales.

Todos los materiales conformar3n a los especificados en -

las hojas de datos.

Los materiales son indicados por los números del Código ASME.

Los tipos y rangos de bridas están en las normas ANSI.

Todas las uniones soldadas para envolvente o tapas serán de acero de norma de calidad soldable, a menos que sea - especificado otro material.

Las aristas de las boquillas y registros para inspección serán redondeadas a un radio por lo menos de 1/8"

Las boquillas de acero al carbón y cuellos en recipientes de acero inoxidable o acero inoxidable con revestimiento serán soldadas con material de composición igual al recipiente.

Las boquillas serán reforzadas conforme al código ASME en las condiciones siguientes:

#### 1.6 Fabricación.

La pared acabada dada en los dibujos es la mínima y debe incluir la tolerancia a la corrosión, las tapas y conos deben ser de pared más gruesa por el adelgazamiento que sufre en el formado y el maquinado requerido en alguna parte.

Los recipientes deben ser de construcción soldada, em -

pleando procesos de arco metálico, con guarda gas de tungsteno, arco metálico de gas, arco sumergido automático o semiautomático.

Los procedimientos de soldar con calificaciones serán sometidos a aprobación antes de que se lleve a cabo cualquier soldadura.

Los electrodos para soldadura, manual o automáticas, depositarán una composición correspondiente al material que es soldado. Donde sea aplicable, los electrodos deben satisfacer las especificaciones AWS.

Las tapas formadas en frío serán relevadas de esfuerzos antes de soldarlas a la envolvente.

Cuando el dibujo de un recipiente indique que el recipiente tendrá tratamiento térmico después de soldado; absolutamente la soldadura, el martillado, el prensado o formado en el casco, tapas registros de inspección, boquillas y otros aditamentos, serán ejecutados antes del tratamiento térmico.

Como mínimo, todas las soldaduras serán hechas de acuerdo con la sección IX de la última revisión del ASME para calderas y recipientes a presión cualquier procedimiento calificado de soldadura será sometido a aprobación antes de realizar cualquier trabajo.

Las soldaduras en desacuerdo al procedimiento calificado

serán objeto de rechazo.

Cuando el recipiente va a operar a temperaturas abajo de  $-28.9^{\circ}\text{C}$ , el fabricante debe realizar y certificar todas las pruebas de impacto requeridas bajo el UG-84 de la sección VIII del Código ASME.

Cuando el espesor de placa o el diámetro del recipiente lo indiquen, la placa de envolvente será seccionada antes del rolado, para asegurar la curvatura correcta a través de la junta longitudinal. Las secciones planas serán rechazadas,

Cuando es rolada la placa de aleaciones especiales o de revestimiento; usar cilindros de acero inoxidable a fin de prevenir la contaminación del carbón en el material rolado.

#### 1.7 Grapas y Accesorios Exteriores.

El fabricante de recipientes suministrará e instalará las siguientes abrazaderas y otros artículos que van soldados en la superficie exterior del recipiente o del faldón.

Grapas para escaleras.

Grapas para plataformas.

Grapas para soportes de tubería

Grapas para guías de tubería.

Pescantes para recipientes, que serán suministrados cuando

do los dibujos lo requieran.

Grapas para mensulas especiales, que serán detalladas en los dibujos.

#### 1.8 Grapas y Accesorios Interiores.

Las medidas de soldadura para accesorios interiores deben satisfacer los requisitos estructurales y de corrosión.

#### 1.9 Aislamiento y Soportes a Prueba de Fuego.

Se instalarán anillo soporte para aislamiento como indican los estandares. Otros anillos tales como los de vacío, compresión o largueros serán usados como anillos de aislamiento, con anillos adicionales donde sea necesario.

#### 1.10 Soportes.

Los recipientes horizontales serán soportados en silletas de acuerdo al estandar previamente establecido.

Los recipientes verticales, cuando vayan soportados sobre faldones, serán centrados y alineados al faldón como muestran los dibujos.

#### 1.11 Requisitos de Inspección.

Quando se requiera, use como mínimo, pruebas visuales, de partículas magnéticas, de penetración de líquidos así como radiografías que serán de acuerdo a la sección específica del ASME para calderas y recipientes a presión. Los materiales para inspección, eliminando las ondula-

nes de soldadura o irregularidades en la superficie, así como prevenir que tales irregularidades no produzcan defectos y que la información obtenida sea dudosa.

Las radiografías se llevarán a cabo en conformidad a los requisitos del Código. Cuando los dibujos indiquen el 85% de eficiencia en las juntas, la radiografía por puntos es requerida y adicionalmente, todas las intersecciones soldadas serán radiografiadas.

Todos los defectos serán reparados de acuerdo a los requisitos del Código ASME.

#### 1.12 Pruebas.

Antes de cualquier prueba, los recipientes serán limpiados de suciedad, salpicaduras de soldaduras, incrustaciones, aceite, pintura y otras sustancias extrañas.

Quando los recipientes sean embarcados por secciones, el fabricante debe probar las secciones para asegurar la conformidad de código.

#### 1.13 Preparación para Embarque.

Todas las caras bridadas y/o superficies maquinadas serán rotegidas con una película de grasa y cubiertas de madera atornilladas.

Todas las conexiones roscadas tendrán tapones a prueba de agua.

Todos los orificios de prueba en asientos reforzantes y en bridas deslizables serán obstruidos con grasa.

## 2 TANQUES ATMOSFERICOS Y DE PRESION MENOR A 1KG/CM<sup>2</sup> MAN.

### 2.1 Fabricación.

La fabricación de los tanques deberán estar de acuerdo con la parte 1 de la sección 1.23 de la especificación del Instituto Américo de la Construcción de Acero (AISC) o del Código API, según se indique en los datos de diseño.

Todas las juntas soldadas a tope serán de penetración completa y soldadas por ambos lados.

En tanques con recubrimientos todas las superficies interiores deberán quedar unidas a tope completamente lisas y con esquinas redondeadas para la aplicación del recubrimiento.

Los procedimientos de soldadura y los soldadores deberán ser calificados de acuerdo con AWS o ASME.

Las juntas verticales deberán estar alternadas y sin interferir con boquillas o aberturas.

Donde se coloque una sección de acero inoxidable soldada a acero al carbón usar electrodos E-309 o E-310.

Donde los espesores de envolventes se incrementen, las dimensiones de las placas de mayor espesor deberán incre

mentarse para ajustarse a dimensiones comerciales de placas. En ningún caso las dimensiones de placa de mayor espesor serán disminuídas.

Todos los cuellos de boquillas deberán biselarse para soldarse, a menos que se indique otra cosa.

A menos que se especifique otra cosa, todas las soldaduras serán de penetración completa.

Antes de comenzar la fabricación el fabricante deberá proporcionar los dibujos y planos necesarios para construcción.

## 2.2 Tolerancias.

Cualquier sección circular a lo largo de la longitud de envolvente, tendrá un círculo tal que la diferencia entre los diámetros máximo y mínimo no exceda al 1/2" del diámetro nominal para esa sección, o 1.27 mm.

La desviación máxima para cada 6m. de longitud será de - 6.35 mm.

## 2.3 Placa de Identificación.

Se suministrará una placa de identificación de acero inoxidable la cual llevará impreso lo siguiente:

Número Equipo.

Descripción.

Presión de diseño

Temperatura de diseño

Número de orden de compra

Número serie de fabricante

Número orden de fabricación

Nombre fabricante.

#### 2.4 Inspección.

Todas las soldaduras continuas deberán estar libres de poros y/o grietas.

Las juntas soldadas en la placa del fondo deberán espaciarse entre las traveses de la cimentación para facilitar la inspección.

#### 2.5 Embarque.

El embarque se hará en un número mínimo de secciones.

Las secciones o extremos abiertos deberán estar perfectamente marcadas y empacadas para proteger su forma o redondez durante el embarque.

Las caras de bridas y/o superficies maquinadas deberán protegerse con grasa y con cubiertas no metálicas.

Todas las conexiones roscadas serán protegidas con tapones macho roscados.

## 5.4 ESPECIFICACIONES ELECTRICAS GENERALES.

### 1.- Aplicación.

Esta sección contiene requisitos de carácter general - aplicables a las instalaciones para el uso de energía-eléctrica.

### 2.- Métodos de instalación y materiales empleados.

En estas Normas Técnicas sólo se hace referencia a los tipos de conductores, materiales y sistemas de canalización más comúnmente usados en el país. El material-normalmente usado para los conductores es el cobre y así se considera en estas Normas Técnicas, excepto cuando se menciona específicamente otro material.

Prevía autorización pueden usarse otros tipos de materiales y otros sistemas de canalización siempre que se satisfagan los requisitos de seguridad y otras disposiciones del Reglamento y de las Normas Técnicas, que les sean aplicables.

### 3.- Marcas de Identificación.

Todos los equipos y materiales que se utilicen en las - instalaciones eléctricas deben tener la indicación del nombre del fabricante o una marca que permita su identificación. Asimismo, deben tener indicación de sus características eléctricas que permitan precisar cual es su - uso correcto, en la forma que se indica en otras seccio

ciones de estas Normas Técnicas o en la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

#### 4.- Puesta a Tierra.

Las instalaciones deben contar con medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico y otros elementos que normalmente no conduzcan corrientes y que estén expuestos a energizarse si ocurre un deterioro en el aislamiento de los conductores o del equipo.

#### 5.- Resistencia de Aislamiento.

Toda instalación eléctrica debe ejecutarse de manera, que cuando esté terminada, quede libre de cortocircuitos y de contactos con tierra (salvo la conexión a tierra del sistema, para fines de protección, consecuentemente, la resistencia de aislamiento en la instalación debe conservarse dentro de los límites adecuados, de acuerdo con las características de los conductores y la forma en que están instalados.

#### 6.- Calibres de Conductores.

Los calibres de conductores se han designado usando el Sistema Americano de Calibres (AWG) y en cada caso, se indica entre paréntesis la equivalencia en milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ ).

## 7.- CAPACIDAD DE INTERRUPCION

Los dispositivos destinados a interrumpir corrientes, deben tener una capacidad de interrupción suficiente para la corriente que debe ser interrumpida, a la tensión nominal de operación.

Solamente los dispositivos diseñados para interrumpir corrientes de cortocircuito deben usarse para tal fin.

## 8.- CONEXIONES ELECTRICAS.

a) Conexión a terminales. La conexión de los conductores a terminales (de aparatos o dispositivos) debe asegurar un buen contacto sin dañar a los mismos conductores. En general, se deben emplear zapatas soldadas, de presión o cualquier otro medio que asegure una amplia superficie de contacto. En el caso de conductores de calibre N° 3 AWG ( $8.37 \text{ mm}^2$ ) o menor, puede hacerse la conexión mediante un tornillo que sea adecuado para el objeto.

b) Empalmes. Los conductores deben empalmarse o unirse de manera que se asegure una buena conexión mecánica y eléctrica. Se recomienda para ello el uso de dispositivos de unión adecuados o bien aplicar soldadura sobre los emplames o uniones.

Cuando se usen accesorios tales como conectores o uniones a presión o conectores terminales para soldar, deben ser apropiados para el material de los conductores que se unen y ser usados e instalados adecuadamente. No deben conectarse entre

sí conductores de metales diferentes (como, por ejemplo, cobre y aluminio), a menos que el accesorio sea adecuado para el propósito y las condiciones de este uso. Cuando se usan soldaduras, fundentes o compuestos, deben ser adecuados para tal uso y de un tipo que no dañe a los conductores o al equipo.

#### 9.- PROTECCION DE PARTES VIVAS.

En general, las partes vivas desnudas del equipo eléctrico de una instalación, que operen a más de 50 volts y hasta 600 volts entre conductores, deben estar protegidas para evitar contactos accidentales de personas, por medio de gabinetes, cajas ó cualquier otra envolvente aprobada, o bien usando alguno de los siguientes medios:

- a) Localizando el equipo en una sala o recinto al que solo tengan acceso personas idóneas. En este caso las entradas a estos locales deben tener letreros muy visibles que prohiban la entrada a las personas no idóneas.
- b) Empleando divisiones o pantallas permanentes, de material adecuado y dispuestas en tal forma que solo el personal idóneo tenga acceso al espacio en que las partes vivas puedan quedar a su alcance. Cualquier abertura en las mismas divisiones o pantallas debe localizarse y hacerse de dimensiones tales que no exista riesgo de que pueda producirse un contacto accidental de personas y objetos conductores, con las partes vivas.
- c) Colocando el equipo en un balcón o plataforma que, por su ele

vacación y disposición, impida el acceso de personas no idóneas.

- d) Localizando las partes vivas a una elevación de 2.40 metros - como mínimo, sobre el piso, u otra superficie de trabajo.

En los locales donde el equipo eléctrico puede estar expuesto a daños materiales, las envolventes o los resguardos deben - disponerse de manera y ser de resistencia mecánica tal que se eviten estos daños.

#### 10.- PROTECCION DE PARTES EN QUE SE PRODUCEN ARCOS.

Las partes de los equipos eléctricos que en su operación ordinaria producen arcos, chispas, flamas o partículas de metal fundido, deben estar debidamente cubiertas o aisladas de cualquier material combustible.

#### 11.- ESPACIO LIBRE.

Alrededor del equipo eléctrico debe disponerse de espacio suficiente para permitir un acceso fácil, una correcta operación y - trabajos de mantenimiento del mismo equipo en forma segura, con - un nivel de iluminación adecuado. Este espacio no debe ocuparse - para almacenar materiales.

#### 12.- INSTALACION EN CONDICIONES DESFAVORABLES.

Los materiales y equipos que se instalen a la intemperie o en lugares húmedos o expuestos al efecto deteriorante o corrosivo de -

gases, humos, vapores o cualquier otro agente perjudicial, o bien, queden expuestos a temperaturas excesivas, deben estar precisamente diseñados o construídos para soportar las condiciones desfavorables del caso de que se trate.

### 13.- DISEÑO DE INSTALACIONES

- a) Diseños amplios. Dentro de lo posible, no debe limitarse el diseño de la instalación a las condiciones iniciales de la carga, sino que debe dejarse un margen razonable de capacidad para tomar el aumento natural que tienen todos los servicios.
- b) Centros de distribución. Deben localizarse los tableros o centros de distribución en lugares fácilmente accesibles, para comodidad y seguridad de funcionamiento.
- c) Limitación de daños por fallas. Los diferentes elementos de una instalación deben localizarse en tal forma que, si por efecto de un cortocircuito o fallas a tierra se produjera una interrupción, incendio, etc., los daños queden confinados, en lo posible, a la sección en que se encuentren los conductores y tramos de canalización afectados y no queden involucrados los servicios totales del usuario ni, sobre todo, los servicios esenciales o de emergencia.
- d) Toda instalación eléctrica debe ejecutarse de acuerdo con un plano previamente elaborado; cualquier modificación a la instalación debe anotarse en el mismo o en un nuevo plano. El plano actualizado de la instalación debe conservarse en poder del

propietario del inmueble para fines de mantenimiento.

#### 14.- DISTRIBUCION DE LA CARGA

La carga que va a estar conectada a una instalación debe repartirse en forma equilibrada entre el número de fases con que proporcione el servicio el suministrador, ajustándose a lo que a este respecto se establece en el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

#### 15.- VOLTAJE DE UTILIZACION.

La alimentación a las diferentes cargas eléctricas será de acuerdo a los siguientes niveles de tensión:

- a) Motores de potencia fraccionaria que funcione en lugares no críticos o en equipos que no pertenezcan al sistema 127 V, 1 fase.
- b) Motores de potencia fraccionaria que funcionen en lugares críticos incluyendo motores para el servicio de lubricación y bombas auxiliares de aceite.  
480 V, 3 fases
- c) Motores de 3/4 a 200 H.P. 480 V, 3 fases
- d) Motores de 250 H.P. o más 4160 V, 3 fases
- e) Salida a contactos trifásicos 480 V, 3 fases
- f) Lumineras.
  - Exterior y sistema: 220 V, 1 fase
  - Oficinas y laboratorios: 220/127 V, 1 fase.

- g) Instrumentos: 127 V o 24 V.C.D.  
h) Control: 120 V.

## 16.- TIPOS DE AISLAMIENTO.

### a) Aislamiento en baja tensión.

El tipo de aislamiento deberá ser para 600 volts y temperatura máxima del conductor de 75 °C tipo THWN.

### b) Aislamiento en alta tensión.

El aislamiento de los cables para tensiones mayores de 600 volts será tipo "EP" seco (etileno propileno), para una temperatura de operación máxima de 90 °C en operación normal, 130 °C en sobrecarga y 250 °C en corto circuito. El nivel de aislamiento será de 100%.

El calibre de los conductores se determinará mediante el cálculo y de acuerdo a los calibres mínimos siguientes:

- Para circuitos de central de alarmas e instrumentos:

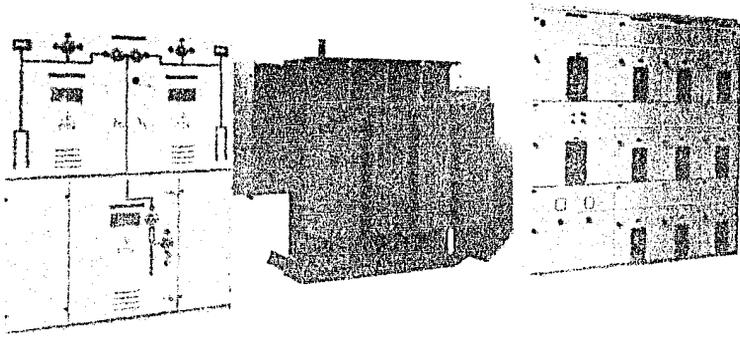
Nº 14 AWG

- Para circuitos de alumbrado y fuerza: Nº 12 AWG en ambos casos se usarán cables trifásicos del calibre 12 AWG hasta el calibre 2 AWG y monopolares de 1/0 AWG en adelante.

### c) Medios de Canalización.

Los conductores se alojarán en charolas tipo escalera de aluminio de fondo abierto, sin tapa en interiores y con tapa en

exteriores. Para la llegada a los motores: luminarias se -  
usará tubo conduit de aluminio tipo pesado.



## CAPITULO VI

### DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR DE EQUIPO.

- 6.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 6.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE SUCCION.
- 6.3 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR DE INTERPASOS HOLDING (VERTICAL).
- 6.4 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR DE INTERPASOS FILLING (VERTICAL)
- 6.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR HORIZONTAL HOLDING.
- 6.6 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR HORIZONTAL FILLING.
- 6.7 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA.
- 6.8 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR DE CONDENSADOS.

6.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO. M2-01

La relación óptima D/H, para tanques de grandes volúmenes en donde el espesor de la pared, el costo por unidad de área del fondo y techo son una función que depende del diámetro y de la altura, está dada por la siguiente expresión:

$$\frac{H}{D} = K \quad (6.1.1)$$

$$\text{Siendo } K = \frac{1}{4} \frac{(C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5)}{C_1}$$

en donde:

$C_1$  = costo total del tanque \$/m<sup>2</sup>

$C_2$  = costo de fabricación de la pared \$/m<sup>2</sup>

$C_3$  = costo de fabricación del fondo \$/m<sup>2</sup>

$C_4$  = costo de fabricación del techo \$/m<sup>2</sup>

$C_5$  = costo de construcción realizada bajo el tanque \$/m<sup>2</sup>

$C_6$  = costo del terreno en el área ocupada por el tanque \$/m<sup>2</sup>

De los costos de fabricación real de este tanque se obtuvo un valor de  $K = 0.4$

Como el tanque se llenará al 80% de su capacidad, es decir:

$$\frac{20,00 \text{ t}}{(0.8) (0.68 \text{ t/m}^3)} = 36,764. \text{ m}^3$$

Si el volumen del tanque (cilindro) está dado por:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H \quad (6.1.2)$$

y la relación económica de la altura y el diámetro es:

$$\frac{H}{D} = K \quad \text{o} \quad H = K \cdot D \quad (6.1.3)$$

de la ec. 6.1.3 sustituimos H en la ec. 6.1.2 y despejamos D.

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{K (\pi / 4)}} \quad (6.1.4)$$

substituyendo valores:

$$D = \sqrt[3]{\frac{36,764,7}{0,4 (0,785)}} = 48,92 \text{ m} \approx 50 \text{ m.}$$

Este valor lo sustituimos en la ec. 6.1.3 para obtener la altura.

$$H = 0,4 (50) = 20 \text{ m.}$$

6.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE SUCCION. M2-04

Si consideramos que todas las ganancias de calor se transforman en vapor entonces:

$$Q_t = 851946.76 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$\lambda = 302.5 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$$

$$W = \frac{Q}{\lambda} = \frac{851,946.76 \frac{\text{Kcal/h}}{302.5 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}}}{2} = 2816.35 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \quad \text{NH}_3 \text{ vapor} \quad (6.2.1)$$

si consideramos una flexibilidad al sistema de 30%

$$2816.35 \times 1.3 = 3689.41 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 8133.756 \frac{16}{\text{h}} \quad (6.2.2)$$

La velocidad volumetrica es:

$$V \text{ esp.} = 18 \frac{\text{fr}^3}{\text{lb}} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{1.12 \text{ m}^3}{\text{kg}} = 4132.13 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (6.2.3)$$

@ -33 °C

el tiempo de residencia estimado es 2 seg. por lo que el volumen ocupado será:

$$4132.13 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1 \text{ Hr}}{3600 \text{ s.}} * 2 \text{ s.} = 229 \text{ m}^3 \quad (6.2.4)$$

este volumen lo emplearemos para dimensionar el tanque de succión. a partir de una relación recomendable de diámetro de altura.

$$h = 1.6D \quad \text{a} \quad h = 1.16D \quad (6.2.5)$$

Para nuestro caso en el cual se tiene un serpentín, se recomienda que el valor de la relación D/h sea desde h = 2D hasta h= 2.5D

el volumen de un cilindro está dado por:

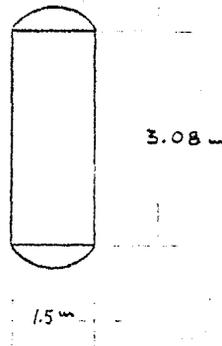
$$V = \frac{D^2}{4} \times h \quad (6.2.6)$$

$$h = 2D \quad (6.2.7)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2.29 \times 4}{2}} \quad (6.2.8)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2.29 \times 4}{2}} = 1.54 \text{ m} = 60''$$

$$h = 1.54 \times 2 = 3.08 \text{ m.}$$



$$V = \frac{\pi}{4} (1.54 \text{ m})^2 \times (3.08 \text{ m}) = 5.75 \text{ m}^3 \quad (6.2.9)$$

6.3 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR DE INTERPASOS DE ESFERA  
(HOLDING) VERTICAL M 2-05

Para tanques verticales basados sobre el área seccional la velo  
cidad del vapor permisible se calcula por:

$$U_t = K \sqrt{\frac{(\rho_l - \rho_v)}{\rho_v}} \quad (6.3.1)$$

en donde:

$U_t$  = velocidad permisible en m/s

$\rho_l$  = densidad del líquido kg/m<sup>3</sup>

$\rho_v$  = densidad del vapor, kg/m<sup>3</sup>

K = constante de la velocidad del vapor y es 0.069 sin maya.

La velocidad de diseño del vapor es:

$$U_a = F \cdot U_t \quad (6.3.2)$$

donde F es un factor

F = 50% Mw Kellogg

F = 40% Lemmus

F = 40% Du pont.

Para nuestro cálculo utilizamos el 40%

a 1.1 °C las densidades del amoníaco líquido y vapor son:

$$\rho_l = 628.56 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_v = 3.59 \text{ kg/m}^3$$

Substituyendo Valores en la ec. (6.3.1) y (6.3.2) tendremos:

$$U_t = (0.069) \sqrt{\frac{628.56 - 3.59}{3.59}} = 0.91 \text{ m/s}$$

entonces:

$$U_a = (0.40) (0.91) = 0.364 \text{ m/s}$$

El área de flujo requerida es:

$$A = \frac{V}{U_a} \quad (6.3.3)$$

en donde V es el flujo volumétrico en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

El amoníaco manejado es el indicado en la corriente 6 del día grama de flujo de proceso.

$$V = 979,8 \text{ kg/h} \times \frac{1}{3.59 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1}{3600 \text{ s}} = 0.0758 \text{ m}^3/\text{s}$$

Substituyendo este valor en la ec. ( 6.3.3), obtendremos el área de flujo requerida.

$$A = \frac{0.758 \text{ m}^3 / \text{seg.}}{0.364 \text{ m/seg}} = 0.208 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.208}{\pi}} = 0.514 \text{ m} \quad (6.3.4)$$

La altura de este equipo está dada por:

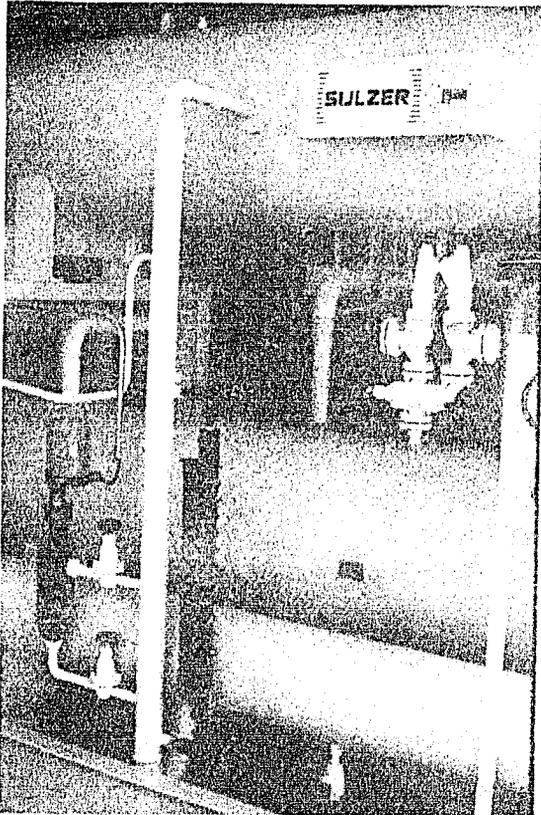
$$L = \frac{V \times \text{tr}}{A} \quad (6.3.5)$$

en donde tr es el tiempo de residencia y es igual a 3.16 seg.

$$L = \frac{0.0758 \text{ m}^3/\text{s.} \times 3.16 \text{ s.}}{0.208 \text{ m}^2} = 1.15 \text{ m}$$

La altura final del equipo estará dada por la relación económica del diámetro y la altura.

$$L/D = 2.23$$



6.4 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR DE INTERPASOS DE LLENADO (FILLING) VERTICAL M2-06

Para el dimensionamiento de este recipiente seguiremos el mismo criterio utilizado para el tanque acumulador de interpasos Holding, solo que el vapor de amoníaco manejado es el indicado en la corriente 12 del diagrama de flujo de proceso.

$$V = 3895.9 \text{ kg/h.} \times \frac{1}{3.59 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1}{3600 \text{ s.}} = 0.301 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sf

$$U_a = 0.364 \text{ m/s.}$$

el área de flujo requerida es:

$$A = \frac{0.301 \text{ m}^3/\text{s}}{0.364 \text{ m/s.}} = 0.827 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.827}{\pi}} = 1.026 \text{ m}$$

$$\text{Sf } L/D = 1.66$$

$$L = 1.026 \text{ m} \times 1.66 = 1.7 \text{ m}$$

6.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR DE ESPERA HORIZONTAL.  
(HOLDING) M2.02

Gasto manejado 976.8 kg/h corriente 6

$$\rho_1 = 573,66 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 43.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para dimensionar el tanque horizontal lo hacemos por el tiempo de residencia y una relación económica  $L/D = 5$ , entonces el diámetro estará dado por:

$$D = \sqrt[3]{\frac{tr \cdot V1 \cdot f1}{5 (\pi / 4)}} \quad (6.5.1)$$

en donde:

$V1$  = Velocidad volumétrica del líquido  $\text{m}^3/\text{min}$ .

$tr$  = Tiempo de residencia en min.

$f1$  = Suponemos 70%, fracción del área seccional del líquido.

por lo tanto sí:

$$tr = 40 \text{ min.}$$

$$V1 = 979.8 \text{ kg/h} \times \frac{1}{573.66 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1}{60 \text{ min.}} = 0.025 \text{ m}^3/\text{min.} \quad (6.5.2)$$

substituyendo valores, en la ecuación (6.5.1) tendremos:

$$D = \sqrt[3]{\frac{40 (0.025) (0.7)}{5 (\pi / 4)}} = 0.584 \text{ m}$$

$$\text{sí } \frac{L}{D} = 5$$

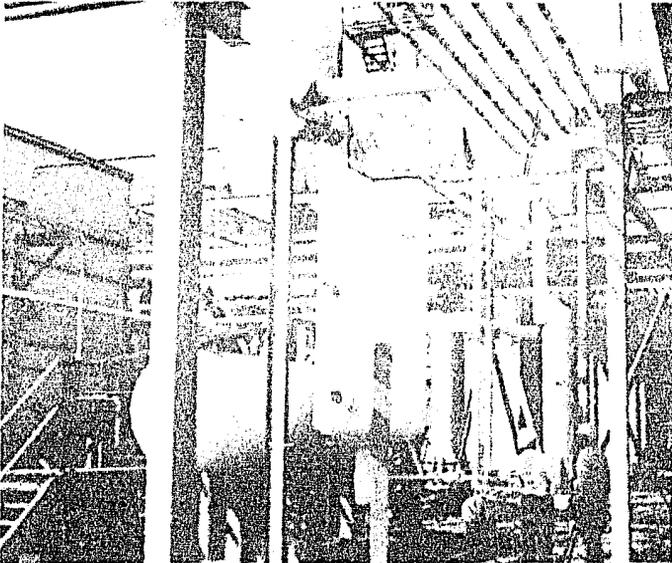
$$L = 5 \times 0.584 = 2.922 \text{ m.}$$

En volumen entre tangentes es:

$$V = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \quad (6.5.3)$$

y si sustituimos valores tenemos:

$$V = \frac{\pi}{4} (0.584)^2 \times 2.922 = 0.783 \text{ m}^3$$



6.5 DIMENSIONES DEL TANQUE ACUMULADOR DE LLENADO HORIZONTAL (FILLING)  
M2-03.

Para dimensionar este recipiente utilizamos las mismas ecuaciones del tanque acumulador horizontal holding.

Gasto 3,919.2 kg/h. Corriente 12

$$V = 3919.2 \text{ kg/h} \times \frac{1}{573.6 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min.}} = 0.1138 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Sf tr = 40 min.

$$D = \sqrt[3]{\frac{(40) (0.1138) (0.7)}{3 (\pi / 4)}} = 1.10 \text{ m.}$$

$$L = 5 (1.10) = 5.53 \text{ m.}$$

El volumen entre tangentes es:

$$V = \frac{\pi}{4} (1.10)^2 \times 5.53 = 5.25 \text{ m}^3$$

6.7 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DETURBOSINA.

M2-S-01

El criterio, es que el tanque lleno se vacía en 25 minutos al utilizar la demanda máxima de turbosina.

$$195,239.11 \text{ kg/h} + 22,727,27 \text{ kg/h} = 217,966.27 \text{ kg/h.}$$

$$25 \text{ min.} = 0.4166 \text{ h.}$$

$$217,966.27 \text{ kg/h} \times 0.4166 \text{ h} = 90,819.16 \text{ kg/h.}$$

$$\text{Si } \rho_{\text{turb}} = 760 \text{ kg/m}^3$$

Tendremos un volumen de:

$$\frac{90,819.16 \text{ kg/h}}{760 \text{ kg/m}^3} = 119.49 \text{ m}^3$$

y si el tanque se llena a un 80% de su capacidad

$$\frac{119.49 \text{ m}^3}{0.8} = 149.36 \text{ m}^3$$

el diámetro está dado por:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V \times 4}{1.2}} = \sqrt[3]{\frac{149.36 \times 4}{1.2}} = 5.41 \text{ m}$$

$$\text{entonces la altura es: } H = D / 1.2 = 5.41 / 1.2 = 4.50 \text{ m.}$$

## 6.8 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE ACUMULADOR DE CONDENSADOS.

M2-S-02

Para el diseño de este recipiente estimamos 15 minutos de tiempo de residencia y una relación económica de  $1.50 = H$ .

El condensado de vapor es  $5.132 \text{ m}^3/\text{h}$ .

La capacidad del tanque es:

$$5.132 \text{ m}^3/\text{h} \times 1 \text{ h}/60 \text{ min} \times 15 \text{ min} = 1.28 \text{ m}^3$$

entonces el diámetro es:

$$D = \sqrt[3]{\frac{1.28 \times 4}{\pi \times 1.5}} = 1.028 \text{ m}$$

y la altura:

$$H = 1.50 = 1.5 \times 1.029 \text{ m} = 1.54 \text{ m}$$

## CAPITULO VII

### CRITERIO DE DISEÑO Y OPERACION DE EQUIPOS

- 7.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 7.2 RECIPIENTES
- 7.3 BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE AMONIACO
- 7.4 CONDENSADORES DE CORAZA Y TUBOS.
- 7.5 PURGA DE INCONDENSABLES
- 7.6 PURGADOR DE INERTES.

## 7.1 TANQUE. DE ALMACENAMIENTO

### MATERIALES DE CONSTRUCCION.

La selección adecuada de los materiales para servicio criogénico es una consideración de las más importantes. Nuestro primordial interés es presentar el material que operará a temperaturas criogénicas. Las fracturas mecánicas están relacionadas con las propiedades del material como son: La dureza, tenacidad, ductibilidad, tamaño de grano, coeficiente de expansión, esfuerzo y propiedades elásticas del material.

Muchos materiales incrementan en esfuerzo con un descenso de temperatura sin embargo, algunos como el acero al carbón, sufren casi una completa pérdida de la ductibilidad a bajas temperaturas, haciéndolos inusuales en recipientes internos. El cobre, níquel, aluminio y la mayoría de las aleaciones de estos metales no presentan transición de dúctiles a frágiles, son disponibles para otros servicios criogénicos como son GNL, OXL, NIL pero no para amoníaco. El acero inoxidable de 18% en cromo, 8% de níquel presenta una excelente ductibilidad.

Algunos requerimientos mínimos se han establecido por el código ASME, API estandar 620.

El procedimiento de diseño de recipientes criogénicos no difiere materialmente de las usadas para los tanques convencionales, únicamente se determinarán las condiciones de servicio y los materiales de construcción.

- a) Deberá determinarse el volúmen geométrico menor del nivel - máximo y el espacio mínimo de vapor requerido para proveer - una superficie adecuada para ebullición si el producto que - ingresa se flashea en el recipiente de almacenamiento, puede ser necesario un espacio adicional. Con lo anterior podemos establecer el número de ciclos de arranque-paro del sistema. Los valores de volumen de vapor son en un rango de 5 a 10% - del volumen de líquido, almacenado. En el caso de un tanque de fondo plano con techo de domo, estos requerimientos generallmente son satisfechos por el volumen del domo.
- b) El recipiente debe diseñarse para aumentos de presión interna proveniente de la fase vapor de la cantidad de líquido almacenado. Cuando se tienen recipientes criogénicos deberá considererse un rango de presión y temperatura acompañado de variaciones en la densidad del producto, deberán tomarse los valores máximos:

Las cargas máximas de diseño se tomarán con la presión de diseño del recipiente y con una densidad de líquido máxima.

Para recipientes con sistemas de aislamiento básico, el recipiente interno debe diseñarse para resistir la presión externa del peso del aislamiento, la presión de gas de secado de - la perlita, y pequeños vacíos ocasionados durante la operación.

Deberá darse consideraciones especiales a las cargas, concentradas en la región de los soportes y accesorios adheridos, to

mando en consideración los desplazamientos térmicos.

Otras cargas de diseño del recipiente se incluyen por viento, nieve y cargas muertas. El espesor del material de construcción es el mínimo nominal requerido.

### TIPOS DE AISLAMIENTO

Existen muchas combinaciones de materiales para aislamiento y recubrimientos atmosféricos para recipientes refrigerados. Los tipos más comunes son recipientes de doble pared con el espacio anular lleno de perlita: vidrio esponja (foam glass) o poluretano con mastic y acero galvanizado ó aluminio como enchaquetados.

Los principios sobre los cuales se relacionará el aislamiento son los siguientes:

Primero se prefiere que el tipo de aislamiento no sea combustible, si se usa un material aislante que se descompone o que puede consumirse con la exposición al fuego, deberá considerarse el material y el dimensionamiento de las válvulas de seguridad para la exposición al fuego. Por lo que hay que tomar en cuenta las consideraciones pertinentes para este caso.

Los recipientes de doble pared con el recipiente exterior de acero y aislamiento de perlita ofrecen un mayor grado de protección. El segundo por óptimo es el vidrio esponja con una chaqueta de fierro galvanizado.

El vidrio-esponja o poliuretano con un recubrimiento de mástic ó chaqueta

ta de aluminio ofrecen el menor grado de protección. Estas últimas - combinaciones probablemente serán consumidas a la exposición con fuego.

Pruebas de incendio a pequeñas escalas muestran que el poliuretano con un recubrimiento de mastic arden y se descomponen, lo mismo sucede con el vidrio-esponja. La experiencia en refinería muestra que el aluminio se funde con la exposición al fuego y no ofrece protección al aislamiento. Por otro lado, hay muchas experiencias que muestran que las chaquetas de acero galvanizado sobre el aislamiento ofrece un mayor comportamiento de protección frente a daños por incendio.

Sobre las bases anteriores, los recipientes de doble pared con aislamiento de perlita son considerados satisfactorios. El vidrio-esponja y el - poliuretano con chaquetas de acero, probablemente es una de las consideraciones más económicas. El vidrio-esponja o poliuretano con mastic o chaquetas de aluminio serán las menos usadas, si hay un incentivo económico fuerte.

El aislamiento de las paredes con perlita expandida se instalará con - cuidado y en el lugar del aislamiento para disminuir la humedad y el - rompimiento de las partículas de perlita. Se dará un terminado con barrera de vapor plástico a las paredes expuestas a la perlita para protegerla de la humedad del aire exterior. Esto es necesario debido a que la perlita prácticamente no ofrece resistencia al movimiento de la humedad.

La purga de gas del espacio del aislamiento, siempre estará provisto de un sistema para eliminar la humedad del aire exterior, cuando la presión

barométrica o la temperatura del ambiente exterior cambian.

El gas suministrado para el secado de la perlita tendrá las características siguientes:

- 1.- Deberá ser seco abajo del punto de rocío de la temperatura de almacenamiento.
- 2.- No tener otros componentes que puedan condensar a las temperaturas de almacenamiento.
- 3.- Tener una fuente de suministro adecuada y digna de confiar.
- 4.- No crear mezclas flamables, si el producto se fuga del tanque interno.

Debido a las expansiones y contracciones de las paredes de los recipientes ocasionados por los cambios bruscos de temperatura en el vaciado y llenado del tanque. Es conveniente instalar un colector plástico en la superficie exterior de la coraza del tanque interior, así la coraza --elástica se mueve hidráulicamente evitando que la perlita sea comprimida (ver fig. 7.1.1)

Los accesorios del tanque que transportan gases o líquidos fríos deberán proveerse con extensiones para proteger las trazas de posibles fracturas por fragilidad debido al enfriamiento. Algunas corazas exteriores se construyen de acero al carbón ASTM-283-C. Estos aceros no son resistentes a bajas temperaturas y deberán protegerse por accesorios que disipan el frío antes de conectarse a estas corazas.

## TECHO.

La concepción de tanque interno de techo abierto es ampliamente aceptado debido a que este proporciona las ventajas siguientes:

- 1.- Elimina el costoso techo autoportado convencional usado anteriormente en tanques internos.
- 2.- El vapor de producto almacenado circula libremente en el espacio del aislamiento, eliminando la necesidad de un sistema de purgado de gas para el espacio aislado, esto disminuye los costos de operación y mantenimiento .
- 3.- Elimina la posibilidad de sobre presionar el recipiente interno de líquido.

El principio de este tipo de techo es similar al plafond suspendido de un edificio, en el cuál el aislamiento intercepta el calor del techo caliente y mantiene el espacio de abajo frío.

## ACCESORIOS.

El diseño apropiado de los accesorios es vital para una construcción del tanque de almacenamiento segura y económica.

Los factores más importantes en el diseño de accesorios criogénicos son:

- 1.- Las líneas en el recipiente interno deben ser lo suficientemente flexibles para absorber la expansión y contracción térmica de los tanques interno y externo, sin esta flexibilidad, se introduce--

ran a las conexiones de las líneas de la coraza altas concentraciones de esfuerzos.

- 2.- Deberán preverse trampas en las líneas de líquido para prevenir la circulación de gas licuado entre superficies calientes del exterior y el tanque de almacenamiento. Las trampas propiamente diseñadas proveerán un gas amortiguador que disminuye el calor transferido al recipiente (boil-off).
- 3.- La conexión de la coraza exterior a las líneas frías deberán estar provistas de piezas especiales para prevenir que la temperatura de la coraza exterior alcance rangos de fragilidad.
- 4.- Se instalarán válvulas, manómetros y venteos para almacenamiento criogénico. Los materiales para construcción deberán ser compatibles con el producto almacenado, disponible para servicio a bajas temperaturas y duradero bajo los extremos cambios de temperatura y presiones de operación. Las válvulas serán seleccionadas correctamente usando características como turbulencia mínima y escape de producto, cerrado rápido y positivo, baja caída de presión, etc. Los venteos se analizarán para acción sensible mínimo goteo cuando se cierre y de acuerdo al dimensionamiento propio para el venteo de condiciones críticas.
- 5.- Las entradas para hombre interna y externa en el recipiente de doble pared tendrá un acceso intermedio aislado.

No es recomendable tener una conexión metálica entre el acceso y al otro tanque. Ya que una conexión semejante puede dar una

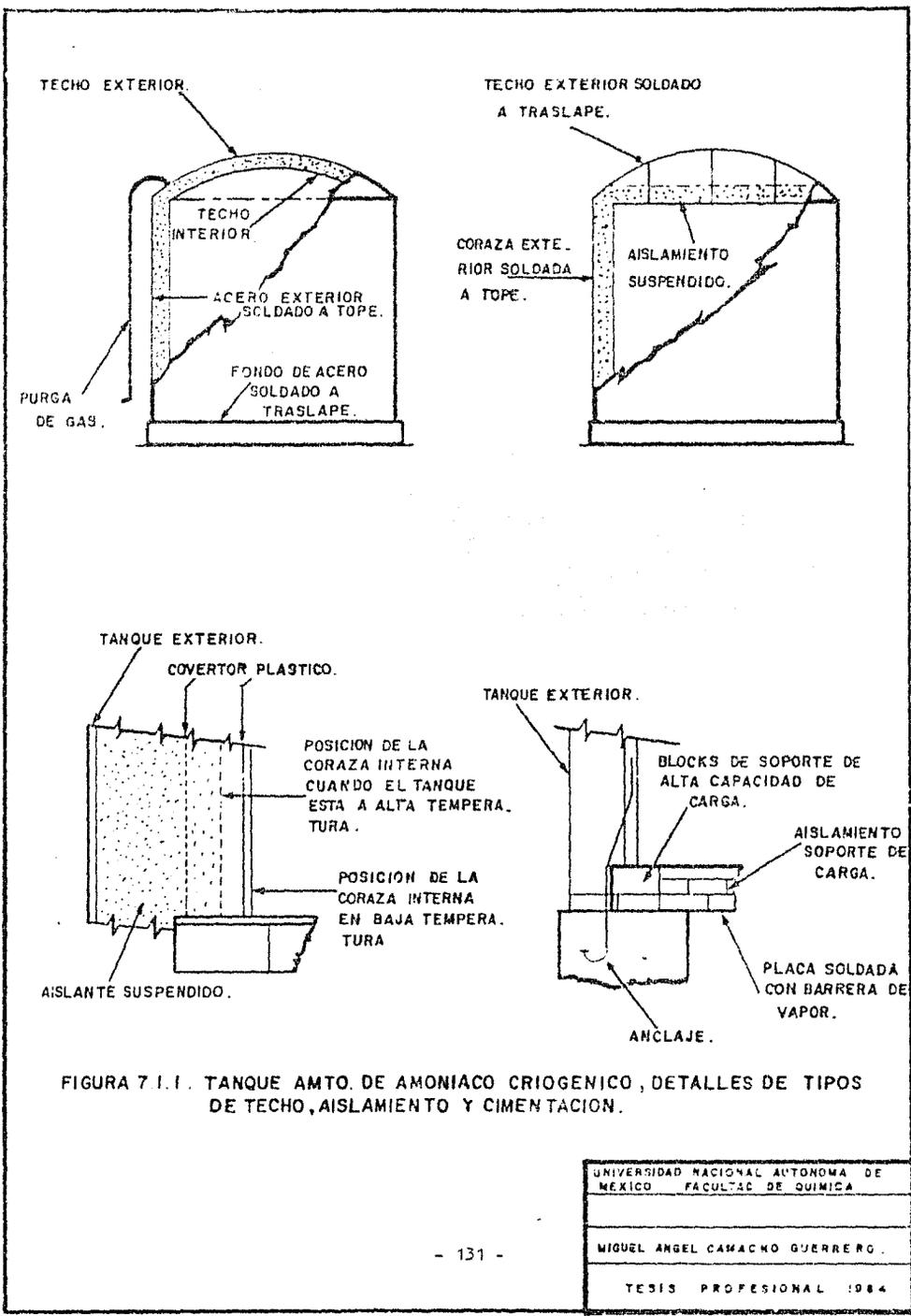
trayectoria de escape directo del tanque interno y el contenido.

Se recomienda que todas las entradas para hombre sean cerradas - con soldadura.

### CIMENTACIONES.

Las cimentaciones para este tipo de recipientes no difieren materialmente de las cimentaciones para cilindros ordinarios. El amoníaco es más ligero que el agua sin embargo el recipiente interno y las cimentaciones se diseñaran para el peso total de agua contenida en el recipiente.

Para recipientes de fondo plano, las cimentaciones presentan un problema adicional. El recipiente es un disminuidor de calor y si no se provee un suministro de calor, una gran cantidad de tierra puede alcanzar temperaturas abajo del punto de congelamiento del agua y la humedad en el subsuelo puede congelarse. Para prevenir este congelamiento se colocará una fuente de calor abajo del tanque exterior para mantener la temperatura arriba de los 0 °C (32 °F). Las resistencias eléctricas de calentamiento o serpentines con circulación de líquidos calientes son medios efectivos para suministrar calor. Es importante recalcar que la cimentación debe ser apropiada y así evitar que el tanque se fracture.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE QUIMICA

MIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO.

TESIS PROFESIONAL 1984

## PROTECCIONES NECESARIAS PARA SOBRE PRESION.

El recipiente deberá protegerse con válvulas de seguridad por sobre presión de las condiciones de operación o por exposición al fuego, también se incluirán válvulas de relevo a vacío.

Estas válvulas serán del tipo pilot operated y la descarga debe ser directamente hacia arriba y descargará a 3 metros arriba del techo del recipiente.

Los venteos para protección y expansión en fuego deberán dimensionarse de acuerdo con API-RP 2000 Guide For Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Vessels.

Las condiciones de proceso serán consideradas en el dimensionamiento de válvulas de seguridad, pero no están limitadas, a pérdidas por enfriamiento durante el llenado, sobre llenado, falla de válvulas de control y los súbitos cambios de la presión atmosférica.

Debido a la baja presión de ajuste de las válvulas de seguridad, la descarga se hará a la atmósfera, bajo condiciones normales de descarga, los niveles vacíos de concentración de vapor no alcanzan proporciones inflamables. Cada diseño específico deberá checarsse.

Frecuentemente se ha expresado que las válvulas de relevo a vacío pueden crear una condición peligrosa debido al aire que entra al recipiente cuando estas funcionan, aquí consideramos que no es una situación potencialmente importante debido a la escases de fuentes de ignición. Consideramos de mayor importancia el colapso del recipiente debido al vacío que la posibilidad de una explosión interna.

## 7.2 RECIPIENTES

El sistema requiere de tanques recibidores y evaporadores debido a que estos actúan como un colchon que absorbe las fluctuaciones de operación del sistema.

El recibidor drena al condensador previendo la formación vigorosa de líquidos que reduce la superficie afectiva de condensación. El recibidor deberá ser lo suficientemente grande para absorber las fluctuaciones de carga en el condensador y en el tanque de succión, éste tendrá una línea compensadora de manera que el gas presurizado sea relevado y el líquido pueda drenarse libremente del condensador. La compensación de presión puede hacerse de dos formas:

- 1.- Cuando la compensación se hace a través de la misma línea de drenado de líquido, esta línea no deberá entraparse en forma alguna y el tamaño deberá seleccionarse de manera que la velocidad a través de esta no exceda los 0.5 metros por segundo.
- 2.- Cuando se tiene la posibilidad de que la línea de drenado de líquido se entrampe debido a su dimensionamiento o trayectoria, la compensación tendrá que hacerse por una línea compensadora externa que se conectará en algún punto arriba del sistema en el cuál el gas pueda relevarse.

Cuando se usa un condensador de coraza y tubos esta línea compensadora deberá conectarse al relevo y a la válvula de -

purga provista al final de la salida de gas opuesta a la lí  
nea de entrada del condensador. La línea compensadora debe  
rá seleccionarse de acuerdo con las toneladas del sistema.

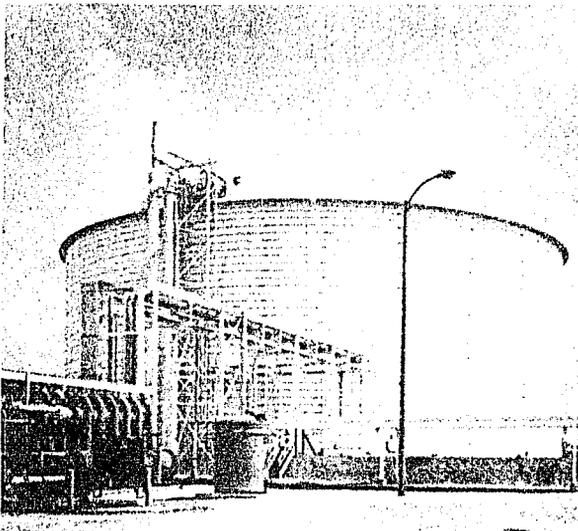
Básicamente hay dos tipos de recibidores de alta presión, -  
aquellos en las que las boquillas de entrada y salida se en-  
cuentran en los extremos del tanque (TIPO CRUCE) y aquellas-  
en las cuales sólo se tiene una boquilla que sirve para en-  
trada y salida (TIPO BORBOTEO). El uso de uno u otro puede-  
determinarse al tipo de aplicación y limitaciones físicas -  
del sistema.

La figura 7.2.1 muestra un recibidor tipo cruce con conexio-  
nes en la parte superior conectado a un condensador de cora  
za y tubos. Puede ser que no sea necesaria la línea compen  
sadora y en este caso la línea de drenado líquido debe dimen  
sionarse de manera que la velocidad no exceda los 0.5 metros  
por segundo.

Cuando se localice una válvula de corte en la línea de drena  
do entre el condesador y el recibidor, esta deberá localizar  
se a un mínimo de 20.3 cm abajo de la cacerola eliminadora -  
de vórtice y tendrá que localizarse a un costado en una posi  
ción horizontal. Cualquier línea horizontal deberá inclinar  
se en la dirección del flujo con un mínimo de 2 cm. por me-  
tro o más, si la línea de drenado se taponea de cualquier -  
manera antes de entrar al recibidor, el sistema deberá pro -  
veerse de una línea de compensación.

La figura 7.2.2 muestra la aplicación recomendada de un reci  
bidor con entrada en el fondo. Cualquier recibidor con en-  
trada en el fondo ya sea tipo cruce o tipo borboteo, deberá-  
tener una línea compensadora conectada con el condensador. -  
Esto es necesario para prevenir cualquier obstrucción de la  
entrada al recibidor por lo gases contenidos en el mismo. -  
El gas retornaria arrastrando líquido al condensador. La lí  
nea de drenado del condensador al recibidor deberá dimensio-  
narse de manera que la velocidad a plena carga no exceda los  
0.76 metros por segundo.

La tabla de la figura 7.2.2 de la diferencia mínima disponible  
entre el fondo del eliminador de vórtice, en el condensador y  
el nivel de líquido mayor esperado en el recibidor.



Insulated Anhydrous Ammonia Tank, Tampa, Florida.

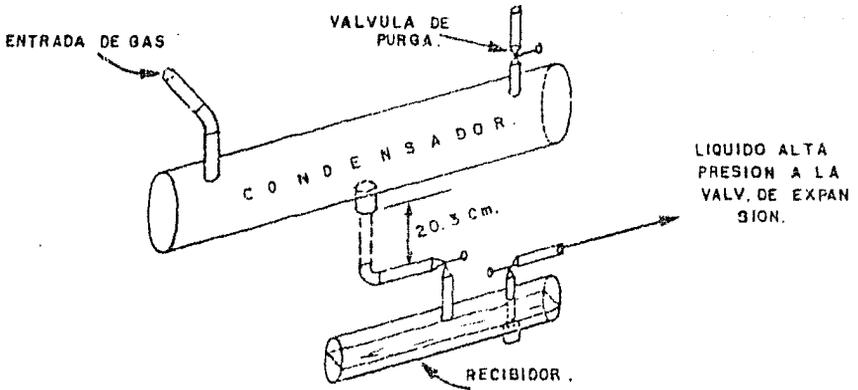


FIG.7.2.1 RECIBIDOR TIPO CRUCE ENTRADA EN EL DOMO.

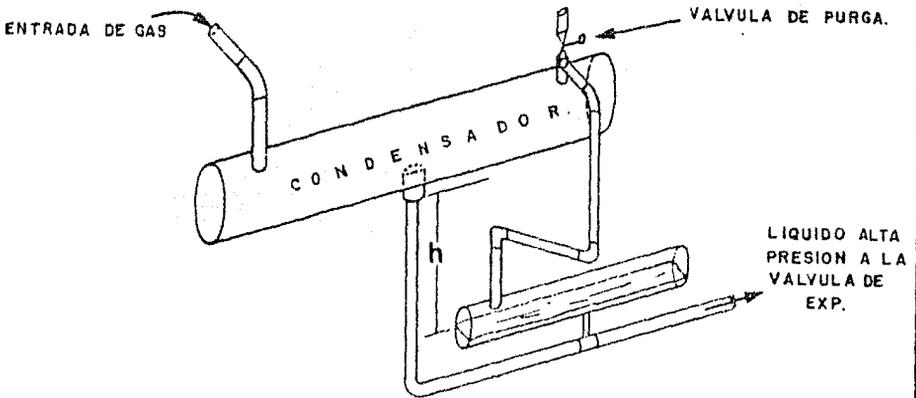


FIG. 7.2.2.-RECIBIDOR TIPO BORBOTEO.

VELOCIDAD MAXIMA DE DREN EN M/S.	TIPO DE VALV. ENTRE EL COND.Y EL RECIBIDOR	h . REQUERIDA.EN.CM.
0 . 76	NINGUNA.	35 . 5
0 . 76	ANGULO	40 . 6
0 . 76	GLOBO	71 . 1
0 . 50	NINGUN ANGULO O GLOBO	35 . 5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE QUIMICA

MIGUEL ANGEL CANACHO GUERRERO

TESIS PROFESIONAL 1984 .

### 7.3 BOMBAS DE TRANSFERENCIA DE AMONIACO.

Las bombas verticales tipo turbina de lata se diseñan para aquellos servicios donde la energía disponible, (carga neta, positiva de succión) es limitada. En la instalación en una lata de succión de suficiente profundidad, parte ó todo el NPSH (carga neta-positiva de succión) requerida para la operación satisfactoria es construída dentro de la unidad. La construcción vertical de éste equipo requiere de un espacio mínimo en el piso.

#### DESCRIPCION GENERAL.

Los componenetes básicos de una bomba vertical de lata son: El motor, la cabeza de descarga el tubo de columna, el cuerpo de tasones ensamblado y la lata de succión.

#### UNIDAD MOTRIZ.

Los motores eléctricos verticales de flecha sólida son los más comunmente usados. Para estos motores se utilizan coples con brida.

#### CABEZAL DE DESCARGA.

El cabezal de descarga será de una recia construcción de acero la cual soporta la bomba y el motor sobre su base de concreto. Dos tipos de cabezales de descarga pueden ser suministrados. Estos son el tipo T y el tipo L. El tipo "T" está construído con una brida soldada al tubo de descarga, concentrico a otra brida soldada al tubo de succión lo cual recibe el líquido-

a ser bombeado y lo dirige a la lata de succión. El tipo "L" es ta construido solamente con una brida soldada al tubo de descarga. El tubo de succión se localiza bajo la superficie y esta - soldado a la lata de succión. El sello en la flecha en el cabezal de descarga se efectúa utilizando ya sea: empaques ó sello-mecánico en la caja de empaques.

#### CAJA DE EMPAQUES.

En una bomba sellada con empaques es comunmente usada una camisa de flecha, una caja de empaques la cual aloja los empaques en - forma de anillos, una jaula de sello y una chumacera de la caja-de empaques. Una prensa estopas que es ajustable en la caja para comprimir los empaques a la presión conveniente sobre la flecha.

#### ADAPTADOR DEL SELLO MECANICO.

Una bomba con flecha sellada mecánicamente emplea un adaptador de material fundido el cual aloja el sello mecánico y la chumacera - del sello mecánico.

#### CUERPO DE TAZONES.

El cuerpo de tazones estará diseñado para operar completamente - sumergido en la lata de succión. Una campana de succión es sumi nistrada usualmente para reducir las pérdidas de succión. El ma terial especial en las chumaceras se usa dependiendo del líquido bombeado.

## INSTALACION.

La bomba deberá colocarse de manera que su instalación sea simple y que sea accesible para una inspección periódica. Esto es en un lugar amplio que permite el uso de un caiman u otro aditamento con la capacidad para manejar la bomba ensamblada y el motor individualmente.

## BASE.

La base debe ser de un material que soporte permanentemente rígida toda el área de la base de la bomba de tal manera que absorva los esfuerzos, tensiones y sacudidas que pueden ocurrir al estar en servicio el equipo.

Las bases de concreto deben ser construídas al nivel de una tierra sólida, los pernos de anclaje del tamaño especificado deben estar colocados con los dibujos certificados del proveedor, tomando en cuenta la brida de la lata, cada tornillo debe estar dentro de un tubo colocado rígidamente en la base de concreto.

## CAJA DE EMPAQUES.

Conectar el tubo que conecta la caja de empaque al tubo de succión del cabezal de descarga para facilitar la recirculación a través de la chumacera de la caja de empaques y reducir la presión del empaque.

Normalmente se provee de conexiones de sello en la caja de empaque localizadas a 180 °C una de otra. Se puede usar líquido sellador para:

- a) Sellar el empaque contra la entrada de aire dentro de la bomba.
- b) Proveer lubricación para el empaque.

- c) Prevenir el escape de líquidos.
- d) Proveer un medio de enfriamiento para la caja de empaque.

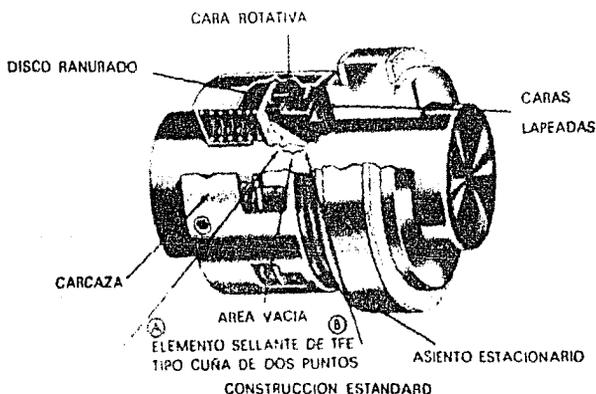
En este caso en el que la gravedad específica del amoníaco es baja se recomienda que el empaque sea auto-lubricante o deberá tener un aditivo externo para lubricante que se instalará en la jaula de sello.

Si se usa un líquido sellador y/o lubricante éste deberá ser introducido a una presión ligeramente mayor que el de la caja de empaque. Se recomiendan válvulas de control para las conexiones del sello exterior a interior para regular el volumen y la presión del líquido sellador.

### SELLO MECANICO.

El sello mecánico de la flecha es instalado de acuerdo con el dibujo seccional provisto con la bomba. Ya instalado éste; después de un ligero goteo, el sello mecánico deberá operar sin goteo visible.

Siempre deberá haber circulación del líquido bombeado a través de la chumacera y las caras del sello. El tubo que conecta el sello mecánico con el tubo de succión del cabezal de descarga está constituido con este propósito.



#### 7.4 CONDENSADORES DE CORAZA Y TUBOS.

El condensador de coraza y tubos deberá diseñarse con la conexión de entrada de gas caliente sobre la coraza y al extremo, también deberá localizarse una válvula de purga con sus válvulas de relevo necesarias, localizadas siempre en el lado extremo opuesto de la entrada de gas. Cuando el receptor de alta presión se compensa externamente, la línea compensadora también deberá conectarse en este punto.

Deberá preverse una mampara localizada directamente abajo de la conexión de entrada de la coraza. La conexión de salida del condensador debe localizarse en el fondo de la coraza, está generalmente será mayor que la línea del líquido.

La figura 7.2.1 muestra la instalación de la tubería propia para un condensador de coraza y tubos con una línea de drenado libre conectada a la parte superior del receptor de alta presión.

La figura 7.2.2 muestra la conexión de tuberías apropiadas para un condensador de coraza y tubos y un receptor con la entrada en el fondo, notese que se requiere una línea de compensación externa y que deberá dimensionarse de acuerdo a las toneladas del sistema.

La tabla en la figura 7.2.2 muestra la diferencia de elevaciones requerida entre el fondo del condensador y el nivel más alto esperado en la operación del receptor, deberá admitirse un sello de líquido para proporcionar una cabeza estática de líquido la cual -

compensa la caída de presión.

Cuando dos ó más condensadores de coraza y tubos son instalados en paralelo en un sistema, estos se arreglan como se muestra en la figura 7.4.1. Nótese que la salida de líquido de cada condensador está obstruída abajo del recibidor de alta presión el cual tiene la entrada en el fondo. La diferencia de elevaciones requerida entre el nivel de operación más alto esperado en el recibidor y el fondo del condensador puede tomarse de la tabla de la figura 7.2.2 La línea de drenado de líquido para cada condensador, está dimensionada para 0.76 metros por segundo de velocidad, a su flujo máximo y la línea de drenado común deberá dimensionarse para 0.76 metros por segundo.

En ningún caso la diferencia de elevaciones entre el fondo del condensador y el domo del recibidor será menor de 30.48 cm. Para conexiones de condensadores múltiples, la compensación externa del recibidor de alta presión deberá conectarse a la conexión de la válvula de relevo sobre cada condensador y cada uno tendrá una válvula de corte. Durante la operación, sólo una de estas válvulas deberá dejarse abierta. Las otras válvulas compensadoras darán flexibilidad al sistema en el momento en que otro condensador sea bloqueado por falla.

Cuando deba adicionarse a un sistema existente con un recibidor con entrada en el domo, puede que no sea posible arreglar las líneas de drenado como se muestran en la figura 1.4.1 a. Para este caso el arreglo mostrado en la figura 7.4.1.b puede utilizarse,

no obstante deberá cuidarse la operación del sistema para prevenir los cuelgues de tubería en algunos de los condensadores. Este arreglo no se recomienda cuando hay la posibilidad de instalar las tuberías como en la figura 7.4.1. a.

Si dos o más unidades condensadoras se usan en un sistema con un receptor de alta presión común, las entradas de gas de los condensadores individuales deberán interconectarse por medio de una línea de gas compensadora dimensionada de acuerdo a la tabla siguiente:

Línea de descarga	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"
Línea de gas compensadora	1"	1 1/2"	2"	2"

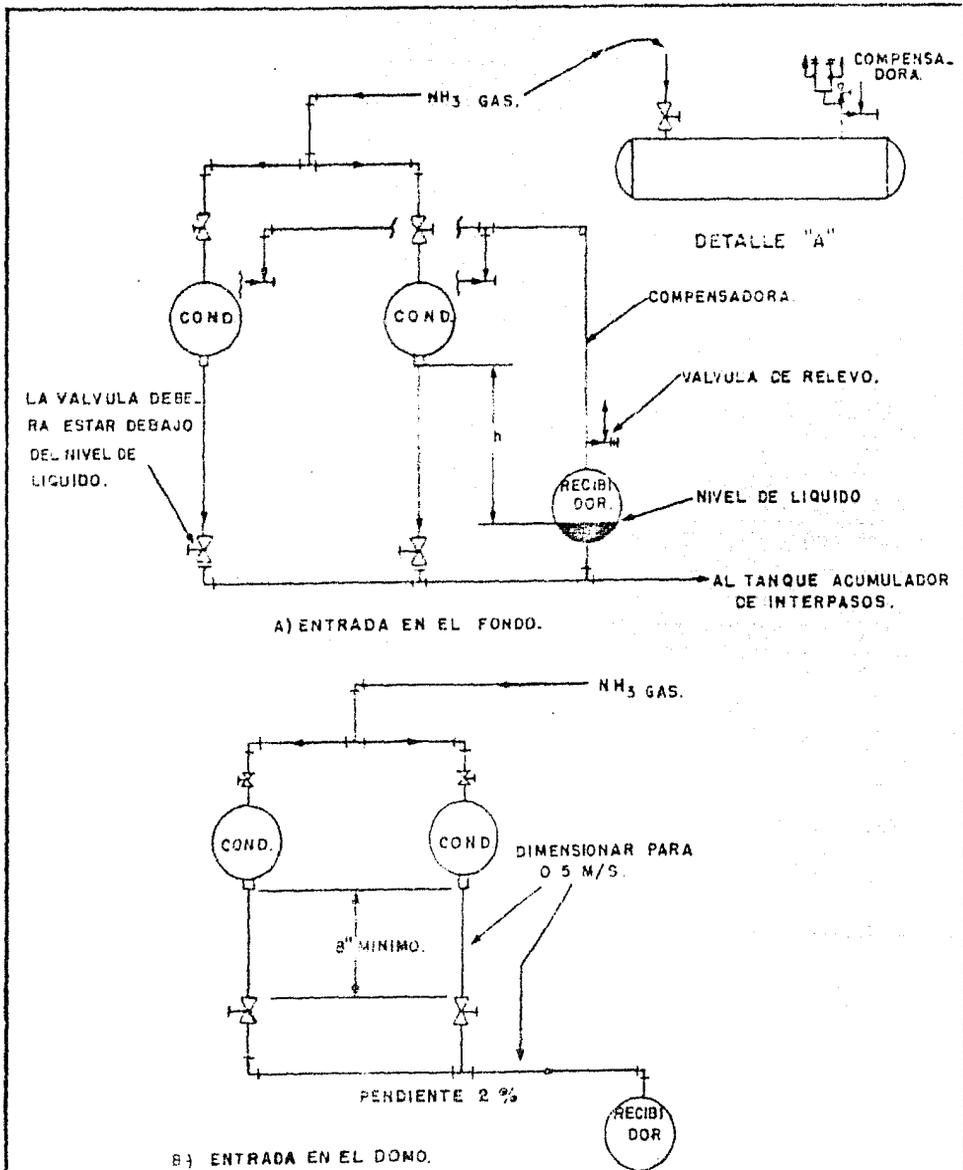


FIGURA 7.4.1 CONDENSADORES EN PARALELO.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE QUIMICA
NOMBRE: ANGEL CAMACHO GUERRERO
TESIS PROFESIONAL 1984

## 7.5 PURGA DE INCONDENSABLES

### GENERAL.

La acumulación de gases incondensables (principalmente aire) en sistemas de amoníaco operando a vacío trae como consecuencia altas presiones de condensación. La carga del compresor se incrementa y por lo tanto aumenta el consumo de potencia afectando los costos de operación. Por esta razón, es necesario chequear periódicamente la presión de los gases incondensables en el sistema y purgar cuando se requiera.

El aire y el amoníaco están siempre mezclados y la presencia del aire en el receptor puede causar un incremento en la presión de condensación de acuerdo a la ley de mezcla de gases. La fracción de aire a vapor de amoníaco se indica por la relación de presión de condensación a la temperatura de condensación. Si la temperatura y presión en el receptor esta de acuerdo a la reportada en las tablas de vapor de amoníaco, entonces no hay presencia de aire u otros incondensables.

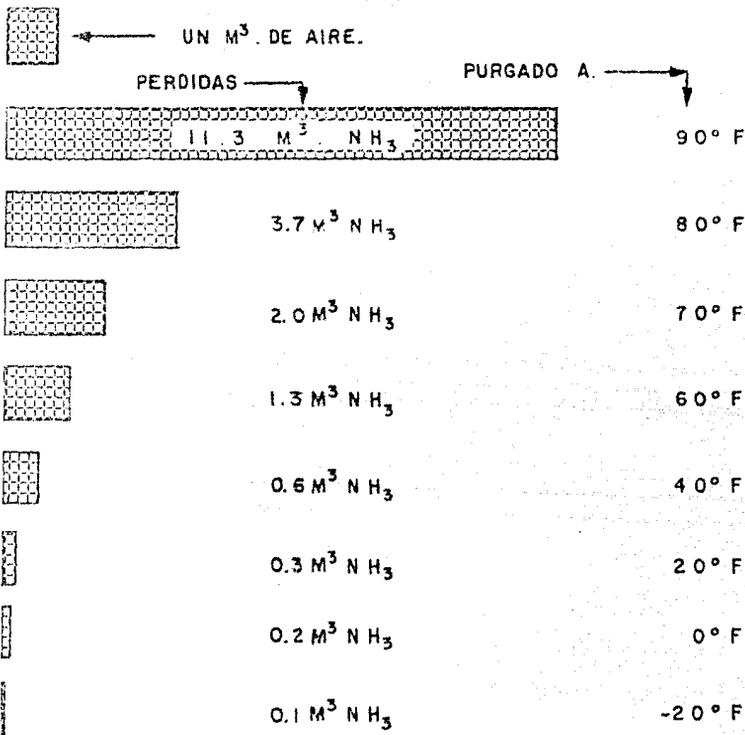
### PURGA.

Muchos sistemas operan constantemente con conexiones de purgado en el receptor. Esta localización de la purga es común en sistemas pequeños o moderados y generalmente las presiones no se incrementan arriba de la normal. No obstante en sistemas grandes de amoníaco y en especial aquellos que están bajo el cuidado de ingenieros de operación, es conveniente purgar de la manera más

efectiva posible. La reducción de sólo unas cuantas decimas de kilogramo de presión pueden ahorrar mucha potencia y costos de operación.

Si el purgado se hace directamente a la atmósfera se tienen grandes pérdidas de amoníaco dado que este se encuentra mezclado con los incondensables.

La gráfica 7.5.1 muestra la cantidad de amoníaco desechada en el purgado dependiente de la temperatura. Las barras de la gráfica de base en un sistema que está operando a  $12.93 \text{ kg/cm}^2$  de presión manométrica de condensación la cual es equivalente a  $35.55 \text{ }^\circ\text{C}$  de temperatura de condensación. Si la temperatura en el receptor está a  $35.55 \text{ }^\circ\text{C}$  a la presión de condensación de  $12.93 \text{ kg/cm}^2$  entonces es evidente que no hay aire en el receptor.



GRAFICA 7.5.1.-

CANTIDAD DE AMONIACO PERDIDO CUANDO SE PURGAN LOS INCONDENSABLES DEPENDIENDO DE LA TEMPERATURA PARA UN SISTEMA OPERANDO A 12.93 kg/cm<sup>2</sup> MANOMETRICAS DE PRESION DE CONDENSACION.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE QUIMICA

MIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO.

TESIS PROFESIONAL 1984.

## 7.6 PURGADOR DE INERTES

### 1.- PROPOSITO

El propósito del purgador de aire es la purga automática de aire u otros gases inertes presentes en el circuito de refrigeración.

### 2.- MODO DE OPERACION (Ver Fig. 7.6.1)

El purgador consiste de dos tubos uno interno y un externo, por el tubo interno (1) se hace pasar amoníaco frío, al tubo externo se conecta una línea (3) que trae una mezcla de gases ricos en inertes y algo de  $NH_3$ , que al contacto con la parte fría del tubo interno, el amoníaco se condensa separándose los inertes.

### 3.- INSTALACION

El purgador de inertes puede instalarse horizontal o verticalmente dependiendo del diseño del mismo.

A través de la línea (1) el amoníaco líquido frío alimenta por el tubo interno del purgador.

La línea (2) se conecta del purgador al tanque de succión.

La línea (3) alimenta al purgador con la mezcla de gas amoníaco a través de la línea (4) al tanque receptor.

Los gases inertes se colectan en la parte superior del purgador, entonces se purgan a la atmósfera o se burbujan-

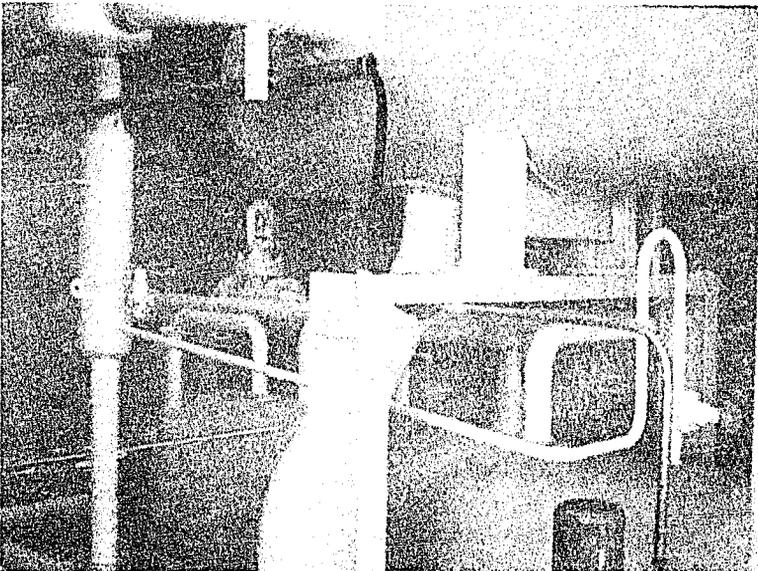
en un recipiente de vidrio que contenga agua a través de la línea (5).

#### 4.- ARREGLO

4.1.- Abrir todas las válvulas en las línea (2), (3) y (4).

4.2.- Colocar el termostato (TS) actuando la válvula solenoide en la línea (5) abriendo de  $- 5$  a  $10$  °C y cerrando de  $0$  a  $+ 5$  °C.

4.3.- La válvula solenoide en la línea (1) actuará cuando se arranque cualquiera de los compresores, así el purgador está listo para operar.



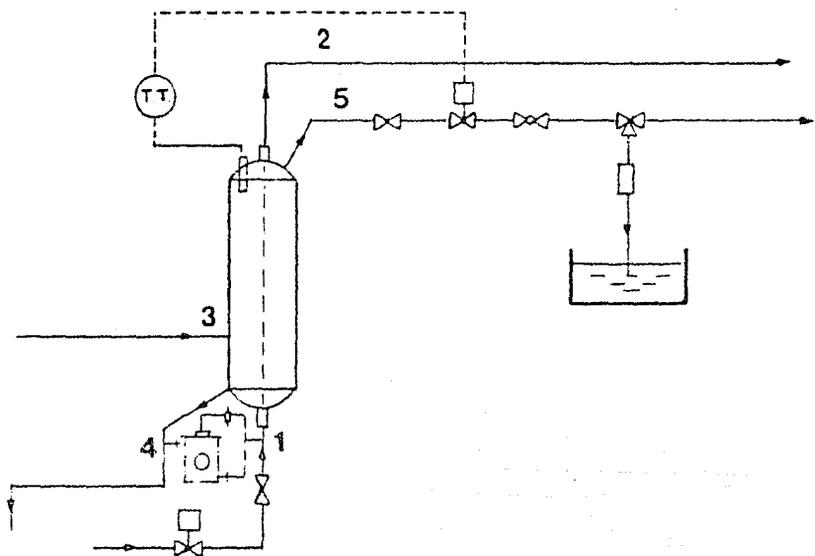


FIGURA 7.6.1. PURGADOR DE INCONDENSABLES .

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO	FACULTAD DE QUIMICA
MIGUEL ANGEL CANACNO GERRERO .	
TESIS PROFESIONAL 1984.	

CAPITULO VIII

ESPECIFICACIONES DE EQUIPO

- 8.1 CODIGO Y NORMAS
- 8.2 CRITERIOS DE DISEÑO
- 8.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO
  - 8.3.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO
  - 8.3.2 TANQUE DE SUCCION
  - 8.3.3 TANQUE ACUMULADOR DE INTERPASOS
  - 8.3.4 TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA
  - 8.3.5 TANQUE ACUMULADOR DE CONDENSADOS
  - 8.3.6 CONDENSADORES DE CORAZA Y TUBOS
  - 8.3.7 PURGADOR DE INCONDENSABLES
  - 8.3.8 COMPRESORES RECIPROCANTES
  - 8.3.9 TANQUE ACUMULADOR FINAL

8.1 CODIGOS Y NORMAS APLICABLES

Los códigos y normas internacionales que se enumeran a continuación forman parte de esta especificación.

- ASME      Sección VIII, American Society  
            of Mechanical Engineers División - 1 U.E.  
            (Boil and Pressure Vessels)
- ASME      Sección IX, American Society  
            of Mechanical Engineers.
- NEMA      National Electric Manufacturers Association.
- ANSI      American National Standard Institute.
- ASTM      American Society for Testing and Materials.
- AISI      American Iron and Steel Institute
- AFBMA     Anti-Friction Bearings Manufacturers  
            Association.
- HI         Hidraulic Institute.
- ISA        Institute Society of America.
- AAI        Agricultural Ammonia Institute.
- API        American Petroleum Institute  
            Standar 620 (apéndice , norma Sismoresistente  
            PSGI, (1968) (Enero 16, 1969).
- NEPA      The National fire protection Association  
            Bulletin N° 59.
- API        American Petroleum Institute, 610.

ASME American Society of Mechanical  
Engineers.

API American Petroleum Institute, 2000.

SSPC Steel Structures Painting Council.

ARI Refrigerant Piping.

ASHRAE American Society of Heating,  
Refrigerating and Air-Conditioning  
Engineers.

TEMA Tubular Exchanger Manufactures  
Association Section C.

## 8.2 CRITERIOS DE DISEÑO.

El sistema de compresión, estará integrado en paquete y montado en base común hasta donde sea posible.

Las capacidades nominales de los equipos y/o subsistemas serán como sigue:

Capacidad de descarga de barcos 625 TPh, (-33 °C).

Capacidad de suministro áreas de carga 70 TPh máx.

Capacidad de suministro áreas de carga 35 TPh mín.

Temperatura de suministro áreas de carga a (+ 5 °C).

Capacidad de bombeo 70 TPh (-33 °C).

La capacidad del calentador de amoníaco será la necesaria para garantizar la temperatura considerada para el suministro en la área de carga.

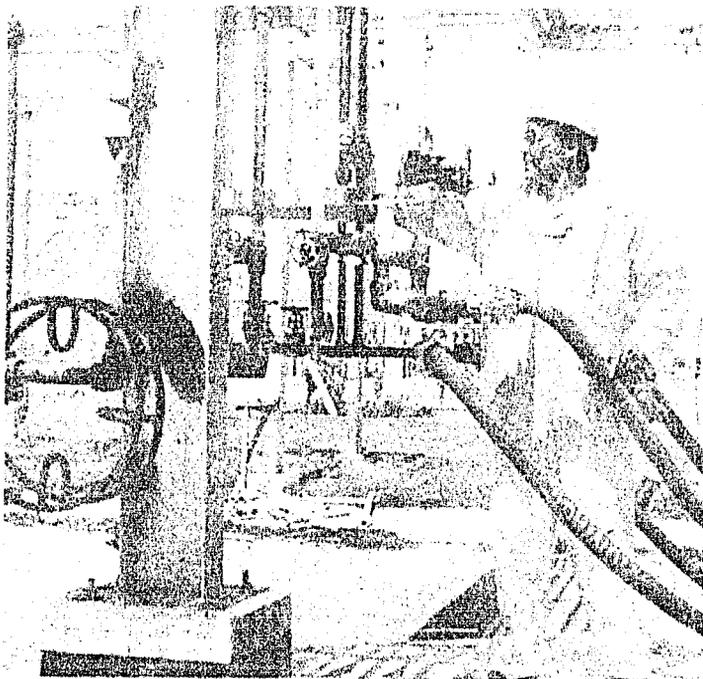
La capacidad del Sistema de Refrigeración de Amoníaco, deberá estar diseñado de tal manera que se pueda manejar el amoníaco - gas producido en los siguientes puntos:

- Descarga de barcos tanque.
- Ganancia de calor del tanque de almacenamiento.
- Desplazamiento de gas durante el llenado de carros-tanque y pipas.
- En tuberías, equipos y recipientes de todo el sistema.

El Sistema se dividirá en dos etapas:

- 1.- La etapa de llenado del tanque (filling), en donde el sistema de -  
compresión operará a l 100% de la capacidad total instalada.
- 2.- La etapa de espera (holding) en donde el sistema de compresión -  
operará al 25% de la capacidad total instalada, es decir, se traba  
jará con un solo compresor y se manejará el 20% del gasto de amo  
níaco vapor generado en todo el sistema en la etapa de llenado del  
tanque.

El sistema rompedor de vacío del tanque de almacenamiento estará -  
diseñado para garantizar que la presión manométrica dentro del -  
tanque sea prácticamente nula.



### 3.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO.

#### 8.3.1 Tanque de almacenamiento.

El tanque de almacenamiento será de doble pared de tipo vertical con techo semiesférico externo y con los siguientes datos de diseño:

Volumen (capacidad nominal)	20,000 tm.
Diámetro del tanque interior	50 m
Altura del tanque interior	20 m
Temperatura de operación	-33 °C
Temperatura de diseño	-35 °C
Presión de ajuste de la válvula de seguridad	355.6 mm c.d.a.
Presión de operación	Atmosférica
Presión de ajuste de la válvula rompedora de vacío	-25.4 mm. c.d.a.
Presión de diseño	1000 mm c.d.a.
Presión mínima de diseño.	-50 mm c.d.a.

#### 3.1.1 Aislamiento.

Techo.- Lana de vidrio o material equivalente

Casco.- Una capa interna de perlita rodeada de una pequeña capa de fibra de vidrio, - con objeto de dar elasticidad al conjunto, el espesor recomendado es de 24

pulgadas.

En el espacio anular se hará circular aire - seco (T rocío -40 °C ) para mantener a la - perlita seca y a una temperatura uniforme.

Fondo.- Foam-glass con un espesor recomendado de 5 plg.

### 3.1.2 Códigos.

Los códigos a utilizar en la construcción del tanque- serán los siguientes:

API Standard 620 (apendice Q) Norma Sismoresistente PGSI (1968) (Enero 16, 1969).

The National Fire Protection Association (NFPA) Bulletin N° 59.

### 3.1.3 Material

Como material se preferirá para el tanque interno ace ro al carbón A-516 Gr70 y para el tanque externo. ace ro al carbón A-201, con prueba CHARPY V. transversal- -50 °F y con un valor mínimo de 15 lb pie. El conte- nido de manganeso deberá estar limitado entre 0.85 a 1.20%.

### 3.1.4 Dispositivos de seguridad.

Se utilizarán dos ó más válvulas de seguridad (PSV) -

(1 de reserva) del tipo pilot operated o similar, así como válvulas rompedoras de vacío.

Las válvulas de seguridad deben descargar a una distancia mínima de 3 mts. sobre el tanque.

Las válvulas deben dimensionarse de acuerdo con la norma API Standard 2000.

### 3.1.5 Instrumentos.

Deben proporcionarse los siguientes instrumentos mínimos.

Niveles de tipo diafragma con lectura local, con transmisor eléctrico para lectura remota y alarmas de nivel alto y bajo.

Un interruptor independiente para alarma, válvula de control para bloqueo por nivel alto de la entrada del líquido al tanque.

Termopares en el fondo y paredes en las cuales se considerará como mínimo 4 niveles para lecturas de temperatura durante las operaciones normal y de llenado.

Los instrumentos de seguridad por presión serán los siguientes:

TAG	SERVICIO	UBICACION.
PSHH	Presión muy alta	Local

PSH	Presión alta	Panel
PSH	Orden marcha-compresor	Panel
PSL	Orden paro-compresor	Panel
PSL	Presión baja (pre-aviso)	Panel
PSL	Presión baja	Local
PSLL	Presión muy baja	Local

LISTA DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS.

<u>Partida</u>	<u>Descripción</u>	<u>Localización</u>	<u>Observación.</u>
1	Acceso para hombre	Techo del tanque	
2	Salida de vapor	Techo del tanque interno.	
3	Válvula de relevo	Techo del tanque interno.	
4	Flotador para medi ción de nivel de - líquido	Techo del tanque Interno	
5	Indicador de sobre llenado.	Techo del tanque interno.	
6	Línea de llenado de líquido	Techo del tanque interno.	
7	Línea de salida de líquido	Fondo del tanque interno.	

<u>Partida</u>	<u>Descripción</u>	<u>Localización</u>	<u>Observación.</u>
8	Acceso para hombre	Techo del tanque externo	
9	Venteo de relevo	Techo del tanque externo	
10	Venteo rompedor de vacío	Techo del tanque exterior	
11	Anillo de distribución de aire	Fondo del tanque externo	Para secado de la perlita
12	Línea de amoníaco líquido	Techo del tanque interno	Proviene del sistema de refrigeración.
13	Escala espiral y plataforma.	exterior	

#### INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS AUXILIARES.

<u>Partida</u>	<u>Descripción.</u>	<u>Localización</u>
1	Alarma de alto nivel	
2	Alarma de bajo nivel	
3	Conexión de toma de muestras	
4	Termopares	
5	Línea de retorno de vapor	Para compensación de presión de compresores.  Techo y fondo del tanque interno.

<u>Partida</u>	<u>Descripción</u>	<u>Localización</u>	<u>Observación.</u>
6	Línea para medición del nivel de líquido		
7	Escalera interior.		

### 3.1.6 Obra Civil.

El proveedor del tanque deberá proporcionar los datos de diseño de la cimentación. No será necesario la colocación de resistencia de calefacción en el fondo del tanque, puesto que este estará elevado sobre el nivel del suelo. Como ventaja adicional de este tipo de construcción, se facilita la adición de un NPSH para las bombas de amoníaco.

### 8.3.2 Tanque de succión.

Este separador de líquido contará con un serpentín interno de tubería sin costura ASTM A 333 Gr.1 y cuerpo de acero al carbón ASTM A-201. Contará también con indicador de nivel, control de nivel, switch de alto nivel, indicadores de presión y temperatura, válvula de seguridad, boquillas para entrada de amoníaco, salida de gas, venteo y drenaje. Deberá tener capacidad para manejar un máximo de 3689.4 kg/h de amoníaco gaseoso a una temperatura de -33 °C y a la presión de 0 kg/cm<sup>2</sup>.

Presión de diseño	4.48 kg/cm <sup>2</sup> m.
Presión de prueba	6.72 kg/cm <sup>2</sup> m.
Temperatura de operación	- 33 °C
Tolerancia a la corrosión	3.17 mm.

### 8.3.3 Tanque Acumulador de Interpasos.

Construido de acero al carbón ASTM A 285 Gr C con -  
tapas concavas del mismo material. Contará con válv  
las de drenado, válvulas de relevo conectadas a una -  
válvula de tres vías, mirilla de nivel, control de ni  
vel con alarmas por alto y bajo nivel, manómetro y ter  
mómetro, boquillas para entrada y salida de amoníaco-  
líquido y vapor.

Capacidad	"Holding" :	7237.36 kg/hr
	"Filling":	28949.44 kg/hr

### 8.3.4 Tanque para Almacenamiento de Turbosina.

Construido de acero al carbón ASTM A-285 Gr C, con  
techo cónico recto del mismo material contará con -  
quemador de vapores, indicador de nivel, indicador -  
de temperatura, boquillas para entrada y salida de -  
turbosina, control de temperatura y válvulas de dre-  
nado.

Capacidad	89.17 m <sup>3</sup>
Presión de operación	Atmosférica
Presión de prueba	Hidráulica.

Temperatura de operación	40 °C
Tolerancia a la corrosión	3.17

### 8.3.5 Tanque Acumulador de Condensados.

Construido de acero al carbón ASTM A 285 Gr C, las tapas serán cóncavas y del mismo material, contará con válvulas de drenado, válvulas de relevo conectadas a una válvula de tres vías, mirilla de nivel, alarmas por alto y bajo nivel, manómetro y termómetro, boquillas de entrada y salida de condensados.

Capacidad	1.27 m <sup>3</sup>
Presión de operación	3.5 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de diseño	20.4 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de prueba	17.0 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura de operación	148 °C
Tolerancia a la corrosión	3.17

### 8.3.6 Condensadores de Coraza y Tubos.

Estos serán construidos de acuerdo a los códigos y estándares establecidos; considerando los datos de diseño y operación del sistema.

Fluido a manejar	amoníaco (coraza)
Fluido de enfriamiento	agua (tubos)

Temperaturas:

Amoníaco            de entrada  
                         de salida            43 °C

Agua de enf.        de entrada  
                         de salida

Caída de presión (ΔP)

Presión de Operación

Presión de prueba        Coraza 26.7 kg/cm<sup>2</sup>  
   Tubos 15.7 kg/cm<sup>2</sup>

Tolerancia a la corrosión        3.75 mm  
en coraza y tubos.

Materiales de construcción:

Tubos	SA-179
Espejos	SA-517-70
Mamparas	SA-36
Soportes tubos	SA-36
Coraza	SA-515-70
Tapa coraza/brida	SA-515-70
Carrete/brida	SA-515-70
Bridas carrete	SA-515-70
Boquillas	Coraza 300 # RF Tubos 150 # RF

8.3.7 Purgador de Incondensables.

Compuesto de serpentín interior de tubería de acero -

al carbón sin costura ASTM A-106 Gr B, cuerpo del mismo material, tapas de placa de acero al carbón ASTM A-285 Gr-C con válvulas de seguridad, válvula termostática para regulación de amoníaco, indicador de nivel, indicador de presión, indicador de temperatura, boquillas para entrada de amoníaco gas, retorno de amoníaco líquido, purga de incondensables.

Presión de operación	17.3 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de diseño	25.95 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de prueba	21.62 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura de operación	2.7 °C
Tolerancia a la corrosión	3 mm

#### 8.3.8 Compresores reciprocantes.

Se considerarán cuatro compresores, tres accionados con motor eléctrico y uno con motor de combustión diesel, los motores irán acoplados directamente, conople flexible, tendrán válvulas manuales en la succión y en la descarga, indicadores de presión y nivel de aceite, interruptor por baja presión de aceite, válvulas de seguridad, interruptores por alta temperatura y bajo flujo de agua, indicadores de presión y temperatura a la succión y a la descarga, alarmas por baja presión a la succión, alta presión, alta temperatura; interruptores por baja presión en la succión, alta -

presión y alta temperatura de descarga; tablero de -  
instrumentación integrado al tablero de instrumentos-  
del sistema, sistema de lubricación, guarda cople, dis-  
positivo para el calentamiento del aceite en el cárter  
con el objeto de evitar la acumulación de amoníaco lí-  
quido, esto solo cuando se utilice lubricación con - -  
aceite en los pistones del compresor.

Los compresores serán de tipo reciprocante, con pisto-  
nes tipo laberínticos (no lubricados con aceite). Pue-  
den utilizarse compresores con pistones lubricados con  
aceite o del tipo Helicoidal (axial), pero deberá pro-  
porcionarse un sistema adecuado para la separación del  
aceite del amoníaco en todo el sistema.

Número de etapas por compresor	2
Capacidad de refrigeración	75 T.R.

por compresor.

Presión de succión	1 ATA
Presión de descarga	17.62 ATA
Temperatura de succión	-33 °C

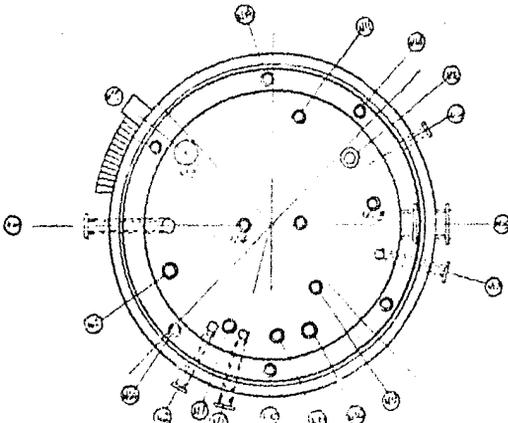
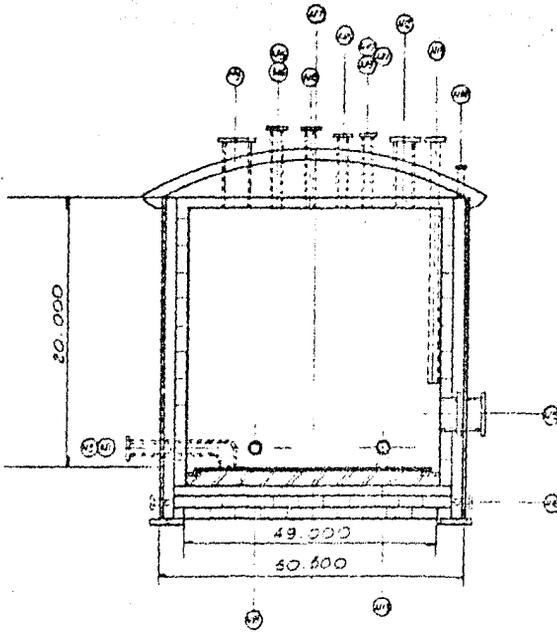
Temperatura de descarga	
Potencia accionador del	250 HP

compresor.

### 8.3.9 Tanque Acumulador Final.

Construido de acero al carbón ASTM A-285 Gr C con -  
tapas cóncavas del mismo material. Contará con un-  
indicador de nivel, indicadores de presión y tempe-  
ratura, control de nivel completo con válvula actua-  
da neumáticamente, dos válvulas macho de 3 vías para  
operación alternada de las mismas, purga de aceite,-  
boquilla de entrada de amoníaco líquido de los con -  
densadores, boquilla de salida del amoníaco gas a -  
purgador de incondensables, boquillas de retorno de-  
líquido del purgador de incondensables, boquilla de-  
salida del amoníaco al tanque acumulador de inter -  
pasos, boquilla para línea de compensación, boquilla  
para salida de amoníaco al tanque de almacenamiento.

Presión de operación	17.5 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de diseño	26.25 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de prueba	21.8 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura de operación	43.33 °C
Tolerancia a la corrosión	3.17 mm.



TANQUE PARA ALMACENAMIENTO  
DE 100,000 KG.S.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTA DE QUÍMICA

MIGUEL ÁNGEL CAMACHO GUERRERO

TÉCNICO PROFESIONAL

# TABLA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS

## MATERIALES

	TANQUE INTERIOR	TANQUE EXTERIOR
ENVOLVENTE	4.516 Gr. 60/4018/70	4.288 Gr. 0
FONDO	4.516 Gr. 60	4.288 Gr. 0
ANILLO DE FONDO	4.516 Gr. 70	4.288 Gr. 0
TECHO	4.516 Gr. 60	
REFINADO	4.516 Gr. 60	4.38
TUBO	4.333 Gr. 1	4.105 B
TORNILLO	4.320 Gr. 17	4.307
JUNTA	468570	468570
FRASE	4.350 Gr. 178	
BRILLO	4.350 Gr. 172	
COPIES	4.350 Gr. 172	

## CUADRO DE BOQUILLAS

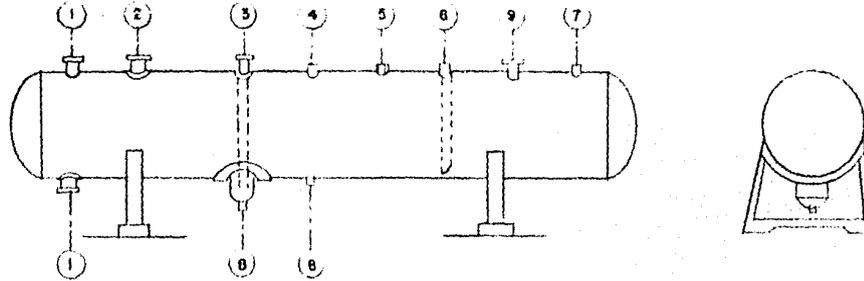
SERV.	CANT.	CANT.	SERVICIO		SERVICIO
			RESERVA	RES.	
U.1					BOQUILLA A CUBIERTA
U.2					BOQUILLA A CUBIERTA
U.3					BOQUILLA HOMER EN EL TECHO
U.4					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.5					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.6					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.7					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.8					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.9					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.10					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.11					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.12					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.13					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.14					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO
U.15					BOQUILLA DE ANILLO EN EL FONDO DE FONDO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA

MIGUEL ÁNGEL CAMACHO GUERRERO

FECHA PROFESIONAL: 1984

TANQUE ACUMULADOR FINAL HORIZONTAL M2-02, M2-03



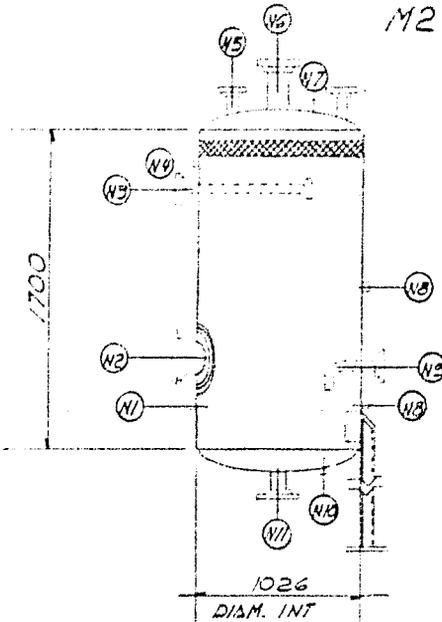
CUADRO DE BOQUILLAS

MCA	CANT.	DIAM N F	BRIDA			CUELLO		SERVICIO
			TIPO	RANGO	MAT	CED	MAT	
N-1	1	2"	WN-RF	300#	A-105	---	---	INDICADOR DE NIVEL
N-2	1	2" 10"	WN-RF	300#	A-105	---	---	ENTRADA DE AMONIACO LIQUIDO
N-3	1	2" 10"	WN-RF	300#	A-105	---	---	SALIDA DE AMONIACO LIQUIDO.
N-4	1	3/4 4"	WN-RF	300#	A-105	80	A-53B	VALVULA DE SEGURIDAD.
N-5	1	3/4"	---	---	---	80	A-53B	INDICADOR DE PRESION.
N-6	1	3/4 1"	---	---	---	80	A-53B	RETORNO DE NH <sub>3</sub> DEL PULGADOR.
N-7	1	1 1/4 2"	WN-RF	300#	A-105	80	A-53B	COMPENSACION DE PRESION
N-8	2	3/4"	---	---	---	80	A-53B	DREN
N-9	1	2" 4"	WN-RF	300#	A-105	---	---	SALIDA DE AMONIACO GAS A TQE. AMTO.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO. FACULTAD DE QUIMICA  
MIGUEL ANGEL CAMACHO GUERRERO

# TANQUE ACUMULADOR DE INTERPASOS FILLING

M2-06



- N1.- INDICADOR DE TEMPERATURA.
- N2.- REGISTRO DE MANO.
- N3.- NH<sub>3</sub> DEL TOQUE RECIBIDOR.
- N4.- INDICADOR DE TEMPERATURA.
- N5.- CONEX. VALV. DE SEGURIDAD.
- N6.- SALIDA DE NH<sub>3</sub> GAS.
- N7.- INDICADOR DE PRESION.
- N8.- CONEX. INDICADOR Y TRANS. DE NIVEL.
- N9.- NH<sub>3</sub> GAS.
- N10.- DREN.
- N11.- NH<sub>3</sub> LIQUIDO A TOQUE DE ALMFO.

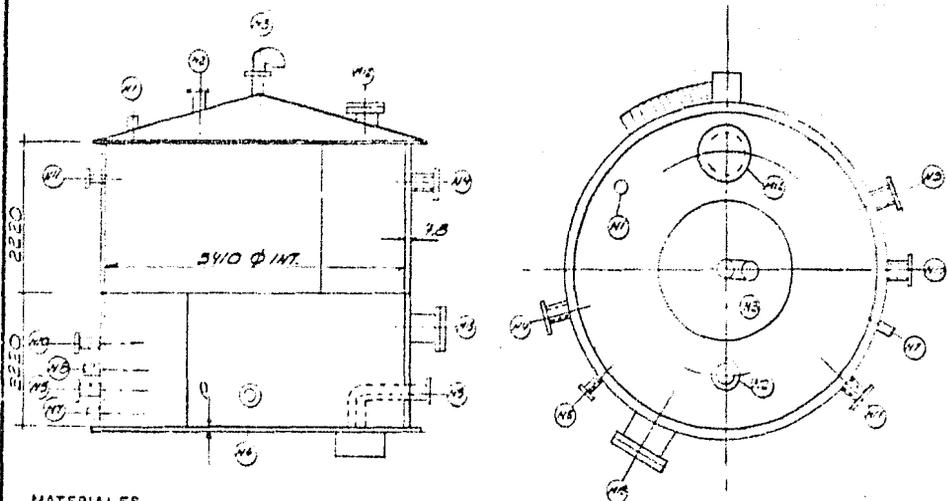
## CUADRO DE BOQUILLAS

MARCA	CANT	DIAM.	BANDA		CUELLO		SERVICIO	
			TIPO	53NGO. MAT	CEO	MAT		
N1	1	3/4"	ROSC	3000#	A-105	—	INDICADOR DE TEMPERATURA	
N2	1	2"	WY-FF	150#	"	40	A-53B	REGISTRO DE MANO
N3	1	10"	WY-FF	150#	"	40	A-53B	NH <sub>3</sub> DEL TOQUE RECIBIDOR.
N4	1	3/4"	ROSC	3000#	"	—	—	INDICADOR DE TEMPERATURA
N5	1	1 1/2"	WY-FF	150#	"	40	A-53B	CONEX. VALV. DE SEGURIDAD.
N6	1	6"	WY-FF	300#	"	40	A-53B	SALIDA DE NH <sub>3</sub> GAS
N7	1	3/4"	ROSC	3000#	"	—	—	INDICADOR DE PRESION
N8	1	2"	WY-FF	300#	"	40	A-53B	CONEX. INDICADOR Y TRANS. DE NIVEL
N9	1	4"	WY-FF	300#	"	40	A-53B	NH <sub>3</sub> GAS DE COMPRESORES.
N10	1	1/2"	SW-FF	3000#	"	—	—	DREN
N11	1	10"	WY-FF	300#	"	40	A-53B	NH <sub>3</sub> LIQUIDO A TOQUE DE ALMFO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. FACULTAD DE QUIMICA

MIGUEL ANGEL CAMACHO SUERRENO

TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE TURBOSINA M2-S-01



MATERIALES

PLACA A-263-81C  
 ESTRUCTURAL A-36  
 TORNILLOS A-307-B  
 BRIDAS Y TAPAS PARA BOQUILLAS A-105 Y A-263-C  
 TUBOS A-33-B Y A-263-C  
 TAPAS P. REGISTROS A-263-C

PLATAFORMA Y ESCALONES  
 EMPAQUE ELECTRODOS P. SOLD. MANUAL.  
 ELECTRODOS P. SOLD. ARC. SUB.

REJILLA ELECTROFORJADA  
 ASBESTO COMP.

ANSI E-70 W  
 EM-13 K.

CUADRO DE BOQUILLAS

NCA	CANT	DIAM	BRIDA		CUELLO		SERVICIO
			TIPO	RANGO	MAT	CED	
N-1	1	38	CO	PLE			INDICADOR DE NIVEL
N-2	1	203	SO-RF	150	40P		ESCOTILLA DE MEDICION
N-3	1	51	SO-RF	150	40P		VENTO TIPO CUELLO DE GARGO Y ARREST. DE PLANA.
N-4	1	76	SO-RF	150	40P		ALIMENTACION DE TURBOSINA
N-5	1	78	SO-RF	150	40P		DRENAJE
N-6	1	51	SO-RF	150	40P		CONEXION DE SERVICIO.
N-7	1	25	CO	PLE			CONEXION TERMOPOSO
N-8	1	25	CO	PLE			INDICADOR DE TEMPERATURA
N-9	1	303	SO-RF	150	40P		SALIDA TURBOSINA
N-10	1	264	SO-RF	150	40P		RETORNO DE TURBOSINA
N-11							CONEXION CAMARA DE ESPUMA
N-12		610					REGISTRO DE HONDA EN EL TPCO
N-13		610					REGISTRO DE HONDA EN EL CUERPO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. FACULTAD DE QUIMICA.

HISUEL ANGEL CANACHO SUERRERO

TECIS PROFESIONAL. 1984.



Fertimex

HOJA 1 DE 1

REV	FECHA	POR
0	1984	MAC

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 PLANTA: CHEMICA  
 UNIDAD: POPOLCAMPPO S.N.

ESPECIFICACION PARA INTERCAMBIADOR DE CALOR - EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

1	REF. No	INQUIRY No.	DATE
2	SERVICE OF UNIT	<u>CALCENTADIC DE NH<sub>3</sub></u>	ITEM No <u>3103-73-01</u>
3	SIZE	TYPE <u>COBAZA Y TUBOS</u>	POSITION <u>HORIZONTAL</u>
4	SURFACE PER UNIT ft <sup>2</sup>	SHELL PER UNIT	SURFACE PER SHELL ft <sup>2</sup>
5	No. OF UNITS	SHELL ARRANGEMENT	ENGR'S

PERFORMANCE OF ONE UNIT

6					SHELL SIDE		TUBE SIDE	
	7	FLUID CIRCULATED	kg/h	Lb/hr.	IN	OUT	IN	OUT
7	FLUID CIRCULATED							
8	TOTAL FLUID ENTERING							
9								
10	LIQUID							
11	VAPOR							
12	STEAM							
13	WATER							
14	% MOLES H <sub>2</sub> ON TOTAL FLUID							
15	GRAVITY LIQUID							
16	VISCOSITY LIQUID 100/210°F							
17	MOLECULAR WEIGHT VAPORS							
18	LIQUID ENTHALPY							
19	VAPOR ENTHALPY							
20	DEW POINT							
21	TEMPERATURE							
22	OPERATING PRESSURE							
23	NUMBER OF PASSES PER SHELL							
24	PRESSURE DROP							
25	FOULING RESISTANCE							
26	HEAT EXCHANGED							
27	TRANSFER RATE SERVICE							

CONSTRUCTION EACH SHELL

28	DESIGN PRESSURE						
29	TEST PRESSURE						
30	DESIGN TEMPERATURE						
31	TUBES						
32	SHELL						
33	SHELL COVER						
34	CHANNEL						
35	TUBE SHEETS : STATIONARY						
36	BAFFLE SEGMENTED						
37	BAFFLE						
38	TYPE JOINTS						
39	GASKETS						
40	PIPE SHELL						
41	CHANNEL						
42	CORROSION ALLOWANCE						

43	CODE REQUIREMENTS						
44	WEIGHTS EACH SHELL						
45	(S. R) INDICATES STRESS RELIEVING (X.R) INDICATES RADIOGRAPHING						
46	SIDES CHANGE ALLOWABLES						
47	NOTES : DATS WITH ASTERISK TO BE SPECIFIED BY						
PROCESS SECTION							173





Fertimex

HOJA 1 DE 1

REV.	FECHA	POR
0	1984	...

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 PLANTA: RIOGENICA  
 UNIDAD: TORRECAMPO, SIN

ESPECIFICACION DE PROCESO PARA BOMBAS - PUMPS PROCESS SPECIFICATION SHEET

1	ITEM			
2	SERVICE			
3	TYPE OF SERVICE (Continuous or Discontinuous)			
4	NUMBER OF REGULAR UNITS/SPARE AND DRIVER TYPE			
5	TYPE OF PUMP			
6	FLUID HANDLED			
7	CORROSIVE COMPOUNDS AND/OR pH			
8	TOXIC COMPOUNDS	Yes/No		
9	SOLIDS QUANTITY / $\phi$ EQUIVALENT	%d/mm %wt/in		
10	Sp. gr. at 60°F AND 14.7 psia			
11	PUMPING TEMPERATURE MIN./MAX. (P.T.)/MAX. °C °F			
12	VISCOSITY OF P.T. / T MIN. (1)	C.P. C&T		
13	NORMAL OPERATING SUCTION PRESSURE	ATA psia		
14	VAPOR PRESSURE AT P.T.	ATA psia		
15	Sp. gr. at P.T. AND SUCTION PRESSURE (2)			
16	N.P.S.H AVAILABLE VAPOR PRESSURE	m ft		
17	MAX OPERATING SUCTION PRESSURE	ATA psia		
18	NORMAL OPERATING DISCHARGE PRESSURE	ATA psia		
19	DIFFERENTIAL PRESSURE	kg/cm <sup>2</sup> psig		
20	NET DIFFERENTIAL HEAD	m ft		
21	DESIGN CAPACITY AT P.T.	m <sup>3</sup> /h gpm		
22	MIN. CAPACITY AT P.T.	m <sup>3</sup> /h gpm		
23	LIQUID CASING DESIGN TEMPERATURE	°C °F		
24	MINIMUM LIQUID CASING DESIGN PRESSURE	kg/cm <sup>2</sup> psig		
25	DISCHARGE LINE RATING			
26	SHUTOFF DIFF PRESS $\geq$ 12 NORM. DIFF PRESS	Yes No		
27	SEAL TYPE			
28	HANDLED LIQUID POLLUTION ALLOWABLE	Yes No		
29	AIR INFILTRACION ALLOWABLE	Yes No		
30	API STD 610 CODE FOR MATERIALS	EXTERNALS		
31		INTERNALS		
32	INSULATION / STEAM TRACING / JACKET			
33	MEATING FLUID TYPE			
34		PRESSURE	kg/cm <sup>2</sup> psig	
35		TEMPERATURE	°C °F	
36	MAT. OF. CONST. PUMP CASES/IMPELLERS/BARR			
37	CAPACITY CONTROL	Discontinuous/Continuous/manual/automat.		
38	SYSTEM			
39	RANGE %			
40	PRECISION at MIN. RATE			
41	MAX ALLOWABLE RESIDUAL PULSATION			
42	OPERATING TEMPERATURE IN	°C °F		
43	OPERATING PRESSURE IN/OUT	kg/cm <sup>2</sup> psig		
44	DESIGN TEMPERATURE	°C °F		
45	DESIGN PRESSURE	kg/cm <sup>2</sup> psig		
46	IN/OUT LINE RATING			

NOTES

- 1) SPECIFY ONLY IF GREATER THAN 5GST
- 2) VALUE LISTED ARE MINIMUM AVAILABLE N.P.S.H UP TO 2FT 350VE 25FT SPECIFY 25FT MINIMUM.

## CAPITULO IX

### ARREGLO GENERAL

#### 9.1 RECOMENDACIONES

#### 9.2 ARREGLO GENERAL

## 9.1 RECOMENDACIONES

### ARREGLO GENERAL.

Para elaborar el arreglo general es necesario tener un conocimiento - amplio del proceso, así como las dimensiones reales o aproximadas de - los equipos mayores y servicios en general. No obstante antes de que sea desarrollado éste, tendrán que estudiarse a fondo los siguientes - puntos:

- Escala y alcance de la operación.
- Limitaciones de la propiedad disponible.
- Condiciones de seguridad
- Operaciones de supervisión y trabajos de estandarización.
- Suministros de servicios
- Conveniencia de mantenimiento
- Construcción económica (sin exponer la seguridad de la ope  
ración).
- Adiciones posibles, futuras ampliaciones.

Estos puntos ya se han tratado en los capítulos anteriores y sólo se han agrupado por que es necesario tenerlos en mente para llevar a cabo y concluir un buen arreglo.

Generalmente las unidades pueden localizarse en dos formas:

Uno el arreglo por grupo, en donde se agrupan equipos similares como torres, bombas, cambiadores, etc. El otro es la localización en línea de flujo, en donde los equipos se localizan en el arreglo conforme - aparecen en el plano de flujo.

El arreglo por grupo es el más económico para unidades grandes con un gran número de bombas, cambiadores y tanques, mientras que el arreglo en línea resulta particularmente aplicable a nuestro caso que es recomendable y económico para unidades pequeñas.

El arreglo final se escogerá de manera que sea razonable en costo, seguro y confiable para operar y que sea realmente accesible para el mantenimiento.

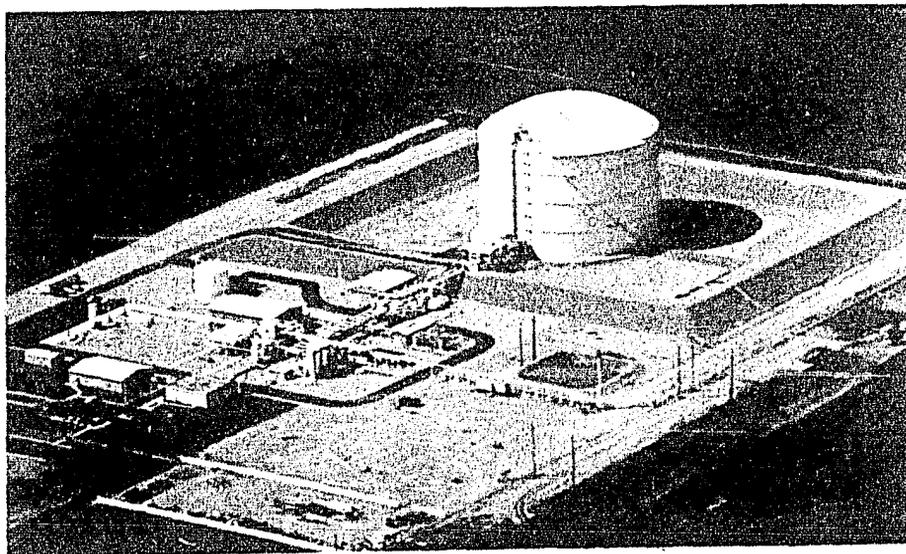
A continuación se establecen algunas reglas generales que se considerarán importantes para este objetivo:

- 1.- Del diagrama de flujo de proceso y lista de equipo, establece el alcance del equipo que se incluirá en el área, integrando tantas operaciones de proceso como sea posible para tener un mínimo de paros.
- 2.- Decidir que equipo deberá estar elevado. Usualmente las elevaciones están determinadas por las succiones de las bombas de otros equipos de proceso; esto es costoso y deberá limitarse a aquellas operaciones de proceso en los que sea absolutamente necesario. Los ingenieros de proceso y mecánicos trabajarán conjuntamente en la concepción del proyecto desde el diseño de equipo hasta la terminación.
- 3.- Estudiar los flujos de proceso y secuencias de operación, la secuencia de flujo y función de cada pieza de equipo que deberá ser completamente entendido de manera que el arreglo en el área sea funcional.

- 4.- Determinar métodos de mantenimiento para cada partida de equipo de manera que el equipo que requiere atención frecuente sea accesible fácilmente.
- 5.- Estudiar todas las operaciones peligrosas de tal manera que sea planeado el arreglo de equipo más seguro.
- 6.- Tener en cuenta que el arreglo más económico es generalmente el área más compacta, que sea congruente con los claros adecuados entre piezas de equipo.
- 7.- Localizar las bombas en una línea a lo largo de cada lado del rack de tuberías.
- 8.- Donde sea posible, colocar los equipos largos y fijos en una línea lejos de las bombas. Los problemas de erección de todos los equipos deben estudiarse en todas sus formas i.e. para las unidades o componentes fabricados por tamaño o peso en talleres, así como anticipar las fechas de entrega con respecto a otro equipo.
- 9.- Localizar los equipos grandes que sean fabricados en campo, a las orillas del terreno donde el personal de erección pueda descargar, ensamblar, erigir, soldar y probar estos recipientes, sin interferir con los demás.
- 10.- Establecer los grandes cambiadores y otro equipo que necesita el servicio de grandes gruas móviles, a lo largo de los perímetros del arreglo. Las carreteras o vías de acceso deberán ser adecuadas con

un claro sobrado para equipo de dimensiones semejantes.

- 11.- Instalar los compresores de manera que permitan dismantelar y rearmarlos en el tiempo más corto posible, particularmente si no está previsto un relevo.
- 12.- El espaciamiento de equipo dentro del área del plano, permitirá acceso libre y mantenimiento.
- 13.- El equipo con partes móviles arreglarlo de manera que pueda ser sacado con poco dismantelamiento de grandes tuberías o que no se tenga que mover otro equipo. También se requiere un espacio libre para levantar el equipo.
- 14.- Tener en mente que las cimentaciones como bases extendidas frecuentemente exceden las dimensiones del equipo que soportan.





## CAPITULO X

### DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION.

10.1 FILOSOFIA DEL CONTROL

10.2 DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION

AREA DE ALMACENAMIENTO

AREA DE COMPRESION

10.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

## 10.1 FILOSOFIA DEL CONTROL.

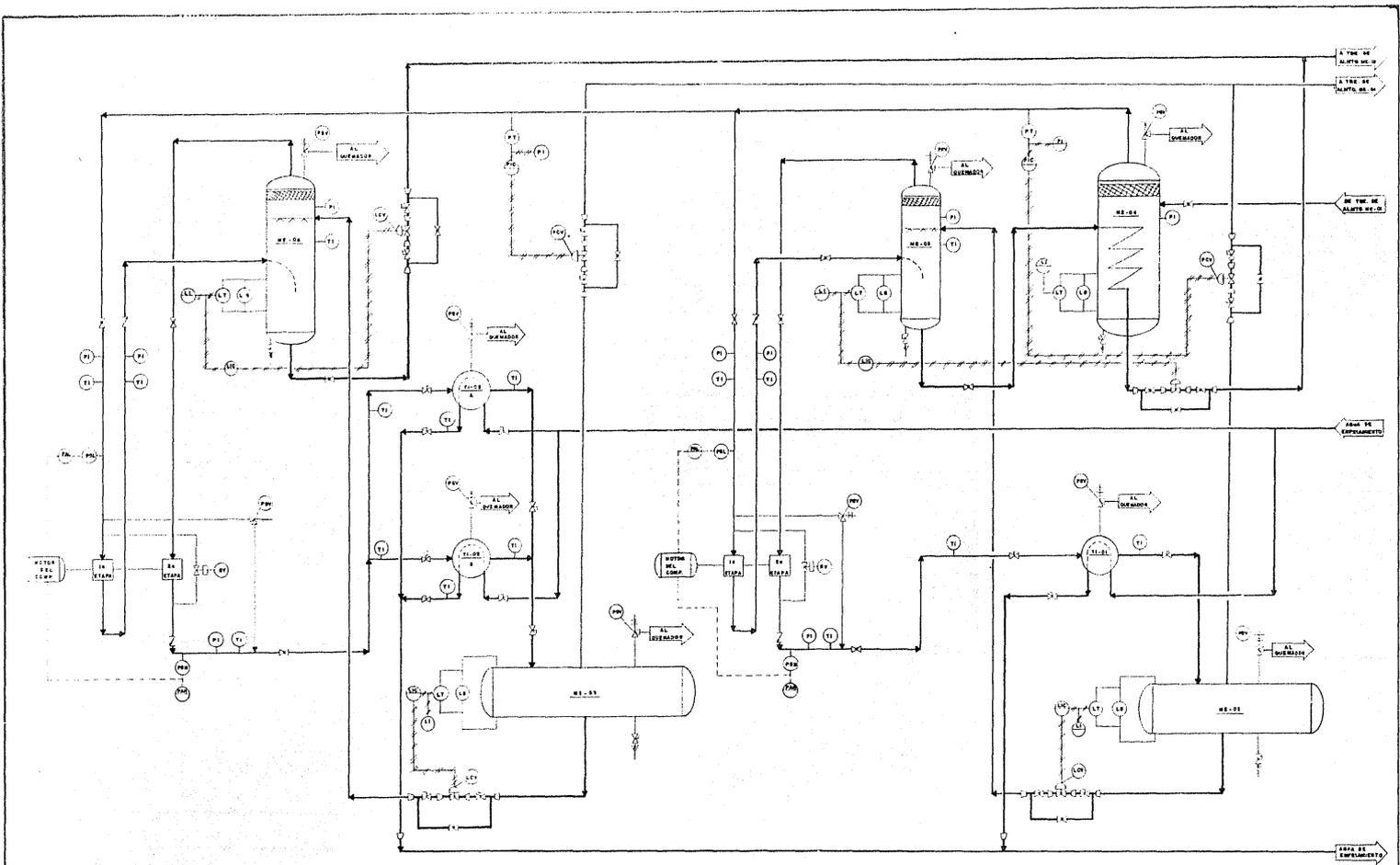
Para elaborar la filosofía del control es necesario conocer la operación y determinar como afectan cada una de las variables - en los equipos de mayor importancia.

En nuestro caso el tanque de almacenamiento además de ser el - equipo de mayor costo representa un gran riesgo por el contenido de amoníaco que es una substancia tóxica. Por lo que el con trol se enfocará principalmente a este recipiente.

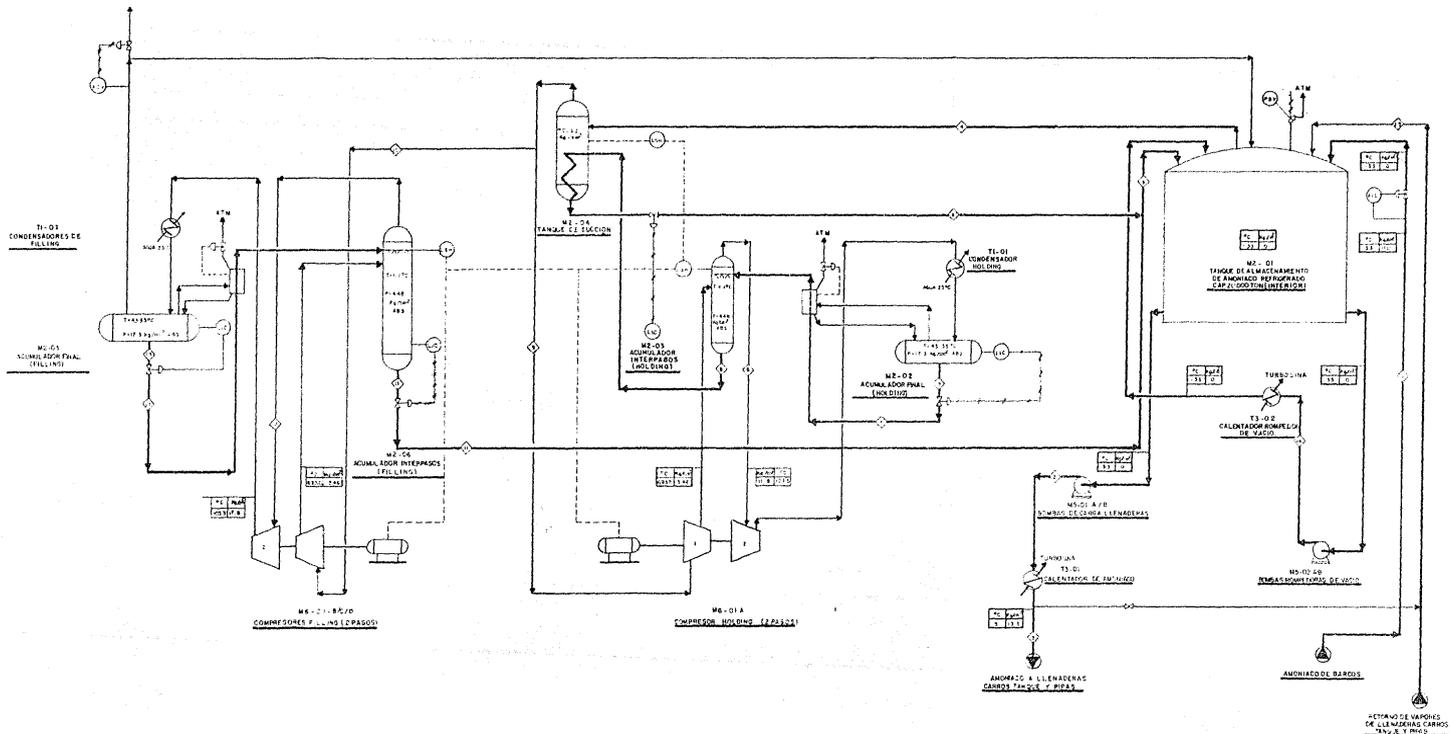
Para abatir los costos de fabricación del tanque, éste se diseña como un recipiente abierto soportando presiones relativamente limitadas, por este hecho se procura que la presión dentro - del mismo se mantenga tan cerca como sea posible a la atmosférica.

Como la presión varía en una proporción mucho mayor con relación a la temperatura, esta será la variable que con mayor énfasis cuidaremos.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE QUÍMICA  
 SISTEMA CROMÁTICO PARA ALICATORIA DE MONITOR  
 50,000 TB DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN  
 ÁREA DE COMPRESIÓN  
 TÍTULO PROFESIONAL: MIGUEL ÁNGEL GARCÍA GONZÁLEZ 1984



		A M O N I A C O																		
CONCENTRACION		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
FASE		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
TORNADO	503	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
TEMPERATURA		11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47
TEMPERATURA		11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE QUÍMICA  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO PARA ALTA Y BAJA CALIDAD DE AMONÍACO  
 20,000 T/A  
 GUAYMAS DE QUILIZAPÁN, S.L.R.  
 1984  
 PROFESOR: MIGUEL ÁNGEL CARRANZO GARCÍA 1984

## CONCLUSIONES

En los últimos años el consumo de amoníaco a nivel nacional se ha incrementado y ha traído como consecuencia la necesidad de aumentar los volúmenes de almacenamiento.

El objeto de este trabajo consistió en desarrollar la ingeniería básica, para un sistema de almacenamiento y distribución de amoníaco líquido anhidro con una capacidad de 20,000 T.M. en forma general tratando de resolver las necesidades nacionales de consumo como fertilizante y en forma particular para dar a conocer las ventajas económicas que presenta este tipo de sistemas para grandes volúmenes de almacenamiento; y así ampliar, y en algunos casos substituir los sistemas de almacenamiento tradicionales, utilizados normalmente por Fertimex, que van desde las 60 hasta las 3,500 Ton. M. en recipientes cerrados presurizados, (cilíndricos horizontales y esferas).

Aquí se establece el alcance y lineamientos sobre los cuales se desarrollarán cada una de las etapas posteriores del proyecto.

Cada uno de los capítulos fueron desarrollándose hasta obtener la información y los criterios requeridos para la selección del tipo de sistema, especificación de equipos, instrumentos y materiales, alcanzando los objetivos planteados, la filosofía de desarrollar el sistema en dos etapas; una en espera y la otra de llenado; en teoría, obedecía a tener en la etapa de espera un tamaño menor de los equipos y operar con éstos durante este período y así ahorrar energía, ya terminado el sistema se ha llegado a la conclusión de que éste puede simplificarse eliminando -

la etapa de espera, esto es, porque los gastos manejados en etapa son realmente bajos con respecto al total 20% y que al incluirlos en la etapa de llenado incrementarían en un mínimo el tamaño de los equipos y el costo inicial de los mismos. Esto reduciría el número de equipos e instrumentos, prácticamente a la mitad, ahorrando espacio, facilitando la operación, control y mantenimiento del sistema.

Cabe mencionar que los puntos presentados son susceptibles de ampliarse tanto como se desee, en virtud de que cada uno de éstos en la industria suelen manejarse como especialidades en las diferentes ramas de la ingeniería, sin embargo, éstos contienen la información necesaria para cumplir con los objetivos.

Dada la variedad de aspectos de la ingeniería y materias involucradas, esta tesis es un libro de consulta para todos aquellos estudiantes principalmente de la carrera de Ingeniería Química que deseen iniciarse o adentrarse en el tema.

BIBLIOGRAFIA.

CAPACITACION DE PERSONAL DE FERTILIZANTES MEXICANOS  
Serie Técnica N° 5  
México, 1981.

COMERCIAL SOLVENTS CORPORATION, AGRICULTURAL DIVISION.  
Ammonia its uses and propierties  
U.S.A.

AGRICULTURAL AMMONIA INSTITUTE. (A.A.I. Standard N° M-I)  
Storage and handling of anhydrous ammonia.  
U.S.A., June 1967.

AGRICULTURAL NITROGEN INSTITUTE.  
Operation Safety manual for anhydrous ammonia.  
U.S.A.

E. STURZENEGGER, REFRIGERATION AND PROCESS ENGINEERINT DIVISION.  
Sulzer Technical Review.  
o2, 1982.

AMERICAN STANDARDS ASSOCIATIONS.  
American standard safety requeriments for the storage  
and handling of anhydrouse ammonia.  
U.S.A., January, 1962.

RASE, H.F. & M.H. BARROW.  
Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso  
C.E.C.S.A.  
México, 1979

PASCUAL RIVERA RECIO Y FRANCISCO VALL GARRIGA.  
Cálculo de esferas refrigeradas.  
Ingeniería Química U. de Barcelona.  
España, Agosto, 1975.

YORK TECHNICAL MANUAL BY BORG WARNER CORPORATION  
Equipment Manual ammonia  
Section A-10  
U.S.A., October 01, 1947.

HIGH PRESURE RECEIVERS, REFRIGERANT - 12 AND REFRIGERANT - 22 FILLE: ASSOCIATE MANUAL-MISCELLANEOUS SECTION.

- Refrigerant piping sell and tube condensers.
  - Ammonia refrigeration systems, purging non-condensibles.
- U.S.A., 1960.

ARTHUR GERUNDA, THE HEYWARD-ROBINSON Co.  
How to size liquid-vapor separators.  
U.S.A, Chemical Engineering, May, 04, 1981

CHICAGO BRIDGE & IRON COMPANY  
Criogenic Storage.  
U.S.A., Bulletin 8650.

LEONARD P. ZICK AND MERWIN B. CLAPP.  
How to Specify ... Low temperature storage vessels.  
Chicago Bridge & Co. Cok Brook, III.  
U.S.A., 1965.

E.C. Sommer.  
How Esso Stores Refrigerated LPG.  
Esso Research & Engineering Co. Florham Park, N.J.

P. ZICK L.P. AND M.B. CLAP.  
Hydrocarbon Process Petrol Refiner.  
43, N° 6, Junio, 1964.

F.L. APPLGATE, JR.  
El Amoniaco fácil de manipular.  
Chem. Eng. prog. 61, N° 1  
U.S.A., 1965.

H. KLAY  
El transporte marítimo de gases líquidos.  
Revista Técnica Sulzer.

AFIF GUZMAN GERMAN  
Almacenamiento de propano en recipientes esféricos  
Refrigerados.  
Tesis  
U.N.A.M. 1969

DUREN BAUTISTA, JORGE DANIEL

Estudio y posibilidad de ampliación del sistema de refrigeración de la planta de amoníaco anhidro de la refinería Salamanca, Gto.

Tesis

U.N.A.M., 1970.

ESPINOZA ESCOBAR, JESUS MIGUEL.

Modificaciones al sistema de enfriamiento del equipo de refrigeración de amoníaco en Salina Cruz, Oax.

Tesis

U.N.A.M. 1975.

GONZALEZ SALINAS, MA. DE JESUS

Consideraciones sobre el cálculo de recipientes a alta y baja presión para equipos de proceso.

Tesis

U.N.A.M., 1979.

DONALD Q. KERN.

Procesos de transferencia de calor

C.E.C.S.A.

México, 1974

N.F.P.A. N° 59

Standard for the storage and handling of liquefied petroleum.

Gases at utility gas plants.

U.S.A., 1963.

A.P.I. Standard 650

Welded Steel tanks for oil storage

Seventh edition.

U.S.A., November, 1980.

A.P.I. RP. 2000.

Guide for venting Atmospheric and Low-pressure storage vessels.

2a. edition, American Petroleum Institute New York.

U.S.A., 1965.

MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES

Estructuras.

C.2.5., Tanques y recipientes.

C.F.E., Instituto de Investigaciones Eléctricas.

México, 1980.

NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.  
Parte 1, Instalaciones para uso de energia eléctrica.  
S.P.F.I. Dirección General de Normas.  
México, 1981.

ROBERT H. PERRY/CECIL H. CHILTON  
Chemical Engineer's hand book  
Fift H. Edition.  
U.S.A., 1973.

