



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**“PROYECTO DE UNA PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE PROPANO EN LAS TRUCHAS, MICHOACAN.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
MARCO ANTONIO DE HARO JIMENEZ**

**MEXICO, D.F.**

**1982**



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

	Págs.
INTRODUCCION.	
GENERALIDADES.	
<u>CAPITULO I</u>	
Bases de Diseño .....	1, 19
<u>CAPITULO II</u>	
Descripción del Proceso .....	20, 33
<u>CAPITULO III</u>	
Balances de Materia y Energía .....	34, 67
<u>CAPITULO IV</u>	
Generalidades .....	68, 71
Diagrama de Proceso .....	72, 73
Arreglo General .....	73, 75
Diagramas Mecánicos de Flujo .....	75, 151
Diagramas Mecánicos de Flujo Almacenamiento .....	85, 115
Diagramas Mecánicos de Flujo Acumuladores.	115, 123
Diagramas Mecánicos de Flujo Compresores .	123, 131
Diagramas Mecánicos de Flujo Llenaderas ..	132, 133
Diagramas de Servicios Auxiliares .....	134, 151
Diagrama Mecánica de Flujo Torre de Enfriamiento .....	134, 137

Diagrama Mecánico de Flujo Recirculación de Turbosina .....	137, 140
Diagrama Mecánico de Flujo Unidad Generadora de Vapor .....	140, 143
Diagrama Mecánico de Flujo Aire Plantas e Instrumentos .....	143, 146
Diagrama Mecánico de Flujo Sistema de Relevos .....	146, 150
Diagrama Mecánico de Flujo Aceite Combustible .....	150, 151

#### CAPITULO V

Selección y Adquisición de Equipo Generalidades .....	152, 156
Importancia del Departamento de Compras en la Realización de un Proyecto ....	152, 153
Papel del Ingeniero Químico dentro del Departamento de Compras .....	154
Descripción de las Diferentes Etapas de Compras en un Proyecto .....	154, 158
ANALISIS DE RESULTADOS .....	159, 163
CONCLUSIONES .....	164
BIBLIOGRAFIA .....	165, 170

## INTRODUCCION

Debido al gran auge industrial que se está desarrollando en el Puerto de las Truchas Michoacán, PETROLEOS MEXICANOS proyecta construir una Planta de Almacenamiento y Distribución de Propano y con ello satisfacer en parte las necesidades de gas en esa región del país. Aunque las plantas de almacenamiento y distribución no son unidades productivas, si son unidades importantes en el desarrollo industrial de un país. Ya que estas se localizan en lugares estratégicos donde no es posible hacer la entrega directa de los productos, por estar bastante alejados de los centros de producción.

En la medida que el consumo de los productos de la Industria del Petróleo se ha incrementado en las distintas regiones del país, los sistemas de almacenamiento y distribución se han ampliado y de su flexibilidad de operación depende movilizar con eficiencia dichos productos.

El abastecimiento de productos petroleros a los centros de almacenamiento, distribución y consumo, se efectúan combinando los distintos medios de transporte como son: gasoductos, poliductos, buques tanque, barcazas, chalanes, autos-tanque, carros-tanque y automotores de distintos tipos.

La planta será abastecida através de buques-tanque que transportarán el Propano líquido desde la Refinería de Salina Cruz, Oaxaca y será distribuido através de autos-tanque y carros-tanque con posibilidades de ampliación para distribuirse por poliducto.

Dentro de los diferentes campos de desarrollo que se le presentan al Ingeniero Químico al egresar de la escuela, está el de la Ingeniería de Proyectos para plantas de proceso.

En el presente trabajo se tratará principalmente, de evaluar el papel que desempeña el Ingeniero Químico, dentro de la Ingeniería de Proyecto como Ingeniero de Proceso y su preparación dentro de la Universidad.

## GENERALIDADES

UN PROYECTO PARA UNA PLANTA DE PROCESO, ES UNA SERIE DE ACTIVIDADES ENCAMINADAS A CONSTRUIR UNA PLANTA DE PROCESO PARA OBTENER UN PRODUCTO DE DETERMINADAS CARACTERISTICAS.

La Ingeniería de Proyectos la componen principalmente la Ingeniería Básica y de Detalle.

La Ingeniería Básica de Proceso, es aquella que se refiere a saber como se elabora un producto (know-how) o bien es la que hace posible la existencia de un proceso para obtener un producto.

Algunos de los documentos básicos que forman el paquete de Ingeniería Básica son:

- a). Descripción Detallada del Proceso
- b). Diagrama de Proceso donde se incluyen balances de materia y energía, condiciones de operación: presión, temperatura, flujo.
- c). Plano de localización general de equipo (sugerido).
- d). Lista de equipo básico.
- e). Hojas de datos de los equipos básicos, y en casos de equipos críticos para la operación de la planta, proporcionar especificaciones detalladas y dibujos si se requieren para su fabricación.
- f). Consumo aproximado de los servicios auxiliares.

- g). Consumo y especificaciones de reactivos químicos y catalizadores.
- h). Secuencia de operación de la planta, definición de sistemas básicos de control y seguridad.

La Ingeniería de Detalle se puede definir como la parte de la Ingeniería de Proyecto en la cual se desarrollan las especificaciones de los equipos y se elaboran los planos y demás documentos de ingeniería con los cuales es posible la adquisición de equipos, materiales y accesorios para la construcción y puesta en marcha de la planta, y las instalaciones auxiliares requeridas para su operación.

El desarrollo de la Ingeniería de Detalle está fundamentada principalmente en:

- a). La Ingeniería Básica
- b). Bases de Diseño y Especificaciones Generales
- c). Diagramas Mecánicos de Flujo ó de Tubería e Instrumentación.
- d). Diagramas de Servicios Auxiliares
- e). Especificaciones de Equipo y Materiales de Construcción.
- f). Información de Fabricantes.
- g). Normas y Códigos
- h). Adquisición de Equipos y Materiales.

De lo anterior podemos decir en una forma muy gene

ral que la Ingeniería de Proyecto cubre los siguientes aspectos: Interpretación y Proyección de Información y Resultados provenientes de plantas piloto, evaluación técnica y económica de tecnologías, elaboración de secuencias de operación del proceso, balances de materia y energía, elaboración de diagramas de proceso, equipo, planos de cimentación, diagramas unifilares, especificación y procuramiento de los equipos, construcción y arranque de la planta.

El diseño y la construcción de una planta de proceso no podrán ser llevados a cabo por profesionales de una rama de la ingeniería. Si no que requiere de la participación de Ingenieros Químicos, Mecánicos, Civiles, Electricistas, - así como especialistas en muchas otras disciplinas tanto técnicas como administrativas. Este esfuerzo combinado es dirigido por una persona llamado Ingeniero de Proyecto, que generalmente es un Ingeniero Químico.

Las funciones principales del Ingeniero de Proceso en el diseño de una planta de proceso son: Revisiones ó adaptaciones a la tecnología e ingeniería básica, elaboración de balances de materia y energía, establecer los servicios auxiliares para el funcionamiento de la planta, elaboración de diagramas de proceso, diagramas de tubería e instrumentación, especificación detallada de los equipos de proceso así como de los instrumentos principales para control de la misma, preparación de secuencias de operación de la planta, definición de sistemas de control y de seguridad.

Además el Ingeniero de Proceso sirve al Departamen

to de Procuramiento, suministrándole especificaciones correc  
tas, completas y precisas que permitan la adquisición de -  
equipos, maquinaria, accesorios e instrumentos que integran-  
la planta.

C A P I T U L O    I

BASES DE DISEÑO

## 1. BASES DE DISEÑO.

Las bases de diseño son la parte estructural de la ingeniería de proceso, aquí se resume la información necesaria para que el ingeniero de proyecto comience el estudio y desarrollo del proceso, así como la determinación en detalle de las variables que tienen que mantenerse bajo control para asegurar el éxito de un proyecto.

Con estos datos se elaboran los balances de materia y energía, se hace un diseño preliminar de la planta, se emiten especificaciones de equipo y materiales necesarios.

Las bases de diseño se dividen en:

I. Bases de diseño de proceso.

II. Bases de diseño generales.

Dentro de las primeras se pueden considerar las siguientes:

I.0 Función de la planta.

I.1 Capacidad de la planta.

I.2 Horas de operación al año.

I.3 Rendimiento.

I.4 Flexibilidad.

I.5 Localización de la planta.

I.6 Previsión para el futuro.

I.7 Materias primas.

I.7.1 Propiedades físicas y químicas.

- 1.7.2 Presentación.
- 1.7.3 Almacenamiento.
- I.8 Productos.
  - 1.8.1 Propiedades físicas y químicas.
  - 1.8.2 Almacenamiento.
- I.9 Químicos y catalizadores.
- I.10 Servicios.
  - 1.10.1 Vapor.
  - 1.10.2 Condensados.
  - 1.10.3 Agua de enfriamiento.
  - 1.10.4 Agua potable.
  - 1.10.5 Agua contra incendio.
  - 1.10.6 Agua para calderas.
  - 1.10.7 Agua de proceso.
  - 1.10.8 Aire de instrumentos.
  - 1.10.9 Aire de plantas.
  - 1.10.10 Combustibles.
  - 1.10.11 Energía eléctrica.
  - 1.10.12 Comunicaciones.
  - 1.10.13 Eliminación de desechos.

Dentro de las segundas se consideran:

- II.0 Mecánicas.
- II.1 Civiles.
- II.2 Tuberias.

### II.3 Eléctricas.

### II.4 Instrumentación.

Estas bases de diseño, generalmente se dejan a especialistas, aunque es necesario que el ingeniero de proyecto, - además de requerir un profundo conocimiento en ingeniería química, demanda conocimientos en las especialidades antes mencionadas para coordinar las actividades en todas ellas.

A continuación se describirán las bases de diseño, las cuales se consideran el punto de partida para el desarrollo del presente trabajo.

#### 1.0 Función de la planta.

La planta será diseñada para almacenar y distribuir propano líquido, con posibilidad de manejar amoníaco; el tipo de proceso a utilizar será tanque atmosférico con equipo de refrigeración.

Una vez establecida la función de la planta, se procederá a describir cada una de las bases de diseño de la misma.

#### 1.1 Capacidad.

La planta deberá recibir propano a un régimen de 15,000 Ton/día y cargar a llenaderas de autotankes y carros tanques a un régimen de 3,790 Ton/día.

El factor de servicio a utilizar será de 91.23%, lo que indica que se trabajarán 333 días al año.

1.2 Horas de operación al año.

De acuerdo al factor de servicio que se está considerando, se laborarán 7992 horas al año.

1.3 Rendimiento.

El rendimiento de la planta en nuestro caso, depende directamente de la eficiencia de las compresoras, por lo tanto se espera que la eficiencia sea del 100%, ya que todo el propano que se recibe no sufre ninguna transformación.

1.4 Flexibilidad.

La planta deberá seguir operando bajo las siguientes condiciones anormales:

CONDICIONES	SI	NO	OBSERVACIONES
Falla de electricidad.		X	Deberá seguir recibiendo.
Falla de vapor.		X	
Falla de aire.	X		Dotar suministro de nitrógeno, al sistema de aire de instrumentos en falla.

Se requiere preveer aumentos de capacidad en futuras ampliaciones, hasta una capacidad de recibo de

20,000 ton/día.

### 1.5 Localización de la planta.

Para la localización de la planta intervienen varios factores, entre los cuales se pueden mencionar:

- a) Distancia de los centros de suministro de materias primas.
- b) Distancia de los centros de consumo.
- c) Vías de comunicación.
- d) Disponibilidad de agua, combustibles y energía eléctrica.
- e) Eliminación de desechos.
- f) Distancia a los centros de población.
- g) Disponibilidad de mano de obra.

#### 1.5.1 Condiciones del lugar.

El lugar escogido es una parte del Delta del Río Balsas, con una altitud de 3.0 m. sobre el nivel del mar; la estructura del suelo lo constituyen depósitos deltáicos de arenas y gravas mezcladas, con una resistencia en el subsuelo de 1 T. por metro cuadrado, por lo que las cimentaciones serán con pilotes de 12.0 m. de longitud armados de concreto reforzado.

#### 1.5.2 Condiciones del viento.

Los vientos dominantes son del sureste, la velocidad es de 200 kms./hr., la zona sísmica III.<sup>o</sup>

### 1.5.3 Condiciones climatológicas.

La zona escogida tiene las condiciones climatológicas que a continuación se indican:

#### a) Humedad relativa.

- Promedio anual.	91.7%
- Media mínima.	49.1%
- Mínima registrada.	39.5%

#### b) Temperatura de bulbo seco.

- Promedio máximo.	37 °c
- Promedio mínimo.	35 °c
- Máxima mensual.	39 °c
- Mínima mensual.	11.5 °c

#### c) Precipitación pluvial.

- Promedio anual.	1320 mm
- Máxima mensual.	100 mm
- Mínima mensual.	32 mm

### 1.6 Previsiones para el futuro.

Este aspecto fue tratado en el punto 1.4.

### 1.7 Materias primas.

La materia prima utilizada en la planta, es propa-  
no líquido.

#### 1.7.1 Propiedades físicas y químicas.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL PROPANO

PESOS MOLECULAR:	44.094 LB/LB MOL
PUNTO DE CONGELACION A 14.7 PSIA:	-305.8° F.
PUNTO DE EBULLICION A 14.7 PSIA:	-43.7° F.
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL LIQUIDO A 14.7 PSIA:	0.507
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL GAS A 60° F Y 14.7 PSIA:	1.522
TEMPERATURA CRITICA:	206.3° F
PRESION CRITICA:	617 PSIA
LIMITE DE FLAMABILIDAD INFERIOR:	2.1% EN VOLUMEN EN AIRE
LIMITE DE FLAMABILIDAD SUPERIOR:	9.5% EN VOLUMEN EN AIRE
CALOR LATENTE DE VAPORIZACION DEL LIQUIDO A 14.7 PSIA Y -43° F	183.1 BTU/LB
CAPACIDAD CALORIFICA DEL GAS A 60° F y 14.7 PSIA (Cp)	0.3885
CAPACIDAD CALORIFICA DEL GAS A VOLUMEN CONSTANTE A 60° F (Cp)	0.343
CAPACIDAD CALORIFICA DEL LIQUIDO A 60° F Y A LA PRESION DE SATURACION CORRESPONDIENTE A ESTA TEMPERATURA:	0.592
PRESION DE VAPOR A 100° F.	190 PSIA

TENSION SUPERFICIAL DE LIQUIDO  
SATURADO A-43° F.

15.5 DINA/CM

VISCOSIDAD DEL LIQUIDO SATURADO  
A -43° F.

0.20 CPS

CONDUCTIVIDAD TERMICA DEL LI--  
QUIDO SATURADO A -43°F.

0.082  $\frac{\text{BTU}}{\text{HR} - \text{FT} - ^\circ\text{F}}$

### 1.7.2 Presentación.

A continuación se enlistan las características de las alimentaciones a la planta en límites de batería.

Propano líquido proveniente de barcos.

Alimentación	31,241.80	mol/hr
Peso molecular	42.6314	kg/mol
Presión	10.007	kg/cm <sup>2</sup> (manométricas)
Temperatura	-49 °c	(-52 °F)
Estado físico	líquido	
Forma de recibo	tubería *	

COMPONENTE	COMPOSICION	FLUJO mol/hr
Propano	0.9441	29495.3834
Metano	0.0012	37.4902
Etano	0.0260	812.2864
I-Butano	0.0081	253.0568
CO <sub>2</sub>	0.0002	6.2484

### 1.7.3 Almacenamiento.

Las instalaciones requeridas de almacenamiento son:

\* Con protección catódica.

a) Tanque de almacenamiento para  
20,000 ton. a -52 °F.

I.8 Productos.

I.8.1 Propiedades físicas y químicas.

Las mismas que las de las materias primas, ya que éstas no sufren transformación alguna.

I.8.2 Presentación.

Los productos serán entregados en límites de batería en autostanques y carrotanque.

Propano líquido en llenaderas.

Alimentación 7,891.95 mol/hr

Peso molecular 20.0214 kg/mol

Presión 7.0 kg/cm<sup>2</sup>

(manométricas)

Temperatura 4.44 °c (40 °F)

Estado físico líquido

Forma de entrega garza

COMPONENTE	COMPOSICION FRACCION MO- LECULAR	FLUJO mol/hr
Propano	0.9449	7457.10
Metano	0.0009	7.10
Etano	0.0255	201.24
I-Butano	0.0204	100.99
N-Butano	0.0081	63.93
CO <sub>2</sub>	0.0002	1.58

### 1.8.3 Almacenamiento.

Son las mismas que las de las materias primas, ya que éstas no sufren ninguna transformación debido a que la función de la planta es almacenar propano.

### 1.9 Químicos y catalizadores.

Por condiciones requeridas en el proceso, no se emplearán catalizadores; para los químicos utilizados se establecerán sus requerimientos y especificaciones en el capítulo IV.

### 1.10 Servicios.

Los servicios empleados en las plantas, serán básicamente: vapor, agua, combustibles y energía eléctrica, aire de instrumentos, aire de plantas; sus requerimientos y especificaciones, se establecerán también de una forma muy especial en el capítulo IV.

## II. Bases de diseño generales.

Como ya se mencionó anteriormente, estas bases se dejan a expertos en estas áreas; el ingeniero de proyecto, debe conocer las bases de diseño para coordinar con mayor eficiencia el proyecto.

### II.0 Bases de diseño mecánicas.

#### II.0.A Presión de diseño.

##### II.0.A.1 Presiones de operación superio-

res a la presión atmosférica.

La presión de diseño será equivalente a la máxima presión de operación en el recipiente, más un 10% ó 2 kg/cm<sup>2</sup> de sobrediseño, - empleándose el valor que resulte mayor. En caso de que la presión de vapor del líquido correspondiente a la temperatura máxima que pudiera alcanzar éste, - sea superior a los valores anteriores, se considerará una presión de diseño equivalente a la presión de vapor a dicha temperatura, más 2 kg/cm<sup>2</sup> ó 10% de sobrediseño, empleándose el valor que resulte mayor.

11.0.A.2 Presiones de operación inferiores a la atmosférica.

Se considerará como condición de diseño, el vacío total.

11.0.A.3 Presiones de operación positivas y subatmosféricas.

Para el caso de recipientes que operen a presiones superiores a

la atmosférica, pero que en determinadas circunstancias, aunque - solo fuera momentáneamente, también operen a presiones inferiores a la atmosférica, como sería el caso de recipientes y equipos asociados a la succión de compresores; se considerarán los dos, condiciones de diseño, es decir 10% ó 2 kg/cm<sup>2</sup> de sobrediseño y vacío total.

II.0.A.4 Presiones de operación atmosférica.

No se considerará un sobrediseño sobre dicha presión para equipos que operen a estas condiciones, quedando a responsabilidad del departamento de recipientes, - - aplicar los códigos correspondientes a este tipo de recipientes.

II.0.B Temperatura de diseño.

II.0.B.1 Temperaturas máximas de operación de -29 a 340 °c.

La temperatura de diseño equiva-

lente a la máxima temperatura - que pueda presentarse en el recipiente por condiciones de proceso, incrementada por un sobrediseño de 15 °c.

11.0.B.2 Temperaturas inferiores a -29 °c. Se considerará como condición de diseño, la temperatura mínima de operación esperada.

11.0.B.3 Temperaturas máximas superiores a 340 °c.

Los recipientes que vayan a operar en estas condiciones, serán diseñados para una temperatura - igual a la máxima de operación, sin considerar ningún sobrediseño adicional.

11.0.C Materiales de construcción.

11.0.C.1 Selección.

En relación a los materiales que se emplean para la fabricación - de recipientes, se seleccionarán en función de las características de los fluidos que van a estar en contacto con dichos mate-

riales, así como de las condicio  
nes a las que serán sometidos -  
(principalmente temperaturas).

11.0.C.2 Recubrimientos internos no metá-  
licos.

La selección se hará de acuerdo  
a la norma No. 2.132.01 (protec-  
ción anticorrosiva a base de re-  
cubrimientos), de Petróleos Mexi  
canos.

Cada caso deberá tratarse de ma-  
nera especial, auxiliándose con  
la información disponible.

11.0.C.3 Aislamiento.

a) Aislamiento para conserva-  
ción de calor.

Todos los recipientes, equi-  
po y tubería, cuya temperatu  
ra de operación sea de 35 °c  
o mayor, deberá aislarse para  
conservación de calor a menos  
que se especifique otra cosa.  
No se aislarán exteriormente  
los recipientes y tuberías,  
con revestimiento refractario

interior, a menos que se especifique otra cosa.

b) Aislamiento de protección al personal.

Se instalará aislamiento de protección al personal en todos aquellos recipientes, - equipos y tubería, cuya temperatura de operación sea de 65 °c o mayor.

c) Aislamiento térmico en sistema de baja temperatura

Todos los recipientes que - operan a una temperatura de 35 °c o menor, deberán indicarse como aislamiento de - conservación a baja temperatura.

11.1 Bases de diseño civil.

11.1.1 Solicitaciones por viento.

Se aceptará el uso del manual de diseño - de obras civiles de la C.F.E., para sismo y para viento.

11.1.2 Información general sobre el terreno.

El terreno constituye parte del Delta, en

La desembocadura del Río Balsas con el -  
que colinda en el noreste, es de forma -  
irregular con una superficie de 35.5 has.  
inundable antes de ser elevado con relleno  
hidráulico a la elevación + 3.60 a la  
+4.00 m. en un 70% de toda el área.

El subsuelo lo constituyen depósitos de -  
arenas, gravas o mezclas de éstas, con di-  
ferentes densidades, disueltas a medias -  
en el relleno hasta 5 ó 10 mts. de profun-  
didad y densas a mayores profundidades.

11.1.3 Tipo de edificios y construcciones que se  
desean dentro de límites de batería.

Cuarto de control de instrumentos	SI
Cuarto de control eléctrico	SI
Oficinas	SI
Sanitarios	SI
Cobertizo para compresoras de proceso	SI
Cobertizo para compresoras de aire	SI
Cobertizo para bombas	SI

11.2 Bases de diseño de tuberías.

11.2.1 Soportes de tubería y trincheras.

a) Tipo de soportes: Marcos y trinche-  
ras.

- b) Requerimientos especiales de altura de soportes en L.B.: 4 m. mínimo, (6 m. en cruce de calles).
- c) Se permite uso de trincheras.

II.2.2 Drenajes.

TIPO DE DRENAJE	RECEPTOR	MATERIAL PREFERIDO
Acetoso		Fierro fundido
Pluvial	Colector	Concreto
Sanitario	Fosa séptica	Asbesto
Químico		Fierro fundido

II.2.3 Maquetas y dibujos.

Se hará maqueta: no

Tipo de dibujos que se desean:

- a) Plantas y elevaciones: si
- b) Isométricos de tubería: si

II.3 Bases de diseño eléctricas.

II.3.1 Código para clasificación de área: PEMEX

II.3.2 Resistividad eléctrica del terreno:

Profundidad	3 m
Resistividad promedio	1600 (Ohm-cm)
Resistividad máxima	2800 (Ohm-cm)
Resistividad mínima	720 (Ohm-cm)

II.3.3 Característica de la alimentación de motores.

POTENCIAS HP.	VOLTS	FASES
Hasta 0.9	115	1
De 1 a 200	440	3
De 201 a 500	4160	3

**11.3.4 Corriente para alumbrado.**

VOLTS	FASES
120 6 220	1

**11.3.5 Corriente para instrumentos de control.**

VOLTS	FASES
120	1

**11.4 Bases de diseño de instrumentos.**

**11.4.1 Tipo de tablero requerido:**

- No gráfico.

**11.4.2 Tipo de señal:**

- Neumática.

**11.4.3 Tipo de tubo para el sistema neumático:**

- Tubo de cobre.

**C A P I T U L O    I I**

**DESCRIPCION DEL PROCESO**

## 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Las operaciones que se llevan a cabo en la unidad criogénica, pueden resumirse en cuatro:

2.1.1 Recibo de carga.

2.1.2 Mantenimiento de carga.

2.1.3 Carga a carros tanque y autos tanque.

2.1.4 Sistema rompedor de vacío.

Cabe señalar que es posible tener una combinación de - las operaciones antes mencionadas a un tiempo, para cada - una de ellas se tiene el equipo adecuado, siendo el mismo - para las dos primeras, sólo que de mayor capacidad para el primero. A continuación se hará una descripción por séparado de cada una de ellas.

### 2.1.1 RECIBO DE CARGA.

Esta operación también es llamada de llenado - (sistema filling); consiste en licuar los vapores que llegan acompañando al propano líquido - procedente de buques tanque, los cuales transportan el propano líquido desde Salina Cruz, - Oaxaca. El propano líquido es bombeado desde - el barco hasta el tanque de almacenamiento. Para esta operación de recibo se tiene el equipo adecuado, para mayor claridad ver dibujo PR-300.

Cuando el TC-1001 es llenado y/o se carga a llenaderas, se tienen las siguientes condiciones:

- a) La energía proporcionada por las bombas de transferencia y/o las de carga, es transformada parte en calor, lo cual vaporiza parte del propano.
- b) La línea de alimentación al tanque absorbe calor, reflejándose en vaporización de propano.
- c) El líquido que entra al TC-1001 desplaza vapores dentro del mismo y una cosa similar - ocurre en las llenaderas de carros tanque y autos tanque.

En el caso de un cambio en la presión barométrica que el sistema de mantenimiento de carga (sistema holding) no pueda manejar, - el sistema filling puede ser utilizado.

El propano líquido proveniente de barcos, - es bombeado a una presión de 157 psia y -56 °F, pasa primero por una válvula reductora de presión, en la cual se produce un flasheo a una presión de 14.7 psia y -52.61 °F (solo ocurre una vaporización parcial). La - mezcla líquido-vapor ya puede introducirse al tanque de almacenamiento (TC-1001).

Los vapores de propano que llegan acompañados con el propano líquido y otros que se generan por diferentes causas, que se describirán posteriormente, pasan al TV-601 (tanque de succión); después a una línea común a los dos sistemas (holding y filling), de esta línea sale el cabezal de succión del compresor filling, en donde pasan primero a la botella de pulsación del primer paso de compresión, en el que se comprimen hasta una presión de 70 psia, pasando a la botella de pulsación de la descarga del primer paso a una temperatura de 69.4 °F aproximadamente, y de ahí al tanque acumulador de interpasos filling (TV-603).

En este tanque los vapores son enfriados hasta una temperatura de 33.53 °F, con el rocío del propano líquido proveniente del tanque acumulador final filling (TH-605).

Para ser succionados posteriormente por el 2do. paso de la compresora filling, pasando por la botella de pulsación, comprimiéndose hasta 300 psia aproximadamente, de ahí a la botella de pulsación de descarga a una temperatura de 169 °F aproximadamente. Después

Los vapores pasan a través de los tubos del condensador CH-601, en donde son condensados con agua de enf.

El propano líquido condensado a 105 °F pasa al acumulador final filling (TH-605), de aquí se envía al acumulador de interpasos filling (TV-603), pasando primero por una válvula controladora de nivel en que ocurre un flaseheo causado por la reducción de presión; la mezcla líquido-vapor se introduce al TV-603 a través de un rociador y enfría los vapores calientes provenientes de la descarga del primer paso de las compresoras filling.

El líquido en el fondo (TV-603) pasa por un separador de aceite (TH-607) y de ahí al TC-1001, en donde antes de entrar al tanque de almacenamiento, se une con la corriente líquida proveniente del serpentín de enfriamiento del (TV-601).

#### 2.1.2 SISTEMA HOLDING O DE MANTENIMIENTO.

El propano líquido se encuentra almacenado en el TC-1001 a presión atmosférica y temperatura de -51.86 °F.

El propano que se vaporiza dentro del tanque debido a la absorción de calor o el descenso de la presión atmosférica, tiene como consecuencia inmediata, un aumento de presión en el tanque. El exceso de vapores producidos por estos casos, es manejado normalmente por el sistema holding. En el caso de un incremento súbito en la presión atmosférica, la presión dentro del tanque descenderá, lo cual dará lugar al funcionamiento del sistema rompedor de vacío, mismo que se describirá posteriormente.

Los vapores de propano salen del tanque TC-1001 a través de una línea de 18"  $\phi$ , provista de una válvula de compuerta normalmente abierta provista de candado para este efecto. La línea de vapores se conecta al tanque de succión (TV-601), el que se encuentra equipado con un serpentín, a través del cual fluye propano líquido a una temperatura mayor que la de los vapores provenientes del TC-1002; esto asegura que cualquier cantidad de líquido que haya podido ser arrastrado por los vapores, se evaporará antes de entrar a la succión de las compresoras.

Del tanque de succión (TV-601), los vapores pasan por medio de una línea común de 18"  $\phi$  a los

cabezales de succión de las compresoras holding y filling.

Las compresoras holding succionan a través de una línea de 8"φ que es común, se tienen 2 compresoras (BC-600 A/B) cada una operará al 100% de su capacidad, el BC-600A es accionado por motor eléctrico y el BC-600B por motor de combustión interna (relevo).

Los vapores pasan primero a la botella de pulsación del primer paso de las compresoras holding, comprimiéndose de 14.7 psia hasta 70 psia y a una temperatura de 69.4 °F aproximadamente, salen a la botella de pulsación de la descarga antes de pasar al acumulador de interpasos holding (TV-602), donde los vapores son enfriados hasta una temperatura de 33.53 °F, con el rocío del propano líquido proveniente del tanque acumulador final holding (TH-604), para ser succionados posteriormente por el segundo paso de las compresoras holding, pasando primero a la botella de pulsación, comprimiéndose hasta una presión de 300 psia aproximadamente y enseguida a la botella de pulsación de descarga a una temperatura de 169 °F aproximadamente. Después los vapores pasan a través de los tubos del conden-

sador holding (CH-600), en donde son condensados con agua de enfriamiento.

El propano líquido que sale del condensador a una temperatura de 105°F aproximadamente, pasa al acumulador final holding (TH-604), de aquí son enviados al acumulador de interpasos holding (TV-602), pasando primero por una válvula controladora de nivel en la cual ocurre un flasho causado por la reducción de presión, produciéndose una mezcla líquido-vapor, la cual entra al acumulador interpasos a través de un rociador, el cual enfría los vapores calientes provenientes de la descarga del primer paso de las compresoras holding.

El líquido en el fondo del (TV-602) pasa al serpentín del (TV-601), después al separador de aceite (TH-606) y de ahí al TC-1001.

### 2.1.3 SISTEMA DE CARGA A CARROS TANQUE Y AUTOS TANQUE.

La operación de carga a llenaderas de carros tanque y autos tanque, se lleva a cabo mediante 2 bombas centrífugas verticales (BV-601 A y B), una normal y la otra relevo, cada bomba puede manejar 1200 G.P.M. El propano líquido es succionado a través de una línea de 12"φ común a -

las bombas, pasando primero por una válvula controladora de flujo (VCF-100), la cual puede ser operada desde el cuarto de control mediante un interruptor (CM-101A) o bien en el campo con (CM-101). A falla de aire, esta válvula cierra inmediatamente.

De la descarga de bombas, el propano pasa primero a un filtro, para después pasar a un medidor tipo turbina (MTF-101), con compensador de temperatura y de ahí al sistema de llenaderas, el cual está compuesto por 8 garzas de llenado de autos tanque y 6 garzas de llenado de carros tanque.

Los vapores desplazados en los carros tanque y autos tanque, son regresados a través de una línea de 4"φ y registrados en un registrador de flujo y presión.

Esta línea se conecta a la línea que conduce los vapores desprendidos del TC-1001 y que van al tanque de succión (TV-601).

#### 2.1.4 SISTEMA ROMPEDOR DE VACIO.

Para prevenir la estratificación de temperaturas en el TC-1001, lo que ocasionaría un vacío en el tanque, se recircula continuamente su con

tenido, mediante dos bombas centrífugas verticales (BV-600 A y B), una normal y otra relevo - con una capacidad de 50 G.P.M. cada una; succionando a través de una línea de 4"φ y descargándose por una línea de 2"φ, pasando por un calentador rompedor de vacío (CH-603) y entrando a la parte superior del TC-1001 a un anillo rociador. En condiciones normales, el (CH-603) se encuentra frío al ocurrir un incremento rápido en la presión atmosférica que tendría como consecuencia un descenso en la presión del TC-1001, entraría en funcionamiento el sistema de recirculación de turbosina, calentando el CH-603 y vaporizando parte del propano que fluye a través de él, evitando así el vacío en el tanque.

El sistema rompedor de vacío puede utilizarse, asimismo para mandar propano líquido a los acumuladores interpasos TV-602 y TV-603, para enfriarlos o purgarlos después de operaciones de mantenimiento. Además, se tiene una línea de 1"φ, que se conecta dentro de límites de batería con la línea de recibo de propano líquido - proveniente de barcos, con el fin de mantenerla fría; en esta línea se encuentra instalado un indicador visual de flujo.

#### 2.1.5 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

En los apartados anteriores se ha referido a este tanque de una forma u otra, más no se ha hecho mención a la gran diversidad de los efectos que se tienen en el interior y los efectos y consecuencias de éstos, así como su control mediante una adecuada red de instrumentos que son de gran importancia y es por esto que se ha considerado dejar hasta ahora la explicación a -- ello.

En la parte superior y en la parte baja del tanque se encuentran montados unos termopares, -- los cuales nos indican la temperatura existente en el interior del tanque, mediante los indicadores de temperatura (IT-105 y IT-106) que se -- encuentran en el tablero principal en el cuarto de control.

El tanque se encuentra soportado por una base -- de concreto tratado especialmente para soportar las tensiones producidas por las bajas temperaturas a que se encuentra, éste se encuentra formado por una doble pared cuyo ánulo se ha empacado con un aislante sintético llamado "carlita", el cual es removido periódicamente con aire de instrumentos para evitar que algunas partes

del tanque queden descubiertas.

El aire es suministrado por medio de un cabezal de 2"φ y es regulado a presión atmosférica, a través de una válvula controladora de presión (VCP-107) auto-operada; en caso de una sobrepresión en el ánulo, se cuenta con una válvula de venteo automático (VVA-103), la cual abrirá - - cuando la presión dentro del ánulo llegue a ser 2.5" de agua manométricas.

El tanque interior, tiene una presión normal de 1 atm, cuando la presión del tanque aumente 2.5" de agua, el transmisor de presión (TP-106) montado en el tanque, enviará una señal neumática al interruptor de presión (SP-106), el cual - - accionará una alarma sonora (ALPA-106A) montada en el tablero local holding. El mismo transmisor de presión (TP-106), envía señal neumática al interruptor de presión (SP-106), el cual - - accionará la alarma sonora (ALPA-106) montada - - en el tablero principal en el cuarto de control y al mismo tiempo arrancará el motor eléctrico ME-600A, que accionará el compresor holding - - (BC-600A).

Si el tanque continuara presionándose y alcanza una presión de 3.5" de agua manométrica, so-

nará una alarma en el tablero principal (ALPA-105) y otra en el tablero local filling (ALPA-105A), accionadas por los interruptores de presión (SP-105 y SP-105A) respectivamente, los cuales recibieron señal neumática del TP-105 por presión alta en el tanque. La alarma sonora (ALPA-105A) señala la necesidad de poner en operación al compresor filling (BC-601). Además se cuenta con unas válvulas de venteo automático con arrestador de flama VVA-100 y VVA-101, las cuales relevarían al cabezal de desfogues solo en caso de que hubiera un presionamiento, que por su rapidez las maniobras antes mencionadas no fueran posible verificarse y la presión alcanzara 11" de agua manométrica. Si la presión siguiera aumentando y llegara a alcanzar 13" de agua, se abriría la válvula de venteo automático (VVA-102) la cual relevaría a la atmósfera, aliviando así la presurización dentro del tanque.

Ahora bien, en ocasiones se tendrá una situación inversa a la anterior, o sea que haya una caída de presión, el interruptor de presión (SP-103) accionado por la señal neumática enviada por el transmisor de presión (TP-105), que se encuentra

montado en el tanque, hará sonar la alarma - - (ALPB-103) que se encuentra montada en el tablero principal en el cuarto de control, al mismo tiempo sonará la alarma por baja presión en el tanque (ALPB-104) montada en el tablero local - holding, esto indicará que el compresor BC-600A fue puesto fuera de operación por el interruptor de presión (SP-102), que recibió la señal - neumática de baja presión en el tanque por el - transmisor de presión (TP-105), para con esto - restablecer la presión.

Si la presión continuara descendiendo, se tiene una línea por donde se derivan vapores del tanque acumulador final filling hacia el tanque - de almacenamiento, los vapores son regulados automáticamente por una válvula controladora de - presión (VCP-101), la cual recibe señal neumática del (ICP-101) que se encuentra montado en el tablero principal, a la vez, este indicador controlador de presión, recibe señal del (ITP-101) que se encuentra montado en la línea que conduce vapores del tanque de almacenamiento al tanque de succión. Si con las maniobras anteriores, no se lograra restablecer la presión y ésta llegara alcanzar -1.5" de agua manométrica,

se inyecta nitrógeno a través de una línea en la cual se encuentra la válvula controladora de presión (VCP-105) que recibe señal neumática modulada del (RCP-105) y a la vez éste último recibe señal neumática del (TP-105).

En caso de que la presión llegase a alcanzar -2.5" de agua, igual que en el caso anterior, las válvulas de venteo automático (VVA-100 y 101) abrirán por vacío admitiendo aire atmosférico, cerrando hasta alcanzar la presión normal de operación.

C A P I T U L O    I I I

BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

## GENERALIDADES.

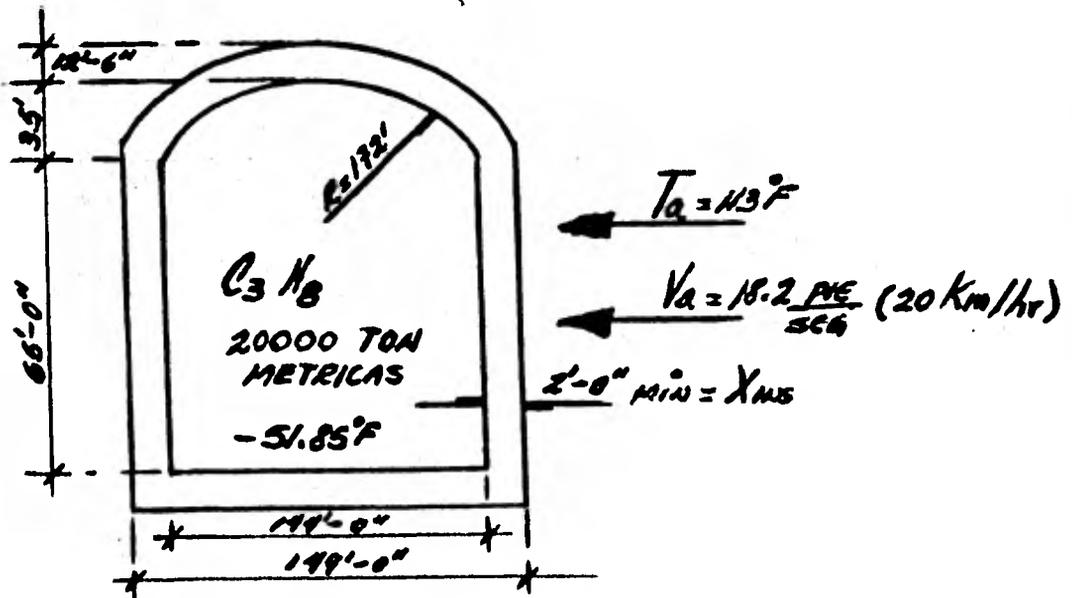
En cualquier proceso químico debe llevarse un control exacto de todos los materiales que entran y salen de un sistema. Además de los aspectos de precisión, puramente científicos, este control debe hacerse por razones económicas, la contabilidad de material que entra en el sistema, debe ser igual a la cantidad que sale, siempre y cuando no haya acumulación en éste.

Al igual que en el caso de los balances de materia, es esencial llevar una contabilidad exacta de toda energía que entra y sale del sistema; para que un proceso sea costeable, deberán ser conocidos los costos de material y energía que viene en él. Por ejemplo, es muy posible concebir que un proceso es atractivo desde el punto de vista de los materiales, pero no es económicamente atractivo en lo que respecta a la cantidad de energía requerida, por lo tanto, el ingeniero de proceso debe hacer también un balance de energía.

Frecuentemente, quienes tienen mayor necesidad de realizar balances de materia y energía, son los ingenieros de proceso (generalmente ingenieros químicos), encargados del diseño de plantas industriales; requieren también del empleo de balances, quienes están a cargo de resolver problemas técnicos en una planta industrial.

3.1 ESTIMACION DE LA ABSORCION DE CALOR AL TANQUE DE -  
PROPANO REFRIGERADO.

Para fines de cálculo se está considerando propano puro.



Producto Almacenado: Propano

Diámetro del tanque interior: 144' - 0"

Diámetro del tanque exterior: 149' - 0"

Altura del interior: 69' - 6"

Temperatura máxima ambiente: (T<sub>a</sub>) = 113°F (45°C) supuesta,  
102.2°F (39°C).

Temperatura del líquido almacenado: (T<sub>L</sub>) = 51.85°F

Velocidad de aire ambiente (V<sub>a</sub>) = 20 Km/hr. (18.2 pfe/seg)

Como dato de diseño tenemos que la capacidad de recibo de propano a la terminal es de: 15000 ton/día a  $-52^{\circ}\text{F}$  ( $-46.6^{\circ}\text{C}$ ) y  $10 \text{ kg/cm}^2$  ( $142.2 \text{ Lb/IN}^2$ )

$$1500 \text{ ton/día} = 1,137,875.0 \text{ lb/hr.}$$

CALOR ABSORBIDO DEL AMBIENTE POR CONVECCION Y RADIA-  
CION.

$$Q = U_s A_e (T_a - T_L)$$

$U_s$  = Coeficiente total de transmisión de calor en la pared del tanque.

$$U_s = \left[ \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_{ins}} + \gamma_m \right]^{-1}$$

$$\frac{1}{U_s} = \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_{ins}} + \gamma_m$$

$T$  = Temperatura de la pared lateral del tanque ( $^{\circ}\text{F}$ )

$$T = T_L - 0.4 (T_L - T_a)$$

$$T = -51.85 - 0.4 (-51.85 - 113) = 14.078^{\circ}\text{F} \approx 14^{\circ}\text{F}$$

$h_a$  = Coeficiente de película del aire.

$$V_a = 18.2 \text{ pie/seg.}$$

$$\Delta T = T_a - T = 113 - 14 = 99^{\circ}\text{F}$$

$$h_a = \frac{700}{99} = 7.07 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$h_i$  = Coeficiente de película del líquido almacenado (Convección natural).

Usando Ec. N° 27a (REF. 3)

$$h_i = 0.45 K_f \left[ \frac{(\rho_f)^2 (g) (\beta_f) (CP_f) \Delta T}{(M_f) (K_f)} \right]^{0.25}$$

donde:

- $\rho_f$  = Densidad del líquido a  $T_f = 36.17$  lb/pie<sup>3</sup>  
 $CP_f$  = Calor específico (a presión CTE) a  $T_f = 0.52$  BTU/  
16°F  
 $g$  = Aceleración de la gravedad =  $4.17 \times 10$  pie/hr<sup>2</sup>  
 $T = T - T_L = 14 - (-51.85) = 65.85^\circ\text{F}$   
 $M_f$  = Viscosidad a  $T_f = 0.215$  c.p.s. =  $0.516$  lb/hr-pie  
 $K_f$  = Conductividad térmica a  $T_f = 0.0796$  BTU/hr-pie°F  
 $\beta_f$  = Coeficiente de expansión volumétrica =  $1.0 \times 10^{-3}$   
F<sup>-1</sup>  
 $T_f$  = Temperatura de película =  $51.85$

$$h_i = 29.42 \text{ BTU/Hr} - \text{pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$\gamma_m$  = Resistencia térmica del metal

$$\gamma_m = \frac{E_1 + E_2}{K_m} = \frac{\text{Espesores de pared del tanque}}{\text{Conductividad térmica de paredes}}$$

$$\gamma_m = \frac{0.5 + 0.5}{12 \times 36} = 0.0032$$

$H_{ins}$  = Coeficiente de Transmisión del Aislamiento

$$h_{ins} = \frac{K_{ins}}{X_{ins}} = \frac{\text{Conductividad térmica del aislamiento}}{\text{Espesor del aislante}}$$

$$K_{ins} = 0.03 \text{ BTU} - \text{pie/Hr} - \text{pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$X_{ins} = 2' - 0''$$

$$h_{ins} = \frac{0.03}{2} = 0.015 \text{ BTU/hr} - \text{pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\frac{1}{U_s} = \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_{ins}} + y_m$$

$$\frac{1}{U_s} + \frac{1}{7.07} + \frac{1}{29.42} + \frac{1}{0.015} + 0.0032 = 66.83$$

$$U_s = 0.015 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr} - \text{pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

DETERMINACION DEL AREA EQUIVALENTE ( $A_e$ )

$$A_e = A_s + \frac{U_t}{U_s} A_t + \left(\frac{2DK}{K_s}\right) \left(\frac{T_L - T_g}{T_L - T_a}\right)$$

donde:

$A_s$  = Area lateral del tanque

$A_t$  = Area del techo.

$K$  = Conductividad térmica de la cimentación en el fondo del tanque.

$$K = 0.08 \text{ BTU} - \text{pie/Hr} - \text{pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$T_g$  = Temperatura de la cimentación el fondo del tanque.

$T_g$  = 40°F (supuesta)

$A_s$  =  $DH$        $H$  = Altura del tanque (promedio)  
                     $D$  = Diámetro del tanque (promedio)

$$A_s = 30952 \text{ pie}^2$$

$$A_t = 11 (2Rh)$$

$$A_t = 18,560 \text{ pie}^2$$

$u_t$  = Coeficiente total de transmisión de calor en el techo del recipiente.

$$u_t = \frac{1}{h_a} + \frac{1}{h_{ins}} + y_m^{-1}$$

$$u_t = \frac{1}{7.07} + \frac{1}{0.015} + 0.0032 = 0.0149 \text{ BTU/hr} - \text{pie}^2 \cdot \text{°F}$$

$$\frac{2DK}{u_s} = \frac{(2) (1465) (0.08)}{0.015} = 1563 \text{ pie}^2$$

$$\frac{T_L - T_g}{T_L - T_a} = \frac{51.85 - 40}{51.85 - 113} = 0.5572$$

$$A_e = 30952 + \left(\frac{0.0149}{0.015}\right) \times 18560 + 1563 \times 0.557$$

$$A_e = 50259.12 \text{ pie}^2$$

De donde:

El calor absorbido del ambiente por convección y radiación - será:

$$Q = U_s A_e (T_a - T_l)$$

$$Q = (0.015) (50259.12) (113 - (-51.85))$$

$$Q = 124,278.25$$

Considerando un 20% de factor de seguridad

$$Q = 124,278.25 \times 1.2 = 149,133.88 \text{ BTU/hr.}$$

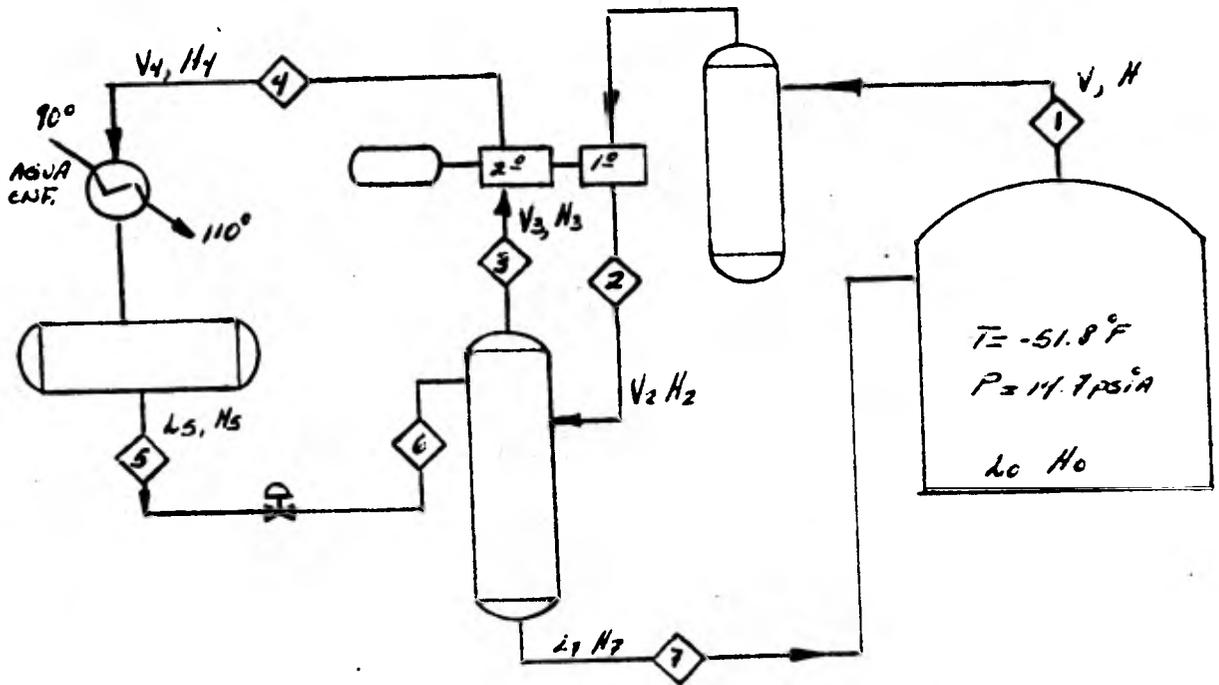
$$Q \approx 150,000.0 \text{ BTU/hr}$$

Referencias:

- (1) "Chemical Process Principles" Vol. 1  
Hougen & Watson.
- (2) "Natural Gas Processors Suppliers Association"  
"Engineering Data Book" 1966
- (3) "Petroleum Refiner (Vol. 38 N° 4 Págs. 143 a -  
150) Abril, 1959.

3.2 SISTEMA HOLDING

Cantidad de vapores manejados por el sistema.



TEMPERATURA EN LA DESCARGA PRIMER PASO:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}}$$

$$P_2 = 70 \text{ Psia}$$

$$K = 1.2$$

$$P_1 = 14.7 \text{ Psia}$$

$$T_1 = 51.85^\circ \text{ F} = 408.15^\circ \text{ R}$$

$$T_2 = 408.15 \left( \frac{70}{14.7} \right)^{\frac{1.2-1}{1.2}}$$

$$T_2 = 69.39^\circ \text{ F}$$

TEMPERATURA DE DESCARGA SEGUNDO PASO.

$$T_4 = T_3 \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{K-1}{K}}$$

$$K = 1.2$$

$$T_3 = 33.53^\circ\text{F} = 493.53^\circ\text{R}$$

$$P_4 = 300 \text{ Psia}$$

$$P_3 = 70 \text{ Psia}$$

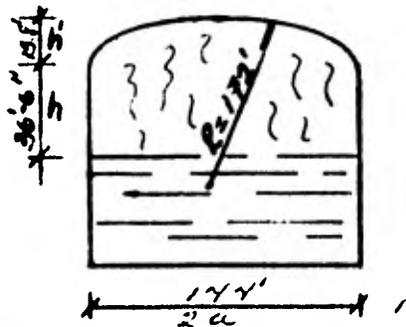
$$T_4 = (493.53) \left( \frac{300}{70} \right)^{0.1667}$$

$$T_4 = 629.00^\circ\text{R} = 169^\circ\text{F.}$$

3.2.1 VOLUMEN DE VAPORES MAXIMOS LIBERADOS EN EL TANQUE POR CAMBIOS DE PRESION BAROMETRICA.

Se supondrá una variación máxima de 24 mm. de mercurio en 30 min. estando el nivel de líquido a la mitad de la altura.

VOLUMEN DE VAPORES EN EL TANQUE



$$V = \pi a^2 h + \frac{1}{6} \pi h' (3a^2 + h'^2)$$

$$V = (3.1416) (72)^2 (325) + \frac{1}{6} (3.1416) (15.8) ((3)(72)^2 + (15.8)^2)$$

$$= 660,020.3 \text{ PIE}^3$$

VOLUMEN POR MANEJAR, AL CAER LA PRESION BAROMETRICA 24 mm. DE MERCURIO.

$$V_1 = 660,020.3 \text{ pie}^3$$

$$V_2 \cdot P_2 = V_1 \cdot P_1$$

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot P_1}{P_2} = \frac{760}{736} \times 660,020.3 = 681,474.66 \text{ pie}^3$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 681,484.66 - 660,023.3 = 21,454.36 \text{ pie}^3$$

en 30 min.

$$S_v @ - 51.85^\circ\text{F} \approx 0.14 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$$

$$V = 21,454.36 \text{ pie}^3 \times 0.14 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} = 3,003.61 \frac{\text{lb}}{0.5 \text{ hr}}$$

$$W_1 = 6,007.22 \frac{\text{lb}}{\text{hr.}}$$

3.2.2 VOLUMEN DE VAPORES GENERADOS POR CALENTAMIENTO DEL SISTEMA (ABSORCION DE CALOR EN EL TANQUE)

$$Q = 150,000 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} = W_2$$

$$2 = 2_2 - 2_1$$

$2_2$  = Entalpia del liquido sat. @ - 51.85° F y 14.7 psia

$2_1$  = Entalpia del Vap. sat. @ - 51.85° F y 14.7 psia.

$$2_2 = -88 \text{ BTU/lb}$$

$$2_1 = 96 \text{ BTU/lb}$$

$$2 = -88 - 96 = -184.00 \text{ BTU/lb}$$

..

$$Q = W_2$$

$$w_2 = \frac{Q}{2} = \frac{150,000 \text{ BTU/hr}}{184,000 \text{ BTU/lb}} = 815.22 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$w_{\text{Total}} = w_1 + w_2 = 6007.22 + 815.22 = 6822.44 \text{ lb/hr.}$$

$$w_{\text{Total}} = 6822.44 \text{ lb/hr.}$$

### 3.2.3. BALANCE DE ENTALPIAS EN EL TANQUE

$$L_7 H_7 = L_o H_o + V_o h_o$$

$L_7$ ; Líquido que regresa al tanque

$L_o$ ; Líquido que permanece en el tanque

$V_o$ ; Vapores generados por flasheo

$$L_7 = L_o + V_o$$

$$L_o = L_7 - V_o$$

∴

$$L_7 H_7 = (L_7 - V_o) H_o + V_o h_o$$

$$L_7 H_7 = L_7 H_o + V_o (h_o - H_o)$$

$$V_o = \frac{L_7 (H_7 - H_o)}{(h_o - H_o)}$$

$$L_7 = V$$

$$V_o = V \frac{(H_7 - H_o)}{(h_o - H_o)}$$

$$V = \frac{V_o (h_o - H_o)}{H_7 - H_o}$$

$$V = V_o + w_{\text{Total}}$$

$$V_o = V - w_{\text{Total}}$$

∴

$$V = (V - W_{Total}) \left( \frac{h_o - H_o}{H_7 - H_o} \right)$$

$$V = V \left( \frac{h_o - H_o}{H_7 - H_o} \right) - W_{Tot} \left( \frac{h_o - H_o}{H_7 - H_o} \right)$$

$$V \left( 1 - \frac{h_o - H_o}{H_7 - H_o} \right) = - W_{Tot} \left( \frac{h_o - H_o}{H_7 - H_o} \right)$$

$$V = \frac{W_{Total} \left( \frac{h_o - H_o}{H_7 - H_o} \right)}{\left( \frac{h_o - H_o}{H_7 - H_o} \right) - 1}$$

$$H_7 \text{ @ } 33^\circ\text{F y } 70 \text{ psia} = -44 \text{ BTA/lb}$$

$$H_o \text{ @ } -51.85^\circ\text{F y } 14.7 \text{ psia} = -88 \text{ BTU/lb}$$

$$h_o \text{ @ } -51.85^\circ\text{F y } 14.7 \text{ psia} = 96 \text{ BTU/lb}$$

$$V = \frac{6822.44 \left( \frac{96 - (-88)}{-44 - (-88)} \right)}{\left( \frac{96 + 88}{-44 + 88} \right) - 1}$$

$$V = 8966.63 \text{ lb/hr}$$

VAPORES MANEJADOS POR EL SISTEMA HOLDING

### 3.2.4 BALANCE DE ENTALPIAS EN EL ACUMULADOR DE INTERPASOS HOLDING (TV-602)

$$V_2 H_2 + L_6 H_6 = V_3 H_3 + L_7 H_7$$

Los vapores que salen del primer paso de compresión son enfriados en el acumulador de interpasos por el líquido proveniente del acumulador final TH-604.

Dichos vapores pierden calor sensible y se saturan, este calor sensible es ganado por el líquido como calor latente y parte de este líquido se evapora.

a) Cantidad de calor que tienen que ceder los vapores  $V_2$  para saturarse.

$$Q = V_2 (H_2 - H_{vs})$$

$H_{vs}$  = Entalpia de vapor saturado a 70 psia y 33°F.

$$V_2 = 8966.63 \text{ lb/hr}$$

$$H_2 = 133 \text{ BTU/lb @ } 63^\circ\text{F y } 70 \text{ psia}$$

$$H_{vs} = 120 \text{ BTU/lb @ } 33^\circ\text{F y } 70 \text{ psia}$$

$$Q = V_2 (H_{vs} - H_2) = (8966.63 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}) (120 - 133) \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$Q = -116,566.19 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$-Q_s = Q_2 = V_6^i$$

$Q_2$  = calor ganado por el líquido  $L_6$  proveniente del acumulador final holding.

$Q_2 = H_{vs} - H_{ls} = \text{calor latente de vaporización @ } 33^\circ\text{F y } 70 \text{ psia}$

$H_{vs}$  = Entalpia del vapor saturado @ 33°F y 70 psia

$H_{ls}$  = Entalpia del líquido saturado @ 33°F y 70 psia.

$v_6^i$  = Parte del líquido  $L_6$  que se evapora debido a la absorción de calor.

$$H_{0s} = 120 \text{ BTU/lb}$$

$$H_L = -44 \text{ BTU/lb}$$

$$Z = (120 - (-44)) = 164.00 \text{ BTU/lb}$$

$$v_6^i = \frac{Q_2}{Z} = \frac{116,566.19 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}{164.00 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} = 710.76 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$L_6 = v_6^i + L_6^i$$

$L_6^i$  = Líquido restante que no se evapora y que sale por la parte inferior del acumulador.

$$L_6^i = 8966.63 \text{ lb/hr}$$

$$L_6 = v_6^i + L_6^i = 8966.63 + 710.76$$

$$L_6 = 9677.39 \text{ lb/hr}$$

b) Balance de entalpías en la válvula de control de nivel. VCN-103.

$$L_5 H_5 = v_6 h_6 + L_6 H_6$$

$$L_5 = v_6 + L_6$$

$$v_6 H_5 + L_6 h_5 = v_6 h_6 + L_6 H_6$$

$$v_6 (H_5 - h_6) = L_6 (H_6 - H_5)$$

$$v_6 = L_6 \left( \frac{H_6 - H_5}{H_5 - h_6} \right)$$

$$H_5 = 6 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 300 \text{ psia} \quad \text{y} \quad 105^\circ \text{F}$$

$$H_6 = -44 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 70 \text{ psia y } 33^\circ\text{F.}$$

$$h_6 = 120 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 70 \text{ psia y } 33^\circ\text{F.}$$

Sustituyendo valores

$$V_6 = (9,677.39 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}) \left( \frac{-44 - 6}{6 - 120} \right)$$

$$V_6 = 4,244.46 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$V_3 = L_6 + V_6 = L_5$$

$$V_3 = 9,677.39 + 4,244.46 = 13,921.85 \text{ lb/hr.}$$

$$V_3 = 13,921.859 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$\text{Comprobando: } L_6 + V_6 + V_2 = L_3 + L_7$$

c). Cálculo del separador de interpasos Holding

(TV-602)

\*

$$D^2 = \frac{(4) (\text{C.F.S. vapor})}{(0.227) (\text{TI}) (\text{Rd}) \sqrt{\frac{P_L - P_V}{P_r}}}$$

$$P_L = 32.84 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$$

$$P_V = 0.60 \text{ lb/pie}^3 \quad @ \quad 70 \text{ psia y } 33^\circ\text{F}$$

$$\text{Rd} = 0.44$$

$$V_3 = 13,921.85 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \cdot \frac{\text{hr}}{3600 \text{ seg.}} \cdot \frac{1}{0.60 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}} = 6.44 \frac{\text{pie}^3}{\text{seg.}}$$

$$D^2 = \frac{(4) (6.44 \frac{\text{pie}^3}{\text{seg.}})}{(0.227) (3.1416) (0.44) / \frac{32.84 - 0.6}{0.6}} = 11.20 \text{ pie}^2$$

$$D = 3.34 \text{ pies} = 1020.44 \text{ mm.}$$

$$\frac{L}{D} = 2.5 = L = 8.3698 = 2,551.12 \text{ mm.}$$

$$V = \pi \frac{D^2}{4} L = (3.1416) \frac{(3.34^2)}{4} 8.3698 = 73.33 \text{ pies}^3$$

d). Tiempo de Residencia de los Líquidos.

$$L_7 = 8,966.63 \text{ lb/hr}$$

$$L_7 = \frac{8,966.63 \text{ lb/hr}}{32.84 \text{ lb/pie}^3} = 273.0399 \text{ pie}^3/\text{hr}$$

Suponiendo un tiempo de residencia de 3 min.:

$$\theta = \frac{V_L}{L_7}$$

$V_L$  = Volúmen ocupado por el líquido  $L_6^i$  en el tanque.

$$V_L = (3 \text{ min.}) \left( 4.5507 \frac{\text{pie}^3}{\text{min.}} \right) = 13.65 \text{ pie}^3$$

Altura ocupada por el líquido.

$$V_L = \frac{\pi}{4} D^2 L$$

$$L = \frac{4 V_L}{\pi D^2} = \frac{(4) (13.65 \text{ pie}^3)}{(3.1416) (3.34)^2} = 1.55 \text{ pies}$$

e). Acumulador final Holding.

$$L_5 = 13,921.85 \text{ lb/hr.}$$

$$S = 27.44 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} @ 105^\circ \text{ F. } P = 300 \text{ psia}$$

$$Q = \frac{(13,921.85) \text{ lb/hr}}{27.44 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}} = 507.356 \text{ pie}^3/\text{hr}$$

$$Q = 8.4559 \text{ pie}^3/\text{min.}$$

Para un tiempo de residencia de 30 min.

$$V = \theta Q = (30 \text{ min.}) (8.4559 \frac{\text{pie}^3}{\text{min.}})$$

$$V = 253.67 \text{ pie}^3$$

$$V = \pi \frac{D^2}{4} L \quad L = 2.5 D$$

$$V = \frac{\pi D^2 2.5 D}{4} = 0.625 \pi D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{0.625 \pi}} = 5.0545 \text{ pies} = 1,540.60 \text{ mm.}$$

$$L = 12.63 \text{ pies} = 3851.50 \text{ mm.}$$

### 3.2.5 CARGA TERMICA DEL CONDENSADOR HOLDING CH-600

$$V_3 = 13,921.85 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$Q = (V_3) (2 \text{ cond.})$$

$$2 \text{ cond} = H_1 - H_2$$

$$H_1 @ 160^\circ \text{ F y } 300 \text{ psia} = 152 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$H_2 @ 105^\circ \text{ F y } 300 \text{ psia} = 5 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$2 \text{ cond} = 5 - 152 = -147 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$Q = (13,921.85 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}) (-147 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}) = -2,046,511.95 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

Considerando 5% como factor de seguridad.

$$Q = 2,148,837.548 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

a) Cantidad de Agua necesaria para condensar el Propano.

$$Q = W_{\text{agua}} C_p (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = 110^\circ \text{ F.}$$

$$T_1 = 90^\circ \text{ F}$$

$$C_p = 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ \text{ F}}$$

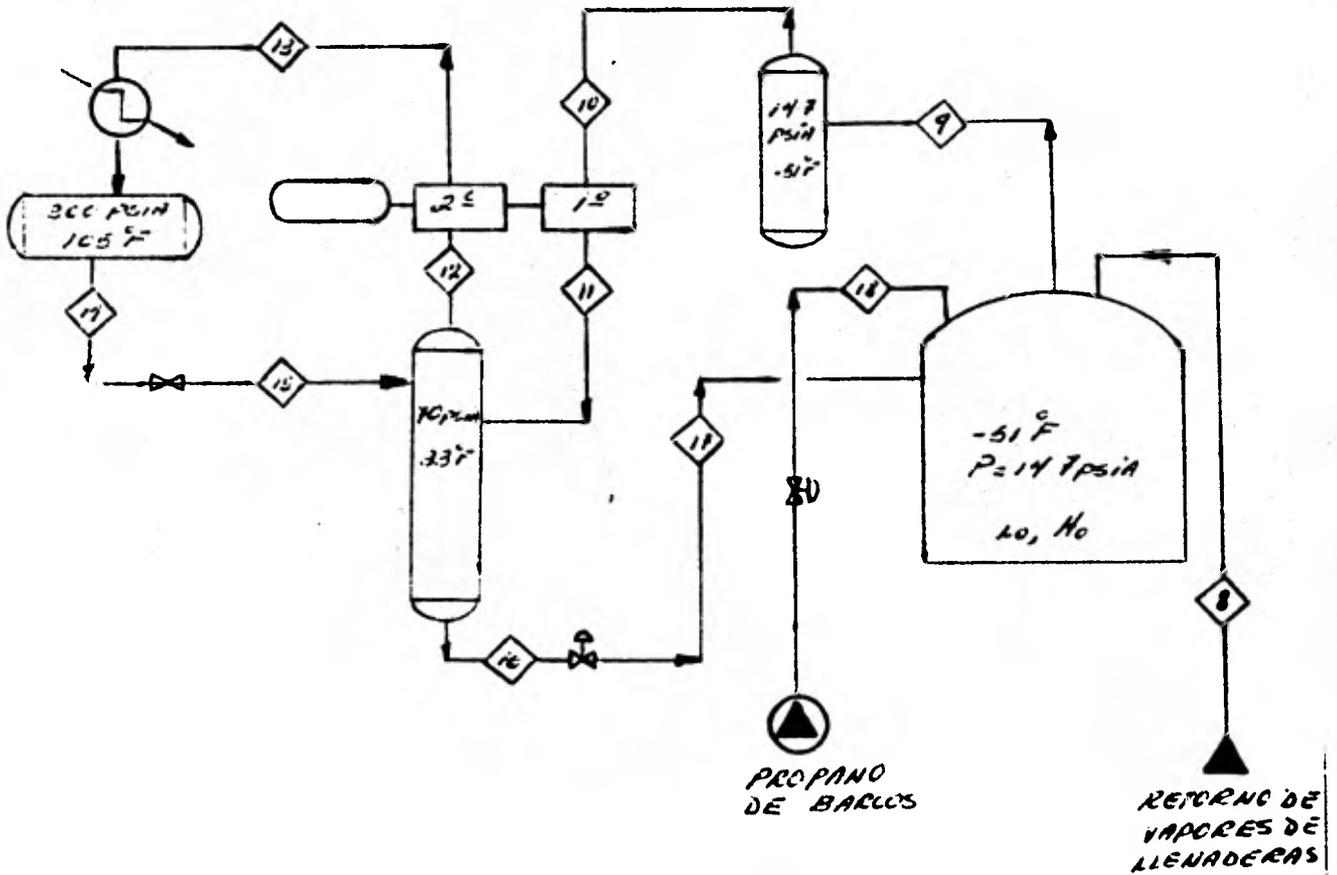
∴

$$W_{\text{agua}} = \frac{Q}{C_p (T_2 - T_1)}$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{2,148,837.548 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}{1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ \text{ F}} (110^\circ \text{ F} - 90^\circ \text{ F})}$$

$W_{\text{agua}} = 107,441.87 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$
--

3.3. SISTEMA FILLING



TEMPERATURA DE DESCARGA 1er. paso.

$$T_{11} = T_{10} \left( \frac{P_{11}}{P_{10}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \quad K = 1.2$$

$$P_{10} = 14.7 \text{ psia} \quad T_{10} = -51.85^{\circ}\text{F} = 408.15 \text{ R}$$

$$P_{11} = 70 \text{ psia} \quad T_{11} = 529.4^{\circ}\text{R} = 89.39^{\circ}\text{F.}$$

TEMPERATURA DE DESCARGA EN EL 2o. paso.

$$T_{13} = T_{12} \left( \frac{P_{13}}{P_{12}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \quad K = 1.2$$

$$T_{12} = 33.53^{\circ}\text{F} = 493.53^{\circ}\text{R}$$

$$P_{12} = 70 \text{ psia}$$

$$P_{13} = 300 \text{ psia}$$

$$T_{13} = 629.00^{\circ}\text{R} = 169^{\circ}\text{F}$$

### 3.3.1 VAPORES A MANEJAR POR EL SISTEMA FILLING.

Haciendo un balance de materia en el tanque criogénico.

$$L_{18} + V_{18} = L_{17} + V_{17} = L_o + V_o$$

Balance de entalpia en el tanque.

$$L_{18} H_{18} + V_{18} h_{18} = L_o H_o + V_o h_o$$

$$L_o = L_{18} + V_{18} - V_o$$

$$L_{18} H_{18} + V_{18} h_{18} = L_{18} H_o + V_{18} H_o - V_o H_o + V_o h_o$$

$$L_{18} (H_{18} - H_o) + V_{18} (h_{18} - H_o) = V_o (h_o - H_o)$$

$$V_o = \frac{L_{18} (H_{18} - H_o) + V_{18} (h_{18} - H_o)}{h_o - H_o}$$

a). Vapores generados por la carga de propano de barcos.

$$\text{Carga} = 15000 \text{ ton/día} = 1'377,875 \text{ lb/hr}$$

$$\text{VDT} = \frac{\rho_v}{\rho_L} \cdot L$$

VDT = Vapores desplazados

$\rho_v$  = Densidad del vapor a flujo

$\rho_L$  = Densidad del líquido a flujo

L = Carga a la planta

$$\text{VDT} = (1'377,875) \frac{(0.133)}{36.29} = 4,935.89 \text{ lb/hr}$$

b). Vapores generados por el bombeo de propano desde barcos a el tanque criogénico.

$$\text{Carga} = 1'377,875 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 4,733.40 \text{ G.P.M.}$$

$$\Delta P_{\text{Bomba}} = 10 \text{ Kg/cm}^2 = 142.85 \text{ Psi}$$

$$\eta_{\text{est}} = 0.6$$

$$\text{HP} = \frac{(4,733.40)(142.85)}{(1715)(0.6)} = 657.11$$

$$\text{IHP} = 2,546.7 \text{ BTU/hr}$$

$$Q = 657.11 \text{ H.P.} \left( \frac{25457 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}{\text{HP}} \right) = 1'673,264.90 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$W_b = \frac{Q}{Z} \quad Z_{\text{evap}} @ 142.85 \frac{\text{lb}_2}{\text{in}^2}$$

$$Z_{\text{evap.}} = 142 \text{ BTU/lb}$$

$$W_b = \frac{1'673,264.40 \text{ BTU/hr}}{\frac{142 \text{ BTU}}{\text{lb}}} = 11,783.55 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

c). Absorción de calor por línea de carga de propano de barcos al tanque criogénico.

$$Q = \frac{2 \pi K L \Delta T}{\ln(D^o/D^i)}$$

$$L = 1500 \text{ m.} = 4,920 \text{ pies}$$

$$Q = \frac{(2) (3.1416) (0.02(4,920) (73))}{\ln(20/14)} = 126,565.83 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$W_c = \frac{Q}{\lambda} = \frac{126,575.83 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}{184 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} = 687.85 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

∴

$$V_{18} = W_a + W_b + W_c = 4,935.89 + 11,783.55 + 687.85$$

$$V_{18} = 17,407.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$L_{18} = 15,000 \frac{\text{ton}}{\text{día}} - V_{18}$$

$$L_{18} = 1'377,875 - 17,407.29 = 1'360,467.71 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

d). Vapores generados debido al bombeo de propano a llenaderas.

$$Q = 1200 \text{ G.P.M.}$$

$$\Delta P = 250 \text{ psi}$$

$$\text{BHP} = \frac{Q \Delta P}{1,715 \eta}$$

$$\eta = 0.6$$

$$\text{BHP} = \frac{(1200)(250)}{(1715)(0.6)} = 291.54 \text{ H.P.}$$

$$\text{HP} = 2,546.4 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$Q = (291.54 \text{ H.P.}) \left( \frac{2546.4 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}{\text{HP}} \right) = 742,377.45 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$W_d = \frac{Q}{2 \text{ vap.}} \quad 2 \text{ vap. @ } 250 \text{ psig}$$

$$2 \text{ vap.} = 260 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$W_d = \frac{742,377.45}{260} = 2,855.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

e). Volumen desplazado en llenaderas.

$$V = \frac{(Q)(60)}{7.48} = \frac{(1200 \frac{\text{G}}{\text{min}}) (\frac{60 \text{ min.}}{\text{hr}})}{7.48 \frac{\text{G}}{\text{pie}^3}} = 9,625.67 \text{ pie}^3 / \text{hr.}$$

$$\rho = 0.15 \text{ lb/pie}^3 \quad @ \quad 14.7 \text{ psia } y -51.8^\circ \text{ F.}$$

$$W_e = V \rho = (9,625.67 \frac{\text{pie}^3}{\text{hr}}) (0.15 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}) = 1,443.85 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

6). Absorción de calor en la línea de carga a llenaderas.

$$Q = \frac{2KL AT \pi}{N \left(\frac{D_o}{DI}\right)}$$

$$K = 0.02 \text{ BTU/hr Pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$L = 1,000 \text{ mts.} = 3,280.00 \text{ pies}$$

$$AT = 113 - (40) = 73^\circ\text{F}$$

$$D_o = 20''$$

$$DI = 14''$$

$$Q = \frac{(2)(0.02 \text{ BTU/hr Pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F})(73^\circ \text{ F})(3,280.0) \pi}{N (20/14)} = 84,359.50 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

$$\lambda_{\text{vapor}} = 184.00 \text{ BTU/lb.}$$

$$W_g = \frac{Q}{\lambda_{\text{vapor}}} = \frac{84,359.50}{184} = 458.4755 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$



3.2.2.- BALANCE DE ENTALPIA EN EL ACUMULADOR DE INTERPASOS FILLING  
(TV-603)

$$L_{15} H_{15} + V_{15} h_{15} + V_{11} h_{11} = V_{12} h_{12} + L_{16} H_{16}$$

Se seguirá el mismo procedimiento que en el acumulador de interpasos Holding, ya que las condiciones de operación son iguales.

a). Calor que tienen que ceder los vapores  $V_{11}$ , para saturarse.

$$Q_6 = V_{11} (H_{11} - H_{vs})$$

$H_{vs}$  = Entalpia de vapor saturado @ 70 psia y 33 °F

$$V_{11} = V_9 = 22,169.00 \text{ lb/hr.}$$

$$H_{11} = 133 \text{ BTU/lb @ } 63^\circ \text{ F y } 70 \text{ psia}$$

$$H_{vs} = 120 \quad " \quad " \quad 33^\circ \text{ F y } 70 \text{ psia}$$

$$Q_6 = 22,169(120 - 133) = -288,197.00 \text{ BTU/lb}$$

$$-Q_6 = Q_z = V'_{15} (Z)$$

$Q_z$  = Calor latente ganado por el líquido  $L_{15}$  proveniente del acumulador final filling.

$$Z = H_{vs} - H_{ls} - \text{Calor latente de vaporización} \\ @ 33^\circ \text{ F y } 70 \text{ psia}$$

$V'_{15}$  = Parte del líquido  $L_{15}$  que se evapora debido a la absorción de calor  $Q_z$

$$Z = 164.00 \text{ BTU/lb.}$$

$$V'_{15} = \frac{Q_2}{\lambda} = \frac{288,197.00}{164.00} = 1,757.298 \text{ lb/hr.}$$

$$L'_{15} = L_{15} + V'_{15}$$

$L'_{15}$  = Líquido restante que no se evapora y que sale por la parte inferior del acumulador.

$$L'_{15} = L_{16} = V_9$$

$$L_{16} = 22,169.00 \text{ lb/hr}$$

∴

$$L'_{15} = 22,169.00 + 1,757.298 = 23,926.30 \text{ lb/hr}$$

b). Balance de Entalpías en la válvula de control de nivel VCN-102

$$L_{14} H_{14} = L_{15} H_{15} + V_{15} h_{15}$$

$$L_{14} = L_{15} + V_{15}$$

$$L_{15} H_{14} + V_{15} H_{14} = L_{15} H_{15} + V_{15} h_{15}$$

$$V_{15} (H_{14} - h_{15}) = L_{15} (H_{15} - H_{14})$$

$$V_{15} = L_{15} \left( \frac{H_{15} - H_{14}}{H_{14} - h_{15}} \right)$$

$$H_{14} = 6 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \text{ @ } 300 \text{ psia y } 105^\circ \text{ F}$$

$$H_{15} = -44 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 70 \text{ psia y } 33^\circ \text{ F}$$

$$h_{15} = 120 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 70 \text{ psia y } 33^\circ \text{ F}$$

SUSTITUYENDO VALORES.

$$V_{15} = 23,926.30 \frac{(-44 - 6)}{(6 - 120)}$$

$$V_{15} = 10,493.99 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$V_{12} = L_{15} + V_{15} = L_{14}$$

$$V_{12} = 23,926.30 + 10,493.99$$

$$V_{12} = 34,420.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

c). Balance de entalpías en la válvula de control de nivel VCN-101

$$L_{16} H_{16} = L_{17} H_{17} + V_{17} h_{17}$$

$$L_{16} = L_{17} + V_{17} \Rightarrow L_{17} = L_{16} - V_{17}$$

∴

$$L_{16} H_{16} = L_{16} H_{17} - V_{17} H_{17} + V_{17} h_{17}$$

$$L_{16} (H_{16} - H_{17}) = V_{17} (h_{17} - H_{17})$$

$$V_{17} = L_{16} \frac{(H_{16} - H_{17})}{(h_{17} - H_{17})}$$

$$H_{16} = -44 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 70 \text{ psia y } 33^\circ \text{ F}$$

$$H_{17} = -88 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 14.7 \text{ psia y } 51.85^\circ \text{ F}$$

$$h_{17} = 96 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \quad @ \quad 14.7 \text{ psia y } 51.85^\circ \text{ F}$$

∴

$$V_{17} = 22,169.00 \frac{(-44 + 88)}{(96 + 88)}$$

$$V_{17} = 5,301.28 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$L_{17} = L_{16} - V_{17}$$

$$L_{17} = 22,169.00 - 5,301.28 = 17,867.71 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

d). Cálculo del separador de interpasos Filling TV-603

$$D^2 = \frac{(4) (\text{c.f.s. vapor})}{(0.227) (\text{TI}) (\text{Rd}) \sqrt{\frac{S_L - S_V}{S_V}}}$$

$$S_L = 32.84 \text{ lb/pie}^3$$

$$S_V = 0.60 \text{ lb/pie}^3 \quad @ \quad 70 \text{ psia y } 33^\circ \text{ F}$$

$$\text{Rd} = 0.44$$

$$V_{12} = 34,420.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 15.930 \frac{\text{pie}^3}{\text{seg.}}$$

$$D^2 = \frac{(4) (15.930)}{(0.227) (3.1416) (0.44) \sqrt{\frac{32.84 - 0.6}{0.6}}} = 27.70 \text{ pies}^2$$

$$D = 5.26 \text{ pies} = 1,603.24 \text{ mm.}$$

$$L = 2.50 = 4,008.12 \text{ mm.}$$

$$V = \pi \frac{D^2}{4} L = (3.1416) \left( \frac{5.26^2}{4} \right) (13.15) = 285.75 \text{ pies}^3$$

\* Ref. Hydrocarbon Processing Oct, 1963 - Pag. 165.

e). Tiempo de residencia de los líquidos.

$$L_{16} = 22,159.00 \text{ lb/hr}$$

$$L_{16} = 675.06 \text{ pie}^3/\text{hr} = 11.25 \text{ pie}^3/\text{min.}$$

Suponiendo un tiempo de residencia de 3 min.

$$\theta = \frac{V_L}{L_{16}}$$

$V_L$  = Volumen ocupado por el líquido  $L_{16}$  en tanque.

$$V_L = \theta L_{16} = (3 \text{ min.}) (11.25 \text{ pie}^3/\text{min.})$$

$$V_L = 33.75 \text{ pie}^3$$

Altura ocupada por el líquido en el tanque.

$$V_L = \pi \frac{D^2}{4} L$$

$$L = \frac{4 V_L}{\pi D^2} = 1.553 \text{ pies}$$

8). Acumulador final Filling.

$$L_{14} = 34,420.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$= 27.44 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} @ 105^\circ \text{ F. y } 300 \text{ psia}$$

$$Q = \frac{L_{14}}{S} = \frac{34,420.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}}{27.44 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}} = 1,254.38 \text{ pie}^3/\text{hr.}$$

$$Q = 20.90 \text{ pie}^3/\text{min.}$$

Para un tiempo de residencia de 30 min.

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

$$V = (30 \text{ min}) (20.90 \text{ pie}^3/\text{min}) = 627.19 \text{ pie}^3$$

$$V = \pi \frac{D^2}{4} L \quad L = 2.5 D$$

$$V = 0.625 \pi D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{0.625 \pi}} = 6.834 \text{ pies} = 2,083.15 \text{ mm.}$$

$$L = 17.08 \text{ pies} = 5,207.88 \text{ mm.}$$

3.3.3 CARGA TERMICA DEL CONDENSADOR FILLING.

$$V_{13} = 34,420.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

$$Q = (V_{13}) (2 \text{ cond})$$

$$2_{\text{cond}} = H_2 - H_1$$

$$H_1 = @ \ 160^\circ \text{ F y } 300 \text{ psia} = 152 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$H_2 = @ \ 105^\circ \text{ F y } 300 \text{ psia} = 5 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$2_{\text{cond}} = (5 - 152) \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} = -147 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$Q = (34,420.29 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}) (-147 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}) = 5'059,782.63 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$

a). Cantidad de Agua para condensar el propano.

$$Q = W_{\text{agua}} C_p (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = 110^\circ \text{ F}$$

$$T_1 = 90^\circ \text{ F}$$

$$C_p = 1 \frac{\text{BTU}}{^\circ \text{ F lb}}$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{Q}{C_p (T_2 - T_1)}$$

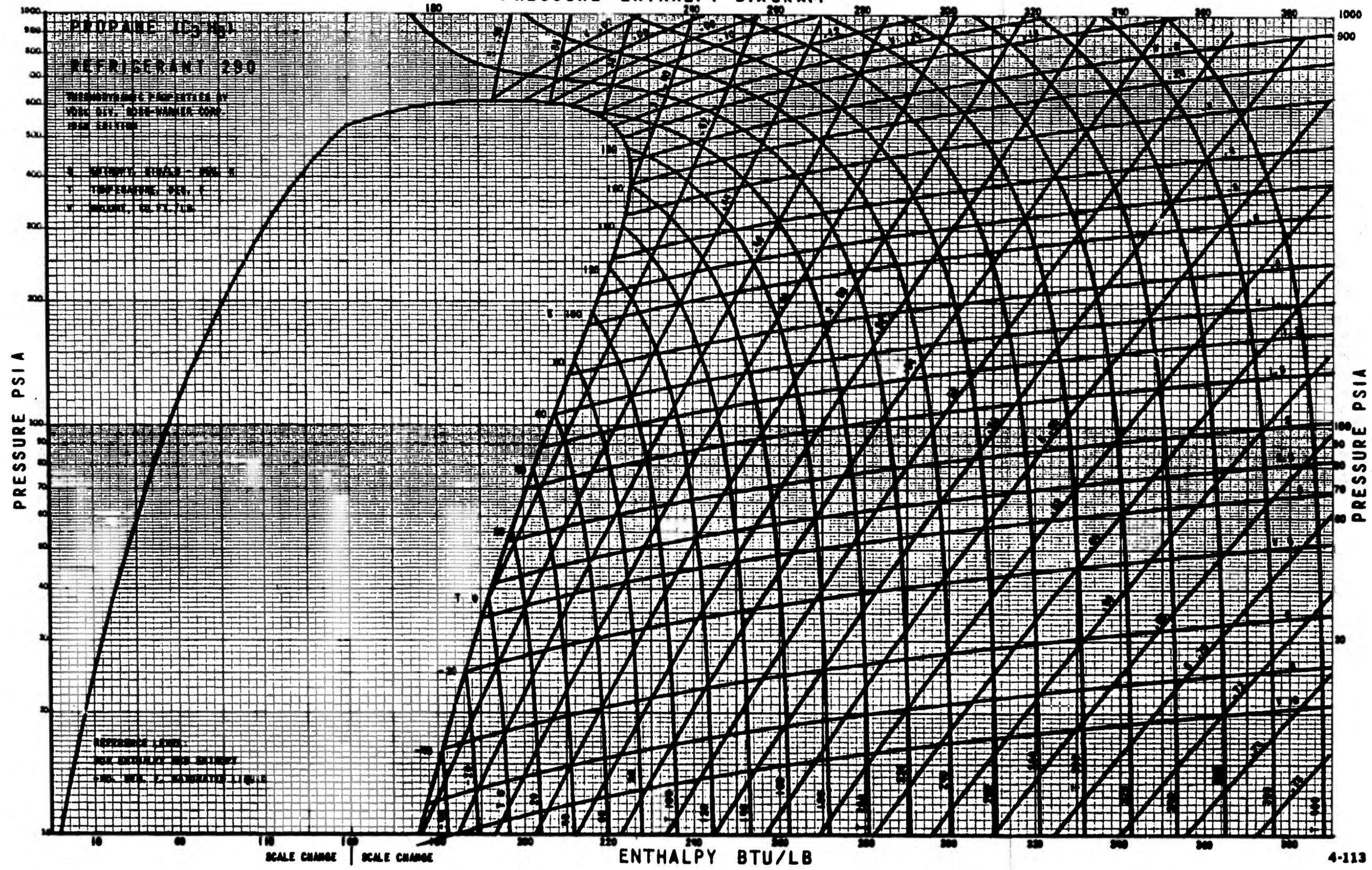
$$W_{\text{agua}} = \frac{5'059,782.63}{20}$$

$$W_{agua} = 252,989.13 \frac{lb}{hr}$$

Los resultados obtenidos, del balance de masa y energía serán reportados en el Diagrama de Proceso en el capítulo IV.

# PRESSURE ENTHALPY DIAGRAM

PART 4—APPENDIX



CAPITULO IV

DIAGRAMAS MECANICOS DE FLUJO

0

DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.

## GENERALIDADES

Aunque el Ingeniero de Proyecto tiene a su completo cargo el diseño y la construcción de la planta, es necesario que el Ingeniero de Proceso esté preparado para ayudar en cualquier momento al Ingeniero de Proyecto. Normalmente, una vez que el diseño del proceso se ha terminado el Ingeniero de Proceso será trasladado a otra asignación, aunque las preguntas relativas al proceso continúan presentándose conforme el diseño mecánico avanza. El Ingeniero de Proyecto, a pesar de tener experiencia en el Diseño de Proceso, debe siempre referir estas preguntas al Ingeniero de Proceso que dirigió el diseño original. Ya que únicamente él conocerá las bases de los cálculos de diseño.

Es por eso que la Ingeniería de Proceso es la parte primordial del proyecto en el diseño de una planta de proceso donde intervengan operaciones unitarias, ya que determina la secuencia de operación de la misma; los sistemas de control y seguridad, selección y procuramiento de los equipos.

La Ingeniería de Proyecto para una planta de proceso la podemos dividir en dos grandes grupos:

A). INGENIERIA BASICA

B). INGENIERIA DE DETALLE

La Ingeniería Básica se puede definir como aquella que hace posible la existencia de un proceso a escala industrial desde el punto de vista técnico y económico.

La Ingeniería de Detalle es aquella que hace posible la construcción y puesta en marcha de una planta en la que se aplique un proceso.

El trabajo de Ingeniería Básica cubre los siguientes aspectos generales:

- a). Desarrollo de pruebas e interpretación de la información y resultados provenientes de laboratorio y planta piloto.
- b). Escalación de resultados desde planta piloto hasta escala comercial.
- c). Desarrollo de un ciclo o secuencia de proceso factible - desde el punto de vista técnico y atractivo desde el punto de vista económico.
- d). Correlación de datos físico-químicos.
- e). Elaboración de diagramas de proceso que incluyan:
  - 1.- Secuencia de flujo mostrando todos los equipos necesarios para el desarrollo del proceso.
  - 2.- Balances de materia y de energía.
  - 3.- Condiciones de operación en líneas de flujo, en los equipos y las fases que se manejan.

- 4.- Propiedades físicas de los fluidos.
  - 5.- Dimensionamiento de recipientes del proceso.
  - 6.- Carga térmica de cambiadores de calor.
  - 7.- Número de platos y plato de alimentación en torres de fraccionamiento.
  - 8.- Gasto de bombas y compresores.
  - 9.- Líneas de servicio y condiciones de operación de las mismas.
  - 10.- Localización de desfuegos.
- 
- f). Balances de materia y energía para servicios auxiliares.
  - g). Desarrollo de todos los aspectos relacionados con la cinética química.
  - h). Elaboración de manuales de operación en los que se especifiquen:
    - 1.- Descripción del proceso y técnicas de control.
    - 2.- Efecto de las variables de diseño en el proceso.
    - 3.- Método de arranque.
    - 4.- Operación de la planta.
    - 5.- Métodos para paro normal o de emergencia.
    - 6.- Técnicas principales para el mantenimiento de la planta.

En el presente capítulo se tratará de explicar en una forma muy general el campo que cubre la Ingeniería de Diseño de Proceso dentro de la Ingeniería de Detalle.

La Ingeniería de Detalle podemos decir que cubre -

los siguientes aspectos:

- a). Elaboración de una localización general del equipo de la planta.
- b). Elaboración de diagramas mecánicos de flujo ó diagramas de tubería e instrumentación.
- c). Elaboración de diagramas de servicios.
- d). Instrumentación detallada del equipo.
- e). Elaboración de diagramas de desfogues.
- f). Elaboración de hojas de especificaciones para los equipos definidos en los diagramas de flujo, así como de hojas de control de equipo e Índice de líneas e instrumentos.
- g). Elaboración de requisición de equipo y materiales.

Además de los puntos arriba mencionados que cubren el Diseño básico.

La Ingeniería de detalle cubre las siguientes especialidades:

- h). Diseño de tuberías
- i). Diseño mecánico
- j). Diseño de recipientes
- k). Diseño eléctrico
- l). Diseño arquitectónico
- m). Diseño civil.
- n). Procuración.
  - n.1. Compras
  - n.2. Inspección
  - n.3. Expeditación.

## DIAGRAMAS DE FLUJO

### 4.1 DIAGRAMA DE PROCESO (PR-300P)

El Diagrama de Flujo de Proceso, es utilizado con mayor frecuencia por el Ingeniero de Proceso en trabajos de diseño y en estudios de proceso. El diagrama debe estar dibujado de manera que el flujo y las operaciones del proceso destaquen de inmediato. Esto se logra omitiendo los detalles esenciales, utilizando frecuentes flechas para indicar la dirección del flujo. En este diagrama se vacían los resultados obtenidos en el balance de materia y energía indicando las condiciones de operación de cada una de las corrientes.

Se presentan ciertos datos pertinentes del diseño de proceso, tales como capacidad térmica de cambiadores de calor, datos de diseño de recipientes. Todas las válvulas y líneas de servicio se omiten, únicamente se ilustran los instrumentos esenciales para el control del proceso. Este diagrama se usa en todas las fases de diseño de la planta y todos los ingenieros involucrados en el diseño deben conocerlo y comprenderlo: Es a partir de este diagrama que se desarrollan los diagramas mecánicos de flujo ó diagramas de tubería e instrumentación (P 6 I).

Una vez emitido el diagrama de flujo, se trabajan y completan los detalles del diseño de proceso con base en los balances de materia y energía de la planta, se preparan las especificaciones de los equipos principales como son:

Torres de Fraccionamiento y Absorción

Reactores

Tanques

Cambiadores de Calor

Compresores

Bombas

Calentadores

Las especificaciones de proceso se envían al Departamento de Ingeniería mecánica para agregar consideraciones de diseño mecánico y preparación de listas de materiales ó requisiciones de compra.

#### 4.2 ARREGLO GENERAL DE EQUIPO (LT-100-P)

Una de las actividades más importantes en el diseño de cualquier unidad de proceso es el arreglo general del equipo de la unidad. Un plano bien trazado puede ahorrar millones de pesos en capital y en costos de operación. Generalmente, el Ingeniero de Proyecto tiene responsabilidad primaria por el arreglo general, pero el trabajo en sí lo realiza un grupo especial que normalmente forma parte del Departamento de Tubería, usando los diagramas de flujo, especificaciones de proceso y la información topográfica como datos básicos.

Existen dos criterios generales que prevalecen para hacer los arreglos generales del equipo y son:

a). Arreglo por grupos

b). Arreglo por línea de flujo.

El primer caso corresponde a aquel en que se agrupan equipos similares, en áreas por separado; una para bombas, otra para intercambiadores, otra para recipientes, etc. este arreglo facilita la operación y el mantenimiento.

El segundo caso corresponde a aquel en donde el equipo aparece tal como se indica en el diagrama de flujo. El arreglo por grupos es más económico para unidades grandes o unidades con un gran número de bombas, intercambiadores y recipientes.

Algunos puntos a considerar al evaluar estos planos son los siguientes:

- 1.- Topografía (minimizar la preparación del sitio)
- 2.- Líneas de servicio y de proceso sobre el terreno y subterráneas.
- 3.- Drenajes
- 4.- Unidades adyacentes y unidades conexas (interferencias, acceso, enlaces, etc.)
- 5.- Vientos predominantes.
- 6.- Situación de calentadores, calderas, hornos, etc.
- 7.- Tamaño del equipo (proporcionar acceso para mantenimiento).
- 8.- Tuberías de aleaciones, tubería grande de acero al carbón (mantener estas líneas lo más corto que sea posible)
- 9.- Mecánica de suelos.
- 10.- Tráfico

## 11.- Seguridad (requisitos de los Códigos nacionales y locales pertinentes).

La conveniencia de los operadores y los requisitos de mantenimiento de la planta son consideraciones importantes en cualquier arreglo. Por ejemplo: ¿Dónde debe situarse un equipo que requiera frecuente atención de los operadores? ¿Cómo se llevarán a las unidades, materiales, catalizador y otros suministros? ¿Qué equipo de mantenimiento tal como grúas va a usarse y por dónde se les proporcionará acceso?.

Cuando se han evaluado los factores anteriores se establece un arreglo provisional de la unidad. La revisión final se edita cuando se hayan completado los diagramas de tubería e instrumentación (PSI).

Y cuando se hayan establecido compromisos sobre la compra del equipo y recibido información del proveedor.

Va próxima la terminación del arreglo general se tienen cambios de impresiones con los representantes del cliente y con el personal de operación y se llega a aciertos definitivos sobre el arreglo general.

### 4.3      DIAGRAMAS MECANICOS DE FLUJO O DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.

Los diagramas mecánicos de flujo conocidos también como Diagramas de Tubería e instrumentación (PSI) incluyen información más detallada que los diagramas de proceso, ya que estos son elaborados en base a los datos obteni

dos en los balances de materia y energía, mostrados en los diagramas de proceso. Los diagramas mecánicos de flujo constituyen la fuente principal de información para la elaboración del proyecto.

Estos diagramas son el punto de partida del diseño del proyecto en las diferentes áreas: instrumentación, tubería, mecánico, civil y eléctrico. Ya que son la fuente principal de información de todas las áreas antes mencionadas facilitándose así la coordinación del proyecto. Dada la importancia de estos diagramas y su uso deberán incluir todo el equipo de la planta como pueden ser: bombas, compresores, ventiladores, cambiadores de calor, reactores, torres de enfriamiento, torres de destilación, recipientes de almacenamiento, etc., indicándose sus principales características de construcción, capacidades, condiciones de operación y de diseño, etc., etc.

Además deberán contar con la instrumentación necesaria para el funcionamiento de la planta. tipo de señal; eléctrica, neumática e hidráulica, todas las funciones de control, paro y señalización de los instrumentos, deberán mostrarse diámetro y tipo de válvulas; de control, de relevo, de venteo, de seguridad, de bloqueo, etc. Así mismo deberán incluir claves de todos los equipos, las tuberías de interconexión entre cada equipo así como la identificación de la línea indicando: diámetro, servicio, especificación, material de construcción. Deberán incluir todos los instrumentos indicando el tipo de montaje (tablero ó local). Todos -

los motores eléctricos, indicando alimentación eléctrica, tipo, potencia, turbinas, motores de combustión interna, etc., etc.

#### 4.3.A) CLAVES Y SIMBOLOS.

Antes de la elaboración de cualquier diagrama mecánico de flujo es usual elaborar un diagrama de simbología para la fácil interpretación de estos.

Para el proyecto de Las Truchas se utilizarán las siguientes claves y símbolos.

##### EQUIPOS DE PROCESO.-

a).- Equipo para movimiento de fluidos.

BA Bombas Centrífugas horizontales

BV Bombas centrífugas verticales

BC Compresoras

b).- Equipo de transferencia de calor.

CF Calentadores a fuego directo

CB Calderas

CH Cambiadores de calor

CT Torres de enfriamiento

c).- Motores y turbina

ME Motor eléctrico

MV Turbina de vapor y de gas

MC Motor de combustión interna.

d).- Tanques y recipientes

TV Tanques cilíndricos verticales

TH Tanques cilíndricos horizontales

TE Tanques esféricos

e).- Equipo para tratamiento de agua

CLF Clarificadores

UDA Intercambiador iónico

CLAVES DE INSTRUMENTOS.-

TEMPERATURA.

IT

Indicador

CT

Controlador

RCT

Registrador Controlador

ST

Interruptor

TW

Termopozo

TT

Transmisor

RT

Registrador

ICT

Indicador controlador

VCT

Válvula controladora

ET

Elemento primario

FLUJO.

CF

Controlador

ICF

Indicador controlador

TF

Transmisor

BO

Brida de orificio

MT

Medidor tipo turbina

RF

Registrador

RCF

Registrador controlador

SF

Interruptor

VCF

Válvula de control

MD

Medidor de desplazamiento positivo.

NIVEL.

IN

Indicador

ICN

Indicador controlador

RN

Registrador

SN

Interruptor

CN

Controlador

TCN

Transmisor controlador

RCN

Registrador controlador

TN

Transmisor

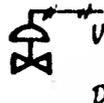
PRESION.

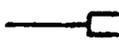
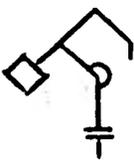
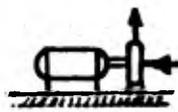
- |   |   |
|---|---|
|  Controlador                       |  Indicador               |
|  Indicador controlador             |  Transmisor controlador  |
|  Registrador                       |  Registrador controlador |
|  Interruptor                       |  Transmisor              |
|  Indicador de presión diferencial. |   |

MISCELANEOS.

- |  |  |
|--|--|
|  Trampa de vapor                    |  Coladera temporal      |
|  Filtro                             |  Alarma sonora          |
|  Alarma luminosa<br>por alta o baja |  Montado en tablero     |
|  Cámara de espuma                  |  Escotilla de medición |
|  Válvula de venteo automático.    |  Junta de expansión   |

SIMBOLOS CONVENCIONALES.

- |   |   |
|---|---|
|  Válvula de compuerta                                |  Válvula macho                             |
|  Válvula de globo                                    |  Válvula de retención                      |
|  Válvula de control con controlador montado en yugo. |  Válvula de control de Diafragma.          |
|  Reducción.  |  Válvula de seguridad                      |
|  Brida de orificio                                   |  Indicador visual de flujo.                |
|  Filtro tipo canasta                                 |  Válvula solenoide                         |
|  Válvula de venteo con arrestador de flama.          |  Válvula de control accionada con actuador |

	Copa para drenaje		Conexión para manguera.
	Brida ciega		Tapón cachucha
	Medidor tipo turbina		Medidor de desplazamiento positivo.
	Garza de llenado		Bomba centrífuga horizontal con motor eléctrico.
	Motor de combustión		Bomba centrífuga vertical de cubeta.

### SIMBOLOS DE LINEAS

	Línea de proceso
	Línea de servicios
	Señal de control neumática
	Señal de control eléctrica

### CLAVES DE LINEAS

Las líneas de proceso y de servicios auxiliares, se indentificarán conforme se indica a continuación:

- Diámetro
- Servicio
- Número
- Especificación de material
- Aislamiento

Ejemplo:

8" - P - 214 - A5A \* (AF)  
(a) (b) (c) (d) (e)

AF; aislamiento frío

AC; aislamiento caliente

A continuación se muestra la nomenclatura de servicios que - se usará para identificación de líneas en los diagramas mecánicos de flujo:

P Proceso o cualquier producto principal de un sistema

VA Vapor de presión alta

VB Vapor de presión baja

VM Vapor de presión media

CA Condensado de presión alta

CM Condensado de presión media

CV Condensado de presión baja

ATR Agua tratada

ADE Agua desmineralizada

ACA Agua de alimentación a calderas

SAE Suministro de agua de enfriamiento

RAE Retorno de agua de enfriamiento.

ACR Agua cruda

ACI Agua contra incendio

AI Aire de instrumentos

AP Aire de plantas

GI Gas inerte

FC	Gas combustible
FL	Aceite combustible
PQ	Productos químicos
RE	Relevos
PR	Purgas

#### 4.3.B) SELECCION DE ESPECIFICACIONES DE MATERIAL PARA TUBERIA.

La determinación de la especificación de material aplicable a sistemas de tubería a presión, está gobernada por presión, temperatura y servicio.

Las presiones y temperaturas que se deberán tomar como base en el diseño de sistemas de tubería a presión y en la selección de los materiales componentes, deberán estar de acuerdo con los requisitos del Código U.S.A.S. para tubería a presión, y los valores máximos de las condiciones de operación, los cuales deberán mostrar los diagramas de flujo correspondientes.

##### a). Presión y Temperatura de Diseño.

La presión y temperatura que deberán considerarse para la especificación de material de un sistema de tubería determinado serán: la presión máxima y la temperatura de servicio.

##### b). Tolerancia por Corrosión.

La tolerancia por corrosión, en todos los sistemas de tuberías de proceso para servicio no corrosivo o ligera

mente corrosivo, y donde no se requiera un límite especial de corrosividad, deberá ser según lo siguiente:

<u>Material</u>	<u>Tolerancia por Corrosión</u>
Acero al carbón	0.05 pulgadas
Aleaciones férricas	0.05 "
Aceros austeníticos	0.0 "
Aleaciones no ferrosas	0.0 "

c). Clasificación de las especificaciones de material para tuberías de proceso y de servicios auxiliares:

- A: 125#
- B: 150#
- C: 300#
- D: 600#
- E: 900#
- F: 1500#
- G: 2500#

- RF: Cara realzada
- RJ: Junta de anillo
- FF: Cara plana.

Para el presente trabajo solo haremos una descripción breve, de las especificaciones más usadas en el proyecto de Las Truchas y son las siguientes:

<u>Especif.</u>	<u>Clase</u>	<u>Cara</u>	<u>Servicio</u>
T1A	125# U.S.A.S. Acero al carbón	FF	Agua cruda, (agua tratada-no desmineralizada), agua de enfriamiento, agua de

<u>Especif.</u>	<u>Clase</u>	<u>Cara</u>	<u>Servicio</u>
	Fierro fundido		pozo, condensado, agua po
	Fierro malea-- ble y galvani- zado y bronce.		table, y para sanitarios, sobre y bajo nivel de pi- so, vapor de escape, aire de plantas e instrumentos.
T1B	150# U.S.A.S. Acero al carbón	R.F.	Hidrocarburos líquidos no corrosivos ó ligeramente- corrosivos, vapores, acei- te combustible, gas natu- ral, combustóleo, amoniaco refrigerante (vapor y lí- quido); solución de alca- lis, solución de aminas, - solución de fosfatos y ai- re de proceso.
T4B	150# U.S.A.S. Acero al carbón	R.F.	Vapor condensado, agua de proceso y de alimentación a calderas.
T1C	300# U.S.A.S. Acero al carbón	R.F.	Hidrocarburos líquidos ó ligeramente corrosivos, - vapores, gas natural, gas combustible, combustóleo, gases inertes, solución - de amoniaco, solución de aminas, aire de proceso, - vapor, condensado, agua -

<u>Especif.</u>	<u>Clase</u>	<u>Cara</u>	<u>Servicio</u>
			de proceso y alimentación a calderas.
T1D	600# U.S.A.S. Acero al carbón	R.F.	Idem: a la anterior
A1A	150# A.N.S.I.	R.F.	Hidrocarburos líquidos no corrosivos ó ligeramente corrosivos, aire, amoníaco, (vapor ó líquido), vapor y condensado de L.P., soluciones de sulfito y fosfato.
A5A	150# A.N.S.I. Acero de aleación.	R.F.	Propano
B5A	300# A.N.S.I. Acero de aleación.	R.F.	Propano

Pasaremos a la descripción de los diagramas mecánicos de flujo ó diagramas de tubería e instrumentación, cabe señalar que la descripción se hará en base a líneas y equipos.

#### 4.3.C) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO ALMACENAMIENTO (PR-302P)

En este diagrama se incluyen las siguientes líneas y operaciones de la planta.

1.- Línea de recepción de propano indicando la ins-

trumentación necesaria para el recibo y medición.

- 2.- Sistema antibumping (rompedor de vacío)
- 3.- Sistema de carga
- 4.- Sistemas de protección del tanque.

#### 4.3.C.1) LINEA DE RECEPCION DE PROPANO.

El propano líquido proveniente de barcos se recibe en límites de batería por medio de una línea de 16"  $\phi$ , las condiciones del propano en límites de batería son: 157 Psia y  $-56^{\circ}$  F, el propano antes de cargarse al tanque criogénico se le reduce la presión hasta 25 Psia y  $-52^{\circ}$  F, para eso se cuenta con una válvula reductora de presión VCP-104 auto-operada con posicionador montado en yugo, que en condiciones de falla de aire cierra.

Una vez reducida la presión el propano líquido pasa a través de un filtro duplex tipo canasta FS-100, en el que quedan atrapados los posibles sólidos en suspensión que pueda contener el propano, después de filtrado el propano pasa por un medidor de flujo tipo turbina MTF-100, el cual a la vez envía señal eléctrica a un totalizador de flujo QF-100 que se encuentra montado en tablero principal en el cuarto de control. Este totalizador tiene integrado un compensador de flujo por temperatura, que recibe señal eléctrica del transductor de temperatura TT-100 que se encuentra montado en la descarga del medidor MTF-100.

Describiré en una forma muy general de los equipos que se encuentran sobre la línea de recibo de propano.

C.1.1) VALVULA DE CONTROL (VCP-104)

Se hará una descripción muy somera de los diferentes tipos de válvulas de control y de las partes de que está constituida. Así como de su funcionamiento, dimensionamiento y selección, ya que esta descripción se aplicará para los demás diagramas mecánicos de flujo cuando se haga su respectiva descripción.

Por lo general todas las válvulas de control llevan By-Pass, esto es con el objeto de darle mantenimiento, el By Pass, está formado por dos válvulas de compuerta (ó de bloqueo) y una válvula de globo.

Válvulas de Compuerta.- Este tipo de válvulas son las más comúnmente usadas. El flujo fluye directamente a través de la válvula de compuerta, axial a la tubería. La válvula consiste esencialmente de una placa que se desliza a través de ranuras. La placa puede tener forma de cuña, tal que pueda ajustarse contra los lados de las ranuras.

Generalmente las válvulas de compuerta se usan para aislar equipo y tuberías ó bien para dar servicio, pudiendo estar completamente abiertas ó cerradas. Raras veces estas válvulas se usan para estrangulamiento.

Válvulas de Globo.- Esta válvula se diferencia de la válvula de compuerta en que el orificio es perpendicular ó forma un ángulo determinado con el eje de flujo. El cerrado de la válvula se efectúa mediante un vástago sujeto a un volante el que se puede girar para abrir o cerrar la válvula. Se prefieren estas válvulas para regulación de flujo o cuan-

FECHA \_\_\_\_\_

OBRA N° \_\_\_\_\_

LOCALIZACION LAS

TRUCHAS MCHA

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA.

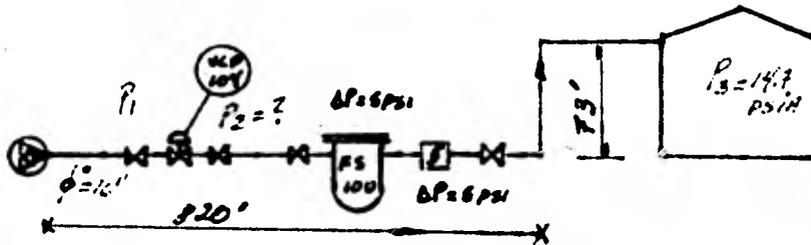
HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHJ

REVISADO POR: RRSC

CALCULO DE LA VALVULA DE CONTROL VCP-104

SERVICIO: CONTROL DE PRESION EN LA LLEGADA  
DE PROPANO DE BARCOS.



$$P_1 = 157 \text{ PSIA}$$

$$W = 4721 \text{ G.P.M}$$

$$T = -56 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$S = 30.29$$

$$1. P_{100} = 0.213 \text{ PSI}$$

$$L_{CRITH} = 320 + 73 = 393 \text{ PIES}$$

OPERACIONES:

FECHA \_\_\_\_\_  
 OBRA N° \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION LA 5  
TIPICIAS MICH.

BUFETE DE INGENIERIA  
 CIVIL Y QUIMICA SA  
 HOJA DE CALCULO

HECHO POR: Y.A.H.J  
 REVISADO POR: A.P.S.C

Eq. acc.

5 VALVULAS DE COMPUESTA 16" $\phi$	9x5	45
5 CEDOS 90° 16" $\phi$	25x5	125
4 CEDOS 45° 16" $\phi$	20x5	100
	h <sub>acc</sub>	270 pies

$$h_{TOTAL} = 893 + 270 = 1163 \text{ pies}$$

$$\Delta P_{(L+acc)} = 0.213 \times \frac{1163}{160} = 2.477$$

$$\Delta P_{TOTAL} \text{ DESPUES DE LA VALVULA} = 2.5 + 5.15 + \frac{73 \times 36 \times 2}{144}$$

$$P_{2} \text{ D. V.} = 30.89 = |P_3 - P_2|$$

$$P_2 = 30.89 \text{ psi} = 14.7 - (30.89 + 14.7)$$

∴

$$\Delta P_{VALVULA} = |P_2 - P_1| = 30.89 + 14.7 = 157.$$

$$\Delta P_V = 111 \text{ PSI (MAX.)}$$

OPERACIONES:

FECHA \_\_\_\_\_

OBRA N° \_\_\_\_\_

LOCALIZACIÓN ASZUCCHAS MICH

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA

## HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHJREVISADO POR: RPSC

CALCULO DE LA MAXIMA ( $\Delta P_{perm}$ ) EN LA VALVULA PARA QUE NO HAYA FLASHEO

$$\Delta P_{perm} = K_m (P_1 - Y_c P_v)$$

$K_m$ : EFICIENTE DE RECUPERACION DE LA VALVULA.

$P_1$ : PRESION DE VAPOR @ DE TEMP. A LA QUE FLUYE

$P_c$ : " CRITICA DEL FLUIDO

$$P_1 = 12 \text{ psia}$$

$$P_c = 617.4 \text{ psia}$$

$$K_m = 0.78$$

$$\therefore \frac{P_1}{P_c} = \frac{12}{617.4} = 0.0194 \Rightarrow Y_c = 0.44^*$$

$$\Delta P_{perm} = 0.78(157 - 0.44 \times 12) = 113.66$$

LA CONDICION PARA QUE NO HAYA FLASHEO ES QUE:

$$\Delta P < \Delta P_{perm}$$

OPERACIONES:

$111 < 113.66 \Rightarrow$  QUE NO HAYA  
FLASHEO DENTRO DE LA VALVULA.

FECHA \_\_\_\_\_

OBRA N° \_\_\_\_\_

LOCALIZACION LAZ

TRUJILLO, MICH.

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA

HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAH

REVISADO POR: R.P.S.C

$$CV = Q \sqrt{\frac{S_g}{\Delta P}}$$

$$Q = 4721 \text{ G.P.M.}$$

$$S_g = 0.5815$$

$$\Delta P = 110 \text{ PSI}$$

$$CV = 4721 \sqrt{\frac{0.5815}{110}} = 343.25$$

VALVULA SELECCIONADA ED = 1/2 DE 5"  $\frac{1}{4}$  CON

UN PUERTO DE 3" EN UNA  
CARREAN DE 2"

OPERACIONES:

do se desea tener un cierre ajustado.

Fundamentalmente una válvula de control está constituida por dos partes principales: El CUERPO y el ACTUADOR Fig. 4.1. El fluido pasa através del cuerpo y es obstaculizado por una apertura variable entre una parte móvil llamada tapón y otra fija llamada asiento. El tapón está unido al actuador por un vástago, y es el actuador el que produce el movimiento del tapón, dependiendo de la señal de control recibida. Generalmente el actuador recibe una señal neumática de 3-15 lb/in<sup>2</sup> y la convierte mediante un diafragma o en ocasiones con un pistón en una fuerza que hace actuar al tapón.

Existen diferentes tipos de válvulas de control en cuanto al cuerpo de las mismas. Cuya selección depende de las condiciones de operación y de las características del fluido.

Los tipos de cuerpo más comunes son: de globo, manijosa, bola y diafragma.

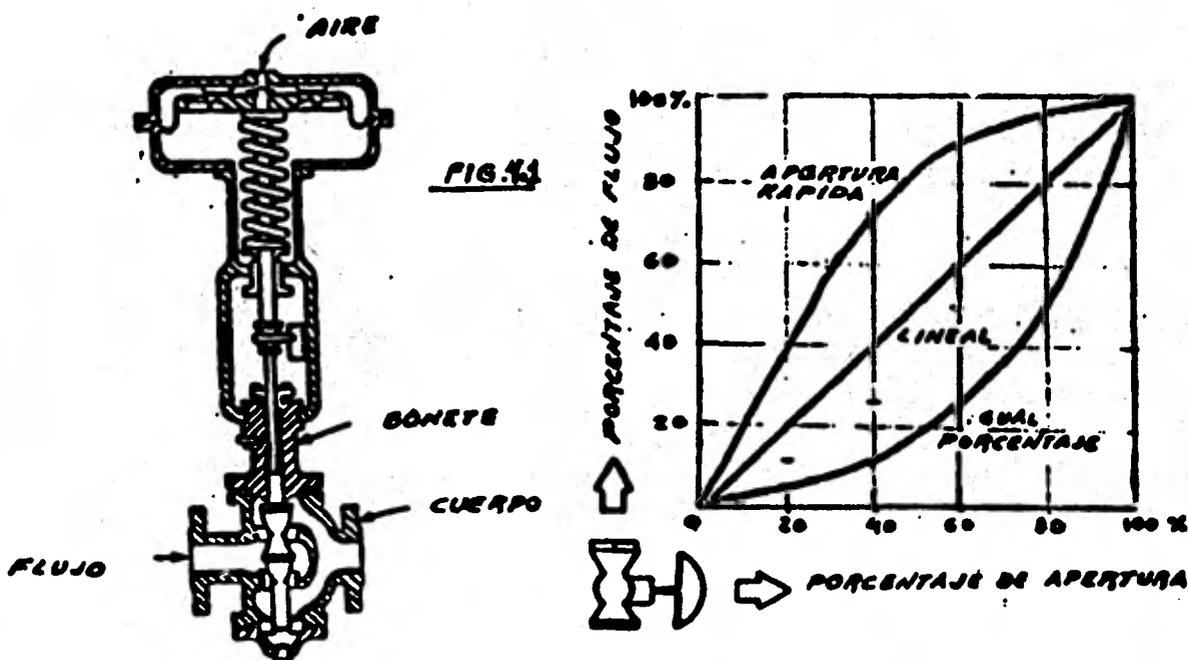
a).- Características de control.

Las características de una válvula de control se entienden como la función que relaciona la apertura de la válvula con el porcentaje de flujo que pasa por ella. Las distintas relaciones entre el porcentaje de flujo y la apertura dependen de la forma del tapón y el asiento de la válvula en su maquinación.

Las características usuales en las válvulas son: La LINEAL, la IGUAL PORCENTAJE, la APERTURA RAPIDA y la PARA

**BOLICA.**

En la figura 4.1A se muestran las características de las válvulas de control, en estas curvas se considera que la caída de presión a través de la válvula es cte.



La característica de apertura rápida permite grandes flujos desde el principio de la carrera del vástago, como se muestra en la figura es posible tener un 70% de flujo con solo 40% de apertura.

Esta característica se emplea generalmente en sistemas de control ON-OFF.

En la característica lineal se pretende que para cada porcentaje de apertura se tenga el mismo flujo.

La característica de igual porcentaje presenta una curva en la que para incrementos iguales de apertura se tengan cambios iguales de proporción de flujo. En la figura se muestra que el cambio de flujo entre el 40% y 60% de apertura es aproximadamente del doble de flujo que el cambio de flujo entre el 20% y 40% de apertura, y así en los siguientes incrementos de 20% de apertura el flujo se duplica. Con esto, cuando la válvula está relativamente cerrada, los cambios en flujo son pequeños. Para aperturas mayores, los cambios de flujo son grandes.

b).- Tipos de válvulas.

Válvulas de globo.- Estas válvulas son las más utilizadas, están constituidas fundamentalmente por el cuerpo que guía al fluido y sostiene el asiento, un tapón de movimiento longitudinal que permite el mayor o menor paso del fluido al separarse del asiento. A la pareja formada por el asiento y el tapón se le llama puerto. Existen válvulas de globo de puerto sencillo fig. 4.2 y de doble puerto fig. 4.3

Las válvulas de puerto sencillo se utilizan cuando se requiere de un cierre hermético, pero requieren de actuadores poderosos por presentar un desbalance de fuerzas sobre el tapón. Las válvulas de doble puerto aún estando cerradas pueden permitir algo de flujo, debido a que los dos tapones no pueden asentar perfectamente. La característica de control-

de las válvulas de globo se logra con la forma del tapón. -  
Existen distintos tipos de tapones como se muestra en la fig.  
4.4

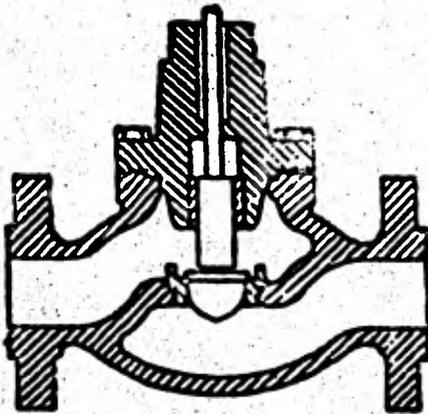


FIG. 4.2

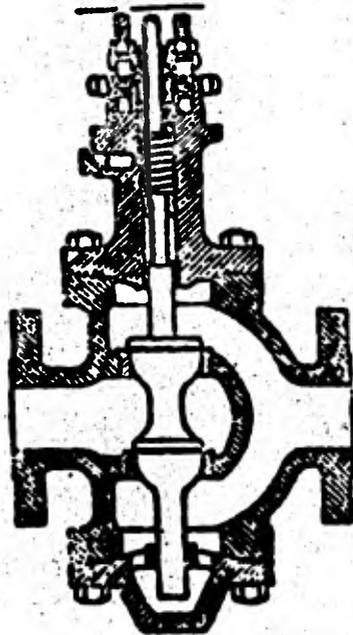


FIG. 4.3

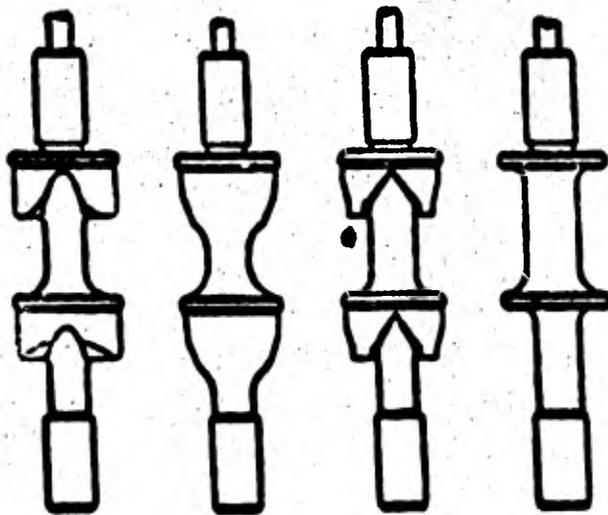
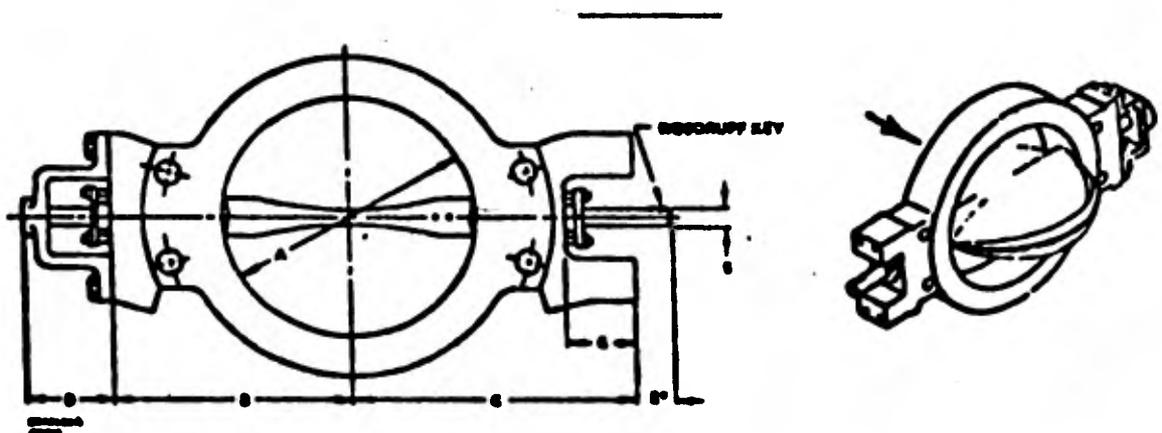


FIG. 4.4

Los cuerpos de las válvulas pueden ser de conexiones roscadas, bridas o soldables, cuya selección depende de las especificaciones de tubería y del tamaño de la válvula.- Los tamaños de estas válvulas van desde 3/4"  $\phi$  hasta 12"  $\phi$  - aunque su tamaño se limita a 6"  $\phi$  por razones de costo.

Válvulas de mariposa.- Este tipo de válvula es de tipo rotatorio, se aplican generalmente cuando se requiere manejar flujos muy grandes, su tamaño va desde 2"  $\phi$  hasta 36"  $\phi$ , su construcción es muy sencilla, su costo muy bajo, son ligeras y se limitan a pequeñas caídas de presión.

Las válvulas de mariposa son de construcción muy simple, consta de un cuerpo muy sencillo de forma anular del tamaño de la tubería y su instalación es entre bridas. La parte móvil es un disco, cuyo diámetro coincide con el diámetro interno del cuerpo, el disco es girado de 0° a 90° por una flecha conectada al actuador. Fig. 4.5



La fuerza para mover el disco varía considerablemente, - debido a que el disco produce una velocidad más grande de un lado que en el otro y esto dá como resultado, un par de fuerzas que tiende a cerrar la válvula.

Válvulas de bola.- Aunque este tipo de válvulas tienen mucho tiempo de haber sido desarrollado, no fue sino - hasta la década de los 1960 en que fueron impulsadas co mo válvulas de control automático.

Su impulso se debió al desarrollo de materiales como el teflón en particular, que dan a las válvulas un cierre-hermético excelente, este tipo de válvulas se aplican - en la industria del papel y la azucarera.

Los tamaños de estas válvulas van desde 1"  $\phi$  hasta 24"  $\phi$  - comúnmente, pueden ser bridadas, roscadas y pueden ser cons-truidas en una gran variedad de aleaciones.

En las válvulas de bola el cuerpo contiene una esfera - giratoria con un corte tal que al girar, produce la modula-ción del flujo. La esfera puede ser completa, ó solamente - ser segmento esférico, conectado por una flecha a un mecanis-mo movido por el actuador. Fig. 4.6

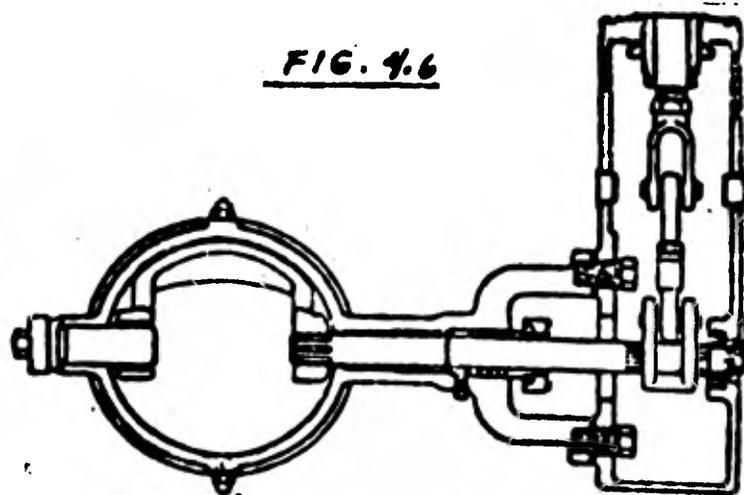
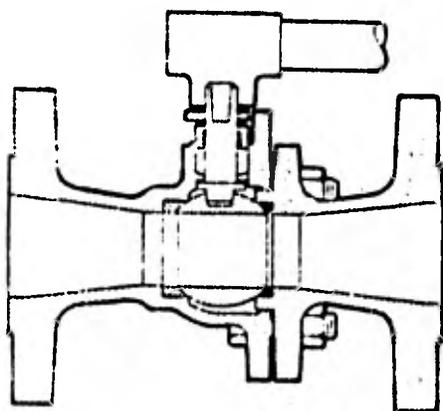
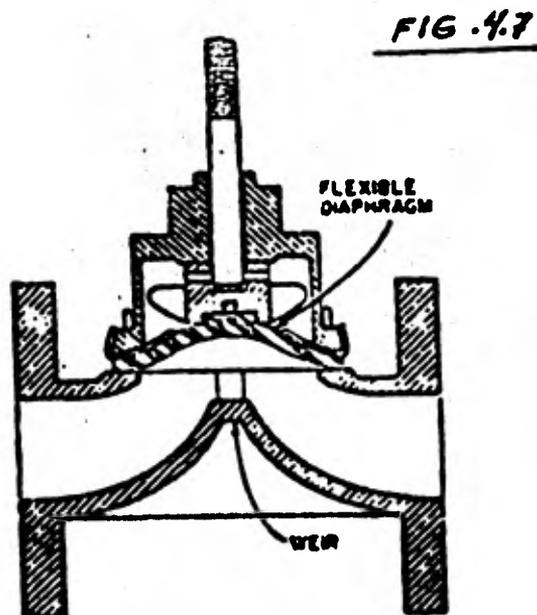


FIG. 4.6

BALL VALVE with body-body end design—Fig. 4.6

Válvulas de Diafragma. - En casos en donde el fluido es estrechamente corrosivo es común utilizar válvulas de diafragma de material de elastómero, están en contacto con el fluido. Fig. 4.7 .

El diafragma cierra el paso del fluido asentado sobre una ceja alineada en el cuerpo de la válvula. El movimiento del diafragma es conseguido por una pieza opresora conectada al actuador.



El cuerpo de la válvula puede ser recubierto por un material resistente a la corrosión, siendo ésta su principal ventaja.

Como desventaja podemos mencionar: la fuerza necesaria para cerrar la válvula es muy grande por lo que muchas veces se requieren actuadores de pistón es por eso que su tamaño -

se limita a 8"  $\phi$  máximo. La característica de control no es muy buena puesto que es aproximadamente de apertura rápida.

c).- Posicionadores.

Los posicionadores son un complemento de los actuadores y es muy utilizado en controles modulantes, es un dispositivo el cual recibe la señal de control y una medición de la posición del vástago del actuador los compara y manda la señal de corrección al actuador, hasta que este tenga exactamente la posición requerida por la señal de control.

Su función es confirmar que el actuador llegue precisamente a la posición deseada, también reduce el tiempo de respuesta del actuador y en determinadas aplicaciones puede también amplificar la señal de presión cuando se requieren fuerzas relativamente grandes.

En el caso de válvulas de control se aplican comúnmente para los siguientes casos:

Válvulas de control de temperatura

" de mariposa

" de diafragma

En líneas de transmisión neumática de 200 pies o más, en sistemas de control en cascada o controles múltiples cuando un controlador maneja 2 válvulas o más, cuando se requiere mayor presión sobre el actuador.

d).- Dimensionamiento de Válvulas de Control.

El dimensionamiento de las válvulas de control se basa

en la determinación del factor de capacidad conocido como "CV" y en la selección apropiada del tamaño de la válvula en tablas publicadas por los fabricantes, en las que relacionan el CV. Este factor se define como el número de galones por minuto, de agua a 60°F. que atraviesan la válvula cuando la caída de presión es 1 lb/pulg.<sup>2</sup>

El procedimiento y las fórmulas para calcular CV varía con cada fabricante, pero para los objetivos de este trabajo se han seleccionado las ecuaciones siguientes:

$$C_v = Q \sqrt{\frac{G}{AP}} \quad \text{Para líquidos}$$

$$C_g = \frac{SCFH}{1360} \sqrt{\frac{TG}{AP(P_2)}} \quad \text{Para gases}$$

$$C_s = \frac{W}{63.3 \sqrt{AP \cdot P_s}} \quad \text{Para vapores}$$

Donde:

- CV: Factor de capacidad de la válvula
- Q: Flujo de líquido en galones por minuto
- SCFH: Flujo de gas por hora 14.7 Psia y 60° F.
- W: Flujo de vapor en libras por hora
- G: Gravedad específica a condiciones de flujo
- Y: Densidad de salida (lb/pie<sup>3</sup>)
- T: Temperatura de operación (°R = °F + 460)

AP:  $P_1 - P_2$  : Caída de presión lb/in<sup>2</sup>  
Si  $P < 0.5 P_1$  usar  $P = P_2 = 0.5 P_1$

Una vez calculado el  $C_v$  con el flujo normal y máximo, se escoje de las tablas del fabricante una válvula cuyo CV al 100% de apertura sea un poco mayor que 1.4 CV normal y que cubra el CV para flujo máximo.

#### SELECCION DE VALVULAS.

La selección de una válvula de control se tienen que tomar en cuenta los siguientes factores:

Tamaño

Características

Material

Tipo

Tamaño. - Como ya se mencionó anteriormente el tamaño de la válvula es una función directa del factor de capacidad CV de acuerdo con las tablas de los fabricantes, el tamaño se selecciona de tal forma que el CV normal esté aproximadamente al 70% de la capacidad total de la válvula y el CV máximo esté por abajo del 90%. Se recomienda que el tamaño de la válvula no sea inferior al 50% del diámetro de la tubería.

Características de las válvulas de control. - Cabe aclarar que la recomendación que a continuación se muestra es muy superficial, puesto que la característica óptima para un proceso depende de un análisis dinámico completo del proceso. Pero también se tiene que considerar que donde una válvula de

características lineal recomendable se pueda tener una válvula de igual porcentaje trabajando satisfactoriamente ó en viceversa.

Para un sistema de control On-Off la característica más recomendable es la de apertura rápida.

Control de Nivel.- Para los controles de nivel es posible usar la característica línea, a menos que la caída de presión decrezca al aumentar la carga hasta un 20% o menos de la caída de presión máxima, en este caso se recomienda una de igual porcentaje.

Control de presión.- En este caso se recomienda una válvula igual porcentaje, a menos que la caída de presión aumente al aumentar la carga, hasta un 20% ó más, entonces se prefiere una válvula lineal.

Control de Flujo.- Si el rango del punto de ajuste de flujo es muy amplio, se recomienda una válvula lineal. Si el rango es pequeño pero hay aumentos de la caída de presión al disminuir la carga, entonces se recomienda una válvula de igual porcentaje.

Material.- A continuación se expondrán algunos criterios para la selección del material de las válvulas, pero para una selección confiable, es necesario consultar con el fabricante de válvulas.

Los factores que intervienen en la selección de materiales de construcción son entre otros: corrosión, erosión, presión, temperatura y costo.

Temperatura: Para aplicaciones donde la temperatu

ra está entre  $-52^{\circ}\text{F}$  y  $-150^{\circ}\text{F}$  se recomienda un acero de aleación del 3.5% del nickel (ASTM-352-52T Gr.LC3) para temperaturas menores a  $-150^{\circ}\text{F}$  se recomienda aceros inoxidable. Para altas temperaturas es común encontrar en los interiores los aceros llamados estelitados.

Presión: Cuando la caída de presión a través de la válvula es muy grande, la erosión puede dañar los interiores de la válvula, en estos casos el material puede ser de acero inoxidable de la serie 400, ó bien Rockwell-C para servicios de temperatura hasta  $850^{\circ}\text{F}$ .

Corrosión: Una gran variedad de materiales resistentes a la corrosión se usan para la manufactura de válvulas, entre ellos el Hastelloy Monel, Nickel, Durimet, Titanio. En algunos casos se pueden recubrir de materiales plásticos como el Pentón, Teflón, Kynar o del Rin. Además algunas válvulas se pueden construir totalmente de estos plásticos.

Tipo: Es muy común encontrar que la mayoría de las válvulas de control son de tipo globo, a menos que no puedan aplicarse. Sus limitaciones principales son: tamaño, (hasta 6" comúnmente), no pueden manejar líquidos sucios con materiales fibrosos, su precio puede ser alto cuando se requiere resistencia a la corrosión. Cuando el tamaño es muy grande se puede pensar en una válvula de mariposa, siendo sus limitaciones, la caída de presión, la característica es solo igual porcentaje, el control no es muy preciso.

Si se va a manejar líquidos con materiales fibro-

sos, se sugiere una válvula de bola, el tamaño de estas válvulas no es limitante y su control es bueno. Cuando no se requiere un control muy preciso y el fluido es muy corrosivo, - las válvulas de diafragma pueden ser resultado si el tamaño no es muy grande.

Para servicios muy corrosivos es muy común recubrir las válvulas de mariposa con materiales resistentes, si el costo no es muy grande, una válvula de globo se puede hacer de materiales como el Hastelloy o Monel.

#### e).- Actuadores.

Un actuador es el mecanismo que convierte una señal de control eléctrico ó neumático en un movimiento que actúa al elemento final de control. Los actuadores pueden mover válvulas de control, compuertas, reguladores de tipo, guías para transportes de sólidos, etc.

Las señales de control de los actuadores pueden ser hidráulicas, neumáticas y eléctricas, siendo estas dos últimas las más comunes.

Actuadores Neumáticos.- Los actuadores neumáticos pueden ser de diafragma o de pistón. Los primeros son muy usuales - por su amplia aplicación sobre válvulas de control, pueden actuar en controles "On-Off" ó modulantes.

En estos actuadores la señal neumática, actúa sobre un diafragma flexible, la fuerza debida a la presión esta en contra posición con un resorte de rango. Existen tamaños diferentes de diafragmas según la fuerza requerida.

La caja puede ser de aluminio o de acero y está separada

en dos partes por el diafragma, de un lado actúa el aire y - por el otro el resorte. Dependiendo de que lado del diafragma donde actúa el aire, será de acción directa (fig.4.8) ó bien de acción inversa (fig.4.8A). En el de acción directa el aire baja el diafragma comprimiendo el resorte.

La selección de un actuador de acción directa o inversa depende de la "posición a falla de aire" que requiera la válvula. Así por ejemplo, una válvula que cierra al bajar el tapón, quedará en posición cerrada con un actuador de acción inversa.

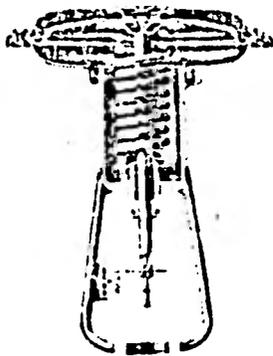


FIG. 4.8

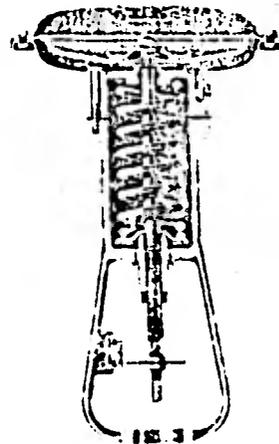


FIG. 4.8A

El otro tipo de actuadores neumáticos son los de pistón su construcción permite presiones neumáticas o hidráulicas mucho mayores que de un diafragma, por lo que se utilizan cuando se requiere de una fuerza muy grande sin mucha área de presión.

Los pistones pueden ser actuados por una señal neumática en oposición de un resorte. Pueden ser actuados por dos señales neumáticas, una para abrir y otra para cerrar. O bien pueden ser actuados por una señal neumática y generar mediante un posicionador otra señal de balance.

#### C.1.2) FILTROS CANASTA (FS-100)

En la industria, uno de los problemas más comunes, es la remoción de las partículas indeseables arrastradas por los fluidos en las tuberías. Estas partículas, que pueden ser basura hasta trozos amalgamados de producto; se remueven de las corrientes de agua, de aceite, de pinturas, de productos químicos, combustibles, etc., por diversos motivos ya sea para evitar que obstruyan o puedan dañar bombas, espreas, boquillas, condensadores, o para purificar un fluido que debe ser utilizado libre de toda impureza.

Por lo anterior se deduce que un filtro es un recipiente cerrado que contiene un elemento filtrante limpiable, diseñado para retener partículas extrañas en el flujo de fluidos variados, hasta de 0.001 pulgadas de diámetro.

Para la Planta de Las Truchas se ha seleccionado -

un filtro canasta tipo "duplex". En realidad el filtro canasta tipo duplex son dos filtros simplex unidos a través de una válvula macho especial, la cual permite desviar el flujo, por medio de una palanca, hacia la canasta derecha ó la izquierda, de esta manera, cuando una de las canastas se obstruye por la suciedad, con solo mover la palanca y desviar el flujo hacia la otra canasta, es posible, quitar y limpiar la canasta vacía, sin interrumpir el flujo del colador.

Generalmente se usan en operaciones de flujo continuo en donde no se permiten interrupciones de flujo por ninguna circunstancia (fig. 4.9)

a).- Criterios para seleccionar los filtros.

- I. El primer factor a considerar es el área libre abierta a través de la canasta respecto al área transversal de la tubería, un filtro canasta bien diseñado deberá tener una relación 4 a 1; si esta es menor habrá una caída de presión excesiva.
- II. El segundo factor es la facilidad para extraer la canasta, en muchas ocasiones se requiere de frecuentes limpiezas de canasta del filtro, por consiguiente, es conveniente que la extracción y reposición de la canasta se pueda lograr con relativa facilidad.
- III. El tercer factor importante a considerar son las dimensiones del filtro, éste no deberá ser exageradamente voluminoso o demasiado alto, ya que en muchas áreas industriales y, ciertamente, en los mue

lles de carga, el espacio es valioso y muy escaso, por lo que debe aprovecharse de la mejor manera posible.

Los otros factores son muy conocidos, ya que son las bases de la selección de los filtros, o sea, el tamaño de partículas a separar, y los materiales de construcción que van en función del fluido y de sus condiciones de operación.

Los filtros canasta se ofrecen normalmente en hierro fundido, acero al carbón, bronce y en acero inoxidable 304 y 316.

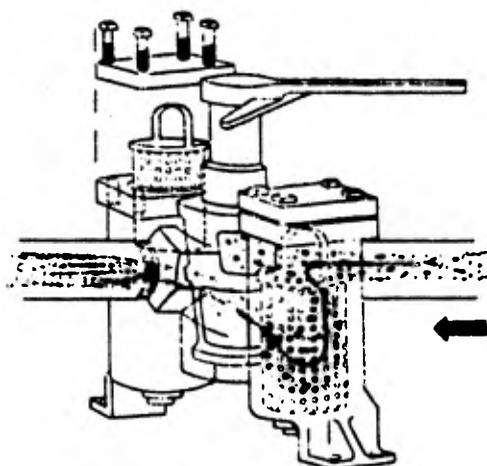


DIAGRAMA QUE MUESTRA EL FLUJO A TRAVÉS DE UN FILTRO TIPO "DUPLEX".

C.1.3) MEDIDOR DE FLUJO TIPO TURBINA (MTF-100)

El medidor de flujo tipo turbina es un medidor volumétrico de flujo de un fluido, con una señal pulsatil numérica de salida cuya frecuencia (CPS) es directamente proporcional a la velocidad de flujo. Fig.4.10

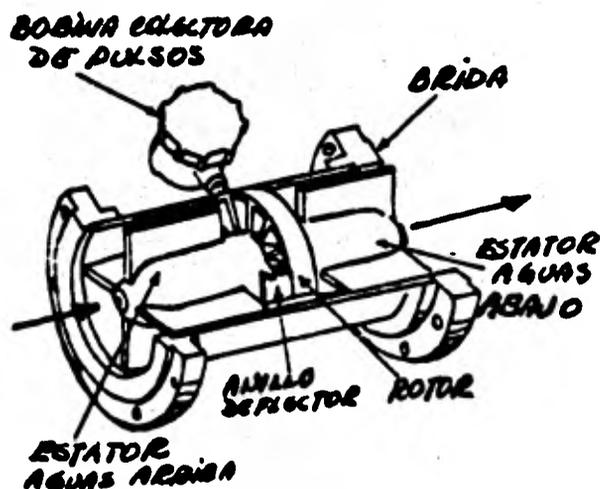


FIG. 4.10

La velocidad del rotor se determina por la cantidad de fluido que pasa a través del medidor. La velocidad angular resultante del rotor es proporcional a la velocidad volumétrica del fluido. El número total de revoluciones del

rotor representa con exactitud la cantidad total medida.

Los medidores son diseñados de tal forma que cada señal de pulsación representa un incremento de volúmen predeterminado.

a). FUNCIONAMIENTO.- Idealmente, el rotor de la turbina giraría en la corriente del fluido sin patinaje la fricción y la retención magnética previenen que esto ocurra en la práctica, sin embargo, un punto dado en el álabe describe una espiral en la corriente del líquido. El paso de esta espiral es una función del ángulo del álabe, independiente de la velocidad de la corriente. Por consiguiente, cada enrollamiento de la espiral o cada rotación de la bobina representa así una medida del volúmen del fluido que ha pasado a través del medidor.

Los medidores emplean botones magnéticos igualmente espaciados sobre el borde del rotor para generar una señal de pulsación proporcional a la velocidad de flujo. A medida que estos botones magnéticos pasan a través del campo magnético de los imanes permanentes de cada bobina colectora, el campo magnético es alterado por el movimiento de los botones, produciéndose cambios correspondientes en los campos magnéticos de las bobinas colectoras. Esta alteración induce una señal alterna en las bobinas, señal que es luego amplificada y convertida para indicar la velocidad de flujo o la cantidad total medida.

Los medidores de turbina se pueden obtener con preamplificador de señal, este preamplificador provee una pulsa

ción de salida constante. La señal una vez amplificada es transmitida al totalizador para indicar la velocidad de flujo o la cantidad total medida, o a un sistema elevador impulsor de motor, empleando registradores y accesorios mecánicos convencionales.

Debido a las variaciones de temperatura que se pueden presentar en la corriente y que pueden modificar la viscosidad del fluido, es necesario colocar en el medidor equipos de compensación de temperatura, los cuales recibirían señal de temperatura de un transductor de temperatura colocado corriente abajo del medidor.

#### 4.3.C.2) SISTEMA ANTIBUMPING (ROMPEDOR DE VACIO)

El sistema antibumping lo constituyen las bombas centrífugas BA-600 A/B y el cambiador de calor CH-603.

La función de las bombas es recircular continuamente el propano que se encuentra en el TC-1001, con el objeto de evitar estratificaciones de temperatura en el interior del tanque. En la línea de succión se encuentra una válvula de control de flujo tipo mariposa (VCF-101). Se seleccionó este tipo de válvula debido a los problemas de NPSH, ya que este tipo de válvula requieren pequeñas caídas de presión. El cabezal de descarga de las bombas está conectada a la cubierta del cambiador CH-603 que normalmente se encuentra fuera de operación.

Debido a que el propano líquido a  $-52^{\circ}$  F. y 14.7 psia es muy volátil y a la baja presión a que se encuentra -

el tanque, se pueden presentar serios problemas de NPSH (Net positive suction head).

La cabeza positiva de succión (NPSH) se puede definir como, la presión que existe por encima de la presión de vapor del líquido que se está manejando a las condiciones de flujo y siempre estará dado en pies de columna de líquido manejado y puede ser determinado fácilmente, si realizamos un balance desde la boquilla de succión del tanque y la boquilla de entrada de la bomba obtendremos el NPSH del sistema o  $NPSH_d$  (cabeza positiva de succión disponible).

Todas las bombas centrífugas requieren de un  $NPSH_r$  (cabeza positiva de succión) para su funcionamiento y evitar la cavitación.

La cavitación se presenta cuando se iguala la presión de vapor del fluido manejado, con la presión del sistema en la boquilla de succión de la bomba. Cuando se igualan las presiones se forman gotas de líquido dentro de la cubierta y pueden causar picaduras en la carcasa y en los impulsores.

Cuando se seleccione una bomba centrífuga hay que asegurarse de que el  $NPSH_d$  sea mayor que el  $NPSH_r$  de la Bomba y así garantizar que la bomba funcionará satisfactoriamente.

Dado a que en nuestro sistema se pueden presentar problemas de NPSH, se seleccionaron bombas centrífugas tipo-cubeta. Fig. 4.11

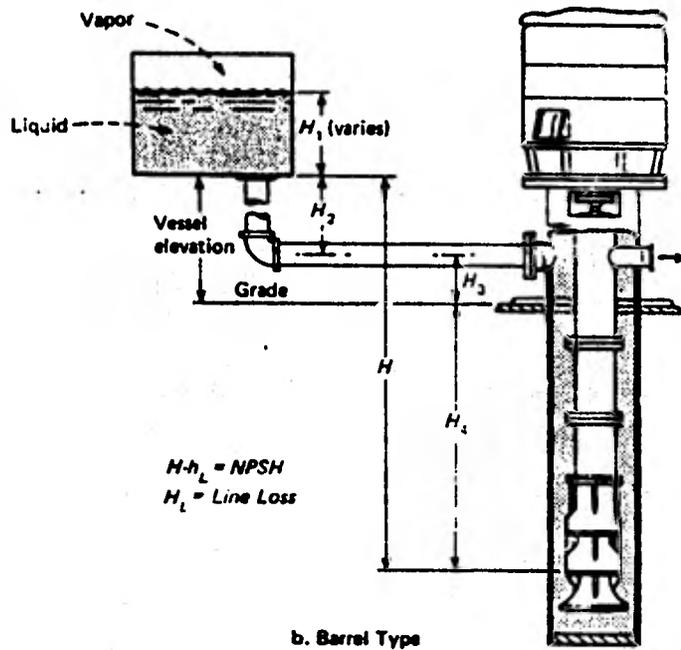


FIG. 4.11

En este tipo de bombas, parte de la cabeza estática del NPSHd se encuentra por debajo del piso. En la selección de una bomba para un servicio determinado, es necesaria la cooperación de los fabricantes de bombas, deberá proporcionarse todos los detalles completos del problema de bombeo (ver hoja de especificación). El fabricante de bombas deberá entregar las curvas características, instrucciones de instalación y operación, dibujos certificados con las dimensiones correctas para con esto, hacer planos precisos de tuberías y de cimentación.

Las bombas antibumping tienen una capacidad de 50

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**REQUISICION DE EQUIPO**

FECHA: \_\_\_\_\_  
 OBRA: PLANTA DE ALMAC. Y DIST. DE PROPANO REFRIGERADO LAS TRUCHAS, MICH.  
 PROYECTO O CONTRATO Y P.P.: \_\_\_\_\_  
 R/M No. 0-413-62-01-1460  
 DESCRIPCION: INTERCAMBIADOR DE CALOR

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	Pza.	<p>Calentador para propano liquido.                      Clave: CH-602                      Servicio: Propano a llenaderas                      Fabricante:                      Modelo:                      Tamaño:                      Tipo Tema: MEN                      Carga Térmica: 17'725,612 BTU/hr</p> <p>Para los flujos, propiedades de los fluidos, condiciones de operación, materiales de construcción y demás características consultar hoja de especificaciones adjunta.</p>		

DIBUJOS: PR-302P

HECHO POR: MAHJ      REV. POR: RPSC

\_\_\_\_\_  
 SUPE. GENERAL DE PROYECTOS

REV. NO.	FECHA	HECHO POR	OBJETO DE LA REVISION

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**CAMBIADORES DE CALOR**

HOJA DE ESPECIFICACIONES

NÚM. \_\_\_\_\_

1.-CLAVE RE-113 SERVICIO ADIANTADO DE PROYECTO A LICUADORES  
 2.-CALOR 17 725 KJ (CALOR) STUWR. TIPO: HORIZ. VERT.  
 3.-FABRICANTE \_\_\_\_\_ MODELO DE FAB. TIPO FERRASIN

	CAMISA		TUBOS	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
4.-FLUIDO	FERRASIN		FERRASIN	
5.-FLUJO TOTAL	976 113-91		177 841.66	
6.-				
7.-LÍQUIDO	348 113-91	348 113-91	589 851	589 851
8.- Sp. G.	0.87 @ -52 °	•	0.87 @ 104 °	0.85 @ 71 °
9.- COND. TERM.	•	•	0.086 @ 104 °	0.215 @ 71 °
10.- CALOR ESPECÍFICO	1	•	0.544 @ 104 °	0.477 @ 71 °
11.- VISCOSIDAD	•	•	1.2 @ 104 °	2.71 @ 71 °
12.- P. M.	44.8			
13.- A.H. TEMP.	46.24			
14.- VAPOR				
15.- PESO MOLECULAR	37.21	37.21		
16.- COND. TERM.	•	•	•	•
17.- CALOR ESPECÍFICO	•	•	•	•
18.- VISCOSIDAD	36.11 @ -52 °	•	•	•
19.- DENSIDAD				
20.- DATOS ADICIONALES EN HOJA				
21.- OPERACION: TEMPERATURA	-52	70	104	71
22.- PRESION (ATMOS. PSA)	300		35	
23.- VELOCIDAD				
24.- CAÍDA DE PRESION (NOTA A)	DISP. 10	CALC.	DISP. 10	CALC.
25.- DISEÑO: TEMPERATURA		-52		115
26.- PRESION	MM. 300	PRUEBA 450	MM. 100	PRUEBA 150
27.- FACT. DE INCRUST.	MM. 0.001	CALC.	MM. 0.001	CALC.
28.- TOLERANCIA POR CORROSION		1/8"		1/8"
29.- NÚMERO DE PASES POR CAMISA		1		4
30.- ANEJO				

31.- AREA TOT. (NOTA B) (PIE <sup>2</sup> )	3284	CAMISA No. 1 D.I.	1 x 70 PASE	MAMP TRANSY TIPO	SEMENTADA
32.- Δ IN		TUBOS No. POR CAMISA	1164	MUA Y EMPACAMENTO	
33.- Δ CORRUSION	0.4-0.5	D.E.X LONGITUD	34/ PULG x 10 PASE	CORTE S&S	
34.- COEFICIENTE LIMPIO	0.8-0.7	CALIBRE S&S	PRON. 14 MM	MAMP ENTRADA	(SI) (NO)
35.- SFRADO	18.8	PASE	15/16 PASE Δ □ □	PESO c/MAMP	LIB
36.- CÓDIGO (NOTA D.)	ASME: TEMA I	MAMP DE TUB. REMOVIBLE	(SI) (NO)	MAMP Y CAMISA	LIB
37.- PLACA CÓDIGO	(SI) (NO)	CABEZA PLOTANTE		LLENO DE AGUA	LIB

38.- MATERIALES (MARCAR RELATIVO DE ENTALDADO/PAIS/GR.)		BOQUILLAS (NOTA E)	
39.- TUBOS	A-240 TP-304 (CALOR)	ENTRADA	1 1/2" 3000# FERRASIN
40.- ESPEJOS	A-240 TP-304	SALIDA	1 1/2" 3000# FERRASIN
41.- MANIFRAS	A-240 TP-304	DREN	
42.- SOPORTES TUBOS		VENTEO	1 1/2" 3000# FERRASIN
43.- AFIXADORES/PROTECCION		MANOMETRO/C	1 3/4" 3000# FERRASIN
44.- MANIFRA LONG		TERMOPOZOC/C	
45.- CAMISA	A-240 TP-304		
46.- TAPA/CAMISA/BRIDA			
47.- CARRETE	A-515-70		
48.- TAPA/CARRETE/BRIDA	A-515-70 A-515-70		
49.- TAPA CABEZA PLOT.			
50.- BRIDAS CARRETE			
51.- BRIDAS BOQUILLAS CARRETE			
52.- BRIDAS CAMISA			
53.- BRIDAS BOQUILLA CAMISA			

NOTAS:  
 1 - TODA LA UNIDAD DEBERA SER RADIC-  
 GENTADA POR PUNTES  
 2 - DISTANCIA DE AGUERO A LA UERTIDA  
 PERMEX K-330  
 3 - LA CARGA TERMICA INCLUYE SORBE-  
 NISCAS

NOTA. A.- PARA ENTALDADOS Y REDUCER TIPO TERMOZOC LA CARGA DE PRESION DEBE INCLUIR LA CARGA ESTADICA ENTRE LAS LINEAS DEL CENTRO DE LAS BRIDAS DE ENTRADA Y SALIDA B.- AREA EXTERIOR DE LOS TUBOS, INCLUYENDO EL AREA EN ESPEJOS C.- DE ACUERDO CON ASA 010 E ULTIMO SUPLEMENTO D.- LAS UNIDADES QUE NO LLEVEN PLACA DE CÓDIGO DEBERAN TENER COTURAS LONGITUDINALES, MARCADAS POR PUNTES DE AGUERO CON AGUERO E. EL VENTEO DEBE COMPLETAR ESTA HOJA DE ESPECIFICACIONES ANTES DE ENTREGARLA LO MARCADO DEBERA ENTREGARSE HASTA LA SELECCION DE FABRICANTE.

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**REQUISICION DE EQUIPO**

FECHA	PLANTA DE ALMAC, Y DIST. DE PROPANO
LUGAR	REFRIGERADO LAS TRUCHAS, MICH.
PROYECTO O CONTRATO Y P.P.	
R/M NO.	0-413-62-01-1460
DESCRIPCION	INTERCAMBIADOR DE CALOR

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	D E S C R I P C I O N	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	Pza.	<p>Calentador para propano lfquido.  Clave: CH-603  Servicio: Rompedor de vacfo  Fabricante:  Modelo:  Tamaño:  Tipo Tema: NEM  Carga térmica: 624203 BTU/hr</p> <p>Para los flujos, propiedades de los fluidos: condiciones de operación  materiales de construcción y demás características, consultar hoja de  especificaciones anexa.</p>		

DIBUJOS:	PR-302P
HECHO POR:	MAHJ
REV. POR:	RPSC
SUPTF. GENERAL DE PROYECTOS	

REV. NO.	FECHA	HECHO POR	OBJETO DE LA REVISION

# PETROLEOS MEXICANOS

## GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION

### CAMBIADORES DE CALOR

HOJA DE ESPECIFICACIONES

Núm. \_\_\_\_\_

1.- CLAVE 4-2-3 SERVICIO CONDENSACION PARA PROCESO (COMPLETO DE VAPOR)  
 2.- CALOR 527.205 (2000) BTU/HR. TIPO: HORIZ. VERT. \_\_\_\_\_  
 3.- FABRICANTE \_\_\_\_\_ MODELO DE FAB. TIPIC TEMA "NE"

	CAMISA		TUBOS	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
4.- FLUIDO	VAPOR		CONDENSADO	
5.- FLUJO TOTAL	14024.69		22771.46	
6.-				
7.- LIQUIDO	14024.69		22771.46	
8.- Sp.Gr.	0.58 @ -52°F		0.81 @ 124°F	
9.- COND. TERM.	0.58 @ -52°F		0.81 @ 124°F	
10.- CALOR ESPECIFICO	0.58 @ -52°F		0.81 @ 124°F	
11.- VISCOSIDAD	0.58 @ -52°F		0.81 @ 124°F	
12.- P.M.	47.11		158	
13.- DENSIDAD	189.616 @ -52°F		71 @ 124°F	
14.- VAPOR	14024.69		22771.46	
15.- PESO MOLECULAR	31.21		39.21	
16.- COND. TERM.	0.58 @ -52°F		0.81 @ 124°F	
17.- CALOR ESPECIFICO	0.58 @ -52°F		0.81 @ 124°F	
18.- VISCOSIDAD	0.58 @ -52°F		0.81 @ 124°F	
19.- DENSIDAD	71.16 @ -52°F		71 @ 124°F	
20.- DATOS ADICIONALES EN HOJA				
21.- OPERACION: TEMPERATURA	-52°F		124	
22.- PRESION (ATMOS. PMA)	46		35	
23.- VELOCIDAD	46		35	
24.- CAIDA PRESION (NOTA A)	7		1	
25.- DISEÑO: TEMPERATURA	-52		115	
26.- PRESION	2.56		1.66	
27.- FACT. DE INCrust.	0.661		0.661	
28.- TOLERANCIA POR CORROSION	1/8		1/8	
29.- NUMERO DE PASES POR CAMISA	4		4	
30.- ARREGLO	BANCOS EN PARAL DE CAMISA EN SERIE		BANCOS EN PARAL DE CAMISA EN SERIE	

31.- AREA TOT. (NOTA B)	2.7	CAMISA No. x D.I.	1 x 1.2 PULS	MAMP TRANSY TIPO	
32.- A MI		TUBOS No. POR CAMISA	46	NAN Y ESPACIAMIENTO	
33.- A CORREIDA	1.2647	D.S. x LONGITUD	1/4 PULS x 76 PULS	CORTE SEL.	
34.- COEFICIENTE LIMPIO	0.95	CALIBRE SWG	PROM. 17 MM	MAMP ENTRADA	(SI) (NO)
35.- SERVICIO	74.37	PASE	1 PULS Δ □	PESO (MAZ)	LBS
36.- CODIGO (NOTA B)	ASME: TEMA C	MAZ DE TUB REMOVIBLE	(SI) (NO)	MAZ Y CAMISA	LBS
37.- PLACA CODIGO	(SI) (NO)	CABEZA FLOTANTE		LLENO DE AGUA	LBS

38.- MATERIALES (MARCAR RELEVADO DE ESP. R. RADIOGRAFIADO R.X)		BOSILLAS (NOTA C)	
39.- TUBOS	A-212 TP-164	ENTRADA	7" 156 H.P.
40.- ESPEJOS	A-246 TP-164	SALIDA	6" 156 H.P.
41.- MAMPARAS		DREN	
42.- SOPORTES TUBOS	A-246 TP-164	VENTO	1" 3666 # 1250
43.- ATEZADORES Y ESPACIADORES		MANOMETRO C/S	1/4" 3666 # 1250
44.- MAMPARA LONG		TERMOPRO C/S	
45.- CAMISA	A-312 TP-164		
46.- TAPA CAMISA/BRIDA			
47.- CARRETE	A-166 B		
48.- TAPA CARRETE/BRIDA	A-315-70		
49.- TAPA CABEZA FLOT.			
50.- BRIDAS CARRETE			
51.- BRIDAS BOLLAS CARRETE			
52.- BRIDAS CAMISA			
53.- BRIDAS BOLLAS CAMISA			

NOTAS:  
 1) TAPA LA UNIDAD DEBERIA SER ENTREGADA EN UNO DE LOS PUNTES  
 2) MAMPARA DE ABRIGADO CON NORMA PEMEX  
 3) LA TAPA TERMINA INCLUYE 2000000000

NOTA: A.- PARA CONDENSADORES Y REBOILERS TIPO TENDRON LA CAIDA DE PRESION DEBE INCLUIR LA CAIDA ESTÁTICA ENTRE LAS LINEAS DEL CENTRO DE LAS BRIDAS DE ENTRADA Y SALIDA B.- AREA EXTERIOR DE LOS TUBOS, EXCLUYENDO EL AREA EN ESPEJOS C.- DE ACUERDO CON ASA 816 E ULTIMO SUPLEMENTO D.- LAS UNIDADES QUE NO LLEVEN PLACA DE CODIGO DEBERAN TENER COSTURAS LONGITUDINALES, TRABAJADAS POR PUNTOS DE ACUERDO CON ASME VIII-1 EL VENDEDOR DEBE COMPLETAR ESTA HOJA DE ESPECIFICACIONES ANTES DE RESEÑARLA, LO MARCARO CON B DEBERA OMITIRSE HASTA LA SELECCION DE FABRICANTE

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**REQUISICION DE EQUIPO**

FECHA:
OBRA: <b>PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE PROPANO REE. LAS TRUCHAS, MICH.</b>
PROYECTO O CONTRATO Y P.P.:
R/M NO. <b>Q-413-62-01-1215</b>
DESCRIPCION: <b>BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES</b>

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	2	Pieza	<b>Bombas centrifugas verticales.</b> Claves: BV-600 A y B Servicio: Bombeo de propano (antibumping) Fabricante: Modelo y tipo: Líquido: Propano Temperatura de Bombeo: -52° F Gravedad específica: 0.51 Viscosidad: 0.21 CPS Presión de vapor: 14.7 psia T.B. Capacidad: 50 GPM Presión de Descarga: 40 psig en la brida Presión de succión: 0 psig en la brida Presión Diferencial: 40 psi Carga Dinámica: 181 pies NPSH Disp/Req.: 0 pies Velocidad de la Bomba: RPM Eficiencia: BHP: Demás caracterfsticas en la hoja de especificaciones adjunta.		

DIBUJO(S): <b>PR-302P</b>
HECHO POR <b>MAHS</b> REV. POR <b>RPSC</b>
SUPE. GENERAL DE PROYECTOS

REV. NO.	FECHA	HECHO POR	OBJETO DE LA REVISION

**P E T R O L E O S M E X I C A N O S**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**REQUISICION DE EQUIPO**

PLANTA DE ALMAC. Y DIST. DE  
**PROPANO REF. LAS TRUCHAS, MICH.**  
 PROYECTO O CONTRATO  
 N/M, NO. **Q-413-62-01-1260**

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2	2	Pieza	<b>Motores Eléctricos</b> Servicio: Accionamiento bombas partida 1 Clave: ME-600 A y B Potencia: Velocidad: Corriente: 440 V/3 φ /60 Hz Fabricante: Tipo: Inducción J.A. Carcaza: T.E.F.C. (tropicalizado)		

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**BOMBAS CENTRIFUGAS**  
**HOJA DE ESPECIFICACIONES**

3/4

FECHA 15/NOV/80  
 CLAVE EX-600A/B  
 R/E 0-413420-1260 REV.

NOTA:  INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR  
 POR FABRICANTE

LUGAR LAS TRAYAS MILM PLANTA ALMACENAMIENTO Y DIST DE PRO-  
 DANC  
 SERVICIO ANTICORROSION  
 NO BOMBAS REQ'S 2 NO MOTORES REQ'S 2 CLAVE ME-600A/B SUMINISTRADO POR EPB MONTADO POR EPB  
 NO TURBINAS REQ'S \_\_\_\_\_ CLAVE \_\_\_\_\_ SUMINISTRADO POR \_\_\_\_\_ MONTADO POR \_\_\_\_\_  
 FABRICANTE BOMBA \_\_\_\_\_ TAMAÑO Y TIPO \_\_\_\_\_ Nº SERIE \_\_\_\_\_

**CONDICIONES OPERACION, CADA BOMBA** **RENDIMIENTO**

LÍQUIDO AGUA U.S.GPM o TD, HOR. 50 DISEÑO 50  
 PRES. DESCARGA, PSIG 10 (EN SERVICIO)  
 TD, FT, HOR. 51.8 MAX PRES. SUCCION, PSIG. MAX. DISEÑO 0  
 GR. OR. STD 1.51 PRES. DIF., PSI 4.0  
 PRES. MÁX. PSIG 14.7 CARGA SH., PIES 181  
 VÍD. TD, STD. SP. 1.21 NPN DISPONIBLE, FT 0 EN SERVICIO  
 CORR/EROC CAUSADA POR \_\_\_\_\_ HP HIER. \_\_\_\_\_

**CONSTRUCCION**

BOQUILLAS	DIAMETRO	CLASIF ANSI	MAQUINADO	LOCALIZACION
SUCCION		<u>3CC #</u>	<u>R.F.</u>	<u>ALCANTARAL</u>
DESCARGA		<u>3CC #</u>	<u>R.F.</u>	<u>ALCANTARAL</u>

MONT. CARCAZA:  AL CENTRO  PIE  SOPORTE  VERT. (TIPO) VERTICAL  
 DIVISION:  AXIAL  RAD. TIPO VOLUTA  SERCILLA  DOBLE  IMPULSOR  
 PRESION:  MAX. PERM. PSIG \_\_\_\_\_ °F;  PRUEBA MICROST. PSIG \_\_\_\_\_  
 CONEXION:  VENTOS  DREN  MANOMETRO  
 DIAMETRO IMP.  DISEÑO \_\_\_\_\_  MAX. \_\_\_\_\_  TIPO CERRADO  
 MONTAJE:  ENTRE BALEROS  SUSPENDIDO  
 TIPO BALERO:  RADIAL CONJUNTO  EMPUJE  
 LUB.  ANILLO ACEITE  MURDADO  NEOLINA ACEITE  BALQUERO  FOREADA  
 COPLI:  FAB. ANCOPOC  MODELO \_\_\_\_\_  
 MITAS ACCIONADOR MTD. POR  FAB. BOMBA  FAB. MOTOR  COMPRADOR  
 EMPUJE:  FAB. Y TIPO \_\_\_\_\_  TAMAÑO/ Nº ANILLOS \_\_\_\_\_  
 SELLO MECANICO:  FAB. Y MODELO ANCOPOC CLASIF. CODIGO API: \_\_\_\_\_  
 CODIGO FABRICANTE: \_\_\_\_\_

CURVA PROPUESTA EN \_\_\_\_\_  
 RPM \_\_\_\_\_ NPSM (AGUA) \_\_\_\_\_  
 EFF. \_\_\_\_\_ SHR DISEÑO \_\_\_\_\_  
 MAX. SHP DISEÑO IMP. \_\_\_\_\_  
 MAX. CARGA DISEÑO IMP. \_\_\_\_\_  
 GPM. MIN. CONTINUO \_\_\_\_\_  
 ROTACION (VISTA EXTREMO COPLI) \_\_\_\_\_  
 PRUEBAS EN FABRIC. \_\_\_\_\_

CONR. SIN TESTEO  CONR. CONTEST.  
 MICROST. SIN TESTEO  MICROST. CONTEST.  
 NPSM REQUERIDO  NPSM CONTEST.  
 INSPECCION FABRICACION  
 SEGMENT. E IMP. DESPUES PRUEBA  
 OTRAS \_\_\_\_\_

**MATERIALES**

BOMBA: CLASIFICACION CARCAZA/INTERIORES  
DESCARGA ALTA A 35' LCB  
IMPULSOR  
ALCANTARAL A 35' GR. EPB  
 BASE  ALCANTARAL

**TUBERIA AUXILIAR**

PLANO TUB. A.C.  CU;  A.I.;  TUBING;  TUBO  
 RES. TOTAL AGUA EMP. GPM. \_\_\_\_\_  RES. I FLUJO VISUAL \_\_\_\_\_  
 RES. INTERCON. EMP. AL EMPAQUE \_\_\_\_\_ TOTAL GPM. \_\_\_\_\_ PSIG. \_\_\_\_\_  
 PLANO TUBERIA LAVADO SELLO  A.C.  A.I.  TUBING  TUBO \_\_\_\_\_  
 FLUIDO LAVADO EXTERIOR AL SELLO \_\_\_\_\_ GPM. \_\_\_\_\_ PSIG. \_\_\_\_\_  
 PLANO SELLO AUXILIAR \_\_\_\_\_ A.C.  A.I.  TUBING.  TUBO \_\_\_\_\_  
 FLUIDO ENFRIAMIENTO SELLO AUXILIAR \_\_\_\_\_

**BOMBAS VERTICALES**

PROFUNDIDAD CARCANO 103.10  
 SUBSUCENCIA MM. RES.  2500' CANT  
 TUBO COLUMNA  BRIDADO  ROSCADO  
 FLECHA OBL.  ABIERTO  CERRADO  
 BALE  TAZON CON  FLECHA OBL. CONJUNTO  
 LUB. BAL.  AGUA  ACEITE  GRASA  
 FLOT. Y BARRA  A.C.  A.I.  BR.  OMS  
 INTERRUPTOR FLUTADOR  \_\_\_\_\_  
 EMPUJE BOMBA, LB  ARRIBA \_\_\_\_\_  
 ABAJO \_\_\_\_\_

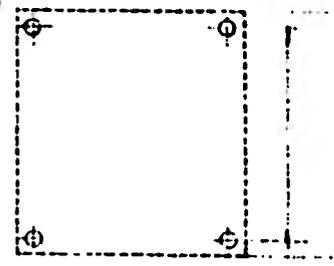
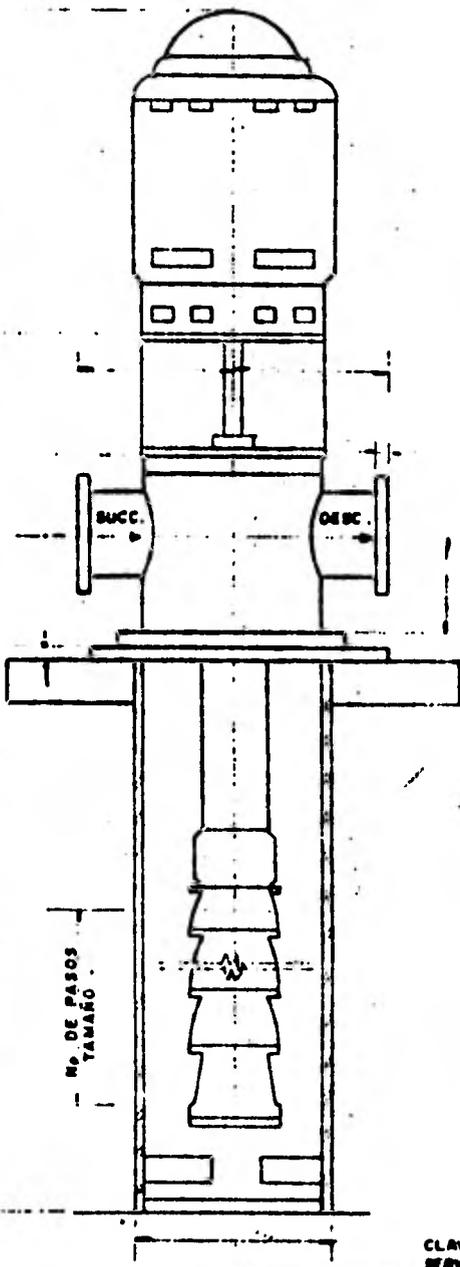
**MOTOR**

HP \_\_\_\_\_ RPM \_\_\_\_\_ ARMADOR \_\_\_\_\_ VOLTS/FASES/CICLOS 440/3/60  
 FAB \_\_\_\_\_ BALEROS \_\_\_\_\_ LUBRICACION \_\_\_\_\_  
 TIPO INDUSTRIAL ANIL. \_\_\_\_\_ AMR. A CARGA TOTAL \_\_\_\_\_  
 CAR. TRIP TRIP AUMENTO TEMP. °C \_\_\_\_\_ AMR. A MOTOR BLOQUEADO \_\_\_\_\_  
 VMS  VBS CAR. EMPUJE VERT., LB \_\_\_\_\_

PESO APOX. BOMBA BASE \_\_\_\_\_  
 MOTOR \_\_\_\_\_ TURBINA \_\_\_\_\_

STANDAR API: CIO GOBIERNA A MENOS QUE OTRA CODA SE INCLUIE

1/4



**DATOS BOMBA:**

GASTO - 50 GPM  
 VELOCIDAD -  
 EFICIENCIA -  
 PRESION SUCC. - 0 PSIG (EN BRINA)  
 PRESION DESC. - 40 PSIG  
 LIQUIDO A MANEJAR - PROPANO  
 PESO -

**DATOS MOTOR:**

POTENCIA -  
 CORRIENTE - 440/3 φ / 60 Hz  
 VELOCIDAD -  
 TIPO - INDUCCION J.A.  
 PESO -

**NOTA**

El fabricante deberá proporcionar las dimensiones faltantes.

CLAVE - BV-600 A/B  
 SERVICIO - ANTIBUMPING

REF. L/M:

BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL	DIBUJO D. Escobar G.	E-334	PETROLEOS MEXICANOS
	PROYECTO		
	REVISO		
	APROBO CONSTRUYASE		
GMA PROYECTOS Y CONST. E.S.C. S. de C. de C.			

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**REQUISICION DE EQUIPO**

**PLANTA DE ALMAC. Y DISTRIBUCION DE**  
**PROPANO REFRIGERADO LAS TRUCHAS, MICH.**

PROYECTO O CONTRATO Y D.P. \_\_\_\_\_

N/M No. **0-413-62-01-1210**

DESCRIPCION  
**BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES.**

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	2	Pieza	<b>Bombas Centrífugas Verticales</b> Clave: BV-601 A y B Servicio: Bombeo de Propano a llenaderas Fabricante: Modelo y Tipo: Líquido: Propano Temperatura de Bombeo: - 52°F Densidad relativa: 0.51 Viscosidad: 0.21 CPS Capacidad: 1200 GPM Presión de Descarga: 250 psig (en la brida) Presión de succión: 0 Psig Presión Diferencial: 250 Psi Carga Dinámica: 1,131 pies NPSH Disp/Req.: 0 pies en la succión/ Velocidad: RPM Eficiencia: BHP:  Para información completa consultar hoja de especificaciones adjunta.		

**DISEÑO** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**HECHO POR** \_\_\_\_\_ **REV. POR** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**SUPE. GENERAL DE PROYECTOS**

REV. NO.	FECHA	HECHO POR	OBJETO DE LA REVISION

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**ADQUISICION DE EQUIPO**

PTA. DE ALMAC. Y DIST. DE  
**PROPANO REF. LAS TRUCHAS, MICH.**  
 PROYECTO 0-413-62-01-1260  
 DATA NO. **0-413-62-01-1260**

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2	2	Pieza	<b>Motores Eléctricos</b> Claves: ME-601 A y B Potencia: Velocidad: Corriente: 4000 V/3 φ /60Hz Fabricante: Tipo: Inducción J.A. Carcaza: T.E.F.C. (tropicalizado) Resistencias Calefactoras: a 220 V (para 60 HP y mayores)		

**PETROLEOS MEXICANOS**  
**GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION**  
**BOMBAS CENTRIFUGAS**  
**HOJA DE ESPECIFICACIONES**

44

FECHA 15/NOV 1980  
 CLAVE BV-66LA 4 B  
 R I E 6-413-62-01-260 REV. \_\_\_\_\_

NOTA:  INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR  
 POR FABRICANTE

LUGAR LAS TRINCHAS FAJIN PLANTA ALIMENTACION Y DISTRIBUCION DE  
 SERVICIO RECOPRO A LLENADERAS REFINANCIA  
 N° BOMBAS REQ'D 2 N° MOTORES REQ'D 2 CLAVE 10E-66LA/B SUMINISTRADO POR FAO MONTADO POR FAO  
 N° TURBINAS REQ'D \_\_\_\_\_ CLAVE \_\_\_\_\_ SUMINISTRADO POR \_\_\_\_\_ MONTADO POR \_\_\_\_\_  
 FABRICANTE BOMBA \_\_\_\_\_ TAMAÑO Y TIPO \_\_\_\_\_ N° SERIE \_\_\_\_\_

**CONDICIONES OPERACION, CADA BOMBA** **RENDIMIENTO**

LIQUIDO PROPANO U.S. GPM @ TD, HOR. 1200 DISEÑO 1200  
 PRES. DESCARGA, PSIG 250  
 TD, "F, HOR 52 MAX PRES. SUCCION, PSIG. MAX. 0 DISEÑO 0  
 OR OR. TS 0.51 PRES. INF. PSI 250  
 PRES. MANTA. PSIA 14.7 CARGA DIF. PIES 1131  
 VIO @ TD, GPM \_\_\_\_\_ GPM DISPONIBLE, FT. 0 (EN LA SUCCION)  
 CORR/ENDC CAUSADA POR \_\_\_\_\_ HP HIBR. \_\_\_\_\_

**CONSTRUCCION**

BOMBILLAS	DIAMETRO	CLASIF ANSI	MAQUINADO	LOCALIZACION
SUCCION		<u>300 FF</u>	<u>R.F.</u>	<u>HORIZONTAL</u>
DESCARGA		<u>300 FF</u>	<u>R.F.</u>	<u>HORIZONTAL</u>

MONT. CARGAZA:  AL CENTRO  PIE  SOPORTE  VERT. (TIPO) VERTICA  
 DIVISION:  AXIAL  RAD; TIPS VOLUTA  BOMBILLA  DOBLE  IMPUSOR  
 PRESION:  MAX. PERM. \_\_\_\_\_ PSIG \_\_\_\_\_ "F;  PRUEBA HIESTOY. \_\_\_\_\_ PSIG  
 CONEXION:  VENTOS  ONEN  MANOMETRO  
 DIAMETRO INF.  DISEÑO \_\_\_\_\_  MAX. \_\_\_\_\_  TIPO SECCADO  
 MONTAJE:  ENTRE SALESOS  SUSPENDIDO  
 TIPO SALES;  RADIAL  EMPUJE  
 LUB.  ANILLO ACEITE  INUNDADO  NEOLINA ACEITE  BALPIQUEO  FORBADA  
 COPLER:  FAB. ADCO  MODELO \_\_\_\_\_  
 MITAS ASIGNADOR HTD. POR  FAB. BOMBA  FAB. MOTOR  COMPRADOR  
 EMPUJE:  FAB. Y TIPO ADCO  TAMAÑO/ N° ANILLOS \_\_\_\_\_  
 SELLO MECANICO:  FAB. Y MODELO ADCO CLASIF. COMO API \_\_\_\_\_  
 CODIGO FABRICANTE: \_\_\_\_\_

CURVA PROPUESTA N° \_\_\_\_\_  
 EPM \_\_\_\_\_ HERR. (AGUA)  
 EPP. \_\_\_\_\_ ENR. DISEÑO  
 MAX. CARGA DISEÑO IMP. \_\_\_\_\_  
 MAX. CARGA DISEÑO SMP. \_\_\_\_\_  
 GPM. MIN. CONTINUO \_\_\_\_\_  
 ROTACION (VISTA EXTREMO COPLER) \_\_\_\_\_

**PRUEBAS EN FABRICA**

COMR. SIN TESTEO  COMR. CON TEST.  
 HIESTOY. SIN TESTEO  HIESTOY. CON TEST.  
 NPSM REQUERIDO  NPSM CON TEST.  
 INSPECCION FABRICACION  
 DESMANTE. HOR. DESPUES PRUEBA  
 OTRAS \_\_\_\_\_

**MATERIALES**

BOMBA: CLASIFICACION CARCASA/INTERIORES  
 2500 20-A-154-A-112 65-100  
 IMPULSOR: 1000-A-152 65-100  
SECCAO: A.S. 6-35-65 11.7  
 BARRIL

**TUBERIA AUXILIAR**

PLANO TUB. A.E. \_\_\_\_\_  CU;  AS;  TUBING;  TUBO  
 RES. TOTAL AGUA INF. GPM \_\_\_\_\_  RES. I FLUIDO VISUAL  
 RES. INTERSECCION INF. AL EMPAQUE  TOTAL GPM \_\_\_\_\_  PSIG.  
 PLANO TUBERIA LAVADO SELLO  A.S.  A.T.  TUBING  TUBO  
 FLUIDO LAVADO EXTERIOR AL SELLO \_\_\_\_\_  GPM \_\_\_\_\_  PSIG.  
 PLANO SELLO AUXILIAR \_\_\_\_\_  A.S.  A.T.  TUBING.  TUBO  
 FLUIDO EMPAQUE SELLO AUXILIAR \_\_\_\_\_

**BOMBAS VERTICALES**

PROPUNDA CARGAZA 1000 20-A-154  
 SUBMERCENCIA MIN. REQ.  6-35-65 11.7  
 TUBO COLUMNA  BRIDADO  ROSCADO  
 FLECHA COL.  ABIERTO  CERRADO  
 SALE.  TRAZON  FLECHA COL. \_\_\_\_\_  
 LUB. SAL.  AGUA  ACEITE  GRASA  
 FLOT. Y BARRA  A.C.  A.T.  GRS  INHO  
 INTERRUPTOR FLUTADOR   
 EMPUJE BOMBA, L.D.  ARRIBA  
 ABAJO

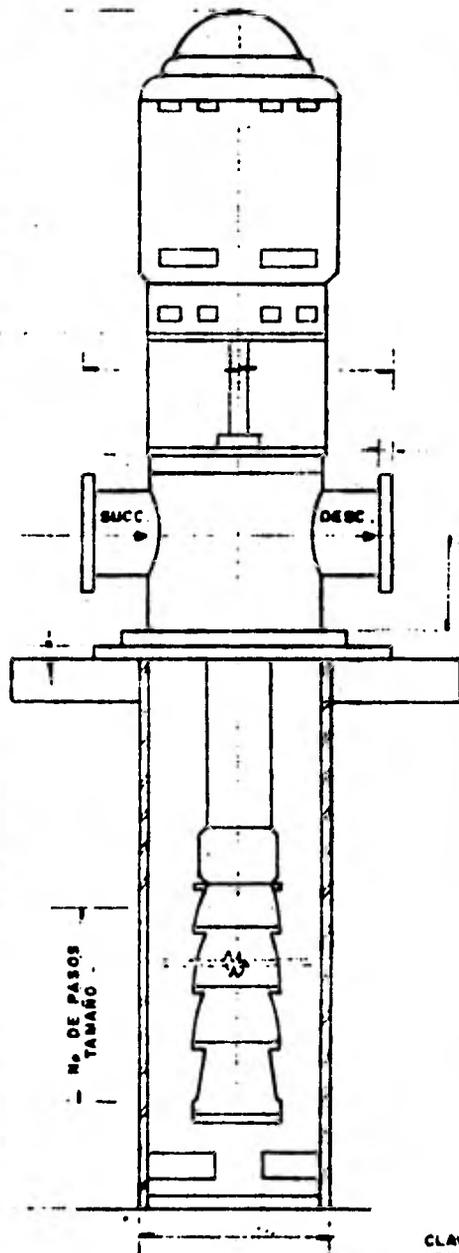
**MOTOR**

HP 250 RPM 1800 ANILLO \_\_\_\_\_ VOLTS/FASES/CILOS 460/3/60  
 FAB. MEXICAN SALESOS \_\_\_\_\_ LUBRIFICACION \_\_\_\_\_  
 TIPO INDUSTRIAL ANILLO \_\_\_\_\_ AMP. A CARGA TOTAL \_\_\_\_\_  
 CAB. 1000 20-A-154 AUMENTO TEMP. °C \_\_\_\_\_ AMP. A MOTOR BLOQUEADO \_\_\_\_\_  
 VHS  VSS CAP. EMPUJE VERT., L.D. \_\_\_\_\_

PESS APPROX. BOMBA BASE \_\_\_\_\_  
 MOTOR \_\_\_\_\_ TURBINA \_\_\_\_\_

STANDARD API S10 OBTIENGA A MENOS QUE OTRA COSA SE INDIQUE

1/1



**DATOS BOMBA:**

GASTO - 1200 GPM  
 VELOCIDAD -  
 EFICIENCIA -  
 PRESION SUCC. - 0 PSIG (CON 2000)  
 PRESION DESC. - 40 PSIG  
 LIQUIDO A MANEJAR - *aceite*  
 PESO -

**DATOS MOTOR:**

POTENCIA -  
 CORRIENTE - 4100 volt/3φ/60 Hz  
 VELOCIDAD -  
 TIPO - INDUCCION J.A. TREP  
 PESO -

**NOTA:**

El fabricante deberá proporcionar las dimensiones faltantes.

CLAVE - BV-CC/A1B  
 SERVICIO - *ADDPWC A HERR* - REF. L/M.

BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL	DIBUJO	D. Escobar G.	E-334	PETROLEOS MEXICANOS	GUÍA PROYECTOS Y CONST. ESC. no
	PROYECTO				
	REVISO				
	APROBO				
CONSTRUYASE	FECHA				

FECHA \_\_\_\_\_  
OBRA N° \_\_\_\_\_  
LOCALIZACION LAS  
TRUXAS MICH

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA

HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAAJ

REVISADO POR: RPSC

$$N_{re} = 50.6 \frac{Q \rho}{\mu d_i}$$

$$d_i = 8.02 \text{ in}$$

$$\mu = 0.215 \text{ c.p.s.}$$

$$\rho = 36.29 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q = 1200 \text{ G.P.M.}$$

$$N_{re} = 50.6 \frac{(1200)(36.29)}{(0.215)(8.02)} = 1.22 \times 10^6$$

$$\epsilon/D = 0.00022$$

$$f = 0.01476$$

$$\Delta P_{100} = 0.00000386 \frac{f L W^2}{d^5 \rho}$$

$$L = 100 \text{ pies}$$

$$W = Q \rho = 2.673 \frac{\text{ft}^3}{\text{sec}} \times 36.29 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{3600 \text{ sec}}{\text{hr}}$$

$$W = 3492141 \text{ lb/hr.}$$

$$W^2 = 1.21978 \times 10^{11}$$

$$d^5 = 33179.65$$

OPERACIONES:

$$\Delta P_{100} = 0.5024$$

$$1 \text{ PSI} \approx \Delta P_{100} \text{ perm.} \approx 5 \text{ PSI}$$

3/6

FECHA \_\_\_\_\_

OBRA N° \_\_\_\_\_

LOCALIZACION LASTRINCHAS MICHBUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA

HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHJ.REVISADO POR: RPSCCALCULO DE LA CABEZA DE LAS BOMBAS DE  
CARGA A AUTOSTANQUE Y CARROSTANQUE. BA-601 A/BLONGITUD RECTA HASTA LAS LLENADERAS  $\approx 700$  mts

$$Q = 1200 \text{ G.P.M. (MAX.)} = 2.673 \text{ PIE}^3/\text{SEG.}$$

$$\rho = 36.29 \text{ lb/PIE}^3$$

$$H = 0.215 \text{ C.P.}$$

EXISTEN DIFERENTES METODOS PARA SELECCIONAR EL DIAMETRO ECONOMICO. PARA EL PRESENTE TRABAJO, SE UTILIÓ EL METODO DE VELOCIDADES RECOMENDADAS Y CAIDAS DE PRESION PERMISIBLE.

EN DESCARGA DE BOMBAS SE RECOMIENDA UNA VELOCIDAD DE 5 a 15 PIES/SEG.

$$Q = VA \Rightarrow A = \frac{Q}{V} = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{4Q}{\pi V} ; Q ; \text{PIES}^3/\text{SEG.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} ; V = 8 \text{ PIES/SEG.}$$

OPERACIONES:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 2.673}{3.1416 \times 8}} = 0.6522 \text{ PIES} = 7.82 \text{ " } \phi$$

$\phi$  NOM DE 8" CED. 40

(46)

FECHA \_\_\_\_\_

OBRA Nº \_\_\_\_\_

LOCALIZACION LAS

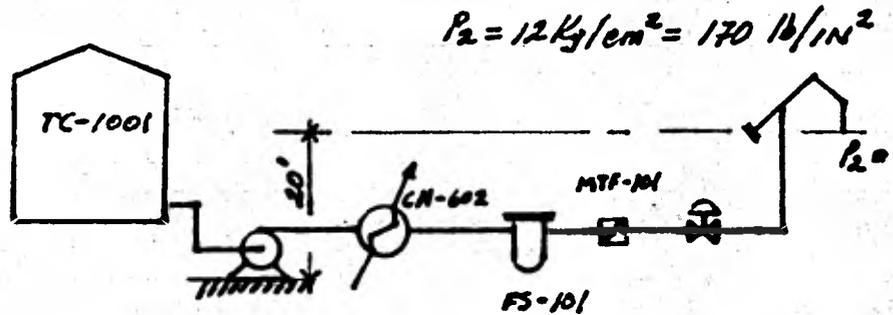
TIXNAS MKA.

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA

HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHJ.

REVISADO POR: RPSC.



OPERACIONES:

FECHA \_\_\_\_\_  
OBRA N° \_\_\_\_\_  
LOCALIZACION LAS  
TRUCHAS MICH.

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA

HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHJ.  
REVISADO POR: RPSC

$$\Delta P_{10} = 0.5024$$

$$L_T = L_{RECTA} + L_{ACC.}$$

L<sub>acc</sub> :

2 VALVULAS CHECK DE 8" φ	624	6
10 " COMPUERTA DE 8" φ	50 PIES	100
2 TGS STD ENTRADA LAT. DE 8" φ	42	84
5 CODOS 90° DE 8" φ	14	70
3 CODOS 45° DE 8" φ	10	30
		<hr/>
	L <sub>acc</sub>	324

$$L_{acc} = 324 \text{ pies}$$

$$L_T = L_{RECTA} + L_{acc}$$

$$L_T = 700 \times 3.28 + 324 = 2620 \text{ pies}$$

$$\Delta P_{TOTAL} = \frac{2620}{100} \times 0.6024 = 15.76 \text{ PSI}$$

(L/1000)

OPERACIONES:

7/6

FECHA \_\_\_\_\_  
OBRA N° \_\_\_\_\_  
LOCALIZACION LAS  
TRUENAS MICH

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA  
HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHJ  
REVISADO POR: RPSG

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION TOTAL DEL SISTEMA.

$$\Delta P_{(L+acc.)} = 14 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{(FILTRO)} = 5.0 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{(MEDIDOR)} = 5.0 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{(CALENTADOR)} = 5.0 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{(CARGA)} = 14.0 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{(MIDEST)} = 5.0 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{(VALV)} = 3.0 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{(DESC)} = 170 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{TOTAL \text{ SIST.}} = 248 \text{ psi}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$P_1$ ; PRESION DE SUCCION DE LA BOMBA

$P_2$ ; PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA.

$$P_2 = \Delta P + P_1$$

OPERACIONES:

$$P_1 = 0$$

$$P_2 \approx 250 \text{ psi}$$

(5/6)

FECHA \_\_\_\_\_  
OBRA N° \_\_\_\_\_  
LOCALIZACION LAS  
TRECHHS MICH

BUFETE DE INGENIERIA  
CIVIL Y QUIMICA SA

HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHJ  
REVISADO POR: RPSC

LA CABEZA QUE NOS DEBERA PROPOR-  
CIONAR LA BOMBA.

$$H = \frac{P_2 144}{\rho}$$

$$H = \frac{250 \times 144}{36.29} = 992 \text{ pies}$$

POTENCIA AL FRENO DE LA BOMBA

$$BHP = \frac{HQ\rho}{246960\eta}$$

$$\eta = 0.7$$

$$Q = 1200 \text{ G.P.M}$$

$$BHP = \frac{992 \times 1200 \times 36.29}{246960 \times 0.7} = 249.89$$

OPERACIONES:

(6/6)

G.P.M. y una presión de descarga de 40 psig en la brida de -  
descarga, las bombas envían el propano a través de la línea-  
3"-P-278 A5A (AF) a un anillo rociador en la parte superior  
del tanque pasando primero por el calentador rompedor de va-  
cío CH-603. El cual se hará su descripción cuando describan  
los sistemas de protección del tanque.

#### 4.3.C.3) SISTEMA DE CARGA

El sistema de carga lo componen las bombas BV-601 A/B y por el calentador de carga CH-602.

El propano es succionado del tanque a través de la línea 12"-P-192-A5A\*(AF), por las bombas centrífugas verticales (de lata) BV-601A/B que tienen una capacidad de 1200 - G.P.M. el propano es descargado a la línea 10"-P-210-B5A\* - (AF) a 250 lb/pulg.<sup>2</sup>, pasando por la cubierta del calentador CH-602. Donde se eleva la temperatura desde 0°F hasta 40°F -

Una vez calentado el propano es conducido hasta los filtros canasta tipo duplex FS-101 y FS-103 donde se eliminan los posibles sólidos en suspensión que pueda contener el propano y evitar erosiones a las partes en movimiento de los medidores de flujo tipo turbina MTF-101 y MTF-103, que se encuentran montados en paralelo entre sí y en serie con los filtros, para después pasar a el área de llenaderas.

El propano pasa por la cubierta del calentador CH-602, y es calentado indirectamente con turbosina que circula por el interior de los tubos del calentador. El flujo de turbosina es controlado por la válvula controladora de temperatura VCT-100, que recibe señal neumática del indicador controlador de temperatura ICT-101, el cual recibe señal neumática de temperatura del transmisor de temperatura TT-101 que se encuentra montado en la salida del propano del calentador.

En la línea de entrada de propano al calentador, el interruptor de flujo SF-101, manda señal de arranque a las bombas de recirculación de turbosina BA-602 A/B que se en

cuentran en el plano PR-305P y a la vez envía señal eléctrica a la solenoide VSO-103, la cual deja pasar la señal neumática modulada que viene del ICT-101 a la VCT-101.

#### 4.3.C.4) SISTEMAS DE PROTECCION DEL TANQUE.

Debido a las condiciones de operación a que se encuentra el tanque y a la gran diversidad de efectos que se tienen en su interior y las consecuencias que pueden ocasionar. El tanque cuenta con sistemas de protección por presión y vacío.

##### a). Protecciones por Presión.

El tanque interior normalmente opera a 5.5" de agua (MAN), si por alguna razón la presión interna en el tanque se incrementara hasta 7.5" agua (MAN), el transmisor de presión TP-106, enviará señal por alta presión al switch SP-106 que se encuentra montado en el tablero principal (T.P.), este interruptor enviará señal eléctrica a las alarmas luminosas por presión alta ALPA-106 y ALPA-106A, montadas en tablero principal y tablero local Holding (TLH) respectivamente, simultáneamente envía señal permisiva de arranque al motor eléctrico ME-600A que acciona al BC-600 (compresor Holding), lo que indica que deberá ponerse en operación dicho compresor. Las válvulas de venteo automático VVA-100 y VVA-101, sólo abrirán si no se logra restablecer la presión normal dentro del tanque. Estas válvulas están calibradas para que abran cuando la presión dentro del tanque alcance una presión de -

11" de agua manométricas. Si después de haber realizado las maniobras anteriores la presión se sigue incrementando, se abrirá un disco de ruptura de 36"  $\phi$  cuando la presión llegue a un valor de 13" de agua manométricas.

Cabe aclarar que las válvulas de venteo automático con arrestador y el disco de ruptura descargan a la atmósfera debido a la baja presión de 11" y 13" de agua (MAN) a que relevan, por ese motivo las válvulas no descargan al cabezal de desfogues, ya que a la presión a la que relevan, el gas no llegaría hasta a el quemador elevado QME-600 que se encuentra fuera de límites de batería.

b). Protecciones por vacío.

Cuando la presión descienda abajo de la presión normal de operación, los interruptores SP-103 y SP-104 enviarán señal neumática de baja presión a los tableros principal y local Holding.

Y sonarán las alarmas ALPB-103 y ALPB-104 respectivamente, esta última indicará sacar de operación el compresor BC-600A. Simultáneamente el transmisor de presión TP-105 envía señal neumática al registrador controlador de presión RCP-105, el cual enviará señal neumática modulada a la válvula controladora de presión VCP-103 que por baja presión abrirá y dejará pasar turbosina caliente al calentador rompedor de vacío CH-603. Como por la cubierta del calentador continuamente circula propano, parte de este se evaporará y la presión en el tanque tenderá a restablecerse.

Si la presión sigue descendiendo y no se logra restablecer la presión, se tendrán que derivar vapores del tanque acumulador final Filling (TH-605). La válvula VCP-101, que se encuentra montada sobre la línea 6"-P-176-TIC que conduce los vapores desde el TH-605 al TC-1001, regula la presión de los vapores que se encuentran a 300 lb/pulg<sup>2</sup> absolutas hasta una presión de 14.7 lb/pulg<sup>2</sup> absolutas. Esta válvula recibe señal modulada del indicador controlador ICP-101 que se encuentra montado en el tablero principal. El ICP-101 recibe señal neumática por baja presión del indicador transmisor de presión ITP-101, que se encuentra montado en campo sobre la línea 18"-P-100-A5A\* (AF) que conduce vapores generados al tanque de succión y por lo tanto se encuentra a la presión a que se encuentra el tanque criogénico TC-1001.

Otra medida para restablecer la presión por vacío en el interior del tanque, es inyectar un gas inerte cuando la presión descienda hasta -1.0" de agua, en nuestro caso se inyecta Nitrógeno gaseoso a través de la válvula de control de presión VCP-105 que se encuentra calibrada para que empiece a abrir cuando la presión en el tanque de -1.0" de agua. Esta válvula recibe señal neumática del transmisor de presión TP-105 que se encuentra montado en el tanque.

Si con las maniobras anteriores no se logra restablecer la presión y, esta alcanzara un valor de -1.5" de agua (manométricas). Las válvulas de venteo VVA-100 y VVA-101 abrirán dejando entrar aire atmosférico hasta que la pre

sión dentro del tanque se restablezca.

#### 4.3.D) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO (ACUMULADORES PR-303P)

Este diagrama está compuesto por los tanques acumuladores de los sistemas Holding y Filling y por el tanque de succión que es común a los dos sistemas. La secuencia de flujo aunque ya fue descrita en el Capítulo II, se volverá a tratar cuando se describa el Diagrama Mecánico de Flujo de los Compresores (PR-304P). Ya que dicho diagrama está íntimamente relacionado con la descripción del presente diagrama. Por lo que en esta sección estará enfocada en una forma muy general al diseño y selección de recipientes.

##### 4.3.D.1) CLASIFICACION DE RECIPIENTES DE PROCESO.

Existen tres tipos de recipientes de proceso comúnmente empleados en plantas de proceso, para los que a continuación se presentan algunos procedimientos de dimensionamiento y recomendaciones de diseño. Estos tipos son:

- Recipientes de Balance para Líquido
- Separadores Líquido-Líquido
- Separadores Vapor-Líquido.

Para el proyecto de Las Truchas solo se emplean el primer y el tercer grupo por lo tanto solo describiremos estos.

#### 4.3.D.1.1 RECIPIENTES DE BALANCE PARA LIQUIDOS.

Los recipientes de Balance para Líquidos se emplean para proporcionar capacidad de almacenamiento o de balance para corrientes líquidas saturadas o subenfriadas. Cuando se emplean para almacenar la alimentación a otras unidades de proceso, proporcionan un medio conveniente de asegurar un flujo relativamente sin fluctuaciones.

Los recipientes de balance pueden construirse en posición horizontal o vertical.

No hay ventajas operacionales para ninguna posición. La posición del recipiente generalmente es horizontal ya que se recomiendan relaciones de L/V grandes y como estos tienen tiempos de residencia amplios, son tanques bastante largos, los cuales requerirían de mayor gasto en cimentación y en plataformas si se colocaran verticales.

#### 4.3.D.1.2 SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO.

La función principal de este tipo de recipientes es separar mezclas vapor-líquido y entregar vapores sustancialmente libres de líquido a otras unidades de proceso. Los separadores vapor-líquido pueden ser horizontales o verticales.

Las aplicaciones típicas de los separadores vapor líquido son:

Acumuladores de reflujo.

Tanques de vaporización instantánea.

Tanques separadores de arrastre para compresores.

Tanques separadores de arrastre para sistemas de manejo de gas combustible.

Tanques de purga.

Tanques separadores de agua.

Tambores de vapor.

Tanques K.O.

Los separadores verticales vapor-líquido generalmente usados para el manejo de mezclas con una elevada relación de flujo vapor/líquido. En los casos donde únicamente esté presente una pequeña cantidad de líquido, aún pueden usarse recipientes verticales.

#### 4.3.D.1.3 DIMENSIONAMIENTO.

A). Tiempo de Residencia de Líquidos.

El tiempo de residencia es el tiempo mínimo que se requiere para proporcionar una flexibilidad de operación razonable. Este tiempo debe ser suficiente para que el personal de operación detecte y corrija la falla alrededor de una pieza del equipo de proceso, como el caso de falla de una bomba.

El tiempo entre la detección y la corrección de la falla depende fundamentalmente de la experiencia del personal que va a operar la unidad y el grado de sofisticación del instrumento. El tiempo de residencia para recipientes separadores vapor líquido varía de 3 a 5 minutos.

B). Relación óptima L/D para Tanques de Proceso.

La selección de un valor adecuado para la relación

L/D de un tanque de proceso en un determinado servicio resulta afectada por los siguientes factores.

B.1.- Las consideraciones de proceso son predominantes sobre las consideraciones de costo, - es decir, la forma de un tanque suele fijarse por los requerimientos que resulten de - tiempos de residencia de líquido especificados, áreas de vapor mínimas, velocidades de asentamiento, etc. Muy a menudo la relación L/D se fija por limitaciones del plano de - distribución y por especificaciones del cliente.

B.2.- Puede ser difícil construir y operar (problemas de mantenimiento) tanques con diámetros inferiores a 2 pies, especialmente si se van a usar internos tales como mamparas, eliminadores de niebla, controladores de nivel, - etc.

B.3.- Las relaciones óptimas no tienen tanto significado en el caso de tanques con internos - complejos como lo tienen para tanques más simples.

Todos los recipientes de proceso deberán estar dentro del -  
rango 1 L/D 5

C). Selección preliminar del tipo de cabezas.

Para una selección preliminar del tipo de cabezas - pueden usarse las siguientes recomendaciones.

C.1.- Cabezas toriesféricas.

$D$  15 pies  $P$  100 psig

C.2.- Cabezas semielipsoidales 2:1

$D$  15 pies 100 Psig  $P$  450 psig

La selección final de las cabezas es hecha por el Departamento de Recipientes, que resolverá cualquier caso - que se presente. Para el tipo de cabeza ver fig. 4.12

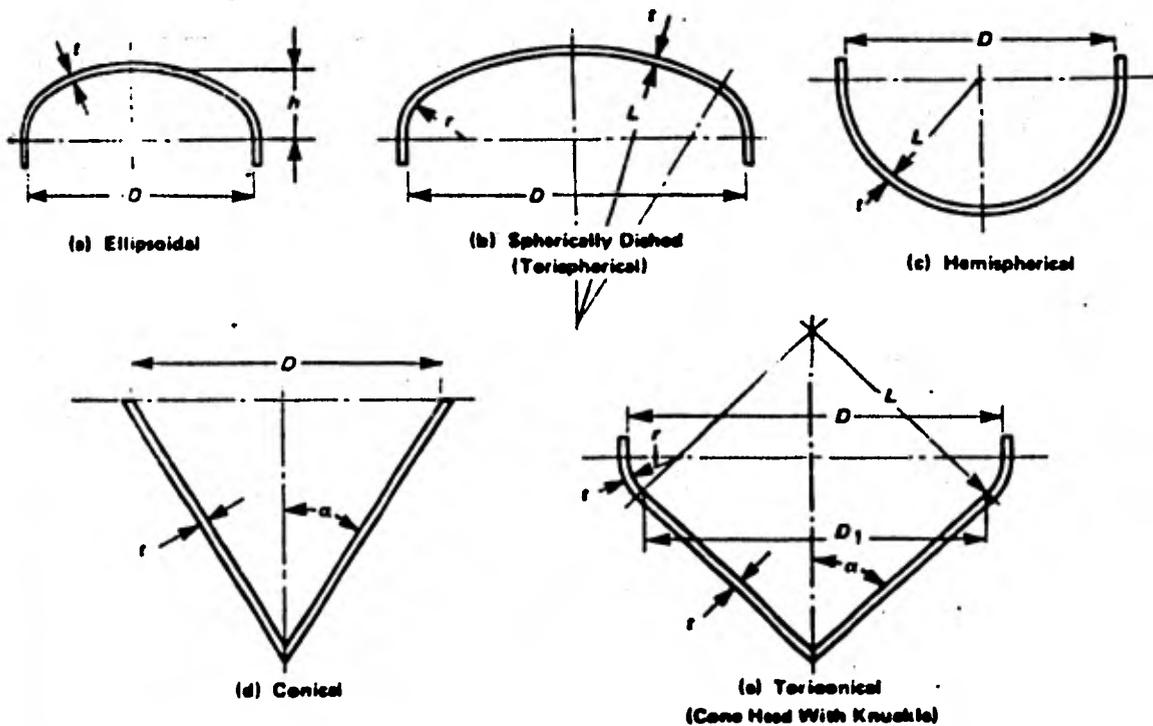


FIG. 4.12 PRINCIPAL DIMENSIONS OF TYPICAL HEADS

D). Dimensiones finales de recipientes.

Una vez que el Ingeniero de Proceso ha obtenido una dimensión preliminar por cálculos del equipo, es necesario referirse a medidas establecidas como comerciales.

Para esto se requiere la participación del Ingeniero de Proyecto, del Diseñador de Recipientes y el Fabricante.

El diseño de recipientes requiere la experiencia de ingenieros especializados en este campo. Para este trabajo se requiere dedicación completa y con el fin de solucionar cualquier problema que se pueda presentar, se deberán conocer los diferentes códigos de diseño y las propiedades de los materiales que se requieran para su fabricación. Tanto el ingeniero de proceso como el ingeniero de proyecto deben familiarizarse con el diseño básico y con el proceso de construcción, por lo que es necesario el intercambio de ideas con el especialista de recipientes.

D.1.- Longitud del recipiente.

Para fijar la longitud final del recipiente es conveniente conocer cuales son los anchos y espesores de las placas comerciales.

a). Dimensiones de las placas.

Se prefiere el uso de placas de tamaño grande para posteriormente cortarse, ya que estas son de mejor calidad y se pueden conseguir en diferentes tamaños.

1219 mm (4 pies)

1829 mm (6 pies)

2438 mm (8 pies)

3048 mm (10 pies)

3650 mm (12 pies)

Los anchos de placas más comunes en el comercio son las de 1829 mm (6 pies) y 2438 mm (8 pies).

O sea que para fijar la longitud final del recipiente, es conveniente redondear la longitud calculada al ancho comercial de alguna de las placas, ó bien igual al ancho de una combinación de dos placas.

Por ejemplo si por cálculo se obtiene una longitud de 6'-10", es conveniente fijar la longitud en 8'-0", ya que si la fijáramos en 7'-0", el recipiente tendría un costo mayor, ya que el fabricante cobrarla la placa de 8'-0" y el trabajo del corte de dicha placa, así como el hacerle el bisel a la placa resultante de 7'-0". Ya que las placas comerciales ya vienen biseladas.

#### D.2.- Diámetro del recipiente.

Para fijar el diámetro del recipiente, es necesario conocer los diferentes diámetros de las cabezas más comunes ó comerciales, se sabe que los fabricantes hacen cabezas que varían de 1/2 pie en 1/2 pie, ó sea que diámetro calculado se redondeará, según el caso, al diámetro inmediato superior, ó bien el diámetro inmediato inferior.

#### D.3.- Espesor del recipiente.

Los espesores de placas pueden obtenerse en gran variedad de espesores, siendo los más -

comunes los de 3/16 plg. a 1 plg. en incrementos de 1/16 de plg., de 1 plg. a 1 1/2 pulg. en incrementos de 1/8 de plg. y de 1 1/2 plg. a 4 plg. en incrementos de 1/4 de plg.

El espesor de la placa es determinado por el diseñador de recipientes. Invariablemente el diseño se basará en uno de los códigos (API-ASME ó ASME). En muchas ciudades ó estados tienen sus propios códigos de diseño para satisfacer sus necesidades, aunque muchos de estos códigos están basados en los Códigos API-ASME ó ASME. Desde luego que no existen impedimentos para efectuar diseños en forma sobrada con respecto a lo indicado en los códigos y, en muchos casos el cliente ó el diseñador eligen ciertas reglas a fin de lograr un mejor diseño. En estos casos el diseñador incluye las especificaciones con las referencias de los códigos usados.

D). Niveles de líquidos.

En forma muy general se pueden usar los siguientes criterios:

- a). El nivel normal de operación se considerará al 60% entre el nivel máximo y el nivel mínimo.
- b). Cuando por requerimientos de proceso se tenga que instalar alarma por alto nivel, ésta deberá colocarse al 80%-

entre el nivel máximo y mínimo.

- c). Cuando se tenga que instalar alarma por bajo nivel esta deberá colocarse al 25% entre el nivel máximo y mínimo.
- d). Para tanques de succión de compresores, sin separación-teórica de líquido, se considerará el nivel de alarma - por alto nivel a 61 cm. de la tangente inferior y el nivel de paro a 90.6 cm de la misma tangente.

#### 4.3.E) VIAGRAMA MECANICO DE FLUJO DE COMPRESORES (PR-304P)

##### Generalidades.

En general existen dos clases de compresores, los cuales a su vez cuentan con una serie de diferentes tipos cuya aplicación depende de algunas consideraciones básicas, entre las cuales destacan principalmente, los rangos de presión y de flujo volumétrico a manejar.

Los dos tipos de compresores conocidos son dos del tipo de desplazamiento positivo y los del tipo dinámico, en los del tipo dinámico se tienen los de flujo axial y los de flujo radial o máquinas conocidas como centrífugas en tanto que en los de desplazamiento positivo existen dos categorías básicas que son rotatorios y reciprocantes.

En la tabla 4.1 se muestra un panorama más amplio y conciso en lo que se refiere a equipos de compresión para plantas de proceso.

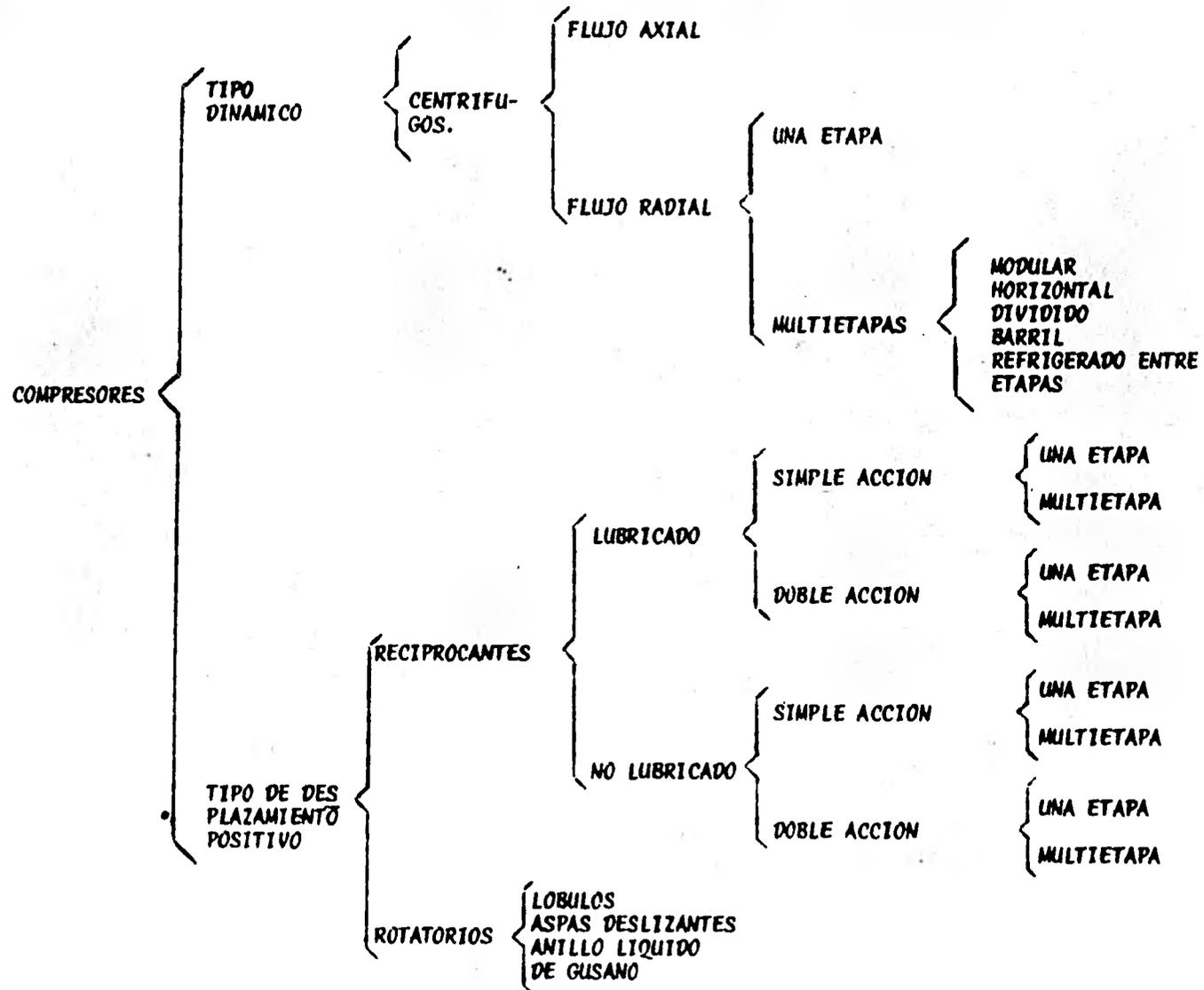
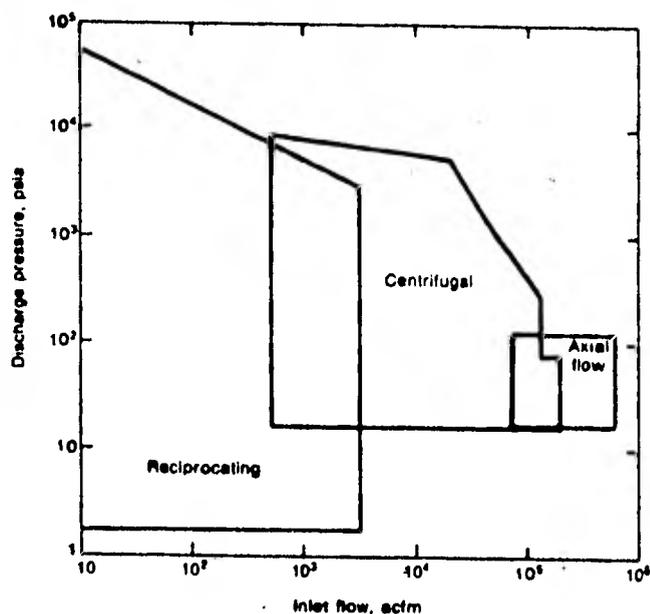


Tabla 4.1

La selección adecuada del tipo de compresor que ha de usarse en un caso determinado depende tanto de las condiciones a que va a operar el mismo, así como de las propiedades del gas de proceso.

Podemos decir que en aquellas operaciones en que se requieren cabezas altas y capacidades medias, el equipo recomendable es el del tipo desplazamiento positivo en tanto que para necesidades de alta capacidad lo indicado podría ser el equipo del tipo dinámico. Esta clasificación en cuanto a operación es un poco aventurada, ya que para su selección se tienen que considerar otros factores como pueden ser: costo, instalación, operación y mantenimiento. Sin embargo como una primera referencia se puede tomar en cuenta las clasificaciones en forma gráfica o tabulada que hacen algunos expertos en la materia.



—Approximate ranges of application for reciprocating, centrifugal and axial-flow compressors.

Como complemento a la gráfica anterior en lo que a capacidad se refiere la tabla 4.2 es una magnífica guía en la selección del compresor.

T i p o	Presión de descarga máxima Psia.	Relación de compresión máxima por etapa	Relación de compresión máxima por máquina
Reciprocantes.	35,000-50,000	10	Como se requiera
Centrífugos	3,000-5,000	3-4.5	8-10
Rotatorio	100-130	4	4
Flujo axial	80-130	1.2-1.5	5-6.5

Tabla 4.2

Generalmente el diseño mecánico de los compresores, no es efectuado por el usuario del equipo, sino que más bien el usuario se tiene que ajustar al equipo estandar que le ofrecen los diferentes fabricantes, y que son puestos a su consideración en base a las características y necesidades indicadas en la requisición del equipo.

En la adquisición de un compresor es de vital importancia la especificación de los parámetros involucrados, así como el cálculo de las capacidades y cabezas requeridas, ya que como no existe uniformidad en la construcción de estos equipos, es de vital importancia contar con un patrón comparativo.

Una secuencia lógica en la especificación de las condiciones de operación de un sistema de compresión es el siguiente:

De las condiciones del proceso se obtienen las presiones y temperaturas del gas, en la succión y en la descarga del compresor, flujo de gas a manejar, si la operación es continua o intermitente.

Se tiene que hacer una evaluación de las propiedades del gas de proceso que como antes se dijo son determinantes en la selección del equipo. Es importante indicar en la requisición si el gas a manejar es corrosivo o tóxico y en que grado o condiciones, esto se hace con el fin de hacer una selección adecuada de los materiales de construcción, también se deberá indicar la temperatura de autoignición ó descomposición del gas de proceso y la cantidad de condensables que este pueda llevar.

El paso siguiente a lo anterior es el cálculo de la cabeza y flujo requerido. Existen una cantidad regular de métodos cuya diferencia fundamental estriba en la exactitud de los resultados obtenidos, lógicamente, la exactitud será menor cuando menos elaborado sea el método de cálculo. La selección se deberá hacer considerando fundamentalmente los requerimientos antes dichos y previendo las consecuencias y necesidades que se crearán en la planta.

A continuación se presenta una descripción de la secuencia de operación del diagrama mecánico de flujo.

Este diagrama mecánico de flujo lo componen los compresores- "Holding" y "Filling".

Los compresores seleccionados son del tipo de desplazamiento positivo (reciprocantes). Tanto los compresores Holding y Filling tienen las mismas condiciones de temperatura y presión en la succión y la descarga del primer y segundo paso. Ya que la succión del primer paso de los compresores está conectada a un cabezal común para los dos sistemas ("Holding" y "Filling"), en la única característica en que se diferencian son en la cantidad de vapores manejados por cada uno de los sistemas.

Todos los vapores generados debido a la absorción de calor en el tanque ó al descenso de la presión atmosférica, será manejada por los compresores "Holding"

Los compresores "Filling" manejarán todos los vapores generados debido a la absorción de calor en línea de recibo de propano de barcos, todos los vapores desplazados en el tanque por el propano líquido que se está cargando a este, los vapores desplazados cuando se está cargando a autotanque y carrostanque así como los vapores generados por un descenso en la presión barométrica que el sistema "Holding" no pueda manejar.

Los vapores generados en el tanque criogénico TC-1001 pasan al tanque de succión TV-601 y de ahí al cabezal de succión de las compresoras. A este cabezal están conectadas las succiones de cada uno de los compresores ("Holding" y "Filling").

La secuencia del flujo es idéntica para los dos sistemas, lo único en que difieren estos sistemas es en las dimensiones de los equipos, por lo que la secuencia solo se explicará para un solo sistema.

#### 4.3.E.1) SECUENCIA DE FLUJO.

Del cabezal de succión los vapores pasan a la botella de pulsaciones del primer paso de compresión - donde se comprimen desde 14.7 psia hasta una presión de 70 psia, pasando a la botella de pulsación de la descarga del primer paso a una temperatura de 70° F. aproximadamente, y de ahí pasan al tanque acumulador de interpasos ("Holding" ó "Filling"), en donde son enfriados por el rocío de propano líquido proveniente del acumulador final, hasta una temperatura de 33° F., para después ser succionados por el segundo paso de compresión pasando primero por la botella de pulsación, y ser comprimidos hasta una presión de 300 psia y descargados a las botellas de pulsación de descarga del segundo paso a una temperatura de 170° F. Después pasan por los tubos del condensador ("Holding" ó "Filling" según el caso), donde son condensados con agua. El propano sale del condensador a una temperatura de 105° F. y se acumulan en el acumulador final.

Del acumulador final el líquido se envía al acumulador de interpasos en donde a través del rociador enfría los vapores calientes provenientes de la descarga del primer paso de los compresores.

#### 4.3.E.2) CONTROL E INSTRUMENTACION.

La operación de cualquier compresor exige un control para su funcionamiento adecuado, para proteger las partes constitutivas del mismo y obtener una operación continua del equipo.

En este diagrama solo se está mostrando la instrumentación mínima necesaria que requiere un compresor para su operación normal, esto quiere decir que el fabricante del compresor no puede suministrar instrumentos y controles adicionales para una mejor operación del mismo.

En la línea de succión de los compresores tanto en el primer como en el segundo paso antes de entrar a la botella de pulsación, se encuentra montado un indicador de temperatura y un indicador de presión el cual deberá ser adecuado por el servicio en el cual se tienen oscilaciones de presión posteriormente pasan a la botella de pulsaciones del primer paso. La función principal de la botella de pulsación tanto de la succión como la de la descarga, es estabilizar la corriente de flujo ya que debido a que los compresores son de desplazamiento positivo, se puede generar un flujo en forma de pulsos y esto puede ocasionar oscilaciones de presión (principalmente en la botella de pulsación de descarga de cualesquiera de los pasos de compresión).

En la descarga de los compresores antes de que el gas entre a la botella de pulsación de la descarga, se encuentra montado un interruptor de temperatura, el cual pondrá fuera de operación al compresor por alta temperatura en

la descarga, simultáneamente accionará una alarma luminosa y sonora colocada en el tablero del compresor, para después pasar a la botella de pulsación y de ahí a los tanques acumuladores de interpasos o acumuladores finales, según sea la descarga del primer ó segundo paso. Deberá instalarse una ó más válvulas de relevo en la descarga de los compresores, cuya presión de calibración deberá ser menor que la presión de diseño de las botellas de pulsación. Generalmente se coloca un indicador de presión y de temperatura en la descarga de los compresores.

4.3.F.) **DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO DE LLENADERAS (PR-320P)**

El sistema de llenaderas está compuesto por 6 llenaderas de dos posiciones para autostanque y 4 llenaderas de dos posiciones para carrostanque.

El propano líquido se envía a llenaderas de autostanque y carrostanque a través de las bombas de carga BU-601A/B, que tienen una capacidad de 1200 GPM, con una presión de descarga de 250 psig, pasando por el calentador de carga donde el propano se calienta desde -52°F., hasta una temperatura de 40°F. para ser entregado en la llenadera a una presión de 170 psig y 40°F.

Las bombas descargan a dos cabezales de 10 pulg. que es por donde se conduce el propano hasta las llenaderas. En cada uno de los cabezales se tiene instalada una válvula controladora de presión, la que nos asegura que la presión en la llenadera no exceda de 170 psig.

Los vapores que contienen los carrostanque y autostanque, cuando estos se cargan, son desplazados por el propano líquido que se está cargando. Estos vapores son retornados a la planta a través de un cabezal de alta presión de 4 pulg. de diámetro para ser comprimido nuevamente. Todo el propano líquido que queda atrapado en las llenaderas, es retornado a planta a través de un segundo cabezal de baja presión de 1 pulg. de diámetro. Ya que el propano atrapado se evapora al reducirle la presión.

Para protección de los cabezales de carga de propano, al final de estos se tienen instaladas unas válvulas de

relevo, que en caso de que las llenaderas se encuentren bloqueadas y las bombas de carga estén en servicio, estas relevarán a los cabezales de retorno de vapores de llenaderas de alta presión.

#### 4.4) DIAGRAMAS DE SERVICIOS AUXILIARES.

Los servicios auxiliares son indispensables para el funcionamiento de la planta y en el diseño de una planta de proceso formar una parte tan importante como el diseño de las unidades de proceso. Estos se determinan según la cantidad que se requiera en el proceso. En esta sección describiremos cada uno de los servicios por separado.

En el presente proyecto solo se requiere de los siguientes servicios:

- a). Agua de Enfriamiento
- b). Aceite de Calentamiento
- c). Vapor
- d). Aire de Plantas e Instrumentos
- e). Sistema de Relevó
- f). Aceite Combustible.

#### 4.4.A) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO DE TORRE DE ENFRIAMIENTO (PR-311P)

En las plantas de proceso, la mayor cantidad de agua de enfriamiento es usada por condensadores y enfriadores, en nuestra planta será utilizada por los condensadores "Holding" y "Filling" y para el enfriamiento de las camisas de los cilindros de compresión de los compresores Holding y Filling, para los postenfriadores en la descarga de compresores de aire de plantas e instrumentos.

Cuando se cuenta con una fuente de agua inagotable, esta pue

de ser empleada una sola vez y desecharla. Sin embargo en nuestro caso el agua de enfriamiento proviene de la red general que se encuentra en la zona de Las Truchas, Mich. Por tal razón se hace necesario recircular por una torre de enfriamiento.

Debido a las pérdidas de agua por evaporación y arrastre en la torre de enfriamiento, la concentración de sólidos es inevitable. Por lo que la torre de enfriamiento se tiene que estar drenando continuamente. La cantidad de agua de repuesto para reemplazar las pérdidas antes mencionadas, es necesario darle un tratamiento para evitar incrustaciones, corrosión y la formación de bacterias y algas.

Para evitar el crecimiento de bacterias y algas se tiene instalado un dosificador de cloro líquido, para evitar incrustaciones, continuamente se adiciona una pequeña cantidad de  $H_2SO_4$  al 5%, y como inhibidor de corrosión se utilizan cromatos (actualmente no se permite el uso de cromatos) o Fosfatos.

El agua de enfriamiento es suministrada a  $90^{\circ}F$ . y 75 psig de presión y es retornada a  $110^{\circ}F$ . Para esto se cuenta con 2 bombas centrífugas verticales tipo turbina (BV-604 A/B) una normal y otra relevo con una capacidad de 2000 GPM accionadas con motor eléctrico.

También se cuenta con una bomba de una capacidad 300 GPM, accionada con motor de combustión, para en caso de falla de energía eléctrica, se pueda suministrar agua a los condensadores "Holding"

#### 4.4.A.1) REQUERIMIENTOS DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

<u>Condensador</u>	<u>Carga Térmica</u>	Agua Requerida para la condensación
CH-600 (Holding)	2'748,837.548 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$	250 GPM
CH-601 (Filling)	5'312,771.76 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$	<u>550 GPM</u> 800 GPM

Por futuras ampliaciones se están considerando -  
1600 G.P.M. por lo que se adquirirán 2 bombas de 2000 GPM -  
c/u una en operación y otra relevo. Por lo que se tendrá -  
una torre de enfriamiento con dos celdas de 2000 GPM una en  
operación normal y otra relevo.

#### 4.4.A.2) REQUERIMIENTOS DE CLORO Y ACIDO SULFURICO.

##### a). Dosificador de Acido Sulfúrico

La dosificación de ácido sulfúrico es con el -  
objeto de controlar el pH entre 6.5 y 7.5, así  
como disolver el carbonato de calcio, como sul-  
fato de calcio que es más soluble y otros sólidos  
que pueden contener el agua.

Se recomienda dosificar continuamente 2 Lb/hr-  
y así regular la concentración de la alcalini-  
dad alrededor de 50 ppm como carbonato de cal-  
cio.

##### b). Dosificación de Cloro.

Para evitar el crecimiento de bacterias y al-

gas se recomienda tener una concentración de cloro de 4 PPM en el agua de enfriamiento.

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL DOSIFICADOR

$$G \text{ cloro} = (\text{PPM}) (Q \text{ agua enf.}); \frac{\text{lb cloro}}{\text{día}}$$

$$4 \text{ PPM} = 3.3348 \times 10^{-5} \frac{\text{lb cloro}}{\text{Gal. de agua}}$$

$$G \text{ cloro} = (3.3348 \times 10^{-5}) (2000) \frac{\text{Gdl}}{\text{min}} \times \frac{\text{lb}}{\text{Gdl}} = 0.0666 \frac{\text{lb}}{\text{min}}$$

$$G \text{ cloro} = 95.99 \frac{\text{lb cloro}}{\text{día}}$$

Por lo que se instalará un dosificador de cloro con una capacidad de 100  $\frac{\text{lb}}{\text{día}}$  de cloro

4.4.B) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO RECIRCULACION DE TURBOSINA (PR-305P).

En operación normal de la planta la turbosina se está recirculando continuamente a través del calentador de turbosina, por medio de las bombas BA-602A/B las cuales succionan del TV-607 (Tanque Almacenamiento de Turbosina).

Se seleccionó turbosina como medio de calentamiento indirecto, debido a su baja temperatura de congelación, ya que la temperatura de almacenamiento del propano son 52°F, y por esta razón no es posible darle un calentamiento directo con vapor de agua ya que este se condensaría y se solidi-

ficaria dentro de los calentadores.

La turbosina debe mantenerse almacenada a una temperatura constante de 104°F, para lograr esto se cuenta con un indicador controlador de temperatura ICT-102 montado en tablero principal en el cuarto de control. El controlador recibe señal neumática de temperatura del transmisor de temperatura que se encuentra montado en el tanque TV-608.

La turbosina es succionada por las bombas BA-602A/B (una en operación continua y otra relevo) de la línea de 14" de diámetro que es común a las 2 bombas, a una presión de 0 Psig, y es descargada a una presión de 75 Psig a la línea de 12" de diámetro (cabezal de descarga de las bombas), para después pasar a través de los tubos de los calentadores CH-602 y CH-603. La turbosina sale de los calentadores a una temperatura de 41°F y se descarga a la línea de 12" de diámetro que es la línea de entrada del calentador de turbosina CH-604, la turbosina pasa a través de la cubierta del calentador, y sale por una línea de 12" de diámetro a una temperatura de 104°F, en esta línea se encuentra montado el interruptor de flujo SF-102 que envía señal eléctrica a la válvula solenoide VSO-104 la cual se energiza y abre dejando pasar señal neumática modulada de temperatura del ICT-102.

Con el indicador controlador de temperatura ICT-102 se regula la entrada de vapor al calentador CH-604 a través de la válvula de control de temperatura VCT-101 la cual se encuentra montada en la línea de entrada de vapor de calentamiento al CH-604 y así poder mantener la temperatura constan

FECHA \_\_\_\_\_  
 OBRA N° \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_

BUFETE DE INGENIERIA  
 CIVIL Y QUIMICA SA

HECHO POR: MAHJ

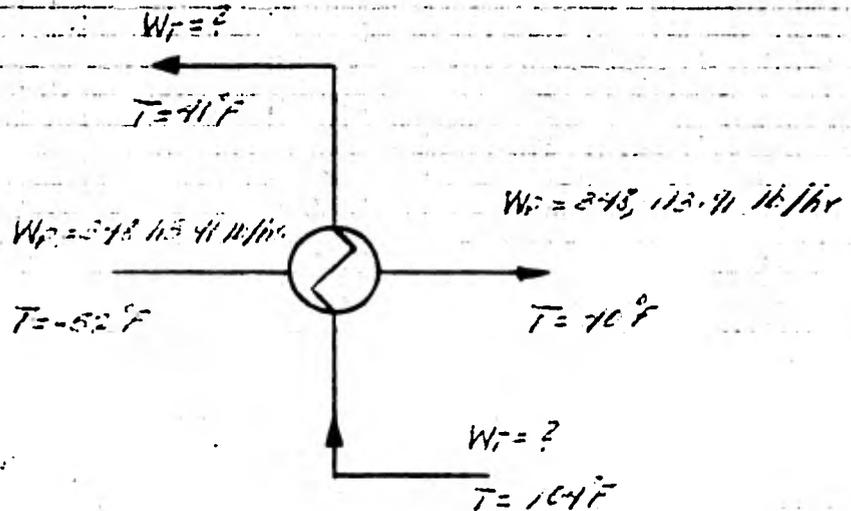
REVISADO POR: PPSC

HOJA DE CALCULO

L.A. TRUJILLO

REQUERIMIENTOS DE TURBOCARGA EN EL CA-602

CALENTADOR DE CARGA



$$Q = W_1 C_p (T_2 - T_1) = W_2 \Delta H$$

$$\Delta H = 76.29 \text{ BTU/lb}$$

$$W_1 = \frac{W_2 \Delta H}{C_p (T_2 - T_1)} = \frac{(243,154)(76.3)}{(0.471)(18.71)}$$

$$W_1 = 530,244 \text{ lb/hr}$$

OPERACIONES:

$$C_p = \frac{530,244 \text{ lb/hr}}{20,000 \text{ lb}} = 26.512 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

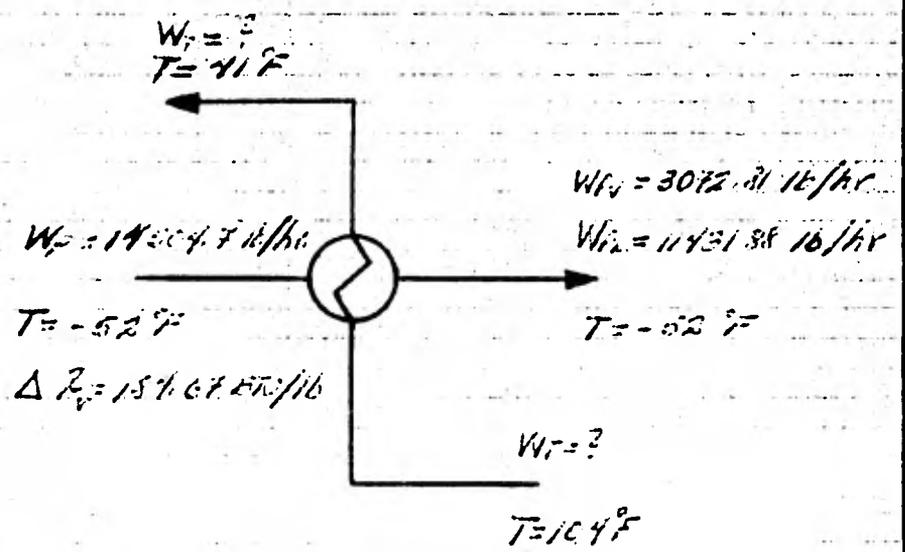
$$C_p = \frac{530,244 \text{ lb/hr}}{20,000 \text{ lb}} = 26.512 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 12255 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}$$

FECHA \_\_\_\_\_  
 OBRA N° \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_  
 LAS TENDONES

BUFETE DE INGENIERIA  
 CIVIL Y QUIMICA SA.  
 HOJA DE CALCULO

HECHO POR: MAHL  
 REVISADO POR: FASC

EXPERIMENTOS DE TURBOSINA EN EL CA-605  
CONDICIONES REQUERIDAS DE VALIO



$$Q_v = W_{v2} \Delta T = \left( 11431.88 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \right) \left( 184.67 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \right) = 567,455.82 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_v = Q_T = W_T C_p (T_2 - T_1) \quad ; \quad C_p = 0.477$$

$$W_T = \frac{567,455.82}{(0.477)(104 - 41)} = 18,883.09 \text{ lb/hr}$$

OPERACIONES:

$$G_T = \frac{18,883.09 \text{ lb/hr}}{50.519 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 373.78 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

$$G_T = 776 \text{ PM}$$

te en el tanque.

En caso de que en la planta no se esté cargando propano, las válvulas de control de temperatura y presión VCT-100 y VCP-103, se encontrarán cerradas y por tal razón los calentadores CH-602 y CH-603 no estarán en operación, por lo que la turbosina se tiene que recircular a través de la línea 10" -TB-320-T1B. En esta línea se encuentra montada la válvula controladora de presión VCP-111, esta válvula empezará a abrir cuando la presión en la línea de entrada alcance un valor de 85 Psig, causada por el bloqueo de la descarga de los calentadores por las válvulas de control antes mencionadas.

4.4.b.1) REQUERIMIENTOS DE TURBOSINA Y VAPOR DE CALENTAMIENTO

TO.

<u>Calentador</u>	<u>Carga Térmica</u>	<u>Turbosina requerida</u>
CH-603 Rompedor de vacío	567,457.46 $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$	47 G.P.M.
CH-602 Calentador de carga.	16'114,192.43 $\frac{\text{BRU}}{\text{hr}}$	$\frac{1324}{1371}$ G.P.M.

Se pondrán 2 bombas de 1800 GPM c/u, una en operación normal y otra relevo.

REQUERIMIENTOS DE VAPOR DE CALENTAMIENTO

$$W_t = W_t(\text{ch} - 603) + W_t(\text{ch} - 602)$$

$$W_t = 18,883.09 + 536,344 = 555,227.09 \text{ lb/hr}$$

$$Q_t = W_t C_p (T_2 - T_1)$$

$$T_1 = 41^\circ\text{F} \quad T_2 = 104^\circ\text{F}$$

$$C_p = 0.477 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$$

$$Q_t = (555,227.09 \frac{\text{lb}}{\text{hr}}) (0.477 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}) (104^\circ\text{F} - 41^\circ\text{F}) =$$

$$Q_t = 16,685,129.28 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_t = -Q_v = W_v$$

$$\begin{aligned} \frac{65^\circ\text{F}}{\text{sat}} &= 902.6 \text{ BTU/lb} \end{aligned}$$

$$W_v = \frac{Q_t}{2} = \frac{16,685,129.28 \text{ BTU/hr}}{902.6 \text{ BTU/lb}} = 18,485.52 \text{ lb/hr}$$

$W_t$ ; Gasto total de turbosina

$Q_t$ ; Calor necesario para calentar la turbosina

$Q_v$ ; calor cedido por el vapor de calentamiento

$W_v$ ; Cantidad de vapor de calentamiento requerido

#### 4.4.C) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO UNIDAD GENERADORA DE VA POR PR-310P.

El vapor no es únicamente una fuente de energía di  
recta para el accionamiento de bombas y turbinas, -  
sino que también es el medio más útil de calentamiento en -  
una planta de proceso, aunque algunas plantas pueden comprar  
energía eléctrica, la mayoría de las plantas de proceso gene  
ralmente producen vapor.

Los requerimientos de vapor en nuestra planta son  
solo para el calentamiento de turbosina, por lo que se adqui  
rirá una caldera del tipo paquete, con una capacidad de gene

ración de 30,000 lb/hr de vapor saturado de 65 Psig.

En la mayoría de las plantas de proceso gran parte del vapor de proceso se regresa a las calderas después de haber sido condensado en cambiadores de calor y otros equipos que utilizan vapor. Debido a que por diversas razones siempre existen pérdidas de condensado es necesario suministrar agua de repuesto, a la cual si es agua cruda es necesario darle un tratamiento (suavización, desmineralización, etc. - dependiendo del análisis del agua) para evitar incrustaciones en los fluxes de la caldera. Para nuestro proyecto al agua solo se le dará un tratamiento de suavización que consiste en la eliminación de la dureza causada por  $Ca^{++}$  y  $Mg^{++}$ .

El vapor una vez que ha cedido su calor latente se condensa y se retorna al tanque de condensados y agua de repuesto TV-621, pasando primero por la válvula VCP-120 donde se le reduce la presión desde 55 Psig hasta 15 Psig, debido a esta reducción de presión, el condensado como es un líquido saturado se flashea y se obtiene una mezcla líquido-vapor que es separada en el tanque TV-619, los vapores se ventean a la atmósfera y el líquido se retorna al tanque TV-621.

El agua antes de ser alimentada a la caldera se le deberán eliminar los gases adsorridos, como pueden ser  $O_2$  y  $CO_2$  para con esto reducir la corrosión que nos pueden ocasionar estos gases en la caldera. Para llevar a cabo esta operación se cuenta con el desaerador ED-600 el cual está compuesto por un domo de venteo y un tanque de almacenamiento. El agua es alimentada al desaerador en el domo de ven-

teo y se rocía, a través de deflectores o charolas en contra corriente con vapor de calentamiento, este vapor se condensa cediendo su calor latente y el agua se calienta hasta la temperatura de saturación a la presión de operación del desaerador y los incondensables son venteados a la atmósfera.

El agua se alimenta al desaerador por las bombas BA-610 A/B que succionan del tanque de almacenamiento de condensado TV-621, a razón de 90 G.P.M. Para calentar el agua se retorna una parte del vapor generado por la propia caldera.

Del desaerador el agua se alimenta a la caldera por las bombas BA-611 A/B cerrándose así el ciclo.

Para evitar que la concentración de sólidos disueltos en el agua rebasen un límite permitido, se tiene que eliminar parte del agua de la caldera y así reducir los problemas de incrustación en la caldera principalmente en los flujes.

Las calderas para llevar a cabo la operación antes descrita se tienen que estar purgando. La cantidad de agua que se tenga que eliminar dependerá, de la concentración de sólidos que se tengan en el agua cuando la caldera se encuentre en operación, y no deberá rebasar los límites permitidos de concentración de sólidos y sales disueltas en el agua, estos límites de concentración son fijados por el fabricante de la caldera. Para llevar un control preciso de los sólidos disueltos, el personal de operación continuamente tendrá que estar analizando el agua de los domos de la caldera (su-

perior e inferior).

4.4.D) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO AIRE DE PLANTAS E INSTRUMENTOS PR-308P.

a). Aire de Instrumentos.

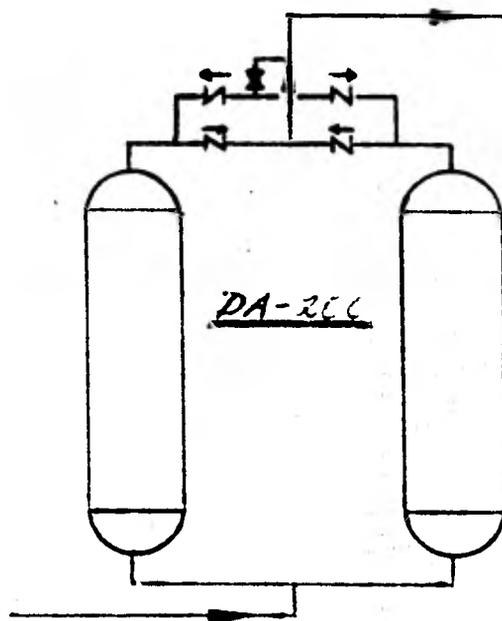
Para dotar de aire a todo el sistema de control e instrumentos neumáticos, se cuenta con dos - compresores reciprocantes no lubricados BC-602 A y BC-602B, el primero accionado con motor - eléctrico y el segundo con motor de combustión interna, el accionado con motor eléctrico se - pondrá en operación normal y en caso de falla de energía eléctrica se pondrá a operar el accionado con motor de combustión. Para este - servicio se seleccionaron compresores no lubri - cados debido a que el aire de instrumentos debe ser libre de impurezas que puedan dañar los mecanismos internos de los instrumentos.

El aire es succionado de la atmósfera a través del filtro de succión donde se eliminan posibles impurezas, para pasar después al cilindro de compresión donde se comprime desde 14.7 - Psia hasta 114.7 psia, una vez comprimido pasa al postendriador donde se pone en contra co - rriente con agua de enfriamiento y es enfriado hasta una temperatura de 100°F, en estas condi - ciones de temperatura y presión parte de la hu

medad que trae el aire es condensada, después el aire comprimido pasa al separador de humedad, donde se elimina el agua a trazas de aceite que se pudo haber arrastrado.

El aire una vez que se le ha eliminado los condensados, pasa al acumulador de aire en el cual el aire se mantiene a la misma presión de 100 Psig, que es la presión que se suministra a los diferentes instrumentos antes de los reguladores de presión. El aire se distribuye a la planta mediante un cabezal de 2"  $\phi$  a un flujo de 100 SCFM.

Antes de ser enviado al cabezal de distribución el aire de instrumentos deberá ir exento completamente de humedad, para efectuar esta operación se cuenta con un secador de aire DA-200 que consiste de dos torres empacadas con alumina activada, la cual tiene un gran poder higroscópico. Estos secadores utilizan la tendencia natural de los desecantes a llegar a un equilibrio con el medio circundante. Durante el ciclo de secado el desecante absorbe la humedad contenida en la corriente de aire. En el ciclo de regeneración se hace recircular una parte del aire seco a través del lecho empacado donde el desecante cede la humedad absorbida previamente.



Para mantener una operación continua el secador cuenta con dos cámaras con disecante, una operando y otra en ciclo regenerativo.

b). Aire de Plantas.

Debido a los múltiples usos del aire comprimido en las plantas de proceso, se hace necesaria la instalación de un compresor de aire para este servicio. La tubería de aire corre paralela a la tubería de proceso y en las áreas donde se pueda requerir aire de planta se deriva un ramal de la tubería principal. El aire de plantas y el aire de instrumentos se distribuyen por cabezales de distribución separados, pero esto no es una restricción para que en un momento de que haya una alta demanda de aire de instrumentos y las compresoras para este servicio no puedan suministrar esa capacidad,

se utilice aire de plantas como emergencia al sistema de aire de instrumentos pasando primero por el secador de aire.

Para este servicio se cuenta con el compresor reciprocante BC-603, este compresor trabaja en las mismas condiciones que los compresores de aire de instrumentos, la única diferencia que existe es que este compresor es lubricado, ya que para este servicio el aire no se requiere de la misma calidad que el aire de instrumentos.

#### 4.4.E) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO SISTEMA DE RELEVO (PR-306P).

La primera responsabilidad al diseñar una planta de proceso es la seguridad, uno de los aspectos más importantes del diseño del sistema de seguridad es la protección de los equipos de cualquier sobrepresión, esto incluye especificar los dispositivos de seguridad más adecuados para la protección de estos. Una mala selección de estos dispositivos de seguridad puede ser costosa y algunas veces perjudicial para el personal que opera en la planta.

Los equipos que requieren mayor protección son los que están sujetos a presión, recipientes, tuberías, etc. Para dar la protección necesaria, en caso de un aumento excesivo en la presión, en cualquier equipo o línea de proceso sujetas a presión se instalarán; válvulas de seguridad ó valvu

las de relevo ó una combinación de estas, válvulas de relevo y seguridad.

Válvula de Relevo.- Es una válvula automática aliviadora de presión, ejercida por un resorte resistente que es movido por la presión estática bajo el asiento, que abre cuando la presión ejercida sobre el asiento de la válvula sea mayor que la presión de ajuste. Su uso principal es en sistemas líquidos, se caracteriza porque su apertura es proporcional al aumento de la presión estática bajo el asiento de la válvula.

Válvula de Seguridad.- Esta válvula es idem a la anterior a diferencia que su apertura es total y se le utiliza en sistemas de gases y vapores.

Válvulas de Seguridad-Relevo.- Son aquellas válvulas que se pueden utilizar para cualquiera de los dos servicios antes descritos.

Usualmente las válvulas de seguridad-relevo son calibradas para que su presión de relevo sea igual a la presión de diseño de los recipientes o líneas de proceso donde se encuentran instaladas, pero la presión de relevo puede exceder a la presión de diseño, generalmente se toma un 25% de sobrepresión, esto quiere decir que la válvula empezará a relevar cuando la presión en el equipo sea igual a la presión de calibración de la válvula, y estará completamente abierta cuando la presión alcance un valor de 1.25 veces la presión de calibración de la válvula.

Una característica que afecta la capacidad de las-

válvulas de relevo, es la presión que existe en la descarga de la válvula y se llama contrapresión. Esta contrapresión tenderá a que la válvula cierre y por tal razón se ve afectada la capacidad. La contrapresión en las válvulas no deberá exceder del 10% de la presión de calibración de la válvula y deberá mantenerse constante, cuando la contrapresión en el cabezal de relevo es variable se utilizan válvulas de relevo balanceadas con fuelles, que pueden operar a contrapresiones variables de hasta un 50% arriba de la presión de relevo de la válvula.

Para calcular el orificio de la válvula a las condiciones de operación, se pueden utilizar las siguientes ecuaciones que se dan en los Códigos ASME y API-520.

GASES Y VAPORES.

$$A = \frac{V_{ph} \sqrt{T_a}}{C_1 P_1 \sqrt{M}} \sqrt{Z}$$

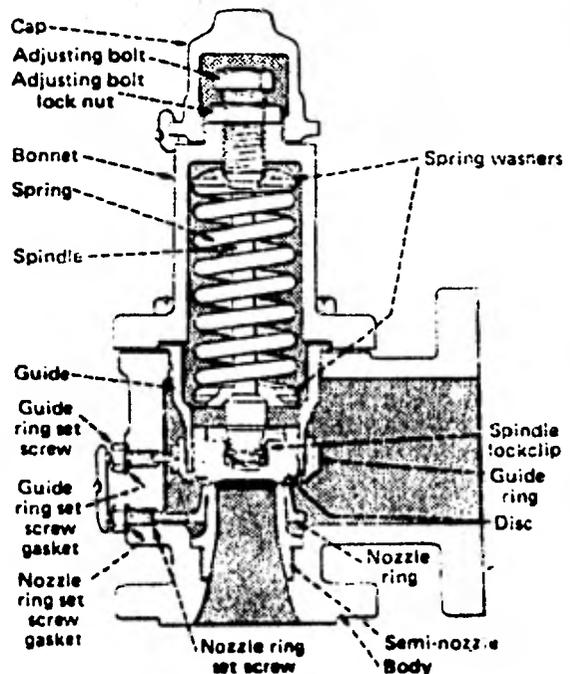
VAPOR DE AGUA

$$A = \frac{V_{ph}}{50 P_1}$$

LIQUIDOS

$$A = \frac{Q \sqrt{Sg}}{27.2 \sqrt{P}}$$

Cuando se use un 25% de sobrepresión.



$$A = \frac{Q \sqrt{Sg}}{16.3 \sqrt{P}}$$

Cuando se utilice un 10% de sobrepresión.

**Nomenclatura.**

**A;** Area del orificio en pulgadas cuadradas

**Vph;** Cantidad de vapor a relevar en lb/hr

**Ta;** Temperatura de entrada a la válvula °R

**P;** Presión diferencial entre la presión de relevo en Psig menos la contrapresión en Psig.

**P1** Presión de flujo en Psia y ésta dada por:

$$P + \text{sobrepresión} + 14.7$$

**Z;** Factor de compresibilidad correspondiente a  $P_1$  y  $T_a$

**Sg;** Gravedad específica

**C<sub>1</sub>;** Coeficiente de descarga de la válvula, es función del gas que se está manejando.

En nuestro proyecto como se muestra en el Diagrama mecánico de flujo se instalarán dos cabezales de relevo, uno de alta presión y otro de baja presión. Ya que debido a las diferentes presiones de operación de los equipos no es posible tener un solo cabezal de desfogue. Estos cabezales conducen los vapores de propano hasta un quemador elevado que se instalará fuera de límites de batería.

Para asegurarse de que en los cabezales de desfogues no se genere un vacío, es usual que al inicio del cabezal se inyecte un gas de barrido que puede ser un gas inerte o un gas combustible. Además esto nos asegura que la presión en el cabezal sea constante y por consiguiente la contrapresión en las válvulas de relevo sea constante. Otra ventaja de inyectar gas de barrido es que nos ayuda a evitar

que la flama del quemador se pueda regresar por el cabezal de desfogues y además con esto se consigue que el quemador se encuentre encendido continuamente.

Para evitar que la flama se regrese por el cabezal de desfogues es práctica común poner sellos hidráulicos antes de los quemadores, pero en nuestro proyecto no es posible utilizar sellos hidráulicos debido a que uno de los cabezales de desfogues opera a 11" de H<sub>2</sub>O. Por lo que el quemador se especificará con un sello flúidico que funciona como un arrestador de flama.

#### 4.4.F) DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO ACEITE COMBUSTIBLE (PR-313).

El combustible que utilizarán todos los motores de combustión que se encuentren instalados dentro de límites de batería, así como la unidad generadora de vapor, será suministrado a través de las bombas centrífugas horizontales BA-611 A/B (una en operación y otra relevo), las bombas succionan del tanque cilíndrico vertical por medio de un cabezal de 3" de diámetro común a las dos bombas.

El tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 1000 Bls, el diesel será suministrado en límites de batería a través de la línea de 6" de diámetro, ya que este diesel provendrá de la terminal de distribución de productos destilados que "PEMEX" tiene proyectado construir a un lado de nuestra planta.

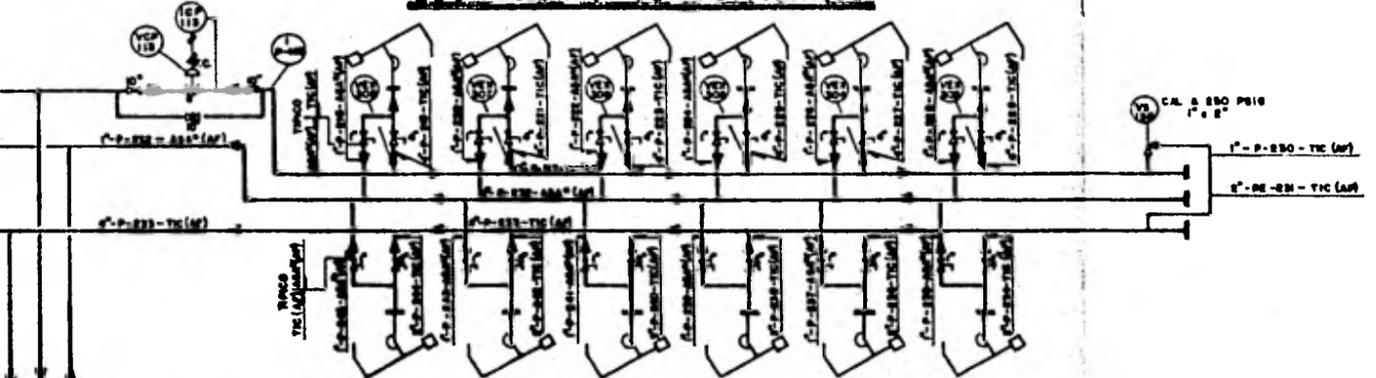
El diesel que consumirán los motores de combustión,

se alimenta primeramente al tanque horizontal de reposición de diesel TH-623, de este tanque fluye por gravedad a los tanques que cada motor de combustión tiene integrado. El nivel en el tanque TH-623 se controla a través del SN-106, que nos cierra circuito por bajo nivel y nos energiza la válvula solenoide VSO-110 y ésta nos dejará pasar aire de instrumentos, que nos hará accionar la válvula de control de nivel VCN-105, la cual tiene la característica ON-OFF (totalmente abierta ó totalmente cerrada) y su acción es de que a falla de aire se encontrará totalmente cerrada, una vez restablecido el nivel dentro del tanque el interruptor SN-106 abrirá circuito y nos desenergizará la VSO-110, la cual nos impedirá el paso de aire de instrumentos por lo que hará que la VCN-105 cierre la línea de alimentación de diesel al TH-623.

CONTINUA EN PLANO PR-302 P

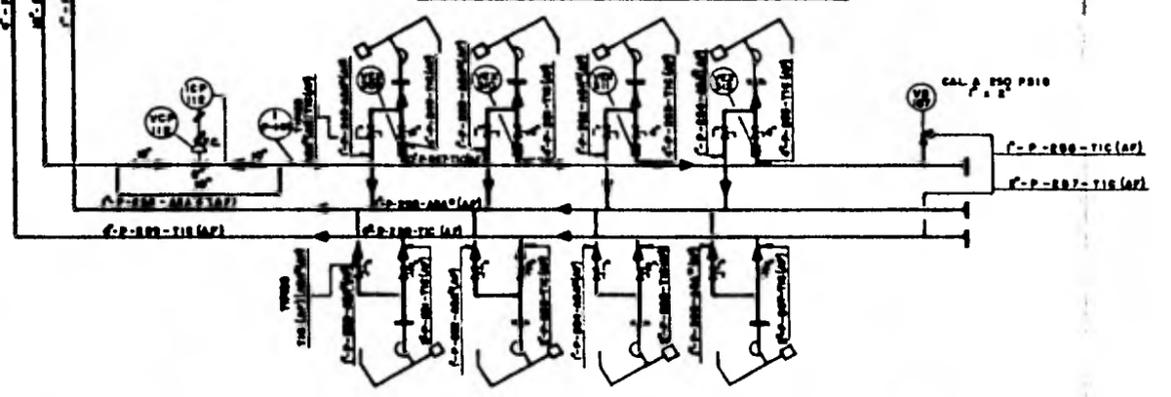
C-P-232-ABAC (MISTURA) VAPORES DE LLENADERAS BOMBA PRESION  
 C-P-233-TIC (M) CONTROL VAPORES DE LLENADERAS (A LA PRESION)  
 10" - P-EN-TIC (M) PROPANO A LLENADERAS

**LLENADERAS DE AUTOSTANQUE**



**RETORNO DE VAPORES DE AUTOSTANQUE**

**LLENADERAS DE CARROSTANQUE**



**RETORNO DE VAPORES DE CARROSTANQUE**

TESIS PROFESIONAL	UNAM FACULTAD DE QUIMICA
DR. V.L. MC. S.	PLANTA DE ALMAC. Y OBT. DE PROANO
PROY. M.A.H.J.	DIAGRAMA ESCALAS DE FLUJO SISTEMA DE LLENADERAS
REV. ING. R.F.B.C.	LAS TRUCHAS, MICH. P.R. - 200 P



**BA-604 A/B/C**  
 BOMBAS DE RECIRCULACION DE AGUA DE ENFRIAMIENTO  
 CAP 2 000 G.P.M. (BA-604A/D), 300 G.P.M. (BA-604C)  
 85 PSI.  
 CLAVE MOTORES ELECTRICOS: ME-604 A/B  
 POTENCIA 100 H.P.  
 CLAVE MOTOR DE CI: MC-604 C  
 POTENCIA: 20 H.P.

**CT-500**  
 TORRE ENFRIAMIENTO  
 CAP: 2 000 G.P.M.  
 N.º DE CELDAS: 2/CAR POR CELDA 2000  
 G.P.M. RELEVIO.  
 CAP. TERMICA: 20,021 a 10<sup>6</sup> BTU/hr.  
 SERVICIOS: SUMINISTRO DE AGUA PWA A  
 CONDENSADORES Y OTROS  
 SERVICIOS.  
 RANGO DE ENFRIAMIENTO: 90° F - 110°

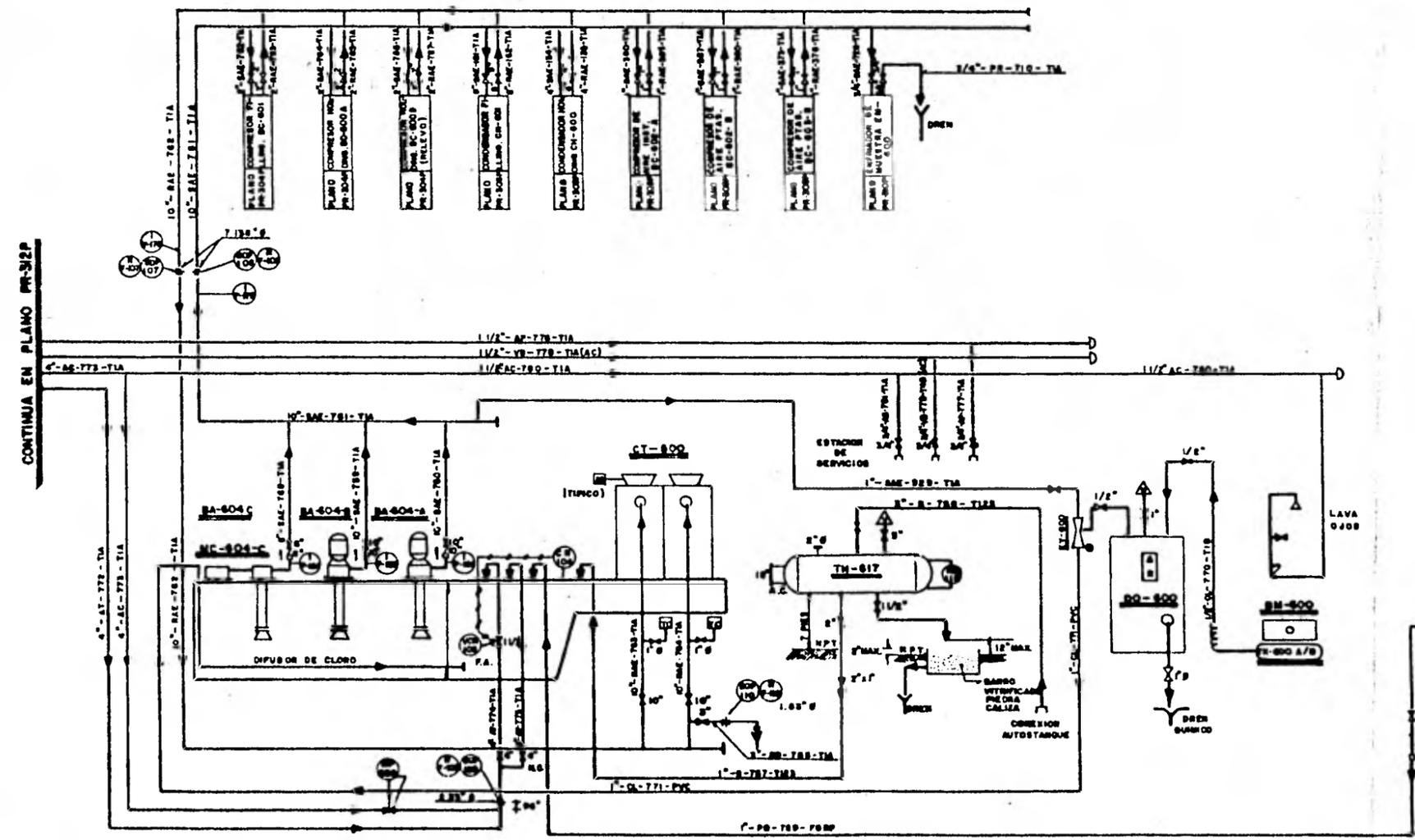
**TH-617**  
 TANQUE DE ACIDO SULFURICO  
 CAP 60 GALONES  
 PRESION DE OP ATMOSFERICA  
 TEMPERATURA OP 100° F  
 DIM. 1.9' Ø x 6' L.T.Y.

**DO-600**  
 DOSIFICADOR DE CLORO  
 CAP: 100 Lbs./Día

**TK-600 A/B**  
 CILINDROS DE CLORO  
 CAP: 2208 Lbs.

**TV-616**  
 TANQUE INHIBIDOR DE CORROSION  
 CAP: 500 GALONES  
 PRESION OP ATMOSFERICA  
 TEMPERATURA DE OP 100° F  
 DIM: 3.5' Ø x 3.0' L.T.Y.  
 RECUBRIMIENTO:

**RM-600**  
 BASCULA PARA PESAJE DE CILINDROS DE CLORO  
 CAP: 4 410 Lbs.  
 DIM. 1.80 m x 1.20 m.



**NOTAS:**

- 1.- SE USARA LISO SULFONATO DE SODIO EN CROMATOS, COMO INHIBIDOR DE CORROSION, A MENOS QUE OTRA COSA SE INDIQUE.
- 2.- RESINA POLIESTER SUSPENSOICA APLAC 382 CON REFUERZO DE FIBRA DE VIDRIO TIPO AMBA "C" O SIM.
- 3.- SUMINISTRO FABRICANTE, VE TESTIGO DE CORROSION.

**TESTIS PROFESIONAL**  
 ONAM  
 FACULTAD DE QUIMICA  
 PLANTA DE ALMAC. Y DIST. DE  
 PROY. M.A.M.J.  
 REV. M.A.P.S.C. LAS TRUCHAS, MICH. PR-3NF

**TV-620**  
 TANQUE DE PURGA DE DESAREADOR  
 DIMENSIONES: 3'-2" Ø x 9'-6" L.T.T.  
 TEMP. OP: 215°F  
 PRESION OP: 60 PSIG  
 PRESION DISEÑO: 60 PSIG  
 TEMP. DISEÑO: 350°F  
 AISLAMIENTO: S1

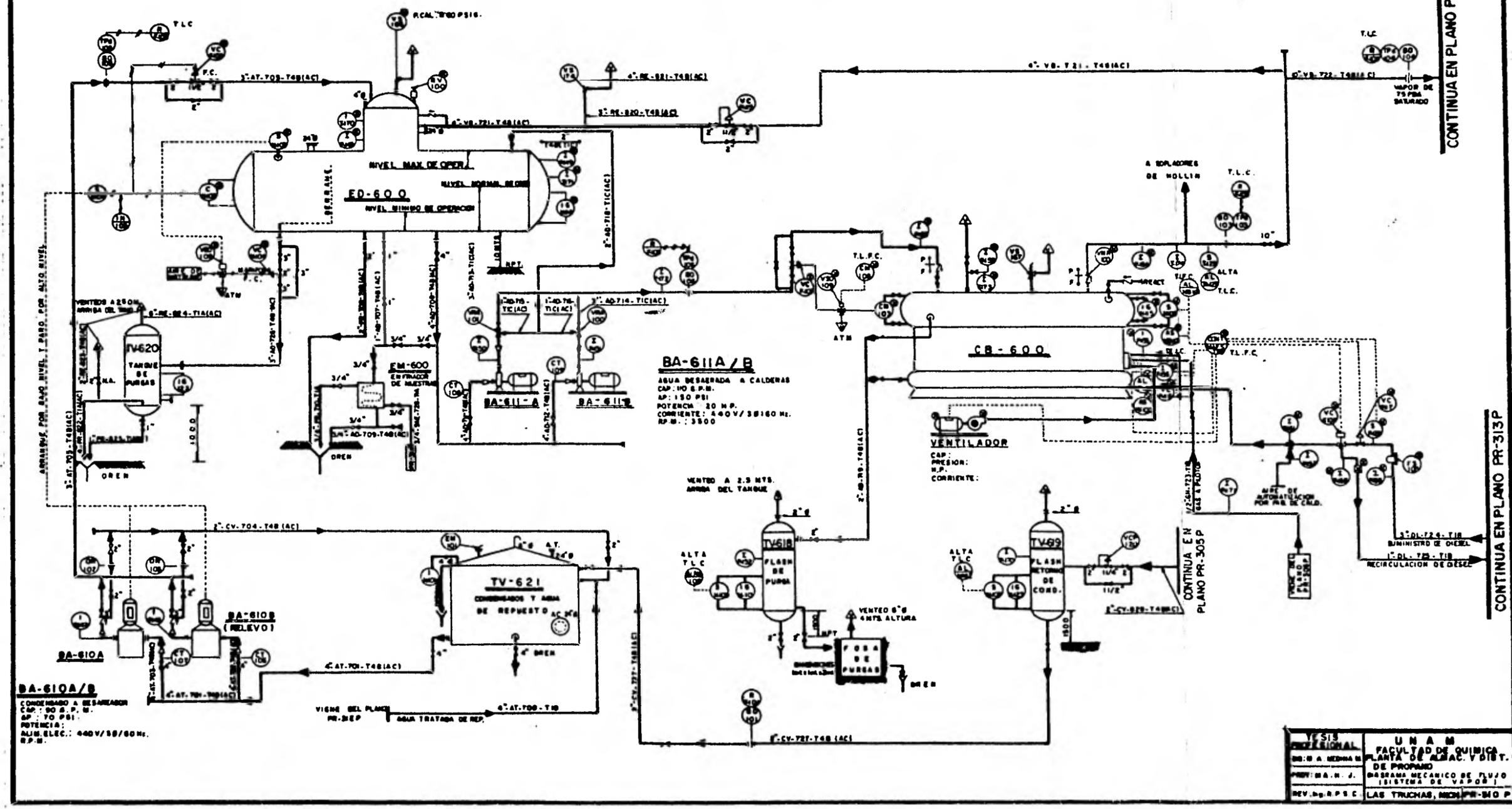
**ED-600**  
 DESAREADOR  
 CAPACIDAD: 40 000 LBS./HR.  
 PRESION OP: 60 PSIG  
 TEMP. OP: 300°F  
 PRESION DISEÑO: 60 PSIG  
 TEMP. DISEÑO: 350°F  
 AISLAMIENTO: S1

**TV-621**  
 ALMACENAMIENTO DE CONDENSADO  
 Y DE AGUA TRATADA DE REPUESTO  
 CAPACIDAD: 3000 GAL.  
 ALTURA: 84"  
 DIAMETRO: 30"  
 TEMP. OP: 215°F  
 PRESION OP: 60 PSIG

**TV-618**  
 TANQUE DE FLASH DE PURGAS DE CALD.  
 DIMENSIONES: 3' Ø x 6' L.T.T.  
 PRESION OP: 10 PSIG  
 TEMP. OP: 215°F  
 PRESION DISEÑO: 60 PSIG  
 TEMP. DISEÑO: 350°F  
 AISLAMIENTO: S1

**CB-600**  
 UNIDADES GENERADORAS DE VAPOR  
 CAPACIDAD DE GENERACION: 6000 LBS./HR.  
 PRESION OP: 60 PSIG  
 TEMP. OP: 215°F  
 AISLAMIENTO: S1

**TV-619**  
 TANQUE FLASH DE CONDENSADO  
 DIMENSIONES: 3' Ø x 10'-0" L.T.T.  
 TEMP. OP: 215°F  
 PRESION OP: 60 PSIG  
 TEMP. DISEÑO: 350°F

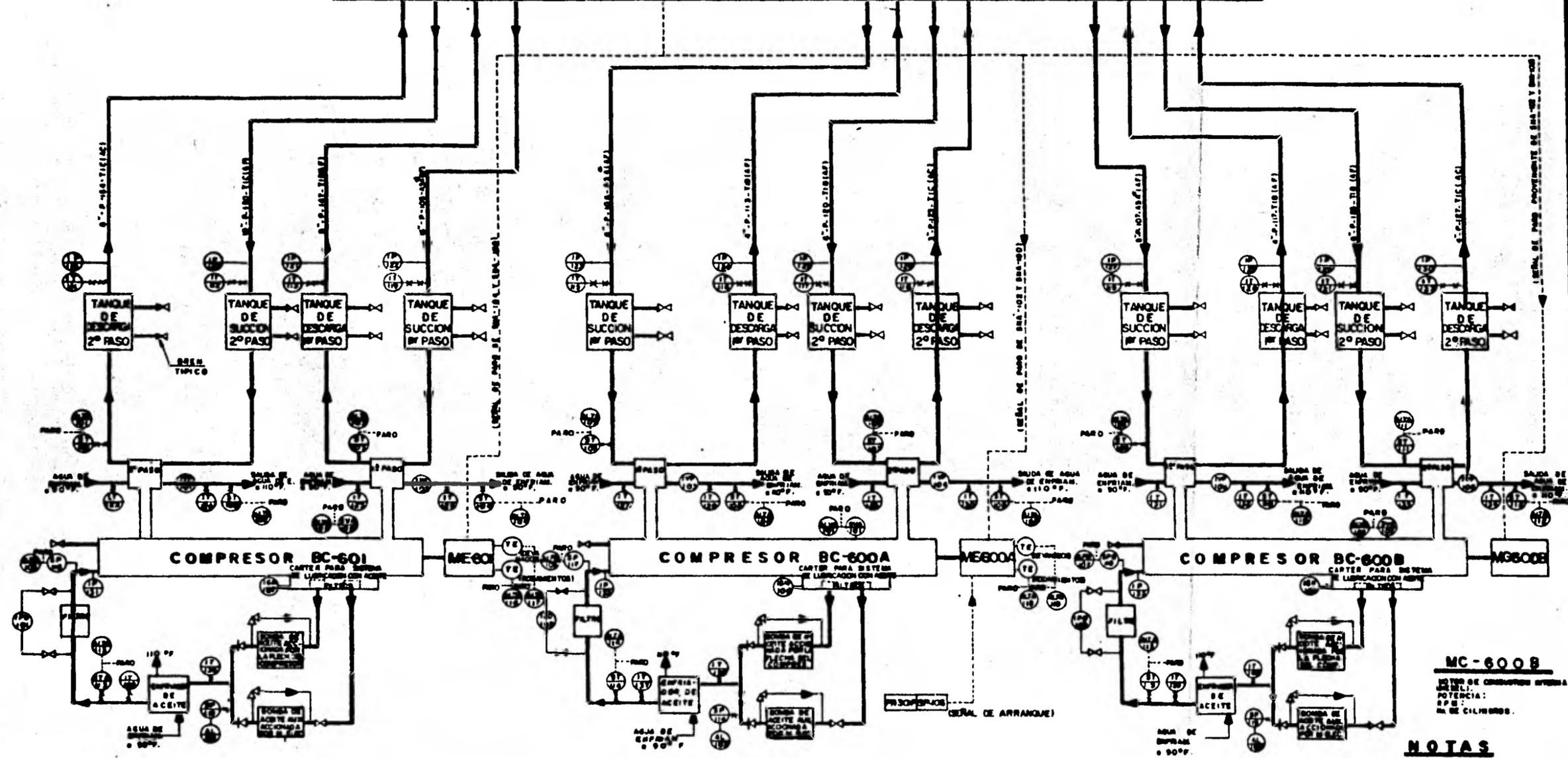


CONTINUA EN PLANO PR-305P

CONTINUA EN PLANO PR-313P

YESIS INGENIERO DISEÑO A MEDIDA PROY. M. H. J. REV. M. R. P. S. C.	U N A M FACULTAD DE QUIMICA PLANTA DE CALORIFICACION DE VAPOR DE PROPIANO DIBUJOS MECANICOS DE FLUJO (SISTEMA DE VAPOR) LAS TRUCHAS, MEXICO
--	---

CONTINUA EN PLANO PR-303P



**BC-601**  
 COMPRESOR RECIPROCANTE "FLUOR"  
 CAPACIDAD 1º PASO: 20,707.20 lb/h  
 CAPACIDAD 2º PASO: 40,930.00 lb/h  
 PRESION DE DESC. 1º PASO: 100 P.S.I.A.  
 PRESION DE DESC. 2º PASO: 300 P.S.I.A.

**ME-601**  
 MOTOR ELECTRICO SINCRONO  
 POTENCIA:  
 R.P.M.  
 ALIMENTACION ELEC: 4000 V/50 Hz.  
 CARCAZA: T.E.P.C.

**BC-600A**  
 COMPRESOR RECIPROCANTE "HOLBORN"  
 CAPACIDAD 1º PASO: 0,394.00 lb/h  
 CAPACIDAD 2º PASO: 11,920.00 lb/h  
 PRESION DE DESC. 1º PASO: 70 P.S.I.A.  
 PRESION DE DESC. 2º PASO: 300 P.S.I.A.

**ME-600A**  
 MOTOR ELECTRICO SINCRONO  
 POTENCIA:  
 R.P.M.  
 ALIM. ELEC: 4000 V/50 Hz  
 CARCAZA: T.E.P.C.

**BC-600B**  
 COMPRESOR RECIPROCANTE "HOLBORN" RELIANT  
 CAPACIDAD 1º PASO: 10,304.00 lb/h  
 CAPACIDAD 2º PASO: 11,920.00 lb/h  
 PRESION DE DESC. 1º PASO: 70 P.S.I.A.  
 PRESION DE DESC. 2º PASO: 300 P.S.I.A.

**MC-600B**  
 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA  
 POTENCIA:  
 R.P.M.  
 N.º DE CILINDROS.

**NOTAS**

1. LOS INSTRUMENTOS QUE SE MUESTRAN EN ESTE PLANO SON DE TIPO "FLUOR" DE FABRICA "FLUOR" Y TIPO "HOLBORN" DE FABRICA "HOLBORN".
2. LOS INSTRUMENTOS QUE SE MUESTRAN EN ESTE PLANO SON DE TIPO "HOLBORN" DE FABRICA "HOLBORN".
3. LOS INSTRUMENTOS QUE SE MUESTRAN EN ESTE PLANO SON DE TIPO "HOLBORN" DE FABRICA "HOLBORN".

UNAM  
 FACULTAD DE QUIMICA  
 PLANTA DE ALMAC. Y INST. DE  
 PROFANO  
 INGENIERIA QUIMICA  
 LAS TRUCHAS, MEXICO

**CH-601**  
 CONDENSADOR FILLING.  
 CARGA TERMICA: 6'099 782 BTU/H.  
 PRES. DS. CAMISA/TUBOS: 268/180 PSIG.  
 TEMP. DS. CAMISA/TUBOS: 378/180 °F.  
 AREA DE TRANSFERENCIA: 7650 PIES<sup>2</sup>.

**TH-602**  
 ACUMULADOR FINAL FILLING.  
 DIM. 208mm Ø x 5207 mm L.T.T.  
 PRESION DE DISEÑO: 330 PSIG.  
 TEMPERATURA DE DISEÑO: 108 °F.

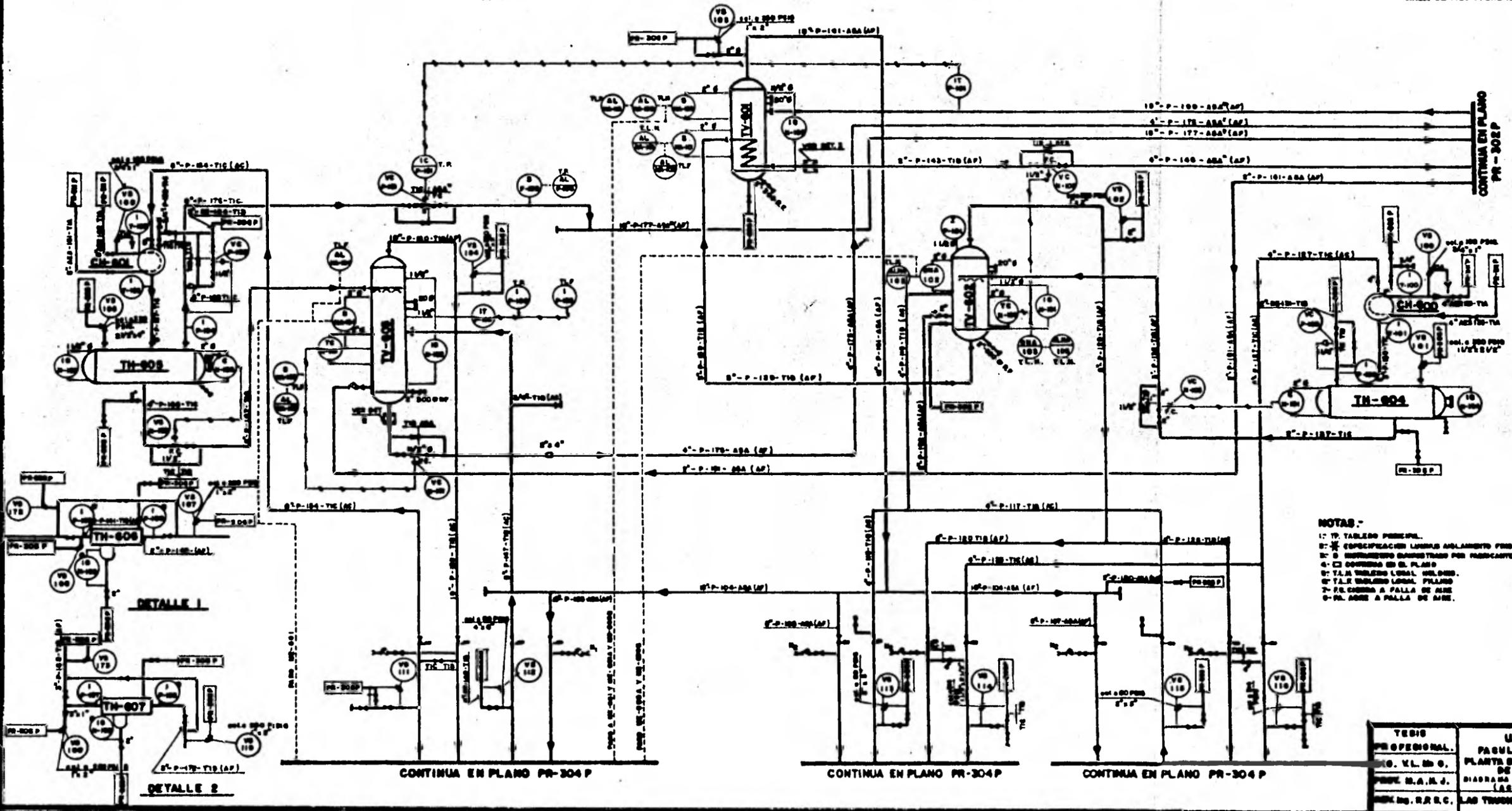
**TV-603**  
 ACUMULADOR DE INTERPASOS (FILLING).  
 DIM. 1603mm Ø x 4000 L.T.T.  
 PRESION DE DISEÑO: 280 PSIG.  
 TEMPERATURA DE DISEÑO: 18 °F.  
 AISLAMIENTO: S1

**TV-601**  
 TANQUE DE SUCCION.  
 DIM. 1920 mm Ø x 88790 mm L.T.T.  
 PRESION DE DISEÑO: 250 PSIG.  
 TEMP. DE DS.: -81.88 °F.  
 AISLAMIENTO: S1

**TV-602**  
 ACUMULADOR DE INTERPASOS (HOLDING).  
 DIM. 1020mm Ø x 2881 mm L.T.T.  
 PRESION DE DISEÑO: 250 PSIG.  
 TEMP. DE DS.: 118 °F.  
 AISLAMIENTO: S1

**TH-604**  
 ACUMULADOR FINAL (HOLDING).  
 DIM. 1340mm Ø x 3881 mm L.T.T.  
 PRESION DE DISEÑO: 330 PSIG.  
 TEMP. DE DS.: 148 °F.

**CH-600**  
 CONDENSADOR HOLDING.  
 CARGA TERMICA: 2'148 887 BTU/H.  
 PRES. DS. CAMISA/TUBOS: 268/180 PSIG.  
 TEMP. DS. CAMISA/TUBOS: 378/180 °F.  
 AREA DE TRANSFERENCIA: 3200 PIES<sup>2</sup>.



**NOTAS:**  
 1- TP: TABLERO PRINCIPAL.  
 2- ESPECIFICACION LINEAS AISLAMIENTO PISO.  
 3- S: SUPLENTO DESECCIONADO POR PRESECANTE.  
 4- C: CUBIERTA EN EL PLANO.  
 5- T: TUBERIA LOCAL HOLDING.  
 6- T: TUBERIA LOCAL FILLING.  
 7- F: FUGA A FALLA DE AIRE.  
 8- P: AIRE A FALLA DE AIRE.

DETALLE 1

DETALLE 2

CONTINUA EN PLANO PR-304 P

CONTINUA EN PLANO PR-304 P

CONTINUA EN PLANO PR-304 P

YEBIS PROFESIONAL. ING. V.L. M. S. PROF. M.A.M.J. INGEN. R.R.C.	U.N.A.M. FACULTAD DE QUIMICA PLANTA DE ALBERG. INST. DE PROYECTO DIAGRAMA ORDEN DE PLANO (ARREGLA 211) LAS TORNAS, SERIE PR-305 P
---	---

**TH-605**  
ACUMULADOR FINAL  
(FILLING)  
2083 mm. Ø x 5207 mm. LONG. T.T.

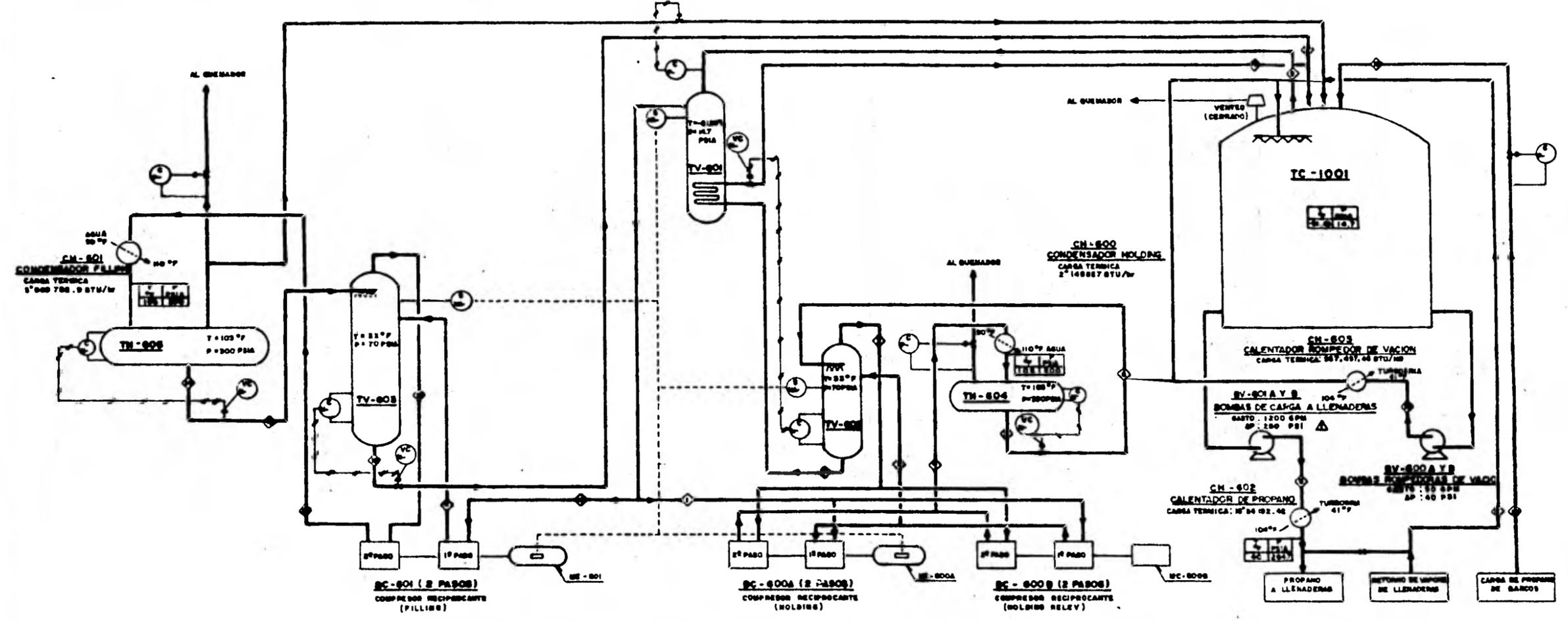
**TV-603**  
ACUMULADOR INTERPASO  
(FILLING)  
1803 mm. Ø x 4000 mm. LONG. T.T.

**TV-601**  
TANQUE DE SUCCION  
1320 mm. Ø x 5,760 mm. LONG. T.T.

**TV-602**  
ACUMULADOR INTERPASO  
(HOLDING)  
1020 mm. Ø x 2551 mm. LONG. T.T.

**TH-604**  
ACUMULADOR FINAL  
(HOLDING)  
1340 mm. Ø x 3881 mm. LONG. T.T.

**TC-1001**  
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PROPANO REFRIGERADO  
(INTERIOR)  
CAP. 20 000 TON.



CONDENSATE	1	2	3	4	5	6	7	7a	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
PASOS	V	V	V	V	L	L	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V				
10/br	89.88	89.88	13921.8	13921.8	13921.8	9670	6244	9968	6822	2144	4791	22169	22169	22169	22169	24480	24480	24480	24480	24480	24480	24480			
PROPRANO	1.81	1.81	1.81	1.81	0.41	0.88	1.81	0.88	0.87	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	0.41	0.82	1.81	0.82	0.87	1.81	0.87	1.81	8.87	
PROPRANO	14.7	70	70	300	300	70	70	70	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	70	70	70	70	70	70	70	14.7	14.7	14.7	14.7
PROPRANO	-82	89	88	189	108	39	39	39	-82	-82	-82	-82	-82	89	39	189	189	39	39	39	39	-82	-82	-82	-82

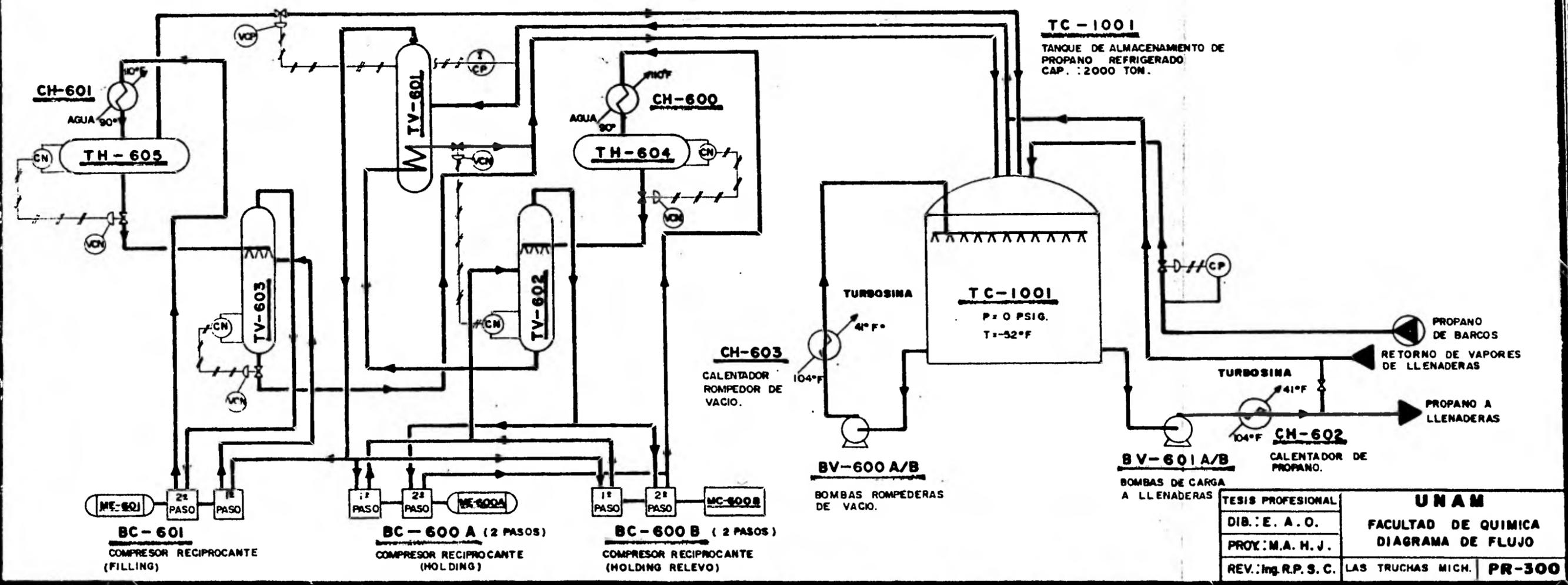
**NOTAS:**  
1.- CAPACIDAD DE RECIBO DE 15,000 TON/DA

**YESIS**  
PROFESIONAL  
DISE. S.S.C.  
PROY. S.A.S.J.  
REV. No. R.P. S.C.

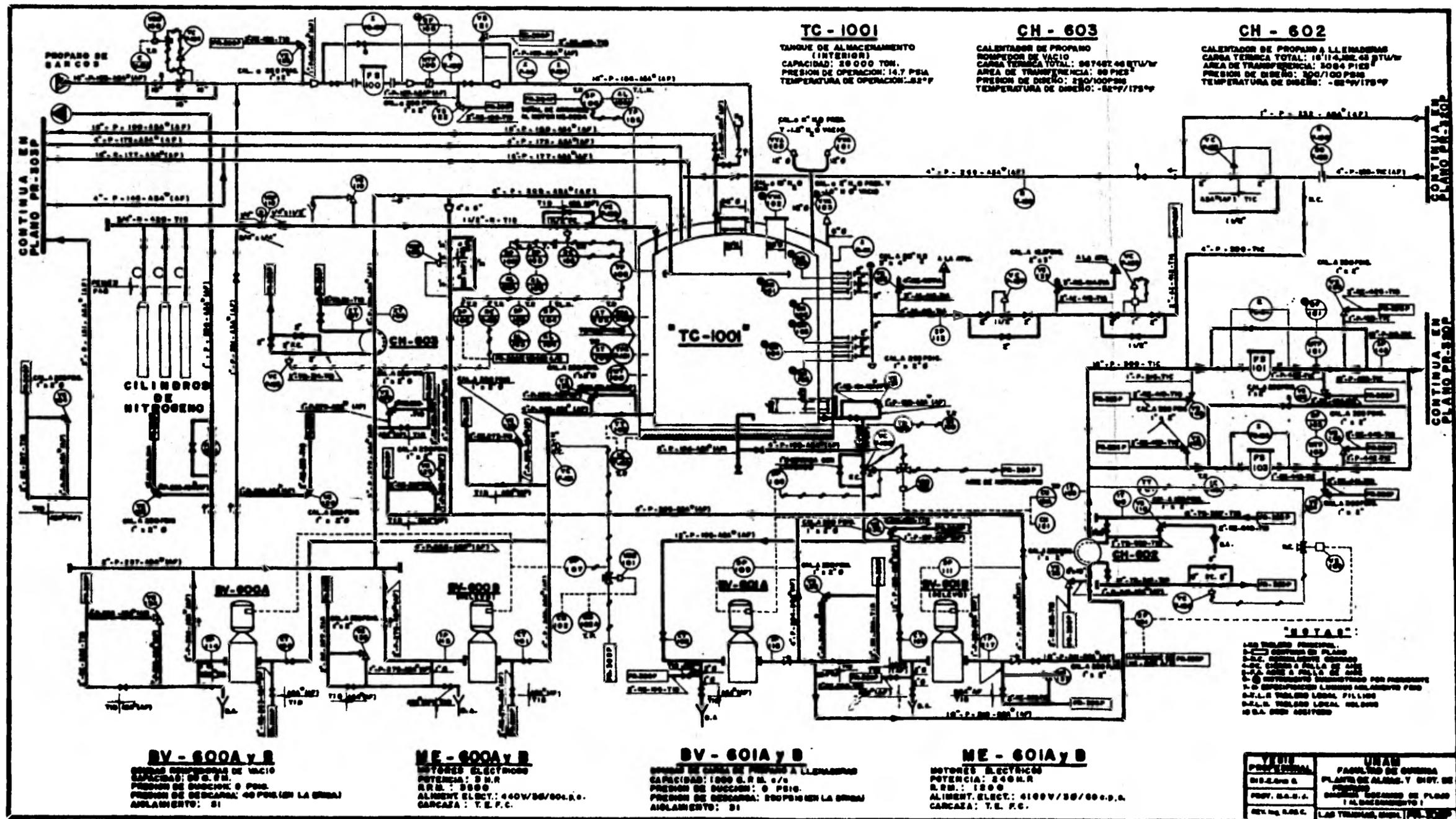
**UNAM**  
FACULTAD DE QUIMICA  
PLANTA DE ALMAC. Y DISTR. DE  
PROPANO  
DIAGRAMA DE PROCESO  
LAS TRUCHAS, MICH. PR-300P



<b>TH-605</b>	<b>CH-601</b>	<b>TV-603</b>	<b>TV-601</b>	<b>TV-602</b>	<b>TH-604</b>	<b>CH-600</b>	<b>TC-1001</b>	<b>CH-602</b>	<b>CH-603</b>
ACUMULADOR FINAL FILLING.	CONDENSADOR FILLING.	ACUMULADOR INTERPASOS FILLING	TANQUE DE SUCCION	ACUMULADOR INTERPASOS HOLDING	ACUMULADOR FINAL HOLDING	CONDENSADOR HOLDING	TANQUE DE ALMACENA- MIENTO DE PROPANO REFRIGERADO. CAP. : 20 000 TON.	CALENTADOR DE PRO- PANO A LLENADERAS	CALENTADOR ROMPEDOR DE VACIO



TESIS PROFESIONAL	<b>UNAM</b>
DIB.: E. A. O.	
PROY.: M. A. H. J.	
REV.: Ing. R. P. S. C.	FACULTAD DE QUIMICA DIAGRAMA DE FLUJO
	LAS TRUCHAS MICH. <b>PR-300</b>



**TC - 1001**  
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
 (INTERIOR)  
 CAPACIDAD: 20 000 TON.  
 PRESION DE OPERACION: 14.7 PSIA  
 TEMPERATURA DE OPERACION: 32°F

**CH - 603**  
 CALENTADOR DE PROPANO  
 BOMPEO DE VACIO  
 CARGA TERMICA TOTAL: 867482.46 BTU/H  
 AREA DE TRANSFERENCIA: 88 PIES  
 PRESION DE DISEÑO: 250/100 PSIG  
 TEMPERATURA DE DISEÑO: -32°F/175°F

**CH - 602**  
 CALENTADOR DE PROPANO A LLENAR  
 CARGA TERMICA TOTAL: 1011432.45 BTU/H  
 AREA DE TRANSFERENCIA: 3084 PIES  
 PRESION DE DISEÑO: 300/100 PSIG  
 TEMPERATURA DE DISEÑO: -32°F/175°F

CONTINUA EN PLANO PR-302P

CONTINUA EN PLANO PR-301P

CONTINUA EN PLANO PR-300P

**BV - 600A y B**  
 BOMBAS BOMPEO DE VACIO  
 CAPACIDAD: 50 G.P.M.  
 PRESION DE SUCCION: 0 PSIG  
 PRESION DE DESCARGA: 40 PSIG (EN LA BOMBA)  
 AISLAMIENTO: SI

**ME - 600A y B**  
 MOTORES ELECTRICOS  
 POTENCIA: 5 H.P.  
 R.R.M.: 3500  
 ALIMENT. ELECT.: 440V/50/60 H.P.A.  
 CARCAZA: T.E.P.C.

**BV - 601A y B**  
 BOMBAS DE CARGA DE PROPANO A LLENAR  
 CAPACIDAD: 1000 G.P.M. a 7/8  
 PRESION DE SUCCION: 0 PSIG  
 PRESION DE DESCARGA: 200 PSIG (EN LA BOMBA)  
 AISLAMIENTO: SI

**ME - 601A y B**  
 MOTORES ELECTRICOS  
 POTENCIA: 540 H.P.  
 R.R.M.: 1800  
 ALIMENT. ELECT.: 4100V/50/60 H.P.A.  
 CARCAZA: T.E.P.C.

**LEYENDA:**  
 1.- LINEAS DE PROPANO  
 2.- LINEAS DE VACIO  
 3.- LINEAS DE AGUA  
 4.- LINEAS DE VENTILACION  
 5.- LINEAS DE DRENAJE  
 6.- LINEAS DE ELECTRICIDAD  
 7.- LINEAS DE GAS  
 8.- LINEAS DE VAPOR  
 9.- LINEAS DE OXIGENO  
 10.- LINEAS DE NITROGENO  
 11.- LINEAS DE AIRE  
 12.- LINEAS DE VENTILACION FORZADA  
 13.- LINEAS DE VENTILACION NATURAL  
 14.- LINEAS DE VENTILACION MECANICA  
 15.- LINEAS DE VENTILACION ELECTRICA

<b>VERIFICACION</b>	<b>UNIDAD</b>
PROY. S.A.S.A.	FABRIL DE CERRAJERIA
PROY. S.A.S.A.	PLANTA DE ALARME Y DIST. DE
PROY. S.A.S.A.	PROYECTO
PROY. S.A.S.A.	ORDEN DE OBRAS DE PLANO
PROY. S.A.S.A.	1 AL. (DESCRIPCION)
PROY. S.A.S.A.	LAS TUBERIAS, BOMBA, (PRE. 300)

**ME-602 A**  
 MOTOR ELECTRICO  
 PARA BC-602 A  
 POTENCIA: 75 HP  
 R.P.M.: 1800  
 CORRIENTE: 440 V/3 Ø/60 HZ  
 RESISTENCIAS  
 CALEFACTORAS: 220 V

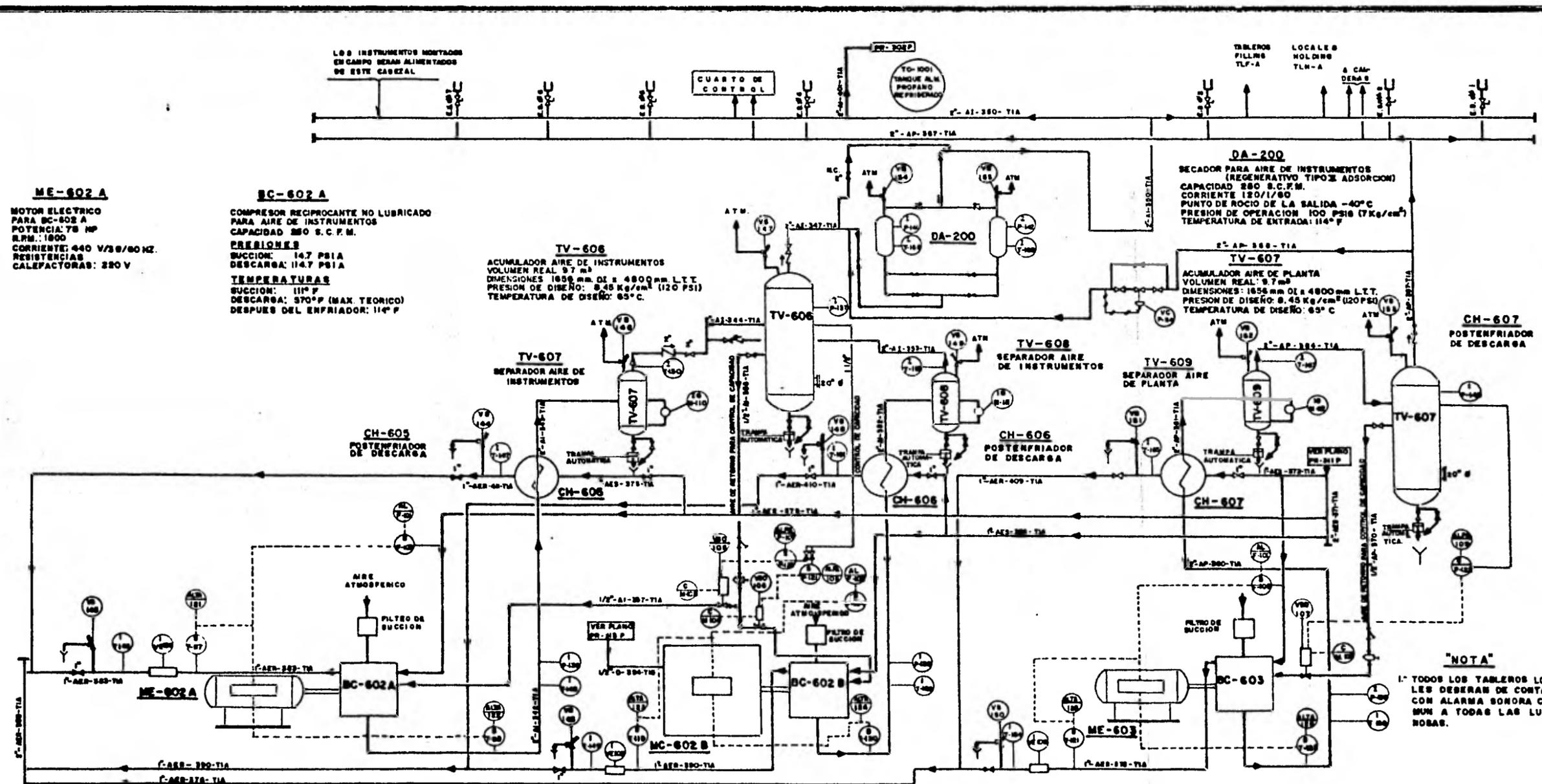
**BC-602 A**  
 COMPRESOR RECIPROCANTE NO LUBRICADO  
 PARA AIRE DE INSTRUMENTOS  
 CAPACIDAD 250 S.C.F.M.  
**PRESSIONES**  
 SUCCION: 14.7 PSIA  
 DESCARGA: 114.7 PSIA  
**TEMPERATURAS**  
 SUCCION: 111° F  
 DESCARGA: 370° F (MAX. TEORICO)  
 DESPUES DEL ENFRIADOR: 114° F

**TV-606**  
 ACUMULADOR AIRE DE INSTRUMENTOS  
 VOLUMEN REAL: 97 M<sup>3</sup>  
 DIMENSIONES: 1656 mm DI x 4800 mm L.T.T.  
 PRESION DE DISEÑO: 8.45 Kg/cm<sup>2</sup> (120 PSI)  
 TEMPERATURA DE DISEÑO: 65° C

**DA-200**  
 SECADOR PARA AIRE DE INSTRUMENTOS  
 (REGENERATIVO TIPO ADSORCION)  
 CAPACIDAD 250 S.C.F.M.  
 CORRIENTE 120/1/60  
 PUNTO DE ROCIO DE LA SALIDA: -40° C  
 PRESION DE OPERACION: 100 PSIG (7 Kg/cm<sup>2</sup>)  
 TEMPERATURA DE ENTRADA: 114° F

**TV-607**  
 ACUMULADOR AIRE DE PLANTA  
 VOLUMEN REAL: 97 M<sup>3</sup>  
 DIMENSIONES: 1656 mm DI x 4800 mm L.T.T.  
 PRESION DE DISEÑO: 8.45 Kg/cm<sup>2</sup> (120 PSI)  
 TEMPERATURA DE DISEÑO: 65° C

**CH-607**  
 POSTENFRIADOR  
 DE DESCARGA



**MC-602 B**  
 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (MESEL)  
 PARA BC-602 B  
 POTENCIA: 65 HP  
 R.P.M.: 1800  
 TIPO: ASPIRACION NATURAL

**BC-602 B**  
 COMPRESOR RECIPROCANTE NO LUBRICADO  
 PARA AIRE DE INSTRUMENTOS (RELEVO)  
 CAPACIDAD: 250 S.C.F.M.  
**PRESSIONES**  
 SUCCION: 14.7 PSIA  
 DESCARGA: 114.7 PSIA  
**TEMPERATURAS**  
 SUCCION: 111° F  
 DESCARGA: 370° F (MAX. TEORICO)  
 DESPUES DEL ENFRIADOR: 114° F

**ME-603**  
 MOTOR ELECTRICO  
 PARA BC-603  
 POTENCIA: 75 HP  
 R.P.M.: 1800  
 CORRIENTE: 440 V/3 Ø/60 HZ  
 RESISTENCIAS  
 CALEFACTORAS: 220 V

**BC-603**  
 COMPRESOR RECIPROCANTE NO LUBRICADO  
 PARA AIRE DE PLANTA  
 CAPACIDAD 250 S.C.F.M.  
**PRESSIONES**  
 SUCCION: 14.7 PSIA  
 DESCARGA: 114.7 PSIA  
**TEMPERATURAS**  
 SUCCION: 111° F  
 DESCARGA: 370° F (MAX. TEORICO)  
 DESPUES DEL ENFRIADOR: 114° F

**"NOTA"**  
 1. TODOS LOS TABLEROS LOCALES DEBERAN DE CONTAR CON ALARMA SONORA COMUN A TODAS LAS LUMINARIAS.

YESIS PROFESIONAL.	U. N. A. M. FACULTAD DE QUIMICA PLANTA DE ALMACY DISTR DE PROPANO REFRIGERADO
DISEÑO V.L. N° 6	DIAGRAMA MECANICO DE PLANTAS AIRE DE PLANTAS E INSTRUMENTOS
PROY: M.A.H.J.	LAS TRUCHAS MCH PR-308 P
REV: M.B.R.S.C.	



**TV-608**  
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO TURBOSINA  
 CAPACIDAD: 3000 BLS.  
 DIMENSIONES: 30" Ø x 24' ALTURA.  
 TEMP. DE OPERACION: 104° F

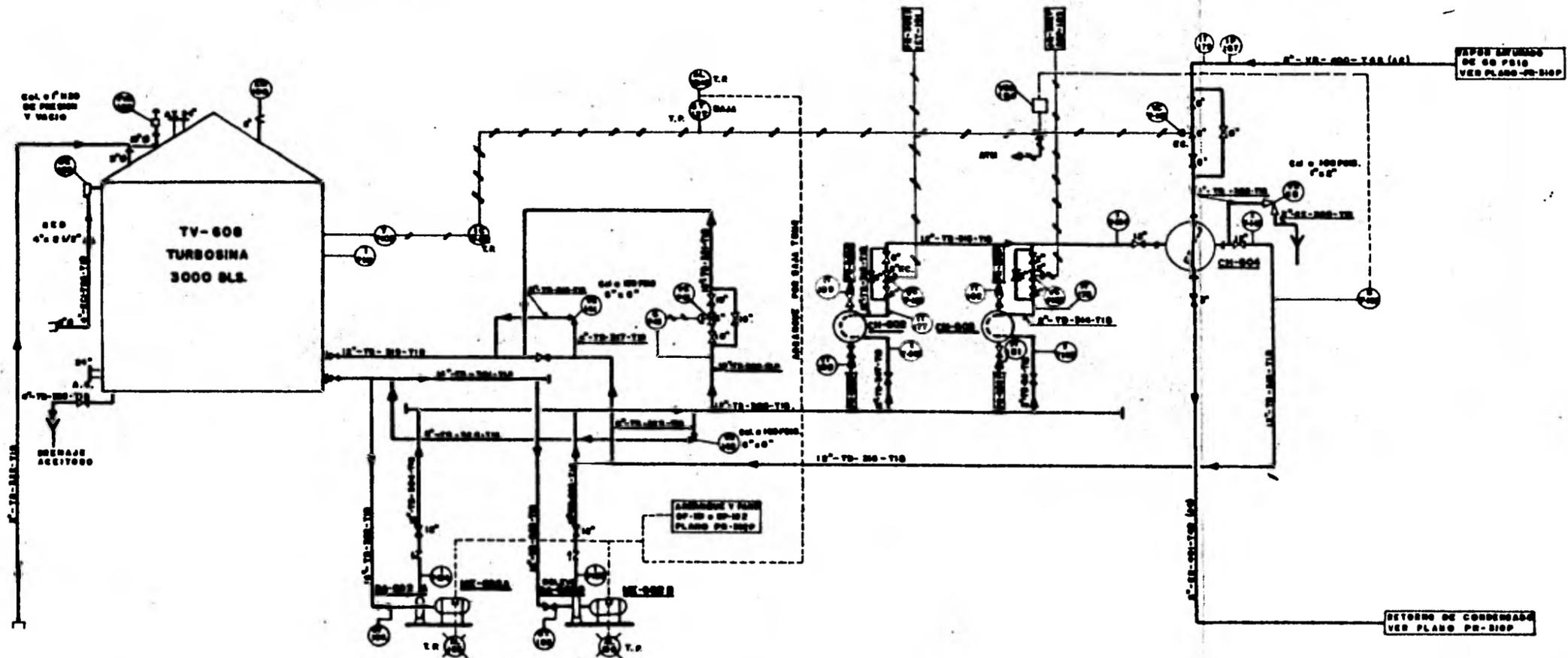
**CH-602**  
 CALENTADOR DE CARGA A LLENADERAS  
 CARGA TERMICA: 10'114,182.43 BTU  
 DIMENSIONES: 40" Ø x 168" LONG.  
 AREA DE TRANSFERENCIA: 3084 PIES<sup>2</sup>  
 PRESION DE DISEÑO CORAZA/TUBOS: 300 PSIG/100 PSIG

**CH-603**  
 CALENTADOR ROMPEDOR DE VACIO  
 CARGA TERMICA: 367,487.46 BTU  
 DIMENSIONES: 12" Ø x 96" LONG.  
 AREA DE TRANSFERENCIA: 66 PIES<sup>2</sup>  
 PRESION DE DISEÑO CORAZA/TUBOS: 200 PSIG/100 PSIG

**CH-604**  
 CALENTADOR DE TURBOSINA  
 CARGA TERMICA: 725,842.16 BTU  
 DIMENSIONES: 12" Ø x 168" LONG.  
 AREA DE TRANSFERENCIA: 670 PIES<sup>2</sup>  
 PRESION DE DISEÑO CORAZA/TUBOS: 100/100 PSIG  
 TEMP. DE DISEÑO CORAZA/TUBOS: 308/308 ° F

**ME-602 A Y B**  
 MOTORES ELECTRICOS  
 POTENCIA: 125 H.P.  
 RPM: 1750  
 ALIMENTACION ELECTRICA:  
 440 V/3 Ø/60 Hz

**BA-602 A Y B**  
 BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES  
 (CIRCULACION DE TURBOSINA)  
 GASTO: 1800 G.P.M.  
 PRESION DE SUCCION: 0 PSIG.  
 PRESION DE DESCARGA: 75 PSIG.



TESIS PROFESIONAL DEL V.L. No. 6. PROV. S.A.N.J. MEX. Dg. R.P.S.C.	UNAM FACULTAD DE QUIMICA PLANTA DE ALMAC. Y DIST. DE PRODUCTOS PROGRAMA MECANICO DE PLANTAS EST. DE TURBOSINA. AZTUCCA, MCH. [P. 20]
--	--

C A P I T U L O V

SELECCION Y ADQUISICION DE EQUIPO

### 5.1. GENERALIDADES

La selección y adquisición del equipo y materiales que se hacen necesarios para la realización de un proyecto de una planta de proceso, se puede dividir en dos grupos dependiendo de la naturaleza del equipo o materiales que se requieran para la construcción de la planta.

Dentro del primer grupo, se puede decir que lo constituyen todos aquellos equipos que para su evaluación y selección correcta se hace necesario tener conocimientos técnicos en alguna rama de la Ingeniería. Dentro de este grupo se pueden mencionar: compresoras, bombas, calderas, cambiadores de calor, recipientes, torres de destilación, etc. A este grupo se le llama Compras Técnicas.

Dentro del segundo grupo corresponden aquellos materiales cuyas características son tales que no se hace necesaria la presencia de un técnico para hacer su evaluación. Dentro de este grupo podemos mencionar: Tubería, Válvulas de Compuerta, Válvulas de Globo, Conexiones, Bridas, Lámparas, etc. A este tipo de compras se les llama compras de rutina.

### 5.2. IMPORTANCIA DEL DEPARTAMENTO DE COMPRAS EN LA REALIZACION DE UN PROYECTO.

El papel que desempeñan todos los departamentos técnicos entre ellos el Departamento de Compras Técnicas llega a ser de vital importancia para la

*ejecución de un proyecto.*

Una de las funciones principales de este departamento es hacer una buena selección de los equipos a ser comprados, al referirnos a una buena selección se están abarcando dos aspectos fundamentales: un aspecto económico y otro técnico, y para ambos aspectos es preciso contar con el personal técnico. Así pues, una de las funciones principales del Departamento de Compras Técnicas, es el asegurarse hasta donde sea posible de que el equipo que se seleccione cumpla con el servicio para el que fue especificado, ya que una vez comprado el equipo e instalado en la planta, representaría un gran problema que dicho equipo no cumpliera con el servicio requerido.

Otra de las funciones principales que desempeña el departamento de compras, es el ser responsable de obtener toda la información técnica necesaria de los diferentes proveedores para que los demás departamentos técnicos puedan desarrollar su trabajo propio de diseño. Es importante mencionar que el grupo de compras sirve como elemento de comunicación con el exterior (principalmente con proveedores), por lo que otra de las características del comprador, es que pueda desenvolverse adecuadamente con los diferentes tipos de personas, tanto del exterior como dentro de la organización de un proyecto. Podemos resumir que el Departamento de Compras Técnicas está situado en una posición intermedia entre lo meramente técnico y lo administrativo, debiendo reunir ambos requisitos en un grado intermedio.

5.3. PAPEL DEL INGENIERO QUIMICO DENTRO DEL DEPARTAMENTO DE COMPRAS.

Dentro de todas las especialidades de Ingeniería - se puede decir que el Ingeniero Químico es el más versátil y el que reúne la mayoría de los requisitos para ser un buen responsable de la realización de las compras técnicas en un proyecto, con la única advertencia de que deberá estar conciente de sus limitaciones en las diferentes ramas de la ingeniería.

Dada la importancia de las actividades del Departamento de Compras en la organización de un proyecto, es común que el responsable de dicho departamento se reporte directamente a la Gerencia de Proyecto, quien con el denominado Ingeniero de Proyecto serán los responsables de la buena ejecución del proyecto contratado.

5.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DE COMPRAS EN UN PROYECTO.

Antes de hacer la descripción de las diferentes etapas de compra, cabe aclarar que para nuestro proyecto, el alcance de compras está limitado hasta la aprobación de dibujos de fabricantes, por lo que solo se considerarán las siguientes etapas:

- a). Requisición de Equipo
- b). Convocatoria a Concurso
- c). Comparación de cotizaciones

d). Selección del Proveedor

e). Aprobación de dibujos

a). REQUISICIÓN DE EQUIPO.- La requisición de equipo es un documento que contiene todos los datos, especificaciones y planos del equipo requerido. En este documento se le proporciona al fabricante: clave, descripción y cantidad de equipos requeridos, marca, modelo, propiedades físicas y químicas de los fluidos, condiciones normales máximas y mínimas de flujo, presión y temperatura de operación, especificación de materiales, etc., etc.

Estas especificaciones son preparadas por los diferentes grupos de ingeniería. En la elaboración de estas especificaciones los grupos de ingeniería generalmente son asesorados técnicamente por los ingenieros de ventas, lo cual es muy valioso en las etapas preliminares del desarrollo de especificaciones.

b). CONVOCATORIA A CONCURSO.- Para hacer una buena selección del equipo que más se ajuste a las especificaciones de proyecto, es necesario hacer una buena selección de los fabricantes que participarán en el concurso para la adquisición del equipo.

Se deberá invitar a fabricantes de los que se esté seguro de que producen el equipo requerido y que no ofrezcan equipos con tiempos de entrega fuera de programa.

c). COMPARACION DE LAS COTIZACIONES (TECNICA Y COMERCIAL).- Para hacer la comparación de las cotizaciones se elabora una tabla comparativa, donde por un la

do se enlistan todas las características y especificaciones del equipo requerido, y por otro se enlistan todas las características del equipo que ofrece cada fabricante y así facilitar la comparación de los diferentes equipos cotizados contra el equipo requerido. Una vez que se vaciaron todas las cotizaciones, se analiza cada una de las propuestas para con ello determinar que equipos satisfacen las necesidades del servicio para el que fue especificado y que ventajas y desventajas presentan cada una de ellas con respecto a las otras.

Va que se seleccionaron cuales de las cotizaciones cumplen con lo especificado técnicamente, se analiza cual equipo es el más atractivo económicamente.

El análisis económico requiere un estrecho escrutinio, lo que pudiera parecer un precio bajo, puede en realidad ser tan alto si se comparan los siguientes puntos: a). Precio cotizado, b) Costos de Operación, c). Costos por fletes desde el lugar de L.A.B. hasta el lugar de la obra, d). costos por protección al equipo de fabricación nacional (fracción arancelaria), e). Tiempo de Entrega, f). Condiciones de pago, g). Garantía, h). Asesoría por instalación y arranque del equipo.

Cuando se han analizado cada uno de los puntos antes descritos, se puede determinar cual de los equipos cotizados es el que más conviene adquirir.

d). **ADQUISICION DEL EQUIPO.**- Una vez que se ha seleccionado un proveedor se emite una carta de intención de compra; que es un documento por medio del cual se informa al fabricante que ha sido seleccionado para surtir el equipo y que puede proceder con la fabricación del mismo. Con esto se consigue un ahorro de tiempo considerable ya que este documento puede ser entregado dentro de vigencia y evitar posibles escalaciones de precios por conceptos de aumento de precios en los materiales utilizados ó por mano de obra. Posteriormente al fabricante se le entrega una orden formal de compra, donde se indican todas las especificaciones o características del equipo, así mismo se hace referencia a sus cotizaciones y a la carta de intento así como a la requisición de equipo, y así asegurarse que se cubran todas las especificaciones. Además en el pedido se indican los precios unitarios de cada partida así como el total de la orden de compra el tiempo de entrega, las condiciones de pago, el lugar de entrega, descuentos, cláusulas escalatorias, etc., etc.

e). **APROBACION DE DIBUJOS.**- Cuando el fabricante ha recibido la orden compra, este deberá entregar planos de construcción para su aprobación o comentarios, además deberá entregar la información técnica que los diferentes grupos de ingeniería juzguen pertinente. Ya que el avance del proyecto en mucho depende de esta información, ya que con ésta se podrán elaborar todos los planos de instalación, como pueden ser: Arreglo de tubería, cimentaciones, alimentaciones eléctricas, etc., etc.

Dichos planos para que puedan ser aprobados, deberán cumplir con todas las especificaciones indicadas en la orden de compra, como son: dimensiones, pesos, materiales de construcción, etc. Una vez que los planos han sido aprobados, se retorna una copia al fabricante y otra al Departamento de Inspección del cliente (en nuestro caso Pemex).

Para la aceptación del equipo por parte del inspector del cliente, el fabricante deberá presentar una copia de sus dibujos aprobados y certificados para construcción, y así este pueda comparar contra el equipo terminado y determinar si se acepta dicho equipo o se rechaza.

## ANALISIS DE RESULTADOS

Haré un breve análisis de las materias en las cuales quedarían encuadrados los capítulos de que está compuesto este trabajo, así como cuál sería la orientación que debe tener cada una de las materias, para que se puedan tocar cada una de las etapas del diseño de proceso para un proyecto de una planta de proceso.

### CAPITULO I.

En este capítulo se trata el tema de las bases de diseño para la elaboración del proyecto. Este tema quedaría englobado en una manera muy general en la materia de Tecnología de Servicios o en Ingeniería de Proceso. Es necesario que el egresado de la Facultad de Química en el área de Ingeniería Química tenga los conocimientos necesarios para poder entender que son y para qué son las bases de diseño. Como ya se dijo anteriormente las bases de diseño son la parte medular del diseño de proceso y este es el punto de partida del Desarrollo del proyecto ya que se dan casos de egresados de la facultad, que en la estancia en la misma nunca se les mencionó que es un proyecto de una planta de proceso.

### CAPITULO II.

Aquí nos referimos a la descripción del proceso de nuestro proyecto. Para hacer una descripción del proceso es necesario de que equipo está compuesto nuestro proceso así -

como conocer de una manera muy general el funcionamiento de dichos equipos, además saber interpretar los diagramas de tubería e instrumentación y además contar con sólidos conocimientos teóricos de las operaciones unitarias para saber cuáles son las variables que en un momento pueden afectar nuestro proceso. Ya que de esta descripción dependerá que las demás áreas de la ingeniería puedan entender y comprender el funcionamiento de la planta y con esto tener un buen diseño de la misma. Este tema quedaría también encuadrado en las materias antes dichas.

### CAPITULO III.

El tema de balances de materia y energía es uno de los temas que más se tratan a través de las diferentes materias de que consta el plan de estudios de la carrera de ingeniero químico.

Aquí a mi juicio solo tengo una observación: es conveniente que se impartan problemas en cada una de las materias donde se trate cualquier tipo de operación unitaria ya que solo resolviendo problemas se puede crear la habilidad de poder manejar los conocimientos teóricos que se imparten en las clases.

### CAPITULO IV.

En este capítulo se trató aunque de una manera muy general la descripción de cada diagrama de tubería e instrumentación así como de los equipos de que está compuesto cada

uno de estos.

Es aquí donde creo que al egresado se le presentan serios problemas al tratar de dimensionar los equipos de que está compuesto cada diagrama mecánico de flujo, problemas ocasionados por la inseguridad que siente el pasante de ingeniero químico debido a que no se tiene la habilidad de manejar no tanto los conocimientos teóricos sino también la información técnica que existe de los diferentes equipos de proceso.

Es por eso que creo conveniente que en las materias que a continuación se mencionan se implementen los mecanismos para que se pueda crear la habilidad que arriba se mencionó.

1. La materia de Ingeniería Mecánica debe de estar encaminada a que el alumno se familiarice con los diferentes equipos de proceso que existen, los diferentes materiales de construcción para estos equipos así como sus características, tanto químicas como mecánicas, que se enseñe a manejar los diferentes códigos y normas de diseño que existen.
2. La materia de Instrumentación Industrial.
  - a). Debe ser obligatoria para el área de Ingeniería Química.
  - b). Que se imparta en dos semestres.

Los dos puntos anteriores se basan en lo siguiente:

El primer punto es debido a que el Ingeniero Químico

co debe conocer todos los tipos de control que existen, ya que es el responsable de que la planta pueda operar de una manera continua y eficiente, ya que es el único que conoce cuales son las variables que afectan la buena operación de la planta y cuales son las soluciones a los problemas que se presentan.

El segundo punto se basa en: Como se dijo debe contar con sólidos conocimientos del control de los diferentes instrumentos de control que existen en el mercado así como su selección y adquisición y creo que en un curso de 40 sesiones no se alcanzaría a cubrir todo lo que a instrumentación de plantas de proceso se refiere. Para esto se tiene que hacer un buen programa del curso donde se consulten a especialistas de la materia que se desarrollen en el área de proyectos para plantas de proceso ya que solo estos conocerán cuales son las necesidades o cualidades que deberá tener un Ingeniero Químico al egresar de la facultad.

#### CAPITULO V.

La selección y procuramiento de equipo es un tema que en la actualidad en la facultad de química en ninguna de las asignaturas se imparte o se trata el tema de la selección o adquisición de equipo. Es conveniente que en una de las materias como pueden ser las ingenierías económicas se impartiera este tema como ya lo mencionamos anteriormente, el procuramiento de equipo es una parte muy importante en el desarrollo del proyecto ya que de la información del fabricante en

mucho depende el avance del mismo. Y el Ingeniero Químico - dentro de las demás ramas de la ingeniería es la persona que reúne los conocimientos necesarios para ser el responsable - de la realización de las compras técnicas en un proyecto.

### CONCLUSIONES

Para que se pueda tener un buen diseño de proceso, es necesario que los ingenieros de proceso cuenten con los mejores conocimientos técnicos para poder desarrollar un buen diseño de todos los equipos de proceso y resolver los problemas que se le presenten conforme avanza el diseño de la planta.

Además que tenga la habilidad de poder manejar toda la información técnica disponible de los diferentes equipos de proceso que existen en el mercado. También es necesario un buen manejo de conocimientos en: instrumentación, ingeniería de materiales, especificación de equipos, códigos y normas de diseño.

Por lo anterior propongo que en la Facultad de Química se implementen los mecanismos para que al plan de estudios de la carrera de Ingeniero Químico, se le dé la debida importancia a la enseñanza de las materias relacionadas con la Ingeniería de Proyecto como son: Instrumentación Industrial que en la actualidad es materia optativa, Diseño de Equipo, Relaciones Humanas, además dicho plan carece de materias donde se impartan la programación y control de proyectos, elaboración e interpretación de planos de tubería e instrumentación, planos de servicios auxiliares, así como procedimientos de selección y adquisición de equipo.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- "APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL AND PETROCHEMICAL PLANTS"  
Volúmen I y II  
Ernest E. Ludwig  
Gulf Publishing Company 1964.
  
- 2.- "CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK"  
Robert H. Perry and Cecil N. Chilton Editors  
McGraw Hill Book Company  
Fifth Edition 1973.
  
- 3.- "PRINCIPLES OF UNIT OPERATIONS"  
A.S. Foust Et. Al.  
John Wiley & Sons, Inc.  
Second Printing 1960.
  
- 4.- "MANUAL FOR PROCESS ENGINEERING CALCULATIONS"  
Loyal Clarke and Robert L. Davison  
McGraw Hill Book Company  
Second Edition 1962.
  
- 5.- "CHEMICAL PROCESS PRINCIPLES"  
Part I. Material and Energy Balances  
O.A. Hougen, K.M. Watson and R.A. Ragatz  
John Wiley & Sons, Inc.

6.- AN INTRODUCTION TO CHEMICAL ENGINEERING

Charles E. Little John. Ph. D.

George F. Meenaghan, Ph. D.

Reynhold Publishing Corporation, New York  
First Edition.

7.- UNIT OPERATIONS OF CHEMICAL ENGINEERING

Warren L. McCabe and Julian C. Smith

McGraw Hill, Book Company

Second Edition.

8.- BALANCES DE MATERIA

Rudi-Primo Stivalet y Antonio Valiente

Facultad de Quimica. U.N.A.M.

México 1975.

9.- MEMORIAS DEL CURSO DE DISEÑO E INSTALACION DE PLANTAS  
INDUSTRIALES.

Bufete Industrial

Facultad de Quimica U.N.A.M.

México 1977.

10.- PROCESS PLANT DESIGN

J.R. Backhurst and J. H. Harker

Heinemann Educational Books London

11.- PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS

Max S. Peters and Klaus D. Timmerhaus  
McGraw Hill Books Company  
Second Edition

12.- PROJECT ENGINEERING OF PROCESS PLANTS

Howard F. Rase and M.H. Barron

John Wiley & Sons, Inc.

1957

13.- PROYECTO PARA LA RELOCALIZACION DE LA TERMINAL DE ALMA-  
CENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE PRODUCTOS DESTILADOS EN -  
SALTILLO, COAHUILA.

Carlos del Río P.

Tesis Profesional 1978.

Facultad de Química - U.N.A.M.

14.- PROYECTO PARA LA RELOCALIZACION Y CONVERSION DE DESHIDRA  
TADORAS DE CRUDO DEL TIPO MECANICO AL ELECTROSTATICO.

Armando Aceves Ramírez

Tesis Profesional 1979

ESIQUE - I.P.N.

15.- SISTEMAS DE COMPRESION.

Ricardo Ramírez Cruz

Tesis Profesional 1978

Facultad de Química - U.N.A.M.

- 16.- ANALISIS DEL ARRANQUE Y PARO DE UNA TERMINAL CRIOGENICA  
DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO EN PAJARITOS, VER.

*Andrés Angel Soto Vargas*

*Tesis Profesional 1979.*

*Facultad de Química - U.N.A.M.*

- 17.- SERVICIOS QUE PRESTAN LAS FIRMAS DE INGENIERIA NACIONAL-  
LES PARA LA EJECUCION DE PROYECTOS INDUSTRIALES Y LINEA  
MIENTOS GENERALES DE CONTRATACION.

*Jaime Carreto Cordero*

*Tesis Profesional 1975.*

*Facultad de Química - U.N.A.M.*

- 18.- NATURAL GAS PROCESSORS SUPPLIERS ASSOCIATION

*Engineering Data Book 1966.*

- 19.- PETROLEUM REFINER

*Vol. 38, No. 4, Pags. 143 - 150.*

*Abril 1959.*

- 20.- "CONTROL VALVES IN PROCESS PLANTS"

*Robert Kern*

*Chemical Enigeering, Abril 14, 1975.*

- 21.- "PRESSURE RELIEVING DEVICES"

*Floyd E. Anderson*

*Chemical Engineering, Mayo 24, 1976.*

22.- PRESSURE RELIEF SYSTEMS

*Marx Isaacs*

*Chemical Engineering, Febrero 22, 1971.*

23.- VALVE SELECTION

*August Brodgesell*

*Pump and Valve Selector/Chemical Engineering/Desk  
Book Issue.*

*Octubre 11, 1971.*

24.- FLOW OF FLUIDS THROUGH VALVES, FITTINGS AND PIPE

*By The Engineering Division Crane*

*Crane Co/Eleven Printing. 1970.*

25.- REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO DE TUBERIA DE PROCESO Y  
SERVICIOS AUXILIARES.

*Norma T-101*

*Especificaciones Generales*

*Gerencia de Proyectos y Construcción*

*Petroles Mexicanos 1974.*

26.- LA INGENIERIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION EN PETROLEOS  
MEXICANOS.

*Ing. Jaime Hernández B.*

*IMIQ, Mayo-Junio 1978.*