



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

## SERVICIOS REQUERIDOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA DE OPERACION DUAL

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N:

*Juan Francisco González Ceniceros*

*Pablo Díaz Toledo*

DIRECTOR DE TESIS:  
ING. ENRIQUE NAVA ESTRADA

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 :

- 1.0 Objetivo.
- 2.0 Bases de diseño.
  - 2.1 Generalidades.
  - 2.2 Descripción de servicios.
  - 2.3 Datos del lugar.
  - 2.4 Unidades a utilizar en el diseño.
  - 2.5 Criterios de diseño.
  - 2.6 Estándares y códigos aplicables.
- 3.0 Ingeniería básica y de detalle.
  - 3.1 Caldera dual.
    - 3.1.1 Tipos de calderas y selección.
    - 3.1.2 Tratamiento del agua de alimentación a calderas.
    - 3.1.3 Hoja de datos y condiciones de operación de la caldera dual.
  - 3.2 Lista de equipo y lista de motores.
  - 3.3 Índice de líneas.
  - 3.4 Balance de materia y energía.
    - 3.4.1 Memoria de cálculo.
  - 3.5 Especificación de tuberías.
  - 3.6 Sistema de tratamiento de agua.

- 3.6.1 Tipos de tratamiento y selección.
- 3.6.2 Descripción del sistema.
- 3.6.3 Memorias de cálculo.
- 3.6.4 Hojas de datos.
- 3.7 Equipos accesorios de calderas.
  - 3.7.1 Bombas de alimentación de agua a caldera, tipos de bombas y selección.
  - 3.7.2 Desaeradores, tipos y selección.
  - 3.7.3 Tanques de purgas.
  - 3.7.4 Tratamiento interno de agua para caldera.
  - 3.7.5 Memorias de cálculo.
  - 3.7.6 Hojas de datos.
  - 3.7.7 Descripción del sistema.
- 3.8 Combustibles.
  - 3.8.1 Clasificación de combustibles.
  - 3.8.2 Manejo de combustibles.
  - 3.8.3 Selección del combustible.
  - 3.8.4 Descripción del sistema.
  - 3.8.5 Memorias de cálculo.
  - 3.8.6 Hojas de datos.
- 3.9 Aire comprimido.
  - 3.9.1 Tipos de compresores.
  - 3.9.2 Balance de aire y selección del tipo de compresor.
  - 3.9.3 Secadora de aire.
  - 3.9.4 Memorias de cálculo.
  - 3.9.5 Descripción del sistema.



### 3.9.6 Hojas de datos.

### 4.0 Diagramas.

NUMERO	TITULO
PR-1076-01	Diagrama de balance (Vapor-agua).
PR-1076-07	Diagrama de balance de combustoleo.
PR-1076-08	Diagrama de balance de aire comprimido.
PR-1076-02	Diagrama de tubería e instrumentación desaaerador.
PR-1076-03	Diagrama de tubería e instrumentación del manejo de combustible.
PR-1076-04	Diagrama de tubería e instrumentación aire comprimido.
PR-1076-05	Diagrama de tubería e instrumentación del sistema de tratamiento de aguas.
PR-1076-06	Diagrama de tubería e instrumentación caldera dual.
PR-1076-09	Arreglo general de equipo.

### 5.0 Métodos de cálculo e información general.

Tabla I Límites de sólidos y otras características - recomendables en el agua de calderas.

Tabla II Límites de sólidos y otras características - recomendables en el agua de calderas.

Tabla III Tolerancia de sílice en el agua de calderas

a varias presiones del vapor, conteniendo --  
este 0.02 - 0.03 P.P.M.

Tabla IV Filtros verticales.

Tabla V Filtros horizontales.

Tabla VI Estudio económico H/D en tanques atmosféricos.

- Método Elliot para turbinas de vapor.

- Procedimiento para dimensionamiento de tanques  
para evaporación instantánea de condensados.

Figura No. 1 Altura de líquido en tanque vertical.

Figura No. 2 Arreglo de un tanque vertical con malla de --  
alambre.

Figuras Nos.  
3 a 9 Gráficas para dimensionamientos de líneas.

6.0 Conclusión.

7.0 Bibliografía.

## 1.0 OBJETIVO.

Actualmente existe una planta de urea y servicios - que fue diseñada para Fertimex por Foster Wheeler Energy Corporation y consiste, principalmente, en tres secciones:

Sección 100: Planta de urea.

Sección 200: Compresor de CO<sub>2</sub>.

Sección 300: Incluye vapor, condensados, -- diesel, agua de enfriamiento y sistema de tratamiento de agua.

La planta de urea está diseñada para producir - - - 2,204,000 Lb/DIA de urea prilada a partir de amoniaco líquido y bióxido de carbono gas (CO<sub>2</sub>).

El CO<sub>2</sub> es suministrado por un compresor que está di señado para un flujo de 2,078,019 Lb/DIA y el cual es accio- nado por una turbina de vapor.

El sistema de facilidades externas, sección 300, -- está diseñado para generar 125,000 Lb/Hr de vapor a 910 PSIG y 878<sup>o</sup>F. Este sistema está diseñado para mover varias máqui- nas (principalmente el compresor de CO<sub>2</sub>) y vapor de uso ex- traído o consumido por el proceso. En complemento, el siste- ma de servicios está previsto para la distribución de agua - de enfriamiento, aire de instrumentos y de planta, electri- cidad, gas y combustible.

Asimismo, cerca de la planta de urea existe una - -

planta de  $H_2SO_4$ , también propiedad de Fertimex, que requiere vapor de 526 PSIG y 680 °F, para lo cual cuenta con una caldera dentro de su área de servicios.

En vista de que el suministro de vapor para estos dos procesos es determinante, ya que no únicamente es una fuente directa para el accionamiento de turbinas, sino que también es el medio más útil de calentamiento, y que por tanto, si llegara a faltar, se tendrían que parar las plantas. Se hizo necesario poner una caldera de apoyo que podrá suministrar vapor de 910 PSIG o de 526 PSIG en caso de falla de la caldera de la planta de urea o en caso de falla de la caldera de la planta de ácido sulfúrico.

En la presente tesis se pretende mostrar el alcance de trabajo para el ingeniero de proceso, al especificar los servicios auxiliares requeridos por una caldera para generar vapor a dos presiones diferentes y dar a conocer los códigos, normas y estándares en los que se debe basar para especificar los diferentes equipos que están involucrados en este tipo de sistema, cuyos puntos básicos son los siguientes:

- 1) Caldera dual.
- 2) Balance de materia y energía.
- 3) Tratamiento de agua.
- 4) Desaerador.
- 5) Combustibles.
- 6) Aire comprimido.

## 2.0 BASES DE DISEÑO.

### 2.1 GENERALIDADES.

Fertimex, S.A. compró a Carrey, S.A. una caldera de operación dual tanto en presión (910 PSIG o 526 PSIG), como en combustible (combustóleo o gas natural). Esta caldera servirá de apoyo a dos ya existentes, produciendo vapor de 910 PSIG para enviarlo a la planta de urea o vapor de 526 PSIG para enviarlo a la planta de ácido sulfúrico.

Los trabajos del departamento de proceso y, específicamente, del ingeniero de diseño, consistirán en la elaboración de la ingeniería básica y de detalle de los requerimientos para la operación de esta caldera.

La caldera está diseñada para producir 185,000 - Lb/Hr de vapor a 910 PSIG y 878°F o 526 PSIG y 680°F.

Cuando la caldera produzca vapor de 910 PSIG se mandarían los 185,000 Lb/Hr a la planta de urea, importándose de la misma vapor de 370 PSIG y 662°F y el agua desmineralizada caliente (280°F) que se requiera, que provenirá del desaerador que suministra agua a la caldera existente en la planta de urea.

Cuando la caldera produzca vapor de 526 PSIG se podrá utilizar el vapor necesario para los servicios internos de la caldera, exportando el resto de las 185,000 Lb/Hr a la planta de ácido sulfúrico y el suministro de agua para este caso está comprendido en el alcance de este trabajo.

El desarrollo de la ingeniería básica y de detalle deberá basarse en la información suministrada por Carrrey y en el hecho de que la caldera ya está comprada.

## 2.2 DESCRIPCION DE SERVICIOS.

### Vapor de alta presión.

Tipo: Sobrecalentado.

Presión: 910 PSIG.

Temperaturas: 878 °F.

Procedencia: Caldera.

Destinos: Planta de urea, compresor de CO<sub>2</sub>

### Vapor de media presión.

Tipo: Sobrecalentado.

Presión: 526 PSIG.

Temperaturas: 680 °F.

Procedencia: Caldera.

Destino: Planta de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y servicios internos.

### Vapor de media presión.

Tipo: Sobrecalentado.

Presión: 370 PSIG.

Temperatura: 662 °F.

Procedencia: Planta de urea, compresor de CO<sub>2</sub>

Destino: Servicios internos.

### Vapor de baja presión.

Tipo: Sobrecalentado.

Presión: 35 PSIG.

Temperaturas: 510 °F y 445 °F.  
 Procedencia: Cabezal de descarga de turbinas.  
 Destino: Desaerador y saturador de vapor.

Vapor de baja presión.

Tipos: Saturado.  
 Presión: 35 PSIG.  
 Temperatura: 280 °F.  
 Procedencia: Saturador de vapor y tanque flash.  
 Destino: Cambiadores de calor, desaerador -  
 y estaciones de servicio.

Condensado de baja presión.

Presión: 64 PSIG.  
 Temperaturas: 280 °F.  
 S.G.: 0.928.  
 Procedencias: Cambiadores de calor.  
 Destino: Drenaje.

Agua potable.

Presión: 64 PSIG.  
 Temperatura: 86 °F.  
 S.G.: 0.995.  
 Procedencia: Red existente.  
 Destino: Estaciones de servicio.

Agua cruda.

Presión: - - -  
 Temperatura: 86 °F.  
 S.G.: 0.995.

Procedencias: Red existente.  
 Destinos: Servicios generales y tratamiento  
 de agua.

Agua de enfriamiento.

Presión: 57 PSIG.

Temperatura: 86°F

S.G.: 0.995.

Procedencias: Red existente.

Destinos: Sistema de enfriamiento de equipos.

Agua desmineralizada.

Presión: - - -

Temperatura: 86°F.

S.G.: 0.995.

Procedencias: Sistema de tratamiento de agua.

Destinos: Desaireador.

Agua desmineralizada desaireada.

Presión: 35 PSIG.

Temperatura: 280°F.

S.G.: 0.928.

Procedencia: Desaireador.

Destino: Caldera.

Análisis de agua cruda.

<u>Cationes</u>		(PPM) como CaCO <sub>3</sub>
Calcio	Ca	46
Magnesio	Mg	122
Sodio	Na	217



Hidrógeno	H	0
Cationes totales		385
<u>Aniones</u>		(PPM) como Ca CO <sub>3</sub>
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub>	0
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	35
Hidróxidos	OH	0
Fosfatos	PO <sub>4</sub>	0
Cloruros	Cl	200
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	150
Nitratos	NO <sub>3</sub>	0
Aniones totales		385
Dureza total	169	PPM como Ca CO <sub>3</sub>
Bióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0
Sílice	SiO <sub>2</sub>	40
Hierro	Fe	--

Agua residual.

Presión: 14.7 PSIA

Temperatura: 86°F.

S.G.s: 0.995.

Procedencias: Efluentes de la regeneración del sistema de tratamiento de agua.

Destinos: Tratamiento de efluentes.

Aire de servicios.

Tipo: Aire húmedo libre de aceite.

Presión: 100 PSIG.

Temperatura: 86°F.

Procedencias: Tanque receptor de aire comprimido.

Destinos: Servicios generales.

Aire de instrumentos.

Tipo: Seco y libre de aceites.

Presión: 100 PSIG.

Temperatura: 86°F.

Procedencias: Secador de aire.

Destino: Instrumentación neumática.

Combustóleo.

Tipo: Pesado.

Presión: - - -

Temperatura: 122°F.

S.G.: 0.92.

Procedencia: Autos tanque y sistema existente.

Destino: Quemador de caldera.

Diesel.

Presión: - - -

Temperatura: 86°F.

Procedencia: Sistema existente.

Destino: Quemador de caldera (Arranque).

Gas natural.

Presión: 30 PSIG.

Temperatura: 86°F.

Procedencias: Estación de medición (PEMEX).

Destinos: Quemador de caldera.

Gas L. P.

Presión 70 PSIG.  
 Temperaturas 68°F.  
 Procedencias Autos tanque.  
 Destinos Almacenamiento y piloto de quemador de caldera.

Acido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Concentraciones 98%.  
 Presións - -  
 Temperaturas 86°F.  
 Procedencias Planta de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
 Destinos Tanque de almacenamiento y regeneración de unidades aniónicas.

Sosa cáustica (Na OH).

Concentración: 50%.  
 Presións - -  
 Temperatura: 86°F.  
 Procedencias Auto tanque.  
 Destinos Tanque de almacenamiento y regeneración de unidades aniónicas.

Sosa cáustica (Na OH).

Concentración: 10%.  
 Presións - -  
 Temperaturas 86°F.  
 Procedencias Suministro de sistema existente.  
 Destinos Limpieza del calentador Ljunstrom.

## 2.3 DATOS DEL LUGAR.

Velocidad del viento (diseño)	161 Ft/SEG
Precipitación pluvial máxima (mensual)	32 in
Presión barométrica	14.7 PSIA
Temperatura de bulbo seco	102 °F
Temperatura promedio máxima de bulbo seco	92 °F
Temperatura promedio mínima de bulbo seco	60.26 °F
Temperatura de bulbo húmedo	84 °F

#### 2.4 UNIDADES A USAR EN EL DISEÑO.

Volumen	Pie cúbico	Ft <sup>3</sup>
Longitud	Pie	Ft
Peso	Libra	Lb
Presión	PSIG	Lb/in <sup>2</sup>
Temperatura	Grado Fahrenheit	F
Flujo líquido	Galón por minuto	GPM
Flujo gas	Pie cúbico por hora	Ft <sup>3</sup> /Hr
Velocidad	Pie por segundo	Ft/seg
Potencia	Caballo de fuerza	H.P.
Viscosidad	Centipoise	Cp
Densidad	Libra por pie cúbico	Lb/Ft <sup>3</sup>

#### 2.5 CRITERIOS DE DISEÑO.

##### 2.5.1 Tubería.

Todas las líneas deberán ser dimensionadas normalmente de acuerdo al criterio de caída de presión por fricción, con límites de velocidad.

En algunas ocasiones el tamaño de la línea podrá -

ser determinado por criterio económico o de caída de presión disponible.

Para el dimensionamiento de líneas de succión de bombas, de líquidos, en su punto de ebullición, muy volátiles o muy viscosos, el criterio más utilizado será el de NPSH requerido por la bomba, tomando en consideración que el NPSH disponible debe ser como mínimo dos pies mayor al requerido.

Para el cálculo de las líneas del presente trabajo se utiliza el método gráfico que tiene la característica de que el valor de pérdidas por fricción que se obtiene tiene un factor de seguridad de 20%, respecto a tubería nueva.

#### 2.5.2 Caídas de presión y velocidades recomendables.

Las caídas de presión recomendables vienen dadas en las gráficas para cálculo de líneas anexas en el apéndice.

Las velocidades recomendables que a continuación se presentan fueron establecidas en base a experiencias prácticas.

FLUIDO	VELOCIDAD
Aire comprimido	4000 - 6000 Ft/min
Gas natural	6000 Ft/min
Vapor saturado (0 - 25 PSIG)	4000 - 6000 Ft/min
Vapor saturado (25 PSIG y mayor)	6000 - 10000 Ft/min

Vapor sobrecalentado (0 - 10 PSIG)	4000 - 15000 Ft/min
Vapor sobrecalentado (11-100 PSIG)	3000 - 13500 Ft/min
Vapor sobrecalentado (101-900 PSIG)	2500 - 10000 Ft/min
Aceite ligero	6.0 Ft/seg
Aceite mediano	2.5 Ft/seg
Aceite pesado	2.5 Ft/seg
Aceite muy pesado	2.0 Ft/seg

**Agua:**

Servicio general	4 - 10 Ft/seg
Succión de bombas	3 - 6 Ft/seg
Descarga de bombas	7 - 10 Ft/seg

**2.5.3 Factores de diseño en bombas y tanques.**

- a) Bombas Flujo = 1.1 por flujo normal de operación.
- b) Tanques Volumen de diseño = 1.2 por volumen de operación.
- c) Recipientes a presión Presión de diseño = 1.1 por presión máxima de trabajo o 25 PSIG más presión máxima de trabajo, lo que sea mayor.  
Temperatura de diseño =  $25^{\circ}\text{F}$  + temperatura máxima de operación.

**2.5.4 Pruebas de bombas y tanques.**

- a) Bombas Hidrostática.  
De funcionamiento.  
NPSH (las que la requieran)

Vibración en punto de garantía.

Inspección.

Máxima presión de trabajo permisible.

Sumergencia (las que la requieran).

b) Tanques

Hidroestática.

Radiografiado (por puntos).

## 2.6 ESTANDARES Y CODIGOS APLICABLES.

El ingeniero de diseño requiere apegarse a ciertas leyes y códigos y guiarse por varios estándares y regulaciones. A continuación se da una lista de los códigos y estándares que regirán este proyecto.

Bombas	ANSI, API 610, ASTM, HIS
Tanques	ASME, AWS, API 620, API 650, ASTM, AISC, STPS
Cambiadores de calor	TEMA, ASME
Turbinas de vapor	ASME, API 615, NEMA
Filtros	ASME, ASTM, ANSI, AISI, AISC
Motores eléctricos	NEMA, ANSI, IEEE, NEC
Desaeradores	ASME, HEI, ANSI, ISA

### Siglas.

### Nombre completo.

ANSI	American National Standard Institute
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers

ASTM	American Society for Testing Materiales
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association
AWS	American Welding Society
AISC	American Institute of Steel Construction
AISI	American Iron and Steel Institute
ISA	Instrument Society of America
HEI	Heat Exchanger Institute
HIS	Hidraulic Institute Standards
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social

## EJEMPLOS

CODIGO	REGULACION
ASME	Criterios y fórmulas para el diseño de todas -- las partes integrantes de recipientes a presión, pruebas y materiales de construcción, etc.
AWS	Procedimientos y calificación de soldadura, materiales para soldadura, etc.
API 620	Criterios y fórmulas para el diseño de recipientes atmosféricos y de baja presión, materiales, pruebas, etc.
API 650	Criterios y fórmulas para el diseño de tanques atmosféricos, materiales, pruebas, diseño de estructuras, etc.
ASTM	Especificación de materiales y pruebas.
AISC	Criterios y fórmulas para el diseño de soportaría y estructura, plataformas, escaleras, etc.
STPS	Criterios y fórmulas para el diseño de recipientes a presión (similar al ASME).



### 3.0 INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE.

#### 3.1 CALDERA DUAL.

##### 3.1.1 Tipos de calderas y selección.

En el desarrollo de las unidades generadoras de vapor se han diseñado una gran variedad de modelos y tipos de calderas con diferentes arreglos, de los cuales cada uno tenía sus ventajas y desventajas; sin embargo, en la actualidad los diseños se han venido estandarizando hasta llegar a los modelos actuales, existiendo básicamente dos tipos de calderas que son:

Calderas tubos de humo.

Calderas tubos de agua.

Calderas tubos de humo.- A este tipo de calderas se les ha denominado así por el arreglo que tienen; son de varios pasos en los tubos, dentro de los cuales fluye el gas de combustión, mientras que fuera de los tubos se genera vapor. La generación de vapor por fuera de los tubos es un factor limitante para estas calderas, ya que no pueden operar a grandes capacidades ni grandes presiones debido a que el espesor de la placa que se requeriría para la construcción del envolvente las hace poco económicas.

El límite de operación para estas calderas es de 24,000 Lb/Hr y 250 PSIG de presión fuera de estos límites no se fabrican en México.

Calderas tubos de agua.- La necesidad de mayor capacidad y mayor presión llevó a los fabricantes de calderas a

desarrollar una caldera más económica y el resultado fue - la caldera tubos de agua. Esta caldera, como su nombre lo indica, lleva el agua por el interior de los tubos, lo que permite altas presiones del vapor sin que se llegue a grandes espesores. La generación del vapor se hace dentro de los tubos y se envía al domo superior para efectuar la separación.

Las calderas modernas de tubos de agua no tienen actualmente límites para rangos de operación; sin embargo, estas calderas se han clasificado conforme a su capacidad en:

Calderas paquete.

Calderas construídas en campo.

Calderas paquete.- Son consideradas así aquellas que debido a sus dimensiones pueden ser totalmente construídas en la fábrica del proveedor y la instalación en campo requiere únicamente interconexión de tuberías. El límite para estas calderas es de 25,000 Lb/Hr.

Calderas construídas en campo.- Son calderas de gran capacidad y debido a su tamaño se deben ensamblar en el lugar de instalación.

Selección de la caldera.

De acuerdo con lo anterior y con las condiciones de operación de la caldera, 185,000 Lb/Hr y 210 PSIG o 526 PSIG. Fertimex seleccionó una caldera tubos de agua para -

ser construída en campo.

### 3.1.2 Tratamiento del agua de alimentación a calderas.

Las calderas modernas requieren agua de alimentación de alta pureza, debido a que al evaporarse esta, la concentración de las impurezas se incrementa, ocasionando deterioro en los materiales de las calderas y en la eficiencia de las mismas.

La asociación americana de fabricantes de calderas ha establecido los límites máximos de concentración de sólidos, alcalinidad y sílice, las tablas que muestran estos límites se encuentran en el punto 5.0 del presente trabajo.

Para el acondicionamiento de agua para calderas existen dos tipos de tratamientos:

Tratamiento externo.

Tratamiento interno.

Tratamiento externo.- Es aquel que se efectúa fuera de la caldera. El agua que se trata se conoce con el nombre de agua de repuesto (make-up) y es el agua que es necesario alimentar a la caldera para compensar las pérdidas debidas al uso del vapor y purgas continua e intermitente.

La cantidad del make-up está en función de la cantidad evaporada, el retorno de condensados y de las purgas de la caldera.

De acuerdo con las tablas I, II y III del punto 5.0, en el tratamiento externo se controlará dureza, alcalinidad, corrosión, sílice y turbiedad, ya que son causantes de lo siguientes:

Alcalinidad	Formación de espuma y acarreo de sólidos con el vapor. Fragilización del acero de las calderas. Con vapor de agua los carbonatos y bicarbonatos producen $\text{CO}_2$ que es altamente corrosivo.
Corrosión	Origina desgaste y falla del equipo y de las tuberías.
Sílice	Produce incrustaciones en la caldera y arrastre con el vapor, formando depósitos insolubles en los álabes de las turbinas.
Turbiedad	Apariencia desagradable del agua, depósitos en las líneas de agua; equipo y caldera.

Tratamiento interno.- Es aquel que se efectúa con la finalidad de contrarrestar pequeñas cantidades de dureza y  $\text{O}_2$  resultantes del tratamiento externo o introducidas por el retorno de condensados, consiste en:

a) Adicionar fosfatos solubles que eliminan la dureza, formando coágulos con el calcio y magnesio.

b) Adicionar sulfito de sodio o hidrazina que al oxidarse consumiendo oxígeno, reducen la tendencia corrosiva del agua.

c) Controlar el PH en un rango de 9.5 - 11.2.

### 3.1.3 Condiciones de operación y hoja de datos - de caldera.

A continuación se dan una serie de datos que proporcionó Cerrey para los diversos equipos que integran la caldera y que son importantes para el desarrollo del proyecto.

CASO I: Generación de 185,000 Lb/Hr de vapor de --  
526 PSIG y 680 °F.

#### Calentador de aire.

a) Consumo de vapor	7216 Lb/Hr
b) Presión del vapor	370 PSIG
c) Temperatura del vapor	442 °F
d) Procedencia	Domo de la caldera o suministro de campo.

#### Vapor de atomización.

a) Consumo de vapor	990 Lb/Hr
b) Presión del vapor	370 PSIG
c) Temperatura del vapor	442 °F
d) Procedencia	Domo de la caldera o suministro de campo.

#### Turbina del soplador de aire.

a) Marca	Terry
b) Consumo de vapor	12,040 Lb/Hr
c) Presión del vapor	526 PSIG
d) Temperatura del vapor	680 °F

e) Temperatura de salida 442 °F (35 PSIG)

Sopladores de Hollin.

a) Consumo de vapor 7,996 Lb/Hr

b) Presión del vapor 370 PSIG

c) Temperatura del vapor 662 °F

Atemperador.

a) Consumo de agua 23,755 Lb/Hr

b) Presión del agua 1,210 PSIG

c) Temperatura del agua 280 °F

d) Consumo de vapor sobrecalentado 153,046 Lb/Hr

e) Presión del vapor sobrecalentado 526 PSIG

f) Temperatura del vapor sobrecalentado 1,000 °F

g) Flujo de vapor atemperado 176,794 Lb/Hr

h) Presión del vapor atemperado 526 PSIG

i) Temperatura del vapor atemperado 680 °F

Purga continua.

a) Flujo 3% del flujo de alimentación.

b) Presión del líquido 526 PSIG

c) Temperatura 475 °F

Combustible requerido. Combustible Gas natural

a) Flujo 13,585 Lb/Hr 262,225 Ft<sup>3</sup>/Hr

b) Presión 260 PSIG 30 PSIG

c) Temperatura 215 °F 86 °F

Agua de alimentación a caldera.

- a) Flujo De balance de materia.
- b) Presión 810 PSIG (antes de valv. de -- control).
- c) Temperatura 280 °F.

CASO II: Generación de 185 000 Lb/Hr de vapor de 910 PSIG y 878 °F.

Calentador de aire.

- a) Consumo de vapor 9,500 Lb/Hr.
- b) Presión del vapor 370 PSIG.
- c) Temperatura del vapor 662 °F.

Vapor de atomización.

- a) Consumo de vapor 1,200 Lb/Hr.
- b) Presión del vapor 370 PSIG.
- c) Temperatura del vapor 662 °F.
- d) Procedencia Domo de la caldera o suministro de campo.

Turbina del soplador de aire.

- a) Marca Terry.
- b) Consumo de vapor 16,678 Lb/Hr.
- c) Presión del vapor 370 PSIG.
- d) Temperatura del vapor 662 °F.
- e) Temperatura de salida 445 °F ( 35 PSIG).

Sopladores de Hollin.

- a) Consumo de vapor 7,996 Lb/Hr.

- b) Presión del vapor 370 PSIG.  
 c) Temperatura del vapor 662 °F.

Atemperador.

- a) Consumo de agua 3,000 Lb/Hr.  
 b) Presión del agua 1,216 PSIG.  
 c) Temperatura del agua 280 °F.  
 d) Consumo de vapor sobre  
 calentado 182,000 Lb/Hr.  
 e) Presión del vapor sobrecalentado 910 PSIG.  
 f) Temperatura del vapor sobrecalentado 919 °F  
 g) Flujo de vapor atemperado 185,000 Lb/Hr.  
 h) Presión del vapor atemperado 910 PSIG.  
 i) Temperatura del vapor atemperado 878 °F.

Purga continua.

- a) Flujo 3% del flujo de alimentación.  
 b) Presión del líquido 910 PSIG.  
 c) Temperatura del líquido 534 °F.

Combustible requerido. Combustoleo Gas natural(SPT)

- a) Flujo 16,478 Lb/Hr 297,291 Ft<sup>3</sup> /Hr  
 b) Presión 260 PSIG.



c) Temperatura 212 °F

Agua de alimentación a caldera.

a) Flujo De balance de materia.

b) Presión 1,178.5 PSIG

c) Temperatura 280 °F.

A continuación se muestra una hoja de datos típica que el ingeniero de proceso debe elaborar para especificar una caldera. Los datos marcados con \* deben ser suministrados por el ingeniero de proceso y la demás información por el proveedor de la caldera.

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF INGENIERIA, S. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LUBAL INGENIERIA, S. A.  
 ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE INGENIERIA, S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUCIDA TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MISMO.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL	ELABORADO BY:	Nº
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	APPROVED APPROVED	REV.
		FECHA DATE	HOJA Nº SHEET

**HOJA DE DATOS PARA CALDERA DE VAPOR.**

**1.0 DATOS GENERALES**

Cliente \_\_\_\_\_ \* Planta \_\_\_\_\_ \*  
 Localización \_\_\_\_\_ \* N° de Proyecto \_\_\_\_\_ \*  
 Fabricante \_\_\_\_\_ No. Tag. \_\_\_\_\_ \*  
 Servicio \_\_\_\_\_ \* Longitud \_\_\_\_\_ FT.  
 Ancho \_\_\_\_\_ FT Peso Vacio \_\_\_\_\_ LB.  
 Peso en Operación \_\_\_\_\_ LB Modelo \_\_\_\_\_  
 Cantidad \_\_\_\_\_ \* Volúmen del Hogar \_\_\_\_\_ FT<sup>3</sup>  
 Superficie total de calentamiento \_\_\_\_\_ FT<sup>2</sup>

- (1) con combustible primario
- (2) con combustible secundario

**2.0 CONDICIONES DE OPERACION**

Evaporación máxima \_\_\_\_\_ \* lb/hr.  
 Evaporación actual \_\_\_\_\_ \* lb/hr.  
 Presión del vapor a la salida normal/máx. \_\_\_\_\_ \* Psig.  
 Temperatura del vapor de salida \_\_\_\_\_ \* °F.  
 Calor requerido máx./actual \_\_\_\_\_ BTU/hr.  
 Flujo de purga continua \_\_\_\_\_ lb/hr.  
 Flujo de purga intermitente \_\_\_\_\_ lb/hr.  
 Duración de la purga intermitente \_\_\_\_\_ min.  
 Presión de prueba \_\_\_\_\_ Psig.  
 Eficiencia con combustible primario \_\_\_\_\_ %  
 Eficiencia con combustible secundario \_\_\_\_\_ %

**3.0 AIRE.**

Temperatura del aire de combustión \_\_\_\_\_ °F.

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LINSA INGENIERIA, S. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LINSA INGENIERIA, S. A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LINSA INGENIERIA, S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUCCION TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MISMO.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL	ELABORADO BY:	
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	APROBADO APPROVED	REV.
		FECHA DATE	HOJA N° SHEET

Temperatura de gases a la chimenea \_\_\_\_\_ °F.

Consumo de aire a evaporación máx/actual \_\_\_\_\_ °F.

Exceso de aire a evaporación máx/actual \_\_\_\_\_ lb/hr.

Consumo de aire para instrumentos \_\_\_\_\_ SCFM

Presión mínima/máxima para aire de instrumentos \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Psig.

Consumo de aire para atomización \_\_\_\_\_ lb/hr.

Pérdidas por tiro a través de la unidad \_\_\_\_\_ IN-H<sub>2</sub>O

**4.0 COMBUSTIBLE PRIMARIO**

Tipo de combustible \_\_\_\_\_ \*

Consumo de combustible a evaporación máx/actual \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ lb/hr.

Presión mínima requerida \_\_\_\_\_ Psig.

Temperatura mínima requerida \_\_\_\_\_ °F.

Poder calorífico alto/bajo \_\_\_\_\_ BTU/lb.

Gravedad específica 60°F. \_\_\_\_\_

Viscosidad: \_\_\_\_\_ CP. a \_\_\_\_\_ °F., \_\_\_\_\_ CP. a  
\_\_\_\_\_ °F.

Análisis del combustible: Compuesto símbolo % peso.

Carbono	C
Hidrógeno	H
Azufre	S
Otros	

**5.0 COMBUSTIBLE SECUNDARIO**

Tipo de combustible \_\_\_\_\_ \*

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LUMA INGENIERIA, S. A. NO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LUMA INGENIERIA, S. A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LUMA INGENIERIA, S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUCCION TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MISMO.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL	ELABORADO BY:	N°
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES. CUAUTITLAN	APROBADO APPROVED	REV.
		FECHA DATE	NO. DE SHEET

Consumo de combustible a evaporación máx/actual \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ lb/hr.

Presión mínima requerida \_\_\_\_\_ Psig.

Temperatura mínima requerida \_\_\_\_\_ °F.

Poder calorífico \_\_\_\_\_ BTU/lb.

Gravedad específica \_\_\_\_\_

Densidad (14.7 Psig. y 60 °F). \_\_\_\_\_ lb/ft<sup>3</sup>

Análisis del combustible: Compuesto	Símbolo	% Vol.
Azufre	S	*
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	↓
Oxígeno	O <sub>2</sub>	
Metano	CH <sub>4</sub>	
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
Isobutano	(i) C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
Isopentano	(i) C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	
Acido Sulfhídrico	H <sub>2</sub> S	
Bioxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	

6.0 AGUA

Flujo de agua de aliment. máx/actual \_\_\_\_\_ lb/hr.

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LORRA WILKINSON, P. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LORRA WILKINSON, P. A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LORRA WILKINSON, S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER CLASADA O REPRODUCCION TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MISMO.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL	LABOR: _____	N° _____
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	BY: _____	REV. _____
		APPROVED _____	NOJA N° _____
		FECHA _____	SHEET _____
		DATE _____	

Presión requerida, del agua de aliment. a caldera \_\_\_\_\_ Psig.  
 Temperatura requerida del agua de aliment. a caldera \_\_\_\_\_ °F.  
 Tipo de agua \_\_\_\_\_  
 Total de sólidos en agua de aliment. a caldera \_\_\_\_\_ PPM.  
 Total de sílice \_\_\_\_\_ PPM.  
 Máx. arrastre de sólidos, con \_\_\_\_\_ PPM en caldera \_\_\_\_\_ PPM.  
 Concentración de sólidos disueltos máx. permis. en caldera \_\_\_\_\_ PPM.  
 Concentración de sólidos suspendidos máx permis. en caldera \_\_\_\_\_ PPM.

**7.0 DOMOS:**

	Domos de Vapor	Domo de Agua.
Procedimiento	_____	_____
Material	_____	_____
Máx. esfuerzo permis	_____ lb/in <sup>2</sup>	_____ lb/in <sup>2</sup>
Diámetro interior	_____ IN.	_____ IN.
Longitud (T-T).	_____ IN.	_____ IN.
Espesor del cuerpo	_____ IN.	_____ IN.
Espesor de tapas	_____ IN.	_____ IN.
Tipo de tapas	_____	_____
No. de Domos por Unid.	_____	_____
Presión de diseño	_____ PSIG.	_____ PSIG.

**8.0 TUBOS:**

	Paredes de agua	Banco generador
No. de tubos	_____	_____

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF L. S. A. S. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF L. S. A. S. A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE L. S. A. S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUcida TOTAL, O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MISMO.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL	ELABORO:	N°
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	APROBO APPROVED	REV.
		FECHA DATE	HOLLA N° SHEET

Material \_\_\_\_\_  
 Diámetro exterior \_\_\_\_\_ IN. \_\_\_\_\_ IN.  
 No. de cédula \_\_\_\_\_  
 Máx Esfuerzo Permis \_\_\_\_\_ lb/in<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ lb/in<sup>2</sup>

**9.0 CONEXIONES Y BOQUILLAS**

Nombre de la conexión	Número	Diam. (in)	Rango	Tipo
Salida del vapor	_____	_____	_____	_____
Ent. agua de aliment.	_____	_____	_____	_____
Columna de agua	_____	_____	_____	_____
Purga continua	_____	_____	_____	_____
Purga intermitente	_____	_____	_____	_____
Válvulas de seguridad	_____	_____	_____	_____
Tomas de muestra	_____	_____	_____	_____
Aliment. reactivos - químicos.	_____	_____	_____	_____
Indicador de presión	_____	_____	_____	_____
Lavado de caldera	_____	_____	_____	_____
Termopozos	_____	_____	_____	_____

**10.0 ACCESORIOS DE LA CALDERA**

Válvulas de seguridad	Domo	Otras (indicar)
Fabricante	_____	_____
No. requerido	_____	_____
Diámetro (IN).	_____	_____
Libraje (Psig.)	_____	_____

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LUMA INGENIERIA S. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LUMA INGENIERIA S. A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LUMA INGENIERIA S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MUNDO.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL		CLASIFICACION	
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN		BY:	
			APPROVED	REV.
			FECHA	HOJA N°
			DATE	SHEET

Modelo		
Presión de relevo (Psig.)		
% de sobrepresión		
Capacidad (lb/hr.)		
Válvulas		
Servicio	Número	Tamaño
Salida de vapor (bloqueo).		
Salida de vapor (no retorno).		
Agua de alimentación (bloqueo)		
Agua de alimentación (No retorno)		
Purga continua		
Purga intermit. domo agua		
Purga intermit. paredes de agua.		
Aliment. químicos -- (Bloques).		
Aliment. químicos -- (no retorno).		
Muest. domo vapor		
Muest. vapor sat.		
Muest. agua caldera		
Transmisor de nivel (bloqueo)		
Transmisor de pres. - (bloqueo)		

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LUBA, INCORPORATED, S.A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LUBA, INCORPORATED, S.A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LUBA, S.A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUCCION TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MISMO.

<b>U.N.A.M.</b>	<b>TESIS PROFESIONAL</b>	ELABORADO BY:	N°
	<b>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN</b>	APROBADO	REV.
		APPROVED	
		FECHA DATE	HOJA N° PAGE

Columna de agua (bloqueo)			
Drenaje de columna			
Drenaje de cristal de nivel			
Indicadores de presión (bloqueo)			
Drenaje de indicadores de presión.			

**Válvulas de Servicio de Válvulas de Control.**

Acción valv. control	Servicio	Numero	Tamaño (IN)	Marca y Modelo
Control de nivel	Bloqueo			
Control de nivel	Derivación			
	Drenaje			
Reduct. pres. gas pilotos.	Bloqueo			
"	Derivación			
"	Drenaje			
Reduct. gas quemad.	Bloqueo			
Control gas quemad.	Bloqueo			
"	Derivación			
"	Drenaje			
Control de combust.	Bloqueo			
"	Derivación			
"	Drenaje			
Recirc. combustoleo	Bloqueo			
"	Derivación			
"	Drenaje			
Medidor flujo combust.	Bloqueo			
"	Derivación			
"	Drenaje			
Medidor flujo purga cont.	Bloqueo			
"	Derivación			
"	Drenaje			
Alimentación de agua	Bloqueo			
"	Derivación			
"	Drenaje			

Columna de agua:  
 Marca/modelo \_\_\_\_\_



THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LUMA INGENIERIA, S. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LUMA INGENIERIA, S. A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LUMA INGENIERIA, S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUCIDA TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL MISMO.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL	ELABORADO BY:	Nº
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	APPROBADO	REV.
		FECHA DATE	HOJA Nº SHEET

Interruptores: alto nivel( ) Bajo nivel ( )

Sopladores de hollin:

Marca/tipo \_\_\_\_\_

Modelo/cantidad \_\_\_\_\_

Consumo de vapor por unidad \_\_\_\_\_ lb/hr.

Duración del ciclo \_\_\_\_\_ min. ciclos por día \_\_\_\_\_

**11.0 CONTROL DE ALIMENTACION DE AGUA.**

Controlador:

Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_

Válvula de control

Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_

**12.0 SISTEMA DE ATOMIZACION.**

Controlador:

Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_

Trampa de vapor:

Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_

Válvulas:

Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_

**13.0 CONTROL DE COMBUSTION**

Válvula de control.(gas)

Marca \_\_\_\_\_ Modelo \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LUBINA INGENIERIA, S. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LUBINA INGENIERIA, S. A.

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LUBINA INGENIERIA, S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUcida TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL INGENIERO.

<b>U.N.A.M.</b>	<b>TESIS PROFESIONAL</b>		ELABORADO BY:	N°												
	<b>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN</b>		APROBADO APPROVED	REV.												
			FECHA DATE	HOJA N° SHEET												
	<p style="text-align: center;"><b>Válvula de control. (combustóleo)</b></p> <p>           Marca _____ Modelo _____            Tipo _____         </p> <p><b>14.0 PILOTO DE GAS.</b></p> <p>           Marca _____ Modelo _____            Tipo _____         </p> <p><b>15.0 QUEMADOR DE GAS.</b></p> <p>           Marca _____ Modelo _____            Tipo _____         </p> <p><b>16.0 QUEMADOR DE COMBUSTOLEO</b></p> <p>           Marca _____ Modelo _____            Tipo _____         </p> <p><b>17.0 REFRACTARIO Y AISLAMIENTO</b></p> <p><b>Refractario.</b></p> <p>           Marca _____ tipo _____  <b>Material:</b>  <b>Aislamiento</b>            Marca _____ Tipo _____            Material _____         </p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;">Superficie</th> <th style="width: 30%;">Espesor de ladrillo refractario o losas</th> <th style="width: 35%;">Espesor de aislamiento.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Paredes de horno y techo</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Pared opuesta al quemador</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Pared del quemador (horno)</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </tbody> </table>					Superficie	Espesor de ladrillo refractario o losas	Espesor de aislamiento.	Paredes de horno y techo	_____	_____	Pared opuesta al quemador	_____	_____	Pared del quemador (horno)	_____
Superficie	Espesor de ladrillo refractario o losas	Espesor de aislamiento.														
Paredes de horno y techo	_____	_____														
Pared opuesta al quemador	_____	_____														
Pared del quemador (horno)	_____	_____														

THIS INFORMATION IS THE PROPERTY OF LIMSA INGENIERIA, S. A. SO IT CAN NOT BE USED OR COPIED IN FULL OR PARTIALLY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF LIMSA INGENIERIA, S. A.

U.N.A.M.	TESIS PROFESIONAL	ELABORADO:	N°
	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	BY:	
		APPROVED	REV.
		FECHA	HOJA N°
		DATE	SHEET

Pared del quemador (caldera) \_\_\_\_\_  
 Paredes laterales de la caldera y techo. \_\_\_\_\_

**18.0 CHIMENEA**

Altura \_\_\_\_\_ FT. Diámetro \_\_\_\_\_ IN.  
 Material \_\_\_\_\_ Espesor \_\_\_\_\_ IN.  
 Diámetro de la conexión con la caldera \_\_\_\_\_ IN.  
 Tipo de conexión \_\_\_\_\_

**19.0 VENTILADOR:**

Sistema de tiro \_\_\_\_\_  
 No. de ventiladores \_\_\_\_\_  
 Tipo de ventilador \_\_\_\_\_  
 Capacidad \_\_\_\_\_ CFM  
 Presión estática \_\_\_\_\_ IN-H<sub>2</sub>O  
 Material del ventilador \_\_\_\_\_  
 Motor del Ventilador:  
 Potencia \_\_\_\_\_ HP.; RPM \_\_\_\_\_  
 Encapsulado \_\_\_\_\_ Aislamiento \_\_\_\_\_  
 Lubricación \_\_\_\_\_

ESTA INFORMACION ES PROPIEDAD EXCLUSIVA DE LIMSA INGENIERIA, S. A. POR LO TANTO NO PUEDE SER USADA O REPRODUCCION TOTAL O PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO POR ESCRITO DEL INGENIERO.

### 3.2 LISTA DE EQUIPO Y LISTA DE MOTORES.

Dentro del desarrollo de un proyecto existen dos documentos que son de suma utilidad para lograr un mejor control del mismo y son la lista de equipo y la lista de motores.

La lista de equipo, además de mostrar la totalidad de los equipos principales, sirve para llevar un control de la situación en que se encuentra cada equipo, respecto a su compra, cotización, etc., así como para tener un acceso fácil y rápido a las características más importantes de cada equipo.

La lista de motores es de particular importancia, ya que establece los requerimientos totales de energía requerida por los equipos involucrados en el proyecto y por contener la información necesaria para la elaboración de los diagramas unifilares.

Así mismo muestra el tipo de motores a utilizar y sus principales características.

A continuación se muestra un formato típico utilizado para la elaboración de dichas listas, así como varios ejemplos de la forma en que se llena dicho formato.





### 3.3 INDICE DE LINEAS.

Otro documento de suma importancia dentro del proyecto es el índice de líneas, ya que muestra las principales características de las tuberías que integran la planta, como son: cédula, diámetro, fluido manejado, presión, temperatura, material, etc.

Es de particular utilidad al departamento de tuberías, ya que le sirve para la elaboración de la especificación de tuberías, estudios de flexibilidad de tuberías y, -- junto con los isométricos, para la elaboración de listas de materiales.

A continuación se muestra un formato típico de índice de líneas, así como ejemplo de cómo elaborarlo.





### 3.4 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA.

#### 3.4.1 Memoria de cálculo.

Para el desarrollo del balance de materia y energía es necesario conocer además de los consumos de agua y/o vapor (proporcionados por Cerrey) de los equipos que integran la caldera, los consumos de vapor para las turbinas que accionan equipos no suministrados por Cerrey y para otros equipos que también lo requieren (cambiadores de calor) y de los cuales se anexa una memoria de cálculo posteriormente.

Como no se cuenta con datos de fabricante para los consumos de vapor de las turbinas, se calcularán, para lo cual se utilizará el método Elliot para turbinas de vapor, el cual se describe, en el punto 5.0

El consumo de vapor determinado por este método es una aproximación con  $\pm 5\%$  de error. Para consumos garantizados, consultar a Elliot.

#### Datos requeridos.

Vapor de entrada:

Presión (PSIG)

Temperatura ( $^{\circ}$ F)

Vapor de salida:

Presión (PSIG)

Velocidad (RPM):

Potencia al freno (BHP):

CASO I.

Consumo de vapor de la turbina de la bomba de alimentación de agua a caldera.

Vapor de entrada:

Presión = 526 PSIG.

Temperatura = 680 F.

Vapor de salida:

Presión = 35 PSIG.

Velocidad = 1,750 RPM.

Potencia al freno = 286 HP.

PASO 1 :

$$H_1 \left| \begin{array}{l} 526 \text{ PSIG} \\ 680 \text{ }^\circ\text{F} \end{array} \right. = 1344 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

$$H_2 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280 \text{ }^\circ\text{F} \end{array} \right. = 1167 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

$$(\text{TSR}) = \frac{3412}{1344 - 1167} = 19.27 \frac{\text{Lb}}{\text{Kw} - \text{HR}} = 14.4 \frac{\text{Lb}}{\text{Kw} - \text{HR}}$$

PASO 2 : Con una turbina tamaño DYM - DYRM

$$(BSR) = 47 \frac{\text{Lb}}{\text{HP HR}}$$

PASO 3 : HPloss = 4.0 HP

PASO 4 : Temperatura de saturación a 526 PSIG = 475 °F

$$SH = 680 - 475 = 205 \text{ °F}$$

PASO 5 : SCF = 1.062

PASO 6 :  $CSR = \frac{47.0}{1.062} \times \frac{286 + 4}{286} = 44.9$

PASO 7 :  $SF = 44.9 \times 286 = 12841 \text{ Lb/HR}$

PASO 8 :  $\eta = \frac{14.4}{44.9} = 0.32$

$$1344 - (1344 - 1167) 0.32 = 1287.4 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

\*  $H_3 = 1287 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$  y 35 PSIG corresponden a una ---

temperatura de 508 °F

Consumo de vapor de la turbina de la bomba de combustoleo.

Potencia al freno 9.0 HP

PASO 1 :  $TSR = 19.27 \frac{\text{Lb}}{\text{Kw - HR}}$

PASO 2 :  $BSR = 47.0 \frac{\text{Lb}}{\text{HP HR}}$

PASO 3 : HPloss = 4.0 HP

PASO 4 : SH = 205 °F

PASO 5 : SCF = 1.062

PASO 6 :  $CSR = \frac{47}{1.062} \times \frac{9 + 4}{9} = 63.9$

PASO 7 :  $SF = 63.9 \times 9 = 575 \text{ Lb/HR}$

PASO 8 :  $\eta = \frac{14.4}{63.9} = 0.22$

$$1344 - (1344 - 1167) 0.22 = 1305 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

$$H_3 = 1305 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}} \text{ y una presión de 35 PSIG corres--}$$

ponden a una temperatura de 540 °F

Consumo de vapor de la turbina de la bomba de agua desmineralizada.

Potencia al freno 26 HP

$$\text{PASO 1 : TSR} = 19.27 \frac{\text{Lb}}{\text{Kw-HR}}$$

$$\text{PASO 2 : BSR} = 47.0 \frac{\text{Lb}}{\text{HP HR}}$$

$$\text{PASO 3 : HP}_{\text{loss}} = 4.0 \text{ HP}$$

$$\text{PASO 4 : SH} = 205^\circ\text{F}$$

$$\text{PASO 5 : SCF} = 1.062$$

$$\text{PASO 6 : CSR} = \frac{47}{1.062} \times \frac{26 + 4}{26} = 51.1$$

$$\text{PASO 7 : SF} = 51.1 \times 26 = 1329 \text{ Lb/HR}$$

$$\text{PASO 8 : } \eta = \frac{14.4}{51.1} = 0.282$$

$$1344 - (1344 - 1167) 0.282 = 1294 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

$$H_3 = 1294 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}} \text{ y una presión de 35 PSIG correspon}$$

den a una temperatura de 520 °F.

### CASO II.

Consumo de vapor de la turbina de la bomba de alimentación de agua a caldera.

Vapor de entrada:

Presión = 370 PSIG  
 Temperatura = 662 °F  
 Vapor de salida:  
 Presión = 35 PSIG  
 Velocidad = 1750 RPM  
 Potencia al freno = 423 HP

PASO 1 :

$$H_1 \left| \begin{array}{l} 370 \text{ PSIG} \\ 662 \text{ °F} \end{array} \right. = 1343 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_2 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280 \text{ °F} \end{array} \right. = 1167 \text{ BTU/Lb}$$

$$(\text{TSR}) = \frac{3412}{1343 - 1167} = 19.38 \frac{\text{Lb}}{\text{Kw-HR}}$$

PASO 2 : Con una turbina DYR - DYRM

$$(\text{BSR}) = 47 \frac{\text{Lb}}{\text{HP HR}}$$

PASO 3 : HPloss = 4.0 HP

PASO 4 : Temperatura de saturación a 370 PSIG = 441 °F

$$\text{SH} = 662 - 441 = 221 \text{ °F}$$

PASO 5 : SCF = 1.067

$$\text{PASO 6 : CSR} = \frac{47}{1.063} \times \frac{423 + 4}{423} = 44.6$$

$$\text{PASO 7 : SF} = 44.6 \times 423 = 18866 \frac{\text{Lb}}{\text{HR}}$$

$$\text{PASO 8 : } \eta = \frac{14.45}{44.6} = 0.324$$

$$1343 - (1343 - 1167) 0.324 = 1286 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_3 = 1286 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}} \text{ y una presión de 35 PSIG correspon}$$

den a una temperatura de 500 °F

Consumo de vapor de la turbina de la bomba de combustoleo idem a CASO I.

$$SF = 575 \frac{\text{Lb}}{\text{HR}}$$

Temperatura de salida 525 °F

### BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA.

#### CASO I.

Número de corriente	Equipo TAG.	Flujo Lb/HR	Presión PSIG	Temperatura °F	Referencia.
10	CC-02	7216	370	442	(A)
15	Atemperador	153039	526	1000	(A)
16	Atemperador	23755	526	280	(A)
17	Salida del atemperador	176794	526	680	(A)
19	Vapor de atomización	990	370	442	(A)
23	TVA - 01	12040	526	680	(A)
24	TBA - 10	575	526	680	(B)
25	TBA - 05	1329	526	680	(B)
26	TBA - 08	12841	526	680	(B)
27	Sopladores de Hollin	7996	370	662	(A)
31	CC - 06	649	35	280	(B)
32	CC - 08	412	35	280	(B)

Trayectoria	Trazado de vapor.	2204	35	280	Estimado
34	CC - 05	1678	35	280	(B)
37	CC - 04	2922	35	280	(C)

## BALANCE DE MATERIA EN LA CALDERA.

$$\diamond 13 = \diamond 14 + \diamond 15 + \diamond 12$$

$$\diamond 14 = \diamond 10 + \diamond 19$$

$$\diamond 14 = 7216 + 990 = 8206 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 12 = 0.03 \diamond 13$$

$$\diamond 13 = 8206 + 153039 + 0.03 \diamond 13$$

$$\diamond 13 = \frac{161245}{(1 - 0.03)} = 166232 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 12 = 0.03 \times 166232 = 4987 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 6 = \diamond 13 + \diamond 16$$

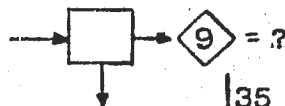
$$\diamond 6 = 166232 + 23755 = 189987 \text{ Lb/HR}$$

## BALANCE EN EL TANQUE FLASH DE PURGA CONTINUA.

$$\diamond 9 = \diamond 12 - \diamond 35$$

$$\diamond 12 = 4987 \text{ Lb/HR}$$

$$h_{12} \left| \begin{array}{l} 526 \text{ PSIG} \\ 475 \text{ }^\circ\text{F} \end{array} \right. = 459 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$



$$H_9 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280 \text{ }^\circ\text{F} \end{array} \right. = 1167 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

$$\diamond 35 = ?$$

$$h_{35} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280 \text{ }^\circ\text{F} \end{array} \right. = 250 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}}$$

$$\diamond 35 = \frac{\diamond 12 (1167 - 459)}{(1167 - 250)} = \frac{4987 (708)}{(917)} = 3850 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 9 = 4987 - 3850 = 1137 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 10 = \diamond 45 = 7216 \text{ Lb/HR}$$

$$H45 \left| \begin{array}{l} 370 \text{ PSIG} \\ 442^\circ \text{F} \end{array} \right. = 422 \text{ BTU/Lb}$$

BALANCE DE MATERIA EN EL CABEZAL DE CAMBIADORES DE CALOR.

$$\diamond 30 + \diamond 29 = \diamond 31 + \diamond 32 + \diamond 33 + \diamond 34 + \diamond 37$$

$$\diamond 30 + \diamond 29 = 649 + 412 + 2204 + 1678 + 2922$$

$$\diamond 30 + \diamond 29 = 7865 \text{ ----- } \textcircled{1}$$

BALANCE DE CALOR EN EL CABEZAL DE CAMBIADORES DE CALOR.

$$h29 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

$$H30 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ T \quad ? \end{array} \right. = ?$$

$$H \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1167 \text{ BTU/Lb}$$

$$\diamond 30 H30 + \diamond 29 249 = 7865 (1167)$$

$$\diamond 30 H30 + \diamond 29 249 = 9178455 \text{ ----- } \textcircled{2}$$

BALANCE DE MATERIAL EN EL CABEZAL DE DESCARGA DE TURBINAS.

$$\diamond 30 + \diamond 8 + \overset{\circ}{\diamond 42} = \diamond 28 + \diamond 38 + \diamond 39 + \diamond 40 + \diamond 41$$

$$\diamond 30 + \diamond 8 = \diamond 28 + 12040 + 575 + 1329 + 12841$$

$$\diamond 30 + \diamond 8 = \diamond 28 + 26785 \text{ ----- } \textcircled{3}$$



## BALANCE DE CALOR EN EL CABEZAL DE DESCARGA DE TURBINAS.

$$H_{30} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ T = ? \end{array} \right. = ?$$

$$H_8 = H_{30} = ?$$

$$H_{28} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 620^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1344 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{38} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 442^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1259 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{39} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 540^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1305 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{40} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 520^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1294 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{41} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 508^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1287 \text{ BTU/Lb}$$

$$\textcircled{30} H_{30} + \textcircled{8} H_{30} = \textcircled{28} 1344 + \textcircled{38} 1259 + \textcircled{39} 1305 + \textcircled{40} 1294 + \textcircled{41} 1287$$

$$\textcircled{30} H_{30} + \textcircled{8} H_{30} = \textcircled{28} 1344 + 12040 (1259) + 575 (1305) + 1329 (1294) + 12841 (1287)$$

$$\textcircled{30} H_{30} + \textcircled{8} H_{30} = \textcircled{28} 1344 + 34154828 \text{ ----- } \textcircled{4}$$

## BALANCE DE MATERIA EN EL DESAERADOR.

$$\textcircled{6} + \textcircled{29} = \textcircled{5} + \textcircled{9} + \textcircled{45} + \textcircled{8} - \textcircled{7}^{\circ}$$

$$189987 + \textcircled{29} = \textcircled{5} + 1137 + 7216 + \textcircled{8}$$

$$\textcircled{5} + \textcircled{8} = \textcircled{29} + 181634 \text{ ----- } \textcircled{5}$$

## BALANCE DE CALOR EN EL DESAERADOR.

$$h_6 \left| \begin{array}{l} \text{LIQ.} \\ 280^\circ\text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

$$h_{29} \left| \begin{array}{l} \text{LIQ.} \\ 280^\circ\text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

$$h_5 \left| \begin{array}{l} \text{LIQ.} \\ 86^\circ\text{F} \end{array} \right. = 54 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_9 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ\text{F} \end{array} \right. = 1167 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{45} \left| \begin{array}{l} 370 \text{ PSIG} \\ 442^\circ\text{F} \end{array} \right. = 422 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_8 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ T = ? \end{array} \right. = ?$$

$$189987 (249) + \diamond_{29} 249 = \diamond_5 54 + 1137 (1167) + 7216 (442) + \diamond_8 H_{30}$$

$$47306763 + \diamond_{29} 249 = \diamond_5 54 + 1326879 + 3189472 + \diamond_8 H_{30}$$

$$\diamond_5 54 + \diamond_8 H_{30} = \diamond_{29} 249 + 42790412 \text{ ----- } \textcircled{6}$$

despejando  $\diamond_5$  de  $\textcircled{6}$

$$\diamond_5 = \diamond_{29} - \diamond_8 + 181634 \text{ ----- } \textcircled{7}$$

substituyendo  $\textcircled{7}$  en  $\textcircled{6}$

$$(\diamond_{29} - \diamond_8 + 181634) 54 + \diamond_8 H_{30} = \diamond_{29} 249 + 42790412$$

$$\diamond_{29} 54 - \diamond_8 54 + 9808236 + \diamond_8 H_{30} = \diamond_{29} 249 + 42790412$$

$$\diamond_8 (H_{30} - 54) = \diamond_{29} 195 + 32982176 \text{ ----- } \textcircled{8}$$

Despejando  $\diamond_{28}$  de  $\textcircled{8}$

$$\diamond_{28} = \diamond_{30} + \diamond_8 - 26785 \text{ ----- } \textcircled{9}$$

Substituyendo  $\textcircled{9}$  en  $\textcircled{4}$

$$\diamond 30 H_{30} + \diamond 8 H_{30} = (\diamond 30 + \diamond 8 - 26785) 1344 + 34154828$$

$$\diamond 30 H_{30} + \diamond 8 H_{30} = \diamond 30 1344 + \diamond 8 1344 - 35999040 + 34154828$$

$$\diamond 30 (H_{30} - 1344) = \diamond 8 (1344 - H_{30}) - 1844212 \dots \dots \dots \textcircled{10}$$

Despejando  $\diamond 8$  de  $\textcircled{10}$

$$\diamond 8 = \frac{\diamond 30 (H_{30} - 1344)}{(1344 - H_{30})} + \frac{1844212}{(1344 - H_{30})}$$

$$\diamond 8 = \frac{1844212}{1344 - H_{30}} - \diamond 30 \dots \dots \dots \textcircled{11}$$

Substituyendo  $\textcircled{11}$  en  $\textcircled{8}$

$$\left[ \frac{1844212}{1344 - H_{30}} - \diamond 30 \right] (H_{30} - 54) = \diamond 29 195 + 32982176$$

$$\frac{1844212 (H_{30} - 54)}{(1344 - H_{30})} - \diamond 30 (H_{30} - 54) = \diamond 29 195 + 32982176 \dots \textcircled{12}$$

Despejando  $\diamond 29$  de  $\textcircled{12}$

$$\diamond 29 = 7865 - \diamond 30 \dots \dots \dots \textcircled{13}$$

Substituyendo  $\textcircled{13}$  en  $\textcircled{12}$

$$\frac{1844212 (H_{30} - 54)}{(1344 - H_{30})} - \diamond 30 (H_{30} - 54) = (7865 - \diamond 30) 195 +$$

32982176

$$\frac{1844212 (H_{30} - 54)}{(1344 - H_{30})} + \diamond 30 (54 - H_{30}) = 32982176 - \diamond 30 195$$

$$\frac{1844212 (H_{30} - 54)}{(1344 - H_{30})} - \diamond 30 (H_{30} - 249) = 32982176 \dots \dots \dots \textcircled{14}$$

Substituyendo  $\textcircled{14}$  en  $\textcircled{2}$

$$\diamond 30 H_{30} (7865 - \diamond 30) 249 = 9178455$$

$$\diamond 30 H_{30} 1958385 - \diamond 30 249 = 9178455$$

$$\diamond 30 (H_{30} - 249) = 7220070 \dots \dots \dots \textcircled{15}$$

Despejando  $\diamond 30$  de  $\textcircled{15}$

$$\diamond 30 = \frac{7220070}{(H_{30} - 249)} \text{ ----- } \textcircled{16}$$

Substituyendo  $\textcircled{16}$  en  $\textcircled{14}$

$$\frac{1844212 (H_{30} - 54)}{(1344 - H_{30})} - \frac{7220070 (H_{30} - 249)}{(H_{30} - 249)} = 32982176$$

Simplificando

$$\frac{H_{30} - 54}{(1344 - H_{30})} = 21.8$$

$$H_{30} - 54 = 21.8 (1344 - H_{30})$$

$$H_{30} = \frac{29353.2}{22.8} = 1287.4 \text{ BTU/ Lb}$$

$$H_{30} = 1287 \text{ BTU/Lb} \text{ ----- } \textcircled{17}$$

Esta entalpia y 35 PSIG corresponden a una temperatura de 510 °F

Substituyendo  $\textcircled{17}$  en  $\textcircled{15}$

$$\diamond 30 (1287 - 249) = 7220070$$

$$\diamond 30 = \frac{7220070}{1038} = 6956 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 30 = 6956 \text{ Lb/HR} \text{ ----- } \textcircled{18}$$

Substituyendo  $\textcircled{18}$  en  $\textcircled{13}$

$$\diamond 29 = 7865 - 6956 = 909 \text{ Lb/HR} \text{ ----- } \textcircled{19}$$

Substituyendo  $\textcircled{18}$  y  $\textcircled{17}$  en  $\textcircled{11}$

$$\diamond 8 = \frac{1844212}{1344 - 1287} - 6956$$

$$\diamond 8 = 32355 \text{ ----- } \textcircled{20}$$

Substituyendo ⑮ y ⑳ en ⑨

$$\diamond 28 = 6956 + 32355 - 24883$$

$$\diamond 28 = 14423 \text{ Lb/HR} \text{ ----- 21}$$

$$\diamond 22 = \diamond 28$$

Substituyendo ⑲ y ㉑ en ⑦

$$\diamond 5 = 909 - 32355 + 181634$$

$$\diamond 5 = 150188 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 3 = \diamond 4 = \diamond 5 = \diamond 1 = 150188 \text{ Lb/HR}$$

Balance de calor en CC - 01

$$\diamond 35 = 3850 \text{ Lb/HR}$$

$$h_{35} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

Temperatura de salida requerida para tirar al drenaje  
122°F

$$\diamond 36 = 3850 \text{ Lb/HR}$$

$$h_{36} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 122^\circ \text{F} \end{array} \right. = 90 \text{ BTU/Lb}$$

Temperatura de la corriente # ④ es 82°F

$$h_4 \left| \begin{array}{l} \text{LIQ} \\ 82^\circ \text{F} \end{array} \right. = 50 \text{ BTU/Lb}$$

$$\diamond 4 (h_5 - h_4) = \diamond 35 (h_{35} - h_{36})$$

$$150188 (h_5 - 50) = 3850 (249 - 90)$$

$$h_5 = 54 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}} \text{ corresponde a una temperatura de } 86^\circ \text{F}$$

$$\diamond 11 = \diamond 6 + \diamond 29 = 189987 + 909 = 190896 \text{ Lb/HR}$$

$$\begin{aligned}
\text{◇}21 &= \text{◇}22 + \text{◇}23 + \text{◇}24 + \text{◇}25 + \text{◇}26 + \text{◇}27 \\
\text{◇}21 &= 14428 + 12040 + 575 + 1329 + 12841 + 7996 \\
\text{◇}21 &= 49209 \text{ Lb/HR} \\
\text{◇}20 &= \text{◇}17 - \text{◇}21 \\
\text{◇}20 &= 176794 - 49209 \\
\text{◇}20 &= 127585 \text{ Lb/HR} \\
\text{◇}38 &= \text{◇}23 = 12040 \text{ Lb/HR} \\
\text{◇}39 &= \text{◇}24 = 575 \text{ Lb/HR} \\
\text{◇}40 &= \text{◇}25 = 1329 \text{ Lb/HR} \\
\text{◇}41 &= \text{◇}26 = 12841 \text{ Lb/HR} \\
\text{◇}43 &= \text{◇}30 + \text{◇}29 \\
\text{◇}43 &= 6956 + 909 = 7865 \text{ Lb/HR}
\end{aligned}$$

## REFERENCIAS.

- (A) Dato suministrado por proveedor de caldera.
- (B) Dato calculado en este trabajo.
- (C) Dato suministrado por proveedor del sistema de tratamiento de agua.

## BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA.

## CASO II.

Número de corriente	Equipo TAG.	Flujo Lb/HR	Presión PSIG.	Temperatura °F	Referencia
◇10	CC-02	9500	370	662	(A)
◇15	Atemperador	182000	910	919	(A)
◇16	Atemperador	3000	910	280	(A)
◇17	Salida del atemperador	185000	910	878	(A)
◇19	Vapor de - atomización	1200	370	662	(A)
◇23	TVA-01	16678	370	662	(A)

24	TRA-10	575	370	662	(B)
26	TRA-08	18866	370	662	(B)
27	Sopladores de Hollin	7996	370	662	(A)
31	CC - 06	740	35	280	(B)
32	CC - 08	469	35	280	(B)
33	Trazado - de vapor	2204	35	280	Estimado
34	CC - 05	1678	35	280	(B)
37	CC - 04	2922	35	280	(C)

#### BALANCE DE MATERIA EN LA CALDERA

$$13 = 14 + 15 + 12$$

$$21 = 10 + 19$$

$$21 = 9500 + 1200$$

$$21 = 10700 \text{ Lb/HR}$$

$$12 = 0.03 \cdot 13$$

$$13 = 14 + 15 + 12 \text{ ----- (1)}$$

$$13 = 14 + 15 + 0.03 \cdot 13$$

$$13 = \frac{182000}{(1-0.03)} = 187629 \text{ Lb/HR}$$

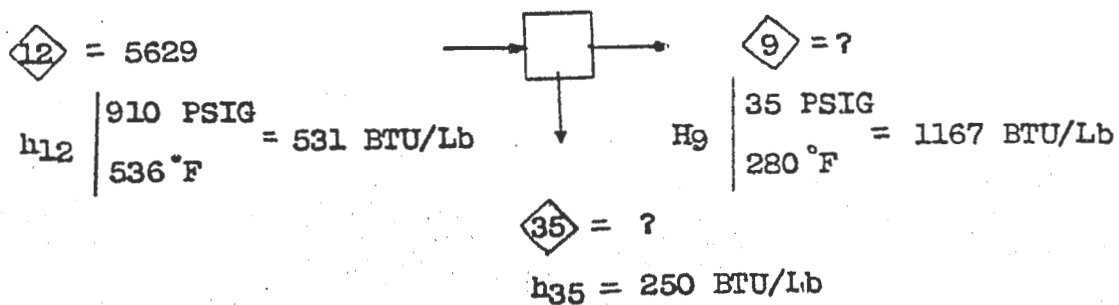
$$12 = 190722 (0.03) = 5629 \text{ Lb/HR}$$

$$6 = 13 + 16$$

$$6 = 187629 + 3000$$

$$6 = 190629 \text{ Lb/HR}$$

#### BALANCE EN EL TANQUE FLASH DE PURGA CONTINUA



$$\diamond 35 = \frac{5629 (1167 - 531)}{(1167 - 250)} = 3904 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 9 = 5629 - 3904 = 1725 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 10 = \diamond 45 = 9500 \text{ Lb/HR}$$

$$h_{45} \left| \begin{array}{l} 370 \text{ PSIG} \\ 442^\circ \text{F} \end{array} \right. = 422 \text{ BTU/Lb}$$

BALANCE DE MATERIA EN EL CABEZAL DE SUMINISTRO A  
CAMBIADORES DE CALOR

$$\diamond 30 + \diamond 29 = \diamond 31 + \diamond 32 + \diamond 33 + \diamond 34 + \diamond 37$$

$$\diamond 38 = 16678 \text{ Lb/HR} \quad H_{38} = 1262 \text{ BTU/Lb}$$

$$\diamond 39 = 575 \text{ Lb/HR} \quad H_{39} = 1305 \text{ BTU/Lb}$$

$$\diamond 40 = 0$$

$$\diamond 41 = 18866 \text{ Lb/HR} \quad H_{41} = 1286 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{30} = \frac{16678}{36119} (1262) + \frac{575}{36119} (1305) + \frac{18866}{36119} (1286) =$$

$$H_{30} = 582.7 + 20.8 + 671.7$$

$$H_{30} = 1275 \text{ BTU/Lb}$$

BALANCE DE MATERIA EN EL CABEZAL DE SUMINISTRO A -  
LOS CAMBIADORES DE CALOR



$$\textcircled{30} + \textcircled{29} = \textcircled{31} + \textcircled{32} + \textcircled{33} + \textcircled{34} + \textcircled{37}$$

$$\textcircled{30} + \textcircled{29} = 740 + 469 + 2204 + 1678 + 2922$$

$$\textcircled{30} + \textcircled{29} = 8013 \text{ ----- } \textcircled{2}$$

BALANCE DE CALOR EN EL CABEZAL DE SUMINISTRO A --

LOS CAMBIADORES DE CALOR

$$\begin{array}{l} \text{H}_{29} \\ \text{H} \end{array} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

$$\begin{array}{l} \text{H} \\ \text{H} \end{array} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1167 \text{ BTU/Lb}$$

$$\begin{array}{l} \text{H}_{30} \\ \text{H} \end{array} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 480^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1275 \text{ BTU/Lb}$$

$$\textcircled{29} \cdot 249 + \textcircled{30} \cdot 1275 = 8013 (1167) \text{ ----- } \textcircled{3}$$

Despejando  $\textcircled{29}$  de  $\textcircled{3}$

$$\textcircled{29} = 8013 - \textcircled{30} \text{ ----- } \textcircled{4}$$

Substituyendo  $\textcircled{4}$  en  $\textcircled{3}$

$$(8013 - \textcircled{30}) \cdot 249 + \textcircled{30} \cdot 1275 = 9351171$$

$$\textcircled{30} (1275 - 249) = 9351171 - 1995237$$

$$\textcircled{30} = \frac{7355934}{1026} = 7169 \text{ Lb/HR} \text{ ----- } \textcircled{5}$$

Substituyendo  $\textcircled{5}$  en  $\textcircled{4}$

$$\textcircled{29} = 8013 - 7169$$

$$\textcircled{29} = 844 \text{ Lb/HR} \text{ ----- } \textcircled{7}$$

$$\textcircled{8} = 0$$

BALANCE DE MATERIA EN EL DESAEREADOR

$$\textcircled{29} + \textcircled{6} = \textcircled{5} + \textcircled{45} + \textcircled{2} + \textcircled{9} + \textcircled{7}$$

$$844 + 190629 = \diamond 5 + 9500 + 1725 - \diamond 7$$

$$\diamond 5 = \diamond 7 + 180248 \text{ ----- } \textcircled{8}$$

## BALANCE DE CALOR EN EL DESAERADOR

$$h_{29} \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

$$h_6 \left| \begin{array}{l} \text{LIQ} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

$$h_5 \left| \begin{array}{l} \text{LIQ} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 249 \text{ BTU/Lb}$$

$$h_{45} \left| \begin{array}{l} 370 \text{ PSIG} \\ \text{LIQ. SAT} \end{array} \right. = 422 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_9 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1167 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_7 \left| \begin{array}{l} 35 \text{ PSIG} \\ 280^\circ \text{F} \end{array} \right. = 1167 \text{ BTU/Lb}$$

$$\textcircled{29} h_{29} + \textcircled{6} h_6 = \textcircled{5} h_5 + \textcircled{45} 422 + \textcircled{9} 1167 - \textcircled{7} 1167$$

$$844 (249) + 190629 (249) = \textcircled{5} (249) + 9500 (422) + 1725$$

$$(1167) - \textcircled{7} (1167)$$

$$41654702 = \textcircled{5} (249) - \textcircled{7} (1167) \text{ ----- } \textcircled{9}$$

Substituyendo  $\textcircled{8}$  en  $\textcircled{9}$

$$41654702 (\textcircled{7} + 180248) 249 - \textcircled{7} (1167)$$

$$41654702 = \textcircled{7} 249 + 44881752 - \textcircled{7} (1167)$$

$$\textcircled{7} = \frac{3227050}{1167 - 249}$$

$$\textcircled{7} = 3515 \text{ Lb/HR} \text{ ----- } \textcircled{10}$$

Substituyendo (7) en (8)

$$\diamond 5 = 180248 + 3515$$

$$\diamond 5 = 183763 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 44 = \diamond 5$$

#### BALANCE EN EL CABEZAL DE SUMINISTRO A TURBINAS

$$\diamond 46 = \diamond 21 + \diamond 23 + \diamond 24 + \diamond 25 + \diamond 26 + \diamond 27$$

$$\diamond 46 = 10700 + 16678 + 575 + 18866 + 7996$$

$$\diamond 46 = 54815 \text{ Lb/HR}$$

$$\diamond 42 = \diamond 38 + \diamond 39 + \diamond 40 + \diamond 41 - \diamond 30$$

$$\diamond 42 = 16678 + 575 + 18866 - 7169$$

$$\diamond 42 = 28950 \text{ Lb/HR}$$

### 3.5. ESPECIFICACION DE TUBERIAS.

#### I.- Alcance.

Esta especificación contiene una descripción general del procedimiento utilizado para describir las tuberías de la presente tesis.

#### II.- Numeración de líneas.

3	-	CS	-	30011	-	102	A	-	F
A		B		C		D		E	

A) Diámetro de la tubería.- Indica el diámetro nominal de la tubería en pulgadas.

B) Clave del servicio.

CP                      Purga continua.

IP                      Purga intermitente.

PW                      Agua desmineralizada.

MC                      Condensado de media presión.

MR	Morfolina.
BW	Agua de alimentación a caldera.
SP	Fosfato de sodio.
FO	Combustoleo.
LS	Vapor de baja presión.
LC	Condensado de baja presión.
HS	Vapor de alta presión.
MS	Vapor de media presión.
DIE	Diesel.
SA	Acido sulfúrico.
W	Agua cruda.
CS	Sosa cáustica.
CW	Agua de enfriamiento
RCW	Retorno de agua de enfriamiento.
LP	Gas LP
FG	Gas natural.
WW	Agua residual.
DW	Agua potable.
UA	Aire de servicios.
IA	Aire de instrumentos.
HD	Hidrazina.

C) Número de línea.- Indica el número progresivo de la línea.

D) Especificación de la tubería.- Esta especificación describe tubos, válvulas, accesorios y demás elemen

tos, según sea el tipo de servicio, así como los materiales a emplear y es proporcionada por el departamento de tuberías.

En la presente tesis sólo se indica la especificación que corresponde a cada fluido, de acuerdo a la nomenclatura usada para este proyecto en particular, ya que la especificación completa es muy extensa y varía de acuerdo con el cliente y con el tipo de proyecto de que se trate.

**Especificación.**

**Servicio.**

11A

Purga continua.

Purga intermitente.

Agua clarificada.

Agua de enfriamiento.

Retorno de agua de enfriamiento.

Agua residual.

Aire de servicios.

11C

Vapor de baja presión.

11E

Agua potable.

11F

Aire de instrumentos.

13A

Condensado de media presión.

Vapor de media presión.

31A

Agua desmineralizada

Hidrazina.

76A

Agua de alimentación a caldera.

Vapor de alta presión.

100A	Combustoleo.
100B	Morfolina.
	Combustoleo.
	Diesel.
	Gas L.P.
	Gas natural.
101A	Sosa cáustica 10%.
102A	Sosa cáustica 50%.
103A	Fosfato de sodio.

E) Tipo de aislamiento.

- C Caliente.
- F Frío.
- P Protección de personal.

### 3.6 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA.

#### 3.6.1 Tipos de tratamiento y selección.

El tipo de tratamiento requerido por el agua de alimentación a caldera depende de la capacidad de la caldera, así como de la procedencia del suministro de agua que puede ser de ríos, lagunas, canales, lagos, pozos profundos, manantiales, etc., y de acuerdo con esto el tratamiento que se le puede dar al agua consiste en lo siguiente:

1.- Eliminación de sólidos en suspensión (clarificación) mediante uno de los siguientes métodos o combinaciones de ellos:

- \_ Sedimentación.
- \_ Coagulación.

### \_ Filtración.

\_ La sedimentación es el proceso de remoción de materia suspendida sin ayuda de productos químicos efectuada mediante el asentamiento de las partículas debido a la fuerza gravitacional que actúa sobre ellas.

\_ La coagulación es el proceso por medio del cual las partículas cuyo tamaño es tan pequeño, que necesitarían un tiempo de sedimentación muy grande, o que se resisten a la sedimentación (ciertos coloides), son agrupadas en partículas mayores que precipitan. Esto se logra mediante la adición de un agente coagulante como sulfato de aluminio, sulfato férrico, sulfato ferroso, etc.

\_ La filtración es el proceso mediante el cual se eliminan sólidos suspendidos en el agua al hacer pasar el agua por un medio poroso.

### 2.- Eliminación de gases disueltos.

Los gases disueltos en el agua pueden ser ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{CH}_4$ ). En el agua de alimentación a caldera se requiere que la concentración de  $\text{O}_2$  sea casi cero, ya que es muy corrosivo. El  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$  también provocan corrosión y serían una carga extra para las unidades aniónicas, por lo que es necesario eliminarlos antes de llegar a la unidad desmineralizadora. La eliminación del  $\text{O}_2$  se efectúa por desaireación y la de los demás gases por aireación.

\_ La aireación es un proceso que consiste en mezclar aire y agua, con lo cual se logra eliminar gases como

el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{CH}_4$ .

— La desaereación consiste en llevar el agua a su punto de ebullición, ya sea por calentamiento o por reducción de la presión, con lo que la solubilidad de los gases se disminuye y son eliminados.

### 3.- Eliminación de sólidos disueltos.

Para eliminar los sólidos disueltos en el agua -- existen básicamente dos métodos:

#### — Método precipitatorio.

En este método podemos mencionar los tratamientos cal carbonato en caliente y cal carbonato en frío. Este método se basa en la remoción de dureza, alcalinidad y sílice, mediante una reacción química que forma un precipitado, seguida de la sedimentación del precipitado formado. A continuación se dan los reactivos usados, dependiendo del contaminante, y los residuales mínimos que dejan estos procesos.

#### Procesos de precipitación.

Substancia a ser removida.	Reactivo usado.	Cantidad mínima remanente.
Calcio	Cal	Ca 20-30 PPM en frío
	Carbonato de sodio	10-15 PPM en ca-
	Sosa cáustica	liente.
	Fosfato	
Magnesio	Cal	Mg 20-30 PPM en frío
	Sosa cáustica	1-5 PPM en calien te.



Alcalinidad	Cal	CO <sub>3</sub>	20-30 PPM en frío
	Yeso		15-20 PPM en caliente.
Sílice	Sulfato férrico	SiO <sub>2</sub>	20-20% PPM de la entrada.
	Cal dolomítica		
	Magnesio	SiO <sub>2</sub>	5-10% PPM de la entrada. Proceso en caliente solamente.

Sólidos disueltos.- La reducción de sólidos disueltos es igual a la reducción de todas las sustancias individuales.

Método de intercambio iónico.

En este método se tienen básicamente dos tipos de tratamiento:

Suavización.- El término de suavización se entiende por la disminución de la dureza que forman los iones de calcio y magnesio. Estos son causantes de las incrustaciones que ocurren en las calderas, tuberías, etc. Existen dos tipos de dureza en las aguas:

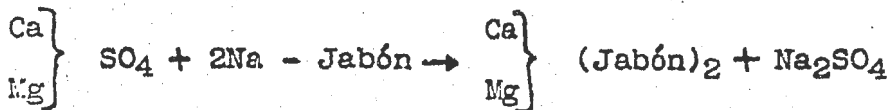
- 1) Dureza de bicarbonatos (temporal).
- 2) Dureza de sulfatos, cloruros, etc. (permanente).

Cuando el agua contiene estos compuestos y es calentada, los bicarbonatos solubles se descomponen en carbonatos

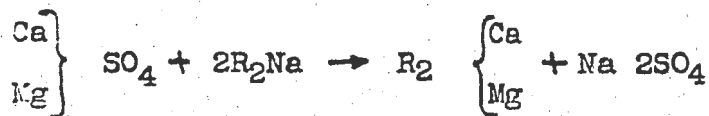
insolubles, los cuales se depositan en las paredes en contacto con el agua.



Tanto la dureza temporal como la permanente, contribuyen a las reacciones con el jabón, llamándolas por esta razón aguas duras, por formar un precipitado y disminuir notablemente la espuma.



El proceso para suavizar el agua es altamente efectivo y simple; el agua dura es pasada a través de una columna de resina de intercambio iónico ciclo sodio.



Cuando la capacidad de la resina por absorción de iones, calcio y magnesio ha sido agotado, la columna es regenerada con solución saturada de cloruro de sodio. El tratamiento es generalmente completado con la adición de una resina aniónica tipo cloruro o una resina aniónica fuerte tipo OH, si es que se quiere eliminar sílice.

Desmineralización.- Con este tipo de tratamiento se obtiene agua con una dureza comparable a la del agua destilada pero sin el costo excesivo que representa obtener agua destilada en grandes cantidades.

La selección del método y las resinas, para desmineralización, con o sin remoción de sílice, depende de muchos factores, incluyendo la composición del agua cruda, el grado de desmineralización requerido y el uso a que se destinará el

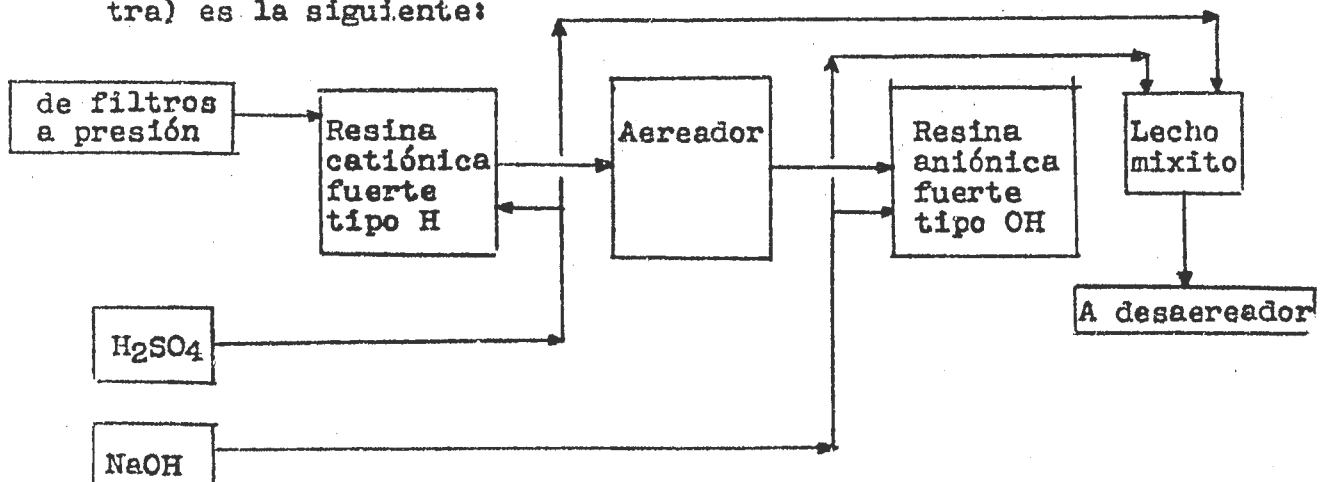
agua.

Aunque la selección del tipo de tratamiento debería estar en función del costo y la calidad del agua requerida - para la caldera, actualmente se prefiere el intercambio iónico a los tratamientos de precipitación, ya que ofrece muchas ventajas y estas se pueden señalar como sigue:

- 1.- Bajo costo del equipo.
- 2.- Agua suavizada con calidad uniforme, aun teniendo variaciones en la composición del agua cruda.
- 3.- Se reduce el almacenamiento y manejo de material.

Es práctica común usar suavización para calderas de tubos de humo y desmineralización para calderas tubos de agua, aunque siempre que los costos lo permitan se prefiere - la desmineralización, ya que las resinas catiónicas tipo sodio se ensucian frecuentemente con fierro, aluminio o magnesio, que no son removidos por regeneración normal, cosa que no ocurre cuando se utiliza una resina catiónica tipo hidrógeno.

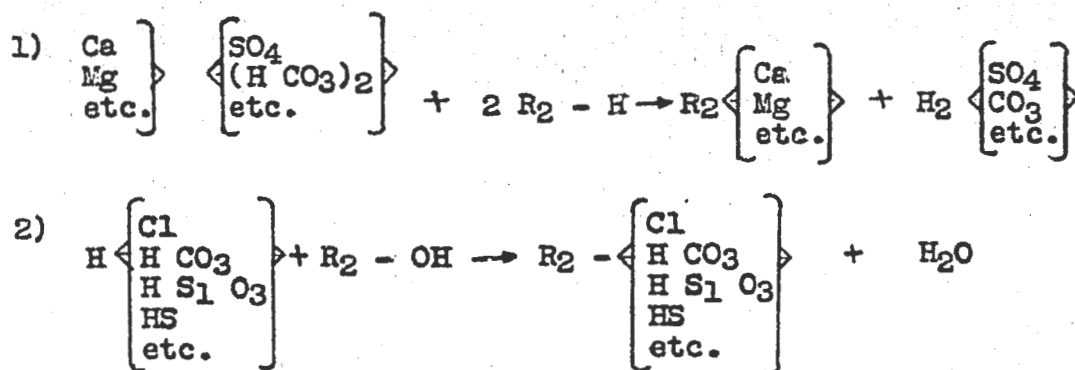
Una combinación muy general para el tratamiento del agua de alimentación a calderas de potencia (como la nuestra) es la siguiente:



En nuestro caso se utilizará el método de intercambio iónico ya que se requiere agua de alta pureza y se utilizará la combinación anterior, pero sin el aereador, ya -- que de acuerdo con el análisis del agua se observa que la cantidad de bicarbonatos no es grande y por lo tanto no se requiere.

Se utiliza una resina aniónica fuerte, ya que una débil no remueve el silice

En forma general el proceso que se lleva a cabo es el siguiente:



Nota.- Para una mayor información sobre los métodos de tratamiento de agua descritos aquí referirse a la tesis: Diseño de un sistema de tratamiento de aguas, elaborada por Martha Martínez Martínez (ENEP C, 1980).

### 3.6.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

El flujo total a tratar por el sistema es 300 GPM los cuales pasan por un sistema de filtración para eliminar posibles sólidos suspendidos, contenidos o adquiridos en la

cisterna que suministra el agua, el sistema de filtración está compuesto por cuatro filtros a presión con antracita como medio filtrante, ya que la arena aporta pequeñas cantidades de sílice, se utilizarán dos filtros en operación normal mientras los otros dos se regeneran. La regeneración consiste en hacer fluir agua a presión en sentido contrario durante 10 minutos aproximadamente, seguido de un enjuague. La regeneración se efectúa cuando la caída de presión en los filtros rebasa los 5 PSIG, y los fluidos de retrolavado se pueden ver en la tabla No. IV del punto 5.0 del presente trabajo.

Del sistema de filtración el agua pasa a la unidad desmineralizadora que consiste en dos trenes de desmineralización que operarán normalmente al 50% de su capacidad y al 100% cuando un tren esté en regeneración. La regeneración consiste en que una vez que está saturada la resina, recibe primero un retrolavado con agua cruda, seguido de la regeneración de la resina, donde se utiliza ácido sulfúrico al 2% para la resina catiónica y sosa al 50%, que recibe un calentamiento previo, para la resina aniónica y el paso final es un enjuague donde se utiliza agua deca-tionizada para la resina catiónica y agua desmineralizada para la resina aniónica.

El agua que sale de las unidades aniónicas pasa posteriormente por los lechos mixtos que operan de manera similar a las unidades desmineralizadoras, con lo cual se

asegura una alta pureza del agua que es almacenada en un tanque del cual se envía al desaerador donde es calentada, además de remover los gases que van disueltos.

El diseño completo de este sistema lo realiza el proveedor del mismo y se le denomina sistema paquete ya que el proveedor se encarga de suministrar todo el equipo necesario, así como accesorios e instrumentación requeridos. El proveedor es responsable de la selección del tipo y cantidad de resina, así como de establecer los flujos de químicos para regeneración y flujos de enjuague y retrolavado.

El alcance de trabajo para el ingeniero de proceso en un sistema de este tipo consiste en establecer los parámetros de diseño como flujo, calidad del agua, tamaño del paquete, especificaciones del equipo suministrado con el paquete, así como la evaluación técnico-económica del sistema.

### 3.6.3 MEMORIAS DE CALCULO.

Los tanques de almacenamiento de NaOH y de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> no se incluyeron en el sistema paquete, por considerar -- que resulta más económico adquirirlos por separado por lo que se dimensionarán a continuación; así mismo, se incluye el dimensionamiento del tanque de agua desmineralizada.

El criterio para establecer el volumen de los -- tanques de Na OH y H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> se basa en que estos productos

son transportados por medio de pipas, las cuales tienen una capacidad de 7925 galones (30,000 litros) y el tanque deberá tener una capacidad 1.5 veces de la capacidad de una pipa. La periodicidad con que deba proveer la pipa de NaOH y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dependerá de los requerimientos del sistema desmineralizador.

El tanque de agua desmineralizada se dimensionará considerando un tiempo de residencia de 12 horas con lo cual se asegura un suministro continuo en caso de funcionamiento anormal del sistema de desmineralización que tiene ciclos de funcionamiento de 12 horas.

Tanques de NaOH y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Volumen de una pipa = 7925 GAL

Volumen total =  $7925 \times 1.5 = 11880$  GAL

De acuerdo al estudio económico H/D para tanques atmosféricos incluido en el punto 5.0 tenemos la siguiente selección:

Capacidad nominal = 11944 GAL

Capacidad de trabajo = 11484 GAL

Diámetro exterior = 12' - 6"

Altura nominal = 13'

Tanque de agua desmineralizada.

Flujo de agua a caldera = 300 GPM      60°F

Flujo de agua a caldera = 301 GPM      86°F

Tiempo de residencia = 12 HR

$$\text{Capacidad de operación} = 301 \frac{\text{GAL}}{\text{MIN}} \times \frac{60 \text{ MIN}}{1 \text{ HR}} \times \frac{12 \text{ HR}}{1} = 216720 \text{ GAL}$$

Por lo tanto, la selección es la siguiente:

Capacidad nominal = 224116 GAL

Capacidad de trabajo = 220914 GAL

Diámetro exterior = 32' - 0"

Altura nominal = 35' - 0"

#### 3.6.4 HOJAS DE DATOS.

A continuación se muestra la hoja de datos típica para tanques atmosféricos, donde se completa la especificación de los mismos. Asimismo, se anexa un cuestionario técnico para el sistema paquete de desmineralización, que es equivalente a la hoja de datos.

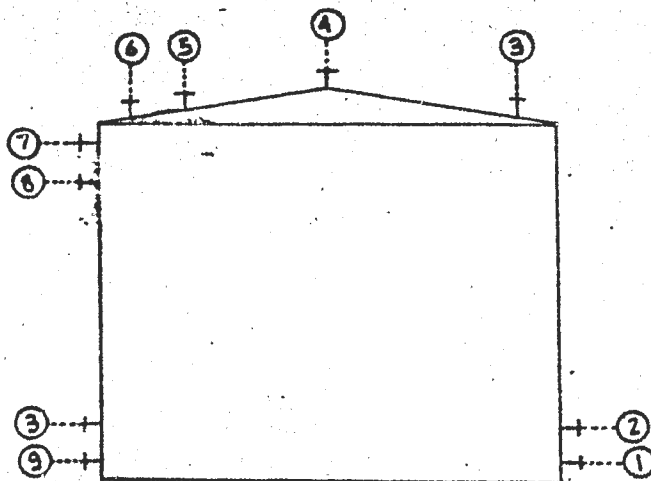


FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN				PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 1				
PREPARO: PDT/JFGC		CHECO: ENE		APROBO: ENE		FECHA: III-82				
HOJA DE DATOS PARA TANQUES ATMOSFERICOS						DP-1400				
E.P. TA-04	CANTIDAD UNO	SERVICIO ACIDO SULFURICO 93%			UNIDAD					
LUGAR PAJARITOS VERACRUZ		FABRICANTE		*						
DATOS DE PROCESO				DATOS DE DISEÑO MECANICO						
CAPACIDAD GAL: 11944		OPERACION 11484		CODIGOS API 650 ULTIMA EDICION						
PRODUCTO H2SO4 93% DENSIDAD 113 LB/FT <sup>3</sup>		RADIOGRAFIA POR PUNTOS EFICIENCIA DE JUNTAS 85%				PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO LIQUIDO PENETRANTE				
PRES. OP. CUERPO HIDROST. PSIG. CHAQUETA -		PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO LIQUIDO PENETRANTE		CHAQUETA -						
TEMP. OP. CUERPO 90		PRES. DIS. CUERPO HIDROST. PSIG. CHAQUETA -		PRES. DIS. CUERPO - PSIG. CHAQUETA -						
CONSTRUCCION				CONSTRUCCION						
TIPO CILINDRICO VERTICAL				CORROSION PERMISIBLE INT 1/16" EXT. -						
DIAMETRO 12'-6"		FT.-IN. LONG. 15'-0"		FABRICACION SOLDADA SI OTRAS -						
TIPO DE TAPAS SUPERIOR CONICA		INFERIOR PLANA		CARGA DE VIENTO		COEF. SIMBICO 2				
ESPESORES (IN.) CUERPO * TAPAS *		BOPORTES *		PESO VACIO *		PESO OPERACION *				
MATERIALES				MATERIALES						
CUERPO SA-283-C		CHAQUETA -		RECURRIMIENTO AMERCOAT 90 O SIMILAR						
TAPAS SA-283-C		TAPAS CHAQUETA -		AISLAMIENTO - BOPORTES DE AISL. -						
PARTES INTERNAS SA-283-C		PARTES EXTERNAS SA-283-C		OBSERVACIONES						
TUBERIA INTERIOR -		CUELLO DE BOQUILLAS SA-181-2		(1) ESCALERA TIPO MARINO						
ENPAQUES -		BRIDAS SA-181-1		(2) SA-193-B7/SA-194-2H						
ESCALERA SA-36 (1)		ANILLO DE RFID -		(3) CHORRO DE ARENA GRADO COMERCIAL						
BOPORTE SA-35		TORNILLOS/TUERCAS (2)		* INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE						
CROQUIS										
IDENT.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NO.	1	1	2	1	1	1	1	1	1	
DIAM.	1 1/2"	1"	2 1/2"	2"	3"	1 1/2"	2"	3"	1"	
TIPO	WN	WN	-	-	WN	WN	WN	WN	WN	
CLAS. Y CARA	150#RF	150#RF	-	150#RF	-	150#RF	150#RF	150#RF	150#RF	
SERVICIO	ARENA	SUCCION	REGISTRO	VENTO	ENTRADA	INDICADOR	RECIBO	DERECHA	SUCCION	
REVISIONES								FECHA	CHECO	APROBO
A EMITIDO PARA APROBACION								FEB 82	ENE	ENE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 1	
PREPARO: PDT/ΔFGC		CHECO: ENE		APROBO: ENE	
FECHA: III-82		OP-1400		HOJA DE DATOS PARA TANQUES ATMOSFERICOS	
E.P. TA-02		CANTIDAD UNO		SERVICIO HIDROXIDO DE SODIO UNIDAD	
LUGAR PAJARITOS VERACRUZ		FABRICANTE			

DATOS DE PROCESO		DATOS DE DISEÑO MECANICO	
CAPACIDAD (GAL): 11944	OPERACION 11984	CODIGOS API 650 ULTIMA EDICION	
PRODUCTO NaOH 50% DENSIDAD 94 Lb/FT <sup>3</sup>		RADIOGRAFIA POR PUNTOS EFICIENCIA DE JUNTAS 85%	
PRES. OP. CUERPO HIDROST. PSIG. CHAQUETA -	PSIG. CHAQUETA -	PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO LIQUIDO PENETRANTE CHAQUETA -	
TEMP. OP. CUERPO 90 °F		PRES. DIS. CUERPO HIDROST. PSIG. CHAQUETA - PSIG. CHAQUETA -	
CONSTRUCCION		TEMP. DIS. CUERPO 115 °F CHAQUETA - °F	
TIPO CILINDRICO VERTICAL		CORROSION PERMISIBLE INT 1/16" EXT. -	
DIAMETRO 12'-6" FT-IN LONG. 13'-0" FT-IN		FABRICACION SOLDADA SI OTRAS -	
TIPO DE TAPAS SUPERIOR CONICA INFERIOR PLANA		CARGA DE VIENTO COEF. SISMICO 2	
ESPESORES (IN.) CUERPO *TAPAS *		PESO VACIO * PESO OPERACION *	
BOPORTES *		PINTURA INORG. DE ZINC PNER. SUPERFICIE (3)	
MATERIALES		RECUBRIMIENTO AMERCOAT 75 O SIMILAR	
CUERPO SA-283-C CHAQUETA -		AISLAMIENTO - BOPORTES DE AISL. -	
TAPAS SA-283-C TAPAS CHAQUETA -		OBSERVACIONES	
PARTES INTERNAS SA-283-C PARTES EXTERNAS SA-283-C		(1) ESCALERA TIPO MARINO	
TUBERIA INTERIOR - CUELLO DE BOQUILLAS SA-106-B		(2) SA-193-B7/SA-194-2H	
EMPAQUES - BRIDAS SA-181-1		(3) CHORRO DE ARENA GRADO COMERCIAL	
ESCALERA SA-36(1) ANILLO DE RFZO -		* INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE	
BOPORTE SA-36 TORNEILLO/TUERCA (2)			

CROQUIS



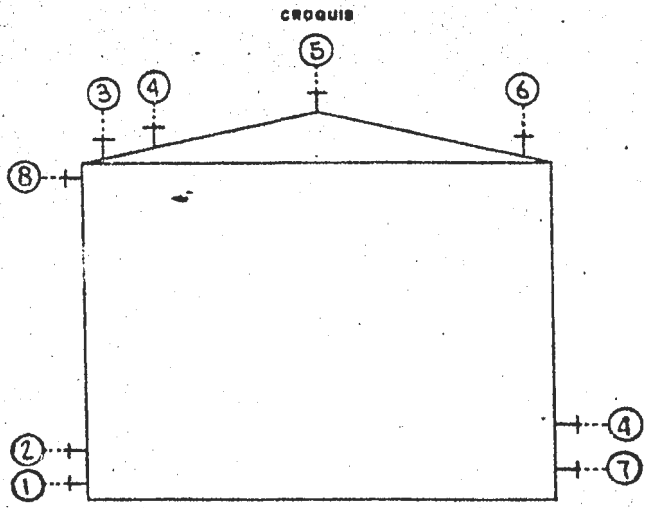
IDENT.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NO.	1	1	2	1	1	1	1	1	1	
DIAM.	1"	1"	1 1/2"	2"	2"	1 1/2"	2"	2"	1 1/2"	
TIPO										
CLAS. Y CARA										
SERVICIO	SUCCION BOHIA	SUCCION BOHIA	REGISTRO INHOMRE	VENTED	ENTRADA NROY	INDICADOR NIVEL	RECARG BOHIA	SERVANE	DEENASE	

REVISIONES			FECHA	CHECO	APROBO
EMITIDO PARA APROBACION			FEB. 82	ENE	ENE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 1	
PREPARO:	CHECO:	APROBO:	FECHA:		
PDT/JFGC	ENE	ENE	111-82		

HOJA DE DATOS PARA TANQUES ATMOSFERICOS			DF-1400
E.P. TA-01	CANTIDAD UNO	SERVICIO AGUA DESMINERALIZADA	UNIDAD
LUGAR PAJARCITOS VERACRUZ		FABRICANTE	*

DATOS DE PROCESO		DATOS DE DISEÑO MECANICO	
CAPACIDAD (GAL): 22416	OPERACION 220914	CODIGO API 610	
PRODUCTO AGUA DESM.	DENSIDAD 62.7 Lb/Ft <sup>3</sup>	RADIOGRAFIA POR PUNTOS	EFICIENCIA DE JUNTAS 85%
PRES. OP. CUERPO HIDROST.	PES. CHAQUETA	PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO LLENO DE AGUA	
TEMP. OP. CUERPO 90		CHAQUETA	
CONSTRUCCION		PRES. DS. CUERPO HIDROST.	PES. CHAQUETA
TPO CILINDRICO VERTICAL		TEMP. DS. CUERPO 122	PES. CHAQUETA
DIAMETRO 32'-0"	FT.-IN. LONG. 35'-0"	CORROSION PERMISIBLE: INT 1/16" EXT.	
TIPO DE TAPAS SUPERIOR CONICA	INFERIOR PLANA	FABRICACION: SOLDADA SI	OTRAS
ESPESORES (IN.) CUERPO * TAPAS *		CARBA DE VIENTO	COEF. SISMICO 2
SOPORTES *		PESO VACIO *	PESO OPERACION *
MATERIALES		PINTURA INORG. DE ZINC	PREP. SUPERFICIE (3)
CUERPO SA-283-C	CHAQUETA -	RECUBRIMIENTO AMERCOAT 90 O SIMILAR	
TAPAS SA-283-C	TAPAS CHAQUETA -	AISLAMIENTO -	SOPORTES DE AISL. -
PARTES INTERNAS SA-283-C	PARTES EXTERNAS SA-283-C	OBSERVACIONES	
TUBERIA INTERIOR -	CUELLO DE BOQUILLAS SA-106-B	(1) ESCALERA TIPO MARINO	
EMPAQUES ASBESTO COMP.	BRIDAS SA-181-1	(2) SA-193-87/SA-194-24	
ESCALERA SA-36 (1)	ANILLO DE RFZO -	(3) CHORRO DE ARENA GRADO COMERCIAL	
SOPORTE SA-36	TORNILLOS/TUERCAS (2)	* INF. PROPORCIONADA POR FABRICANTE	



IDENT.	1	2	3	4	5	6	7	8
NO.	1	1	1	2	1	1	1	1
DIAM.	4"	1 1/2"	1 1/2"	2 1/4"	6"	4"	6"	6"
TIPO	W.N	COPE	COPE	API	-	W.N	W.N	W.N
CLAS. Y CARA	150# RF	3000# R	3000# R	-	-	150# RF	150# RF	150# RF
SERVICIO	ORFNA	TRANSM.	INDICADOR	RESISTED	VENTED	ENT. AGUA	SUCCION	DE FKA
	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE	DE

REVISIONES		FECHA	CHECO	APROBO
EMITIDO PARA APROBACION		FEB. 51	E.N.E.	E.N.E.

CUESTIONARIO TECNICO DE UN SISTEMA DE  
DESMINERALIZACION TIPO PAQUETE.

FILTROS A PRESION.

1.0 General.

Cantidad 4 unidades  
 Servicio Agua clarificada  
 Lugar Pajaritos, Veracruz.  
 Fabricante \*  
 Modelo \*

2.0 Datos de diseño.

Capacidad de diseño 150 GPM/Unidad.  
 Tipo de operación Continua.  
 Presión requerida en la entrada 120 PSIG  
 Máxima caída de presión 30 PSIG

3.0 Recipientes.

No. de Tag. FA-OG/OGB/OGC/OGD  
 Diámetro \*  
 Altura parte recta \*  
 Presión de operación/ diseño 120/150 PSIG  
 Material de construcción SA-285-C  
 Tipo de tapas Toriféricas  
 Recubrimiento interior Pinura epóxica  
 Espesor de Recubrimiento Int. \*

Espesor del cuerpo \_\_\_\_\_ \*

Espesor de tapas \_\_\_\_\_ \*

4.0 Tubería y conexiones.

Tipo de conexiones \_\_\_\_\_ Bridadas

Material \_\_\_\_\_ A181 - I

Diámetro de tubería principal \_\_\_\_\_ \*

Diámetro de tubería de retrolavado \_\_\_\_\_ \*

Diámetro de tubería de enjuague \_\_\_\_\_ \*

Arreglo de tubería \_\_\_\_\_ En caja

5.0 Válvulas.

Tipo \_\_\_\_\_ Diafragma (Saunders)

Conexión \_\_\_\_\_ Bridadas

Operación \_\_\_\_\_ Manual

Material del cuerpo \_\_\_\_\_ \*

Material del diafragma \_\_\_\_\_ \*

VALVULAS:	Principales	Retrolavado	Enjuague
Cantidad	_____ *	_____ *	_____ *
Diámetro	_____ *	_____ *	_____ *

6.0 Internos.

Distribuidor de aguas

Tipo \_\_\_\_\_ \* Material \_\_\_\_\_ Ac. Carbón

Colector de aguas

Tipo \_\_\_\_\_ \* Material \_\_\_\_\_ 55-316

Diámetro del cabezal \_\_\_\_\_ \*

Diámetro de laterales \_\_\_\_\_ \*

Apertura de coladeras \_\_\_\_\_ \*

### 7.0 Material filtrante (Por unidad).

Tipo \_\_\_\_\_ Grava/Antracita

Granulometría arena \_\_\_\_\_ \*

Granulometría antracita \_\_\_\_\_ \*

Volumen de arena \_\_\_\_\_ \*

Volumen de antracita \_\_\_\_\_ \*

Flujo superficial de servicio \_\_\_\_\_ \*

Flujo superficial de retrolavado \_\_\_\_\_ \*

### 8.0 Instrumentos (Por unidad).

#### Manómetros:

Cantidad \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ Localización entrada y salida

Tipo \_\_\_\_\_ \* \_\_\_\_\_ Fabricante \_\_\_\_\_ \*

Diámetro de carátula \_\_\_\_\_ 4 1/2" \_\_\_\_\_

#### Indicador de flujo:

Cantidad \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ \*

Localización Entrada servicio y entrada retrolavado

### UNIDADES DE INTERCAMBIO IONICO.

#### 1.0 General.

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	_____ Dos _____	_____ Dos _____
Marca	_____ * _____	_____ * _____
Tipo de operación	_____ Continua _____	_____ Continua _____

## 2.0 Datos de diseño.

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Flujo	<u>150/300 GPM</u>	<u>150/300 GPM</u>
Velocidad superficial	<u>*</u>	<u>*</u>
Presión de operación	<u>*</u>	<u>*</u>
Presión de diseño	<u>*</u>	<u>*</u>
Caída de presión	<u>*</u>	<u>*</u>
Código de diseño	<u>ASME</u>	<u>ASME</u>

## 3.0 Recipientes

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	<u>Dos</u>	<u>Dos</u>
Diámetro	<u>*</u>	<u>*</u>
Altura (T - T)	<u>*</u>	<u>*</u>
Espesor cuerpo	<u>*</u>	<u>*</u>
Espesor tapas	<u>*</u>	<u>*</u>
Espesor recubrimiento int.	<u>*</u>	<u>*</u>

## Materiales:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cuerpo y tapas	<u>SA-285-C</u>	<u>SA-285-C</u>
Internos	<u>SS-316</u>	<u>SS-316</u>
Soportes	<u>SA-283-C</u>	<u>SA-283-C</u>
Recubrimiento int.	<u>Hule natural</u>	<u>Hule natural</u>

## Internos:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Tipo de distribuidor de agua	<u>*</u>	<u>*</u>

	U.Catiónicas	U.Aniónicas
Tipo de distribuidor de regenerante	_____ *	_____ *
Tipo de colector de drenados	_____ *	_____ *

#### 4.0 Resinas de intercambio iónico.

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Marca	_____ *	_____ *
Tipo	_____ *	_____ *
Volumen por unidad	_____ *	_____ *
Volumen total	_____ *	_____ *
Profundidad de la cama	_____ *	_____ *
Espacio para levantamiento	_____ *	_____ *
Soporte de la cama	_____ *	_____ *
Capacidad de intercambio	_____ *	_____ *
Carga de iones	_____ *	_____ *
Vol. reservado por regeneración	_____ *	_____ *

#### 5.0 Instrumentos.

Medidor de agua clara:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	_____ *	_____ *
Marca	_____ *	_____ *
Modelo	_____ *	_____ *
Tipo	_____ *	_____ *
Registrador	_____ *	_____ *
Alarma	_____ *	_____ *



## Manómetros

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	_____ *	_____ *
Localización	_____ *	_____ *
Rango	_____ *	_____ *

## Medidor de conductividad:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	_____ *	_____ *
Marca	_____ *	_____ *
Modelo	_____ *	_____ *
Tipo	_____ *	_____ *
Celda de conductividad	_____ *	_____ *
Localización de celdas	_____ *	_____ *

## Válvulas principales:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Tipo	_____ *	_____ *
Marca	_____ *	_____ *
Conexión	_____ *	_____ *
Operación	_____ *	_____ *
Cantidad	_____ *	_____ *
Diámetro	_____ *	_____ *
Material	_____ *	_____ *

## 6.0 Sistema de regeneración.

	U.Catiónicas	U.Aniónicas
Tipo de regenerante	_____ $H_2SO_4$	_____ NaOH

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Concentración del regenerante.	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
Flujo requerido	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>

## Bombas dosificadoras:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	<u>          Dos          </u>	<u>          Dos          </u>
Marca	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
Modelo	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
Tipo	<u>          Diafragma          </u>	<u>          Diafragma          </u>
Material	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
Capacidad	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
Presión de descarga	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>

## Motores:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Marca	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
Montaje por	<u>          Proveedor          </u>	<u>          Proveedor          </u>
BHP	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
RPM	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>
Volts/fases/ciclos	<u>          120/1/60          </u>	<u>          120/1/60          </u>
Tipo	<u>          Inducción J.A          </u>	<u>          Inducción J.A          </u>
Encapsulado	<u>          TCCV          </u>	<u>          TCCV          </u>

## 7.0 Válvulas y accesorios.

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Tee de mezcla	<u>          *          </u>	<u>          *          </u>

Indicador de flujo de agua:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Marca	*	*
Modelo	*	*
Tipo	*	*
Rango	*	*

Válvula reguladora de flujo de agua:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	*	*
Marca	*	*
Tipo	*	*
Operación	*	*
Diámetro	*	*
Material	*	*

Válvulas de regenerante diluido:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	*	*
Marca	*	*
Tipo	*	*
Operación	*	*
Diámetro	*	*
Material	*	*

Válvulas de retención:

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Cantidad	*	*

	U. Catiónicas	U. Aniónicas
Marca	*	*
Tipo	*	*
Diámetro	*	*
Material	*	*

LECHOS MIXTOS.

1.0 General.

Cantidad	Dos
Marca	*
Tipo de operación	Continua

2.0 Datos de diseño.

Flujo	150/300 GPM
Velocidad superficial	*
Presión de operación	*
Presión de diseño	*
Caída de presión	*
Código de diseño	ASME

3.0 Tanques. (UI-03A, UI-03/B)

Cantidad actual/futuro	2/-
Diámetro	*
Altura parte recta	*
Material de construcción	SA-285-C
Cabezas tipo	torisféricas

Recubrimiento interior Hule natural  
 Espesor cabezas \*  
 Espesor cuerpo \*  
 Registros diam/tipo \*

## 4.0 Tubería y conexiones.

Tipo de conexiones Bridadas  
 Material Ac. al carbón  
 Recubrimiento interior Hule duro No. 10  
 Espesor de recubrimiento \*  
 Ø Tubería principal \*  
 Ø Tubería retrolavado \*  
 Ø Tubería reg. cáustico \*  
 Ø Regenerante ácido \*  
 Ø Tubería interfase \*  
 Ø Tubería enjuague \*  
 Ø Tubería aire \*  
 Ø Tubería venteo automático \*  
 Ø Cabezales entrada/salida \*

## 5.0 Válvulas.

Válvulas de control/unidad:

Tipo Saunders  
 Conexiones Bridadas  
 Operación Automática  
 Volante para operación manual Incluir  
 Material del cuerpo Ac Fo Rec. c/hule

Material de diafragma Hypalon

Válvulas principales:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Válvula retrolavado:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Válvulas de reg. cáustico:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Válvulas de reg. ácido:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Válvula interfase:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Válvula de enjuague:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Válvula para aire:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Válvula para venteo automático:

Cantidad \_\_\_\_\_ \*

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

## 6.0 Internos.

Colector de drenaje

Tipo \_\_\_\_\_ \*

Material S.S. 316Cantidad de laterales/  $\emptyset$  C/U \_\_\_\_\_ \*Tipo de coladeras Johnson

Distribuidor de agua

Tipo \_\_\_\_\_ \*

Material S.S. 316Cantidad de laterales/  $\emptyset$  C/U \_\_\_\_\_ \*

Tipo de coladeras \_\_\_\_\_ \*

Distribuidor regenerante cáustico

Tipo \_\_\_\_\_ \*

Material S.S. 316Cantidad de laterales/  $\emptyset$  C/U \_\_\_\_\_ \*

Colector de interfase

Tipo Cabecal y lat. c/coladeras 0.007"Material S.S. 316Cantidad de laterales/  $\emptyset$  C/U \_\_\_\_\_ \*Tipo de coladeras Johnson

## 7.0 Materiales de intercambio iónico

Material aniónico

Marca Rohm and Hass o similar

Denominación \_\_\_\_\_ \*

Tipo \_\_\_\_\_ \*

Ciclo de operación \_\_\_\_\_ Hidróxido

Nivel de regeneración \_\_\_\_\_ \*

Volumen de resina/unidad \_\_\_\_\_ \*

Capacidad de intercambio \_\_\_\_\_

#### Material catiónico

Marca \_\_\_\_\_ Rohm and Hass o similar

Denominación \_\_\_\_\_ \*

Tipo \_\_\_\_\_ \*

Ciclo de operación \_\_\_\_\_ Hidrógeno

Nivel de regeneración \_\_\_\_\_ \*

Volumen de resina/unidad \_\_\_\_\_ \*

Capacidad de intercambio \_\_\_\_\_ \*

#### 8.0 Instrumentación por unidad

##### Manómetros

Cantidad \_\_\_\_\_ 2

Diámetro de carátura \_\_\_\_\_ 4 1/2"

Indicador de flujo entrada

Tipo \_\_\_\_\_ \*

Modelo/marca \_\_\_\_\_ \*

##### Registro de flujo con alarma

##### Elemento primario con transmisor

Tipo \_\_\_\_\_ \*



## Registrador integrador de flujo con alarma

Marca \_\_\_\_\_ \*

Modelo \_\_\_\_\_ \*

## Registro de conductividad c/alarma

Elemento primario c/trasmisor

Tipo \_\_\_\_\_ Celda de conductividad

Marca \_\_\_\_\_ \*

Modelo \_\_\_\_\_ \*

Montaje \_\_\_\_\_ Tubería de salida

Registrador de conductividad c/alarma por  
alta

Marca \_\_\_\_\_

Modelo \_\_\_\_\_

## 9.0 Sistema de regeneración ácida

Bombas dosificadoras (BA-14, BA-14/R)

Cantidad \_\_\_\_\_ 2

Tipo \_\_\_\_\_ desplazamiento positivo

Marca/modelo \_\_\_\_\_ \*

Capacidad \_\_\_\_\_ \*

Presión de descarga \_\_\_\_\_ \*

Material \_\_\_\_\_ Carpenter 20

Accionador \_\_\_\_\_ Motor eléctrico

Cantidad \_\_\_\_\_ Dos

Carcaza \_\_\_\_\_ Tefc. a prueba de intemp.

Tipo \_\_\_\_\_ Inducción



Modelo/marca \_\_\_\_\_ \*

Sistema de regeneración cáustica

Bombas dosificadoras (BA-15, BA-15/R)

Cantidad \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_ desplazamiento positivo \_\_\_\_\_

Marca/modelo \_\_\_\_\_ \*

Capacidad \_\_\_\_\_ \*

Presión de descarga \_\_\_\_\_ \*

Material de construcción \_\_\_\_\_ Acero \_\_\_\_\_

Válvula de seguridad \_\_\_\_\_ Incluir \_\_\_\_\_

Accionamiento/cant. \_\_\_\_\_ Motor eléctrico / 2 \_\_\_\_\_

Carcaza \_\_\_\_\_ Tefc a prueba de intemp. \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_ Inducción \_\_\_\_\_

Corriente eléctrica \_\_\_\_\_ 440V/3Ø/60 ciclos \_\_\_\_\_

Pot./veloc. \_\_\_\_\_ \*

Válvulas de control

Válvula de sosa 50 %

Cantidad \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_

Tipo \_\_\_\_\_ Saunders \_\_\_\_\_

Posición \_\_\_\_\_ N.C. \_\_\_\_\_

Diámetro \_\_\_\_\_ \*

Actuador \_\_\_\_\_ Neumático \_\_\_\_\_

Material del cuerpo \_\_\_\_\_ Ac Fo \_\_\_\_\_

Material del diafragma \_\_\_\_\_ Neopreno \_\_\_\_\_

## 11.0 Tablero de control

Tipo AutosoportadoLargo \*Ancho \*Altura \*Construcción \*Material Lámina galvanizadaAcabado Estándar

### 3.7. EQUIPOS ACCESORIOS DE CALDERA.

#### 3.7.1 Bombas de alimentación de agua a caldera.

La selección del tipo de bomba de alimentación de agua a caldera. es un punto de suma importancia en el suministro de servicios a cualquier planta industrial, ya que una selección incorrecta puede ocasionar problemas en el suministro de servicios, en el control del sistema o -- provocar problemas por riesgos excesivos al especificar equipos fuera de código. La selección del tipo de bomba depende de la capacidad y presión de operación de la caldera.

Los tipos de bombas generalmente empleados para la alimentación de agua a calderas son:

- Turbina regenerativa
- De desplazamiento positivo
- Centrífugas tipo voluta divididas axialmente
- Centrífugas tipo voluta de varios pasos
- Con difusor de pasos múltiples
- Reciprocantes

Para calderas de baja presión (hasta 250 PSIG).

---

Se han venido empleando bombas de turbina regenerativa, bombas de desplazamiento positivo, bombas centrífugas tipo voluta divididas axialmente.

Para calderas a presión media (hasta 1200 PSIG).

---

Se usan bombas centrífugas tipo voluta de varios pasos y carcasa dividida axialmente, aunque también se em-

plean bombas con difusor de pasos múltiples, divididas horizontalmente, tipo barril o también bombas reciprocantes del tipo potencia.

Para calderas de alta presión (Más de 1200 PSIG).

---

Se usan bombas de difusor de varios pasos y carcaza dividida hasta 1600 PSIG. También se emplean bombas reciprocantes del tipo de potencia. Después de 2000 PSIG se emplean bombas centrífugas de varios pasos del tipo barril de doble carcaza o bombas de alta velocidad más de 3600 -- RPM.

### 3.7.2 Desaeradores, tipos y selección.

La finalidad principal de los desaeradores es la remoción de gases disueltos y, esencialmente, de oxígeno -- que para el agua de alimentación a calderas se requiere -- que sea practicamente cero, ya que es altamente corrosivo.

Los dos tipos principales de desaeradores son: -- el tipo de charolas y el tipo de espreas. Los dos se basan en el mismo principio, que consiste en poner el agua en contacto con vapor, en donde la presión parcial de los gases no condensables es practicamente nula, además de que su -- tendencia a escapar del líquido es incrementada por la elevación de la temperatura del agua hasta el punto de ebullición; en estas condiciones se obtiene una remoción óptima de los gases disueltos.

En los desaeradores de espreas el agua entra al

desaerador a través del condensador de venteo hacia las válvulas de atomización, cuyo fin es atomizar el agua para que esta ofrezca una gran superficie de contacto con el vapor. El agua precalentada y parcialmente desgasificada fluye entonces hacia abajo a través de un distribuidor hasta el lavador de vapor, en esta sección se mezcla con el vapor que entra y se derrama hacia el tanque de almacenamiento.

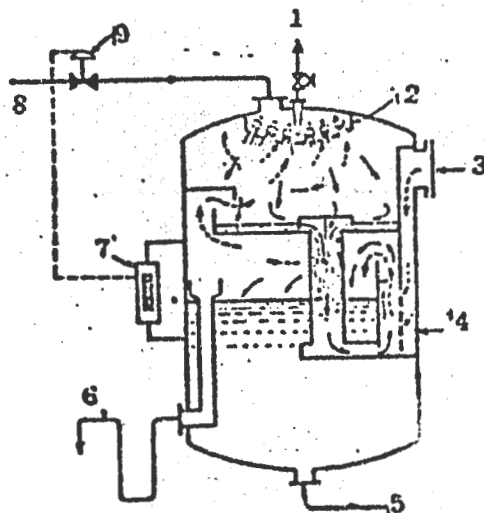
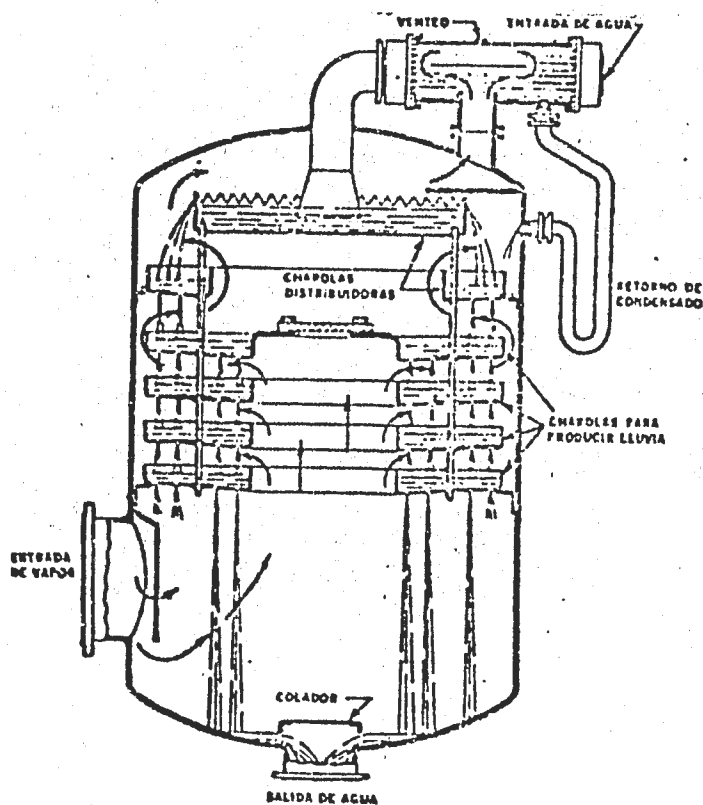


Figura 3.1.- Desaeradores de espumas. 1) Válvula de salida de los gases; 2) mampara de condensación; 3)- entrada de vapor; 4) caja; 5) salida del agua desaerada; 6) sello; 7) flotador; 8) entrada del agua; - 9) control de nivel.

En los desaeradores de charolas el agua gotea sobre una serie de charolas superpuestas, al mismo tiempo -- que se pasa una corriente de vapor a contracorriente, flujo cruzado o flujo paralelo, dependiendo del tipo de diseño --

del desaereador; como en el otro tipo, el agua entra por el condensador de venteo, pasa por distribuidores, baja por -- las charolas y pasa al tanque de almacenamiento.



A continuación tenemos una tabla que muestra las - características más importantes de los dos tipos de desaerea- dores y sobre la cual nos podemos basar para la selección -- del tipo de desaereador.

TIPO	Espreas	Charolas
PESO	Más pequeño	Más grande
MATERIALES	Generalmente A.C.	A.C. para charolas S. S
SOBRECARGA	Gran margen	Pequeño margen
AP H <sub>2</sub> O	3 - 5 PSI	1 - 2 PSI
AP vapor	1/10 PSI	1/10 PSI



INCRUSTACIONES	Aceptable	Menos aceptable
COSTO	Más barato	Aprox. 50% más caro

De acuerdo a la tabla anterior se puede deducir - que la elección más adecuada es el tipo espreas que es el que se seleccionó para el proyecto en cuestión.

### 3.7.3 Tanques de purgas, clasificación y dimensionamiento.

Los tanques de purgas se clasifican en tanques de purgas continuas y tanques de purgas intermitentes.

Los tanques de purgas continuas son tanques del tipo autoevaporación y su principal objetivo es separar el líquido del vapor formado para la utilización de este último en alguna parte del proceso. Además de servir como tanque separador de fases, sirve también como tanque amortiguador, evitando que las purgas se descarguen directamente al drenaje.

Los tanques de purgas intermitentes normalmente - tienen como única finalidad la de servir como amortiguador y evitar la práctica poco recomendable de descargar las -- purgas intermitentes directamente al drenaje.

La capacidad de los tanques de purga continua estará fijada por los requerimientos de purga continua de la caldera. La capacidad de los tanques de purga intermitente depende del volumen de lodos drenados de la caldera.

La presión y temperatura de operación serán fijados por los requerimientos de vapor de baja presión en el proceso.

Esto es, si se requiere vapor de determinada presión para calentamiento, esto fijará la presión de operación del tanque y, por consiguiente, la temperatura.

Se debe tomar en cuenta para la selección del lugar de utilización del vapor obtenido en el tanque de purgas que las líneas de vapor de baja presión son de diámetros relativamente grandes y que normalmente es poco económico que tales líneas sean largas.

Cuando el tanque de purga sólo sirve como amortiguador y no se recupera el vapor producido, sólo se ventea a la atmósfera, el tanque operará a una presión ligeramente mayor que la atmosférica, sólo con la presión requerida para la descarga del vapor.

### 3.7.4 Tratamiento interno de agua para calderas.

El tratamiento interno del agua para caldera se efectua para:

1).- Eliminar pequeñas cantidades de dureza, resultantes del retorno de condensados, adicionando fosfatos solubles al domo de la caldera.

2).- Contrarrestar la tendencia corrosiva del agua debida a la presencia de cantidades pequeñas de oxígeno, añadiendo hidrazina a la succión de las bombas de alimentación de agua a calderas.

3).- Proteger contra la corrosión a las turbinas y condensadores, añadiendo un inhibidor de corrosión como la morfolina.

Para la dosificación de éstos químicos se utilizan bombas reciprocantes tipo diafragma.

Las concentraciones recomendables de las soluciones, para efectuar la dosificación son las siguientes:

Hidrazina	0.1 ~ 3%	
Morfolina	$\leq 3\%$	
Fosfato de sodio	$\leq 1\%$	Para presiones de operación abajo de 1067.0 -- PSIG

Los parámetros que definen las cantidades a dosificar son los siguientes:

#### Fosfato de sodio

- Valor límite de  $PO_4$  en agua de caldera (1-5PPM)
- Purga continua de la caldera (toneladas/HR)
- Razón molar ( $Na_3 PO_4/PO_4$ )

Considerando una solución al 1% tenemos:

Flujo en lt/HR = valor límite (PPM) x Purga continua  
(Ton./HR)

$$\times \frac{\text{Na}_3 \text{Po}_4}{\text{Po}_4} \times \frac{1 \text{ Lt}}{10 \text{ gr}}$$

Hidrazina.

- a) Flujo de agua de alimentación a caldera.
- b) Valor límite de hidrazina en agua de alimentación a caldera  
( > 0.02 PPM )

Considerando una solución al 1%

Flujo en lt/HR = Flujo de agua de alimentación a caldera  
(Ton./HR) x valor límite (PPM)

$$\times \frac{1 \text{ Lt}}{1 \text{ gr}}$$

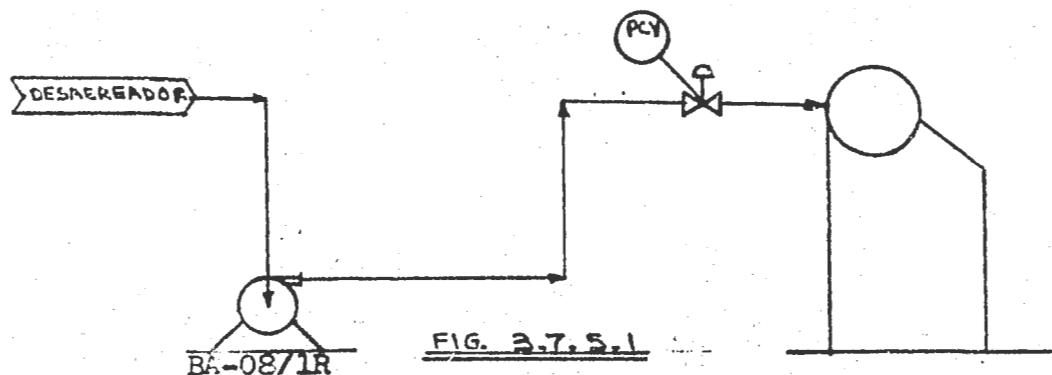
Morfolina.

- a) PH (8.5 - 9.6)
- b) Flujo de alimentación de agua a caldera

### 3.7.5 Memorias de cálculo.

Bomba de alimentación de agua a caldera alta presión.

#### Descripción del sistema.



#### Datos.

Tipo de bomba: Centrífuga horizontal multipasos.

Líquido bombeado: Agua desmineralizada y deaerada.

Temperatura de bombeo: 280 °F

\* Viscosidad del líquido: 0.2 CP

\* Presión de vapor : 50 PSIA

\* Gravedad específica: 0.928

\* Flujo másico/ Flujo vol : 191473 Lb/Hr / 412 GPM

\* Flujo de diseño: 452 GPM

\* A temperatura de bombeo

I.- Cálculo de la presión de succión. (DA-01 A BA-08/1R)

Diámetro de la tubería: 8 in (CEDULA 40)

ⓑ - - - -AP/100: 0.16 PSI

Velocidad: 2.8 Ft/SEG

Determinación de la longitud equivalente.

Accesorio	No.	L/D	L/D total
Valv. compuerta	2	13	26
Tee Branch	2	60	120
Codo 90	2	30	60
Filtro temporal	1	3	3
Suma total			209

$$\text{Long. eq.} = \frac{L/D \times D_i}{12} = \frac{209 \times 7.98}{12} \approx 139 \text{ Ft}$$

Longitud de tubería recta  $\approx$  31.0 Ft

Longitud total = 139 + 31 = 170 Ft

Presión del punto de donde se succiona: 50 PSIA

+ Columna estática (Altura (Ft) x 5.6 x 0.433):

$$(24.7 \text{ Ft} \times 0.928 \times 0.433) : 9.9 \text{ PSI}$$

$$\text{-AP línea succión} \frac{(\text{Long. tot.} \times \text{AP}/100)}{100} = 0.27 \text{ PSI}$$

Presión de succión de la bomba = 59.6 PSIA

II.- Cálculo del NPSH disponible.

Columna estática: 24.7 pies

-AP línea (PSI x 2.31/S.G.): 0.67 pies

(Presión del punto de succión - Pres. vap.) x  $\frac{2.31}{S.G.}$  : 0 pies

NPSH disp. = 24 pies

III.- Cálculo de la presión de descarga (BA-08/1R A FCV-904)

Diámetro de la tubería: 6 in (CEDULA 80)

$$\text{②} \text{--- AP}/100 = 0.71 \text{ PSI}$$

Velocidad = 5.0 Ft/SEG

## Determinación de la longitud equivalente.

Accesorio	No.	L/D	L/D total
Valv. compuerta	1	13	13
Valv. check	1	135	135
Codo 90	5	30	150
Tee Branch	1	60	60
Tee run	1	20	20

Suma total 378

$$\text{Long. eq.} = \frac{L/D \times Di}{12} = \frac{378 \times 5.76}{12} = 181.4 \text{ Ft}$$

Longitud de tubería recta  $\approx$  111 FtLongitud total:  $181.4 + 111 = 292.4$  Ft

①----- Presión en el punto final de descarga:	1193.2 PSIA
Columna estática (Pies x S.G x 0.433):	1.6 PSI
AP Valv. de flujo mínimo:	1.0 PSI
AP Línea descarga $\frac{(\text{Long. tot.} \times \text{AP}/100)}{100}$ :	2.1 PSI

Presión de descarga de la bomba: 1197.9 PSIA

## IV.- Calculo de la potencia de la bomba.

$$\text{AP bomba} = 1197.9 - 59.6 = 1138.3 \text{ PSI} \quad (2630 \text{ Ft})$$

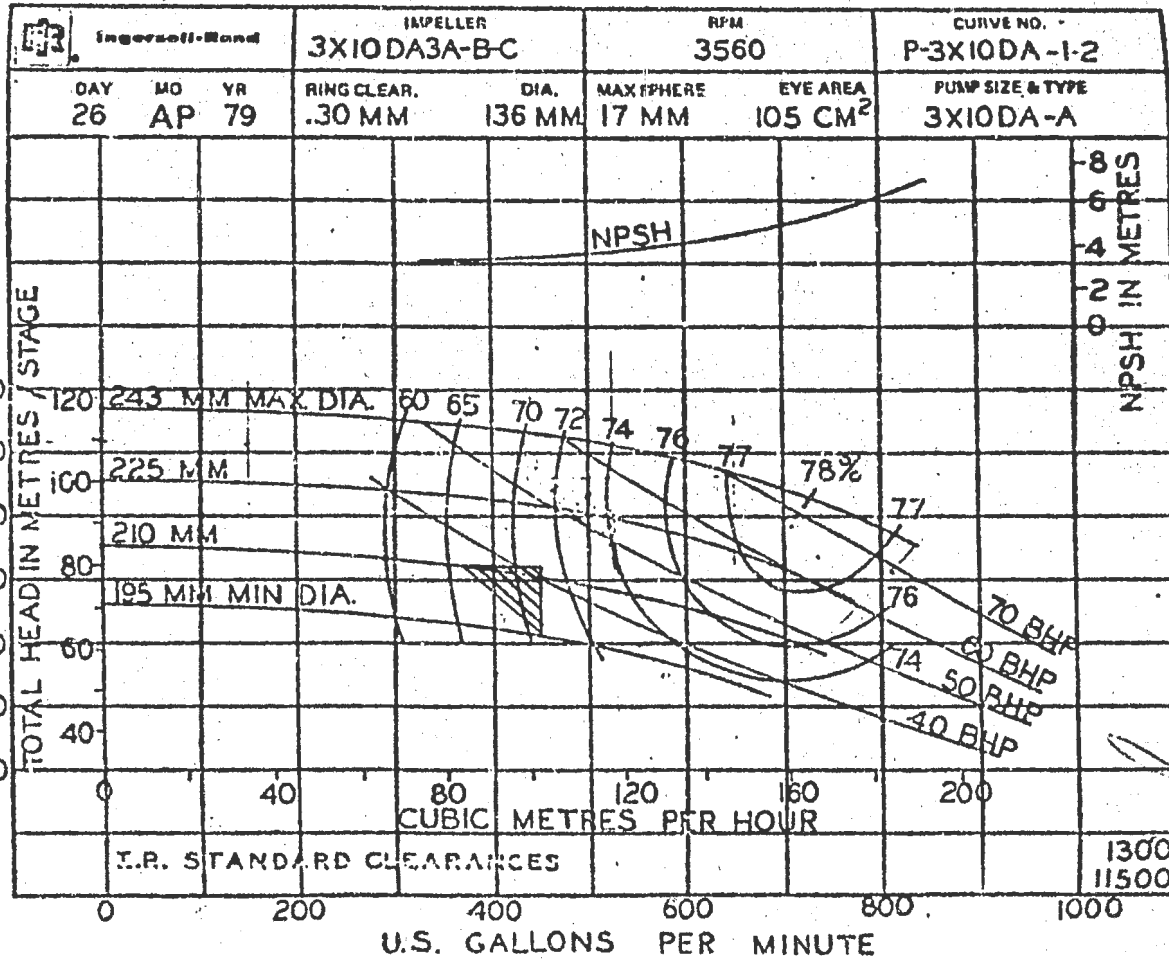
Flujo de diseño 452 GPM

$$\text{HP}_{\text{m.b.}} = \frac{\text{GPM} \times \text{AP}}{1715} = \frac{452 \times 1138.3}{1715} = 300 \text{ HP}$$

Del catálogo de I.R se tiene la curva de una bomba de 10 pasos con una eficiencia del 71% y un NPSHR de 12 Ft -- col. agua (Ver curva anexa).

$$\text{BHP} = \frac{300}{0.71} = 423 \text{ HP}$$

motor 500HP





## REFERENCIAS

- (A) Presión mínima requerida en la valvula de control, solicitada por Cerrey para el caso II: 1178.5 PSIG = 1193.2 PSIA
- (B) Dato de figuras No. 3 y/o 9 en punto 5.0

Bomba de alimentación de agua a caldera, media presión  
 Descripción del sistema.  
 ( Ver figura 3.7.5.1 )

DATOS

Tipo de bomba: Centrífuga horizontal multietapa. (BA-08/2R)

Líquido bombeado: Agua desmineralizada y deaerada.

Temperatura de bombeo: 280 F

\* Viscosidad del líquido: 0.2 Cp

\* Presión de vapor: 50 PSIA

\* Gravedad específica: 0.928

\* Flujo masico/Flujo vol. : 190896 Lb/Hr / 411 GPM

\* Flujo de diseño: 452 GPM

\* A temperatura de bombeo

Como el sistema es el mismo y el flujo es practicamente igual al caso anterior, las caídas de presión son las mismas y lo unico que varia es la presión requerida por Cerrey para la válvula de control, que para el caso I es de 810.0 PSIG  $\approx$  824.7 PSIA, por lo que la presión de descarga es:

Presión en el punto final de descarga:	824.7 PSIA
Columna estática (, pies x S.G. x 0.433 ):	1.6 PSI
AP Válvula de flujo mínimo:	1.0 PSI
AP Línea de descarga ( <u>Long. Tot. x AP/100</u> ):	2.1 PSI
Presión de descarga de la bomba:	829.4 PSIA

Cálculo de la potencia de la bomba.

$$\text{AP bomba} = 829.4 - 59.6 = 769.8 \text{ PSI}$$

(1778 Ft)

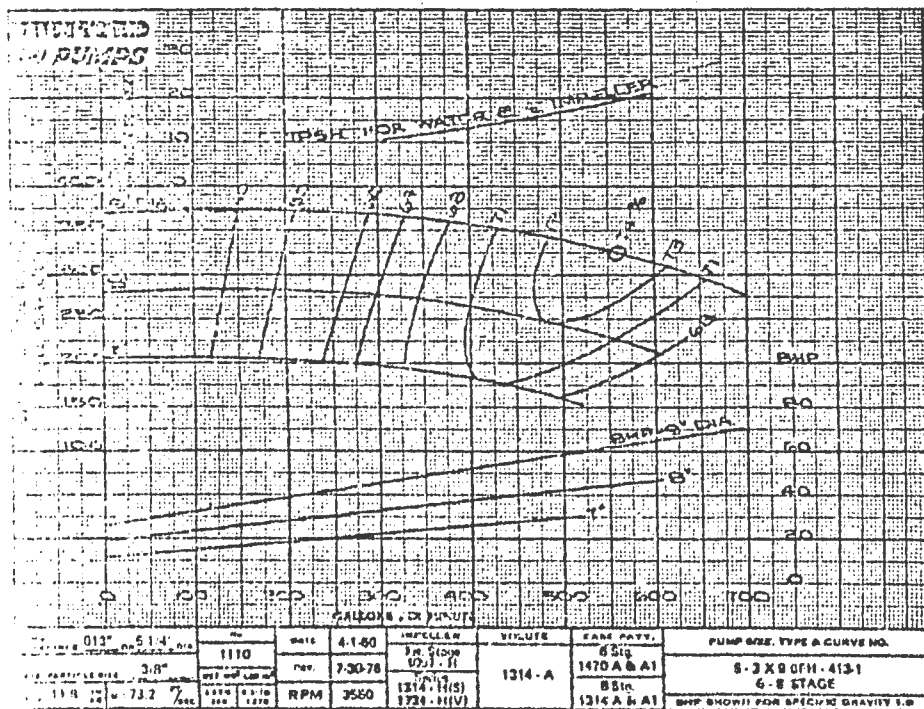
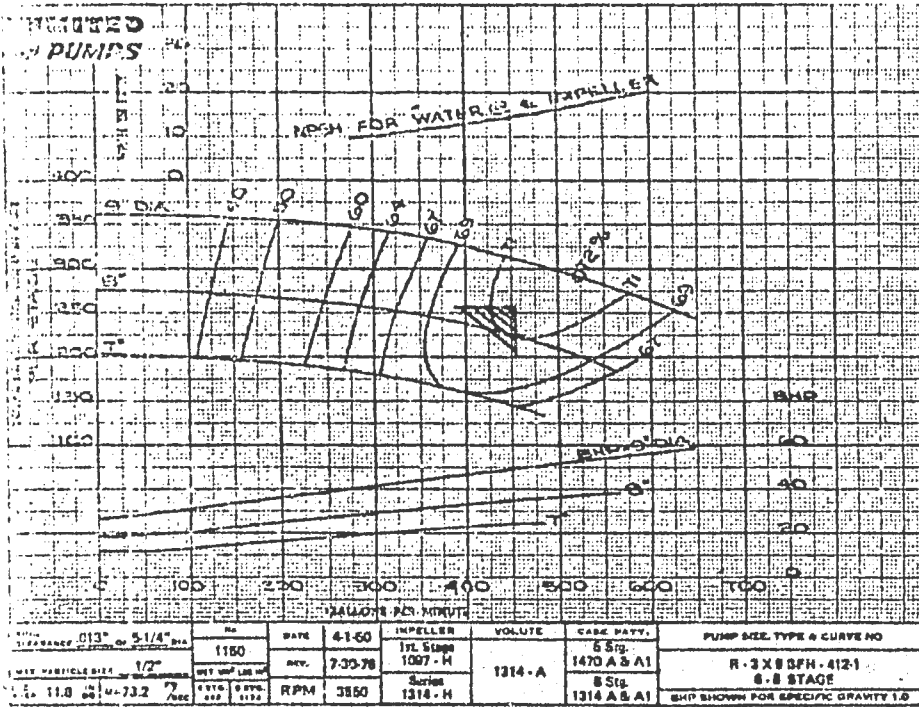
$$\text{Flujo de diseño} = 452 \text{ GPM}$$

$$\text{HP}_{\text{hid.}} = \frac{\text{GPM} \times \text{AP}}{1715} = \frac{452 \times 769.8}{1715} = 202.8 \text{ HP}$$

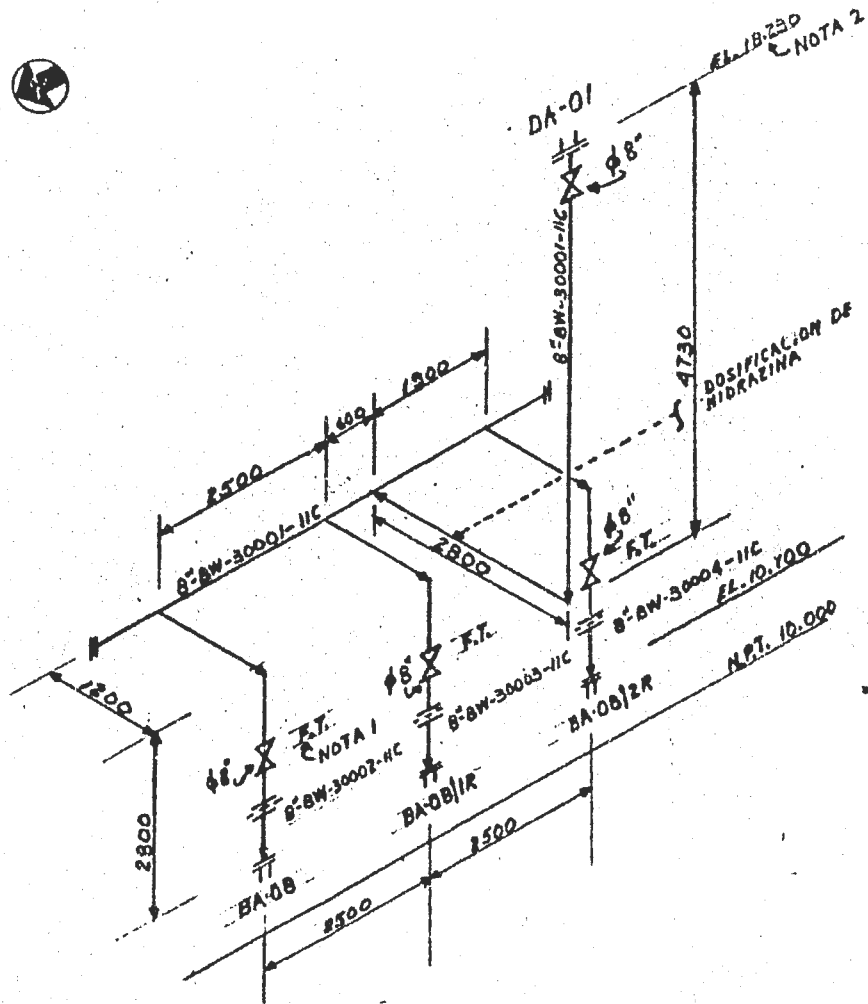
Del catálogo de Union Pumps se tiene la curva de -  
una bomba de 7 pasos con una eficiencia de 71% y un NPSHR -  
de 14 Ft col. agua (Ver curva anexa).

$$\text{BHP} = \frac{202.8}{0.71} = 286 \text{ HP}$$

Motor de 350 HP



# ISOMETRICO



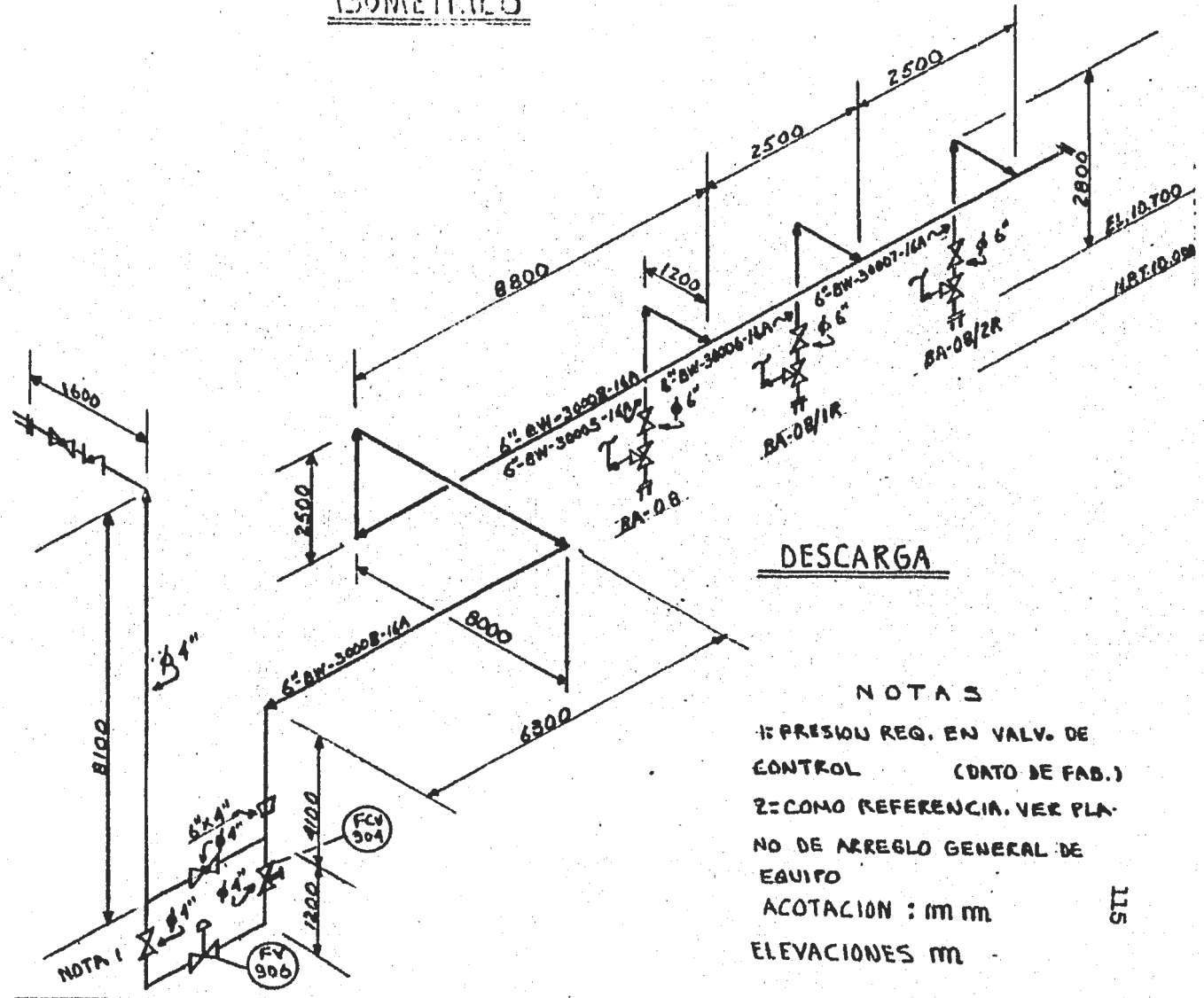
### NOTAS

- 1- F.T. INDICA FILTRO TEMPORAL
- 2- LA ALTURA DEL DESAERADOR SE FIJO CONSIDERANDO 16 Ft (MAX. NPSH PARA ESTE TIPO DE BOMBAS), 1Ft POR PERDIDAS POR FRICCION Y 10 Ft COMO FACTOR DE SEGURIDAD
- 3- COMO REFERENCIA, VER PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO.

SUCCION

ACOTACION : mm  
ELEVACIONES : m

ISOMETRICO



DESCARGA

NOTAS

- 1: PRESION REQ. EN VALV. DE CONTROL (DATO DE FAB.)
- 2: COMO REFERENCIA, VER PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO
- ACOTACION : MM
- ELEVACIONES MM

STI

Bomba de agua desmineralizada.

Descripción del sistema.

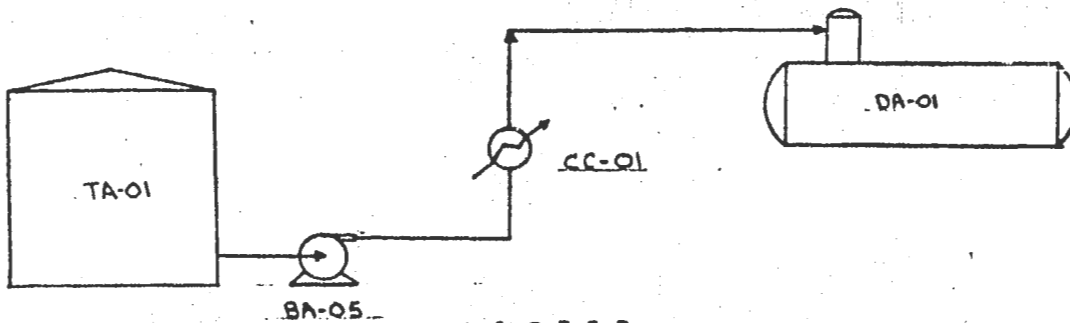


FIG. 3.1.5.2

DATOS.

Tipo de bomba: Centrífuga horizontal.

Líquido bombeado: Agua desmineralizada.

Temperatura de bombeo: 86 F.

- \* Viscosidad del líquido: 0.2 Cp
- \* Presión de vapor: 50 PSIA
- \* Gravedad específica: 0.998.
- \* Flujo másico/Flujo vol. : 150188 Lb/Hr/301 GPM.
- \* Flujo de diseños 331 GPM.
- \* A temperatura de bombeo.

I.- Cálculo de la presión de succión.

Diámetro de la tubería: 6 in. (CEDULA 40)

Ⓐ - AP/100 : 0.32 PSI.

Velocidad: 3.2 Ft/SEG.

## Determinación de la longitud equivalente.

Accesorio	No.	L/D	L/D total
Valv. compuerta	2	13	26
Codo 90	1	30	30
Tee Branch	1	60	60
Filtro temporal	1	5	5
		SUMA TOTAL	121

$$\text{Long. eq.} = \frac{L/D \times D_i}{12} = \frac{121 \times 6.0648}{12} = 61.15 \text{ Ft}$$

Longitud de tubería recta = 7.9 Ft

Longitud total = 7.9 + 61.15 = 69.0 Ft

Presión del punto de donde se succiona = 14.7 PSIA

ⓑ----+ Columna estática (altura (Ft) x S.G x 0.433): 1.42 PSI

- AP Línea succión  $\frac{(\text{Long. tot.} \times \text{AP}100)}{100} = 0.22 \text{ PSI}$

Presión de succión de la bomba = 15.9 PSIA

## II.- Cálculo del NPSH disponible.

Columna estática: 3.28 PIES

- AP Línea (PSI x 2.31/56) = 0.51 PIES

(Presión del punto de succión-Presión Vap.)

$$\frac{2.31}{\text{S.G}} = 14.7 - 0.6 \times \frac{2.31}{1.0} \quad 32.6 \text{ PIES}$$

NPSH<sub>Disp.</sub> = 35.0 Ft

## III.- Cálculo de la presión de descarga.

Diámetro de la tubería: 4" (CEDULA 40)

Ⓐ---AP/100 = 2.4 PSI

Velocidad: 7.4 Ft/SEG.

## Determinación de la longitud equivalente.

Accesorio	No.	L/D	L/D total
Valv. compuerta	4	13	52
Tee run	3	20	60
Tee Branch	1	60	60
Codo 90	11	30	330
SUMA TOTAL			502 PIES

$$\text{Long. eq.} = \frac{\text{Long. Tot.} \times \text{Di}}{12} = \frac{502 \times 4.026}{12} = 168.4 \text{ PIES}$$

Longitud de tubería recta = 171.4 PIES

Longitud total = 340 PIES

Presión en el punto final de descarga 50.2 PSIA

+ Columna estática (PIES x S.G x 0.433) 13.0 PSI

+ AP cambiador de calor 10 PSI

+ AP válvula de control 10 PSI

Ⓢ + AP espreas 15 PSI

+ AP Línea descarga  $\frac{(\text{Long. tot.} \times \text{AP}100)}{100}$  8.16 PSI

Presión de descarga de la bomba 106.4 PSIA

## IV.- Cálculo de la potencia de la bomba.

AP bomba = 106.4 - 15.9 = 90.5 PSI  
(209 Ft)

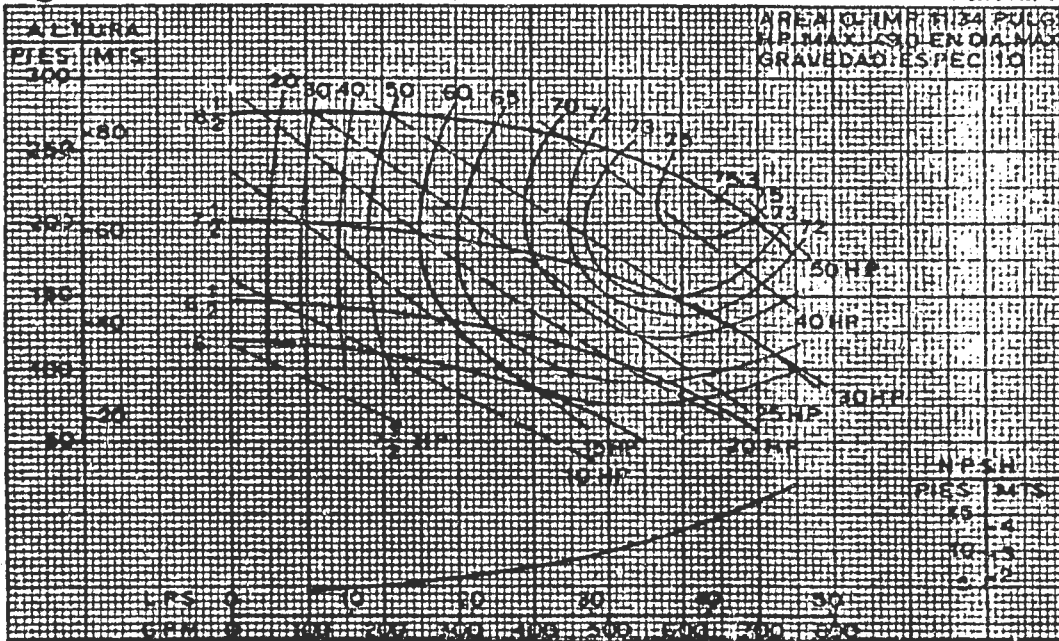
Flujo de diseño: 331 GPM

$$\text{HP}_{\text{hid.}} = \frac{\text{GPM} \times \text{AP bomba}}{1715} = \frac{331 \times 90.5}{1715} = 17.45 \text{ HP}$$

Del catálogo de Peerless Tisa se tiene una bomba de un paso y 67 % de eficiencia, con un NPSHR = 7 Ft col. agua (Ver curva anexa).

$$\text{BHP} = \frac{17.45}{0.67} = 26 \text{ HP}$$

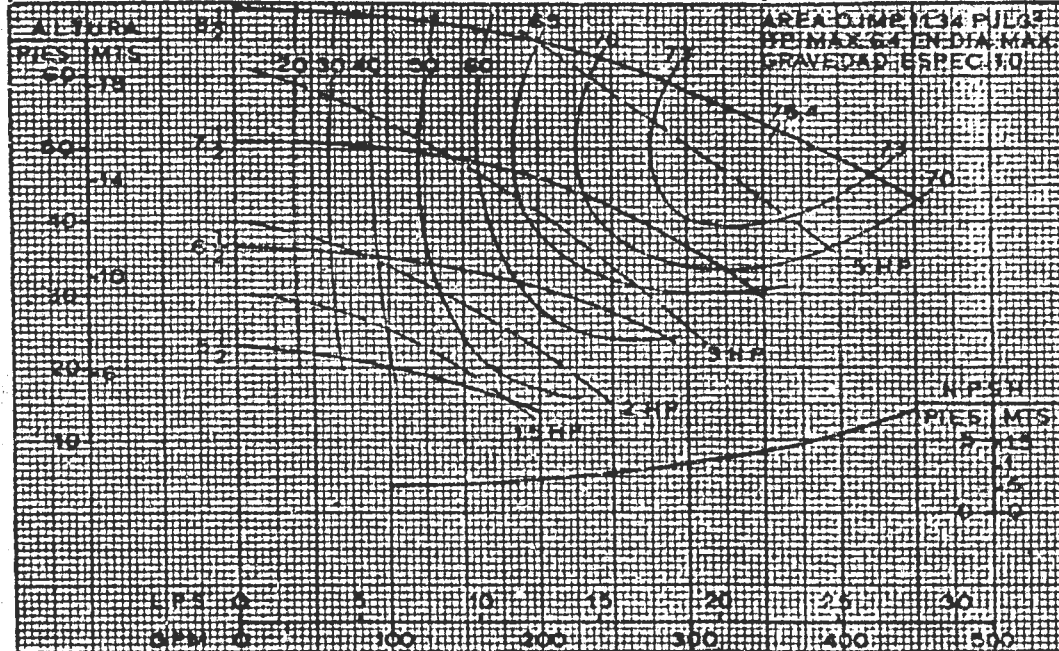




TIPO CLE - CERRADO  
TAMARO 4x3x8 1/2 - A70

**FMC** PEERLESS TISA, S. A.  
MONTERREY, N. L., MEXICO

VELOCIDAD 3500  
IMPULSOR 2630051



TIPO CLE - CERRADO  
TAMARO 4x3x8 1/2 - A70

**FMC** PEERLESS TISA, S. A.  
MONTERREY, N. L., MEXICO

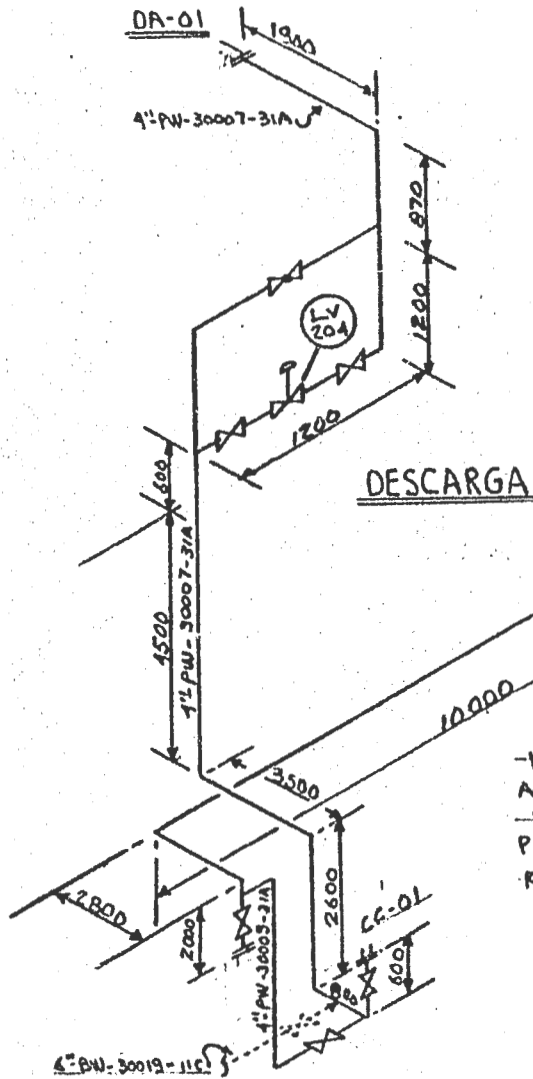
VELOCIDAD 1750  
IMPULSOR 2630051

## REFERENCIAS.

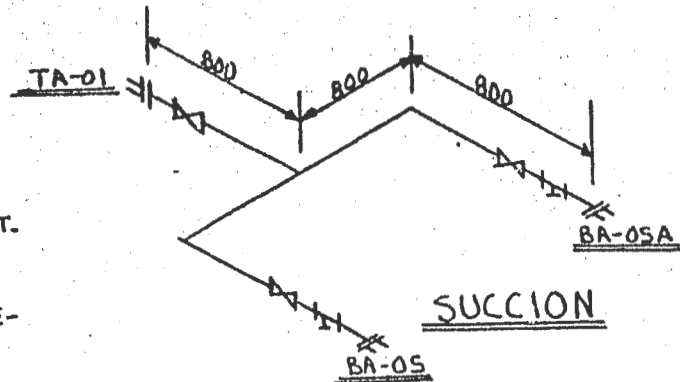
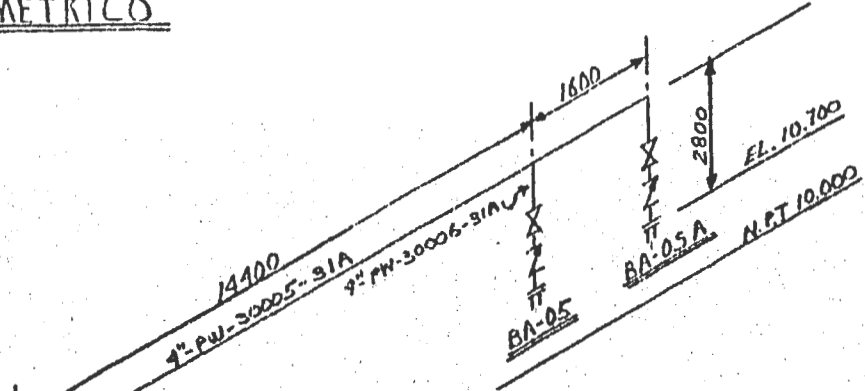
- Ⓐ Dato de figura No. 3 en punto 5.0.
- Ⓑ Se fijó un nivel mínimo en el tanque de un metro.
- Ⓒ Dato proporcionado por proveedor.



ISOMETRICO



- NOTAS
- 1: ALTIMETRO DE BOQ. ALIMENT. A DESAERADOR POR FAB.
  - 2: COMO REFERENCIA, VER PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO.



ACOTACION : mm  
ELEVACIONES : mm

Memoria de cálculo de tanque flash de purga continua.

Flujo de vapor producido = 1725 Lb/Hr - - - - (A)

Diámetro del tanque = 18 in para una presión  
de 35 PSIG - - - - - (B)

Longitud tangencia - tangencia = 44 in - - - - (C)

$$\text{Volumen total} = \frac{\pi(18/12)^2}{4} (44/12) + \frac{\pi(18/12)^3}{12}$$

$$\text{Volumen total} = 7.36 \text{ Ft}^3$$

Nivel de operación =

Nivel mínimo =

Memoria de cálculo del tanque flash de purga intermitente.

- Tiempo de purga = 2 minutos - - - - - (D)

$V_g$  = Volumen de agua purgada =  $D_d L_d (4.5)/12$  - - (D)

$D_d$  = Diámetro del domo inferior = 1.5 Ft - - - (D)

$L_d$  = Longitud del domo inferior = 52 Ft - - - (D)

4.5 in = La purga se hace 4.5 in arriba de la parte inferior del domo - - - - - (D)

$$V_g = 1.5 \times 52 \times \frac{4.5}{12} = 29.25 \text{ Ft}^3$$

$$\text{Flujo de purga} = \frac{29.25 \text{ Ft}^3}{2 \text{ min}} \times \frac{7.48 \text{ gal}}{1 \text{ Ft}^3} = 109 \text{ gal/min}$$

$$109 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ Ft}^3}{7.48 \text{ gal}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ Hr}} \times \frac{46.85 \text{ Lb}}{\text{Ft}^3} = 40962 \text{ Lb/Hr}$$

$$h \left| \begin{array}{l} 910 \text{ PSIG} \\ 536^\circ \text{F} \end{array} \right. = 531 \text{ BTU/Lb}$$

$$H \left| \begin{array}{l} 14.7 \text{ PSIA} \\ 212^\circ\text{F} \end{array} \right. = 1151 \text{ BTU/Lb}$$

$$h \left| \begin{array}{l} 14.7 \text{ PSIA} \\ 212^\circ\text{F} \end{array} \right. = 180 \text{ BTU/Lb}$$

$$\text{Fracción líquida} = \frac{1151 - 531}{1151 - 180} = 0.6385$$

$$\text{Fracción vapor} = 1 - 0.6385 = 0.3615$$

$$\text{Flujo de vapor} = 0.3615 (40962) = 14807 \text{ Lb/Hr}$$

$$\text{Diámetro del tanque} = 66 \text{ in para una presión de}$$

$$1 \text{ PSIG} \text{ - - - - - (B)}$$

$$\text{Longitud tangencia - tangencia} = 86 \text{ in - - - - - (E)}$$

$$\text{Volumen total} = \frac{1}{4} \pi (66/12)^2 (86/12) + \frac{\pi (66/12)^3}{12}$$

$$\text{Volumen total} = 214 \text{ Ft}^3$$

#### REFERENCIAS.

- (A) Dato de memoria de cálculo, balance de materia y energía de este trabajo.
- (B) De tabla No. 2 del procedimiento para dimensionamiento de tanques para evaporación instantánea de condensados (PPDTEIC).
- (C) De tabla No. 4 del (PPDTEIC).
- (D) Dato suministrado por Cerrey.
- (E) De tabla No. 3 del (PPDTEIC).

Bombas de inyección de químicos.

Para este tipo de bombas no se requiere una memoria de cálculo tan estricta, ya que las presiones de descarga que alcanzan son muy altas, por lo que utilizaremos el siguiente criterio.

Presión de descarga de la bomba = Presión del punto de inyección x 1.3

Bomba de morfolina:

Flujo = 9  $\frac{\text{GAL}}{\text{Hr}}$  ----- (A)

Punto de inyección      Succión de bombas de agua desmineralizada.

Altura del tanque de agua desmineralizada = 27 Ft

Máxima presión hidrostática = 11.68 PSIG

Presión de descarga = 11.68 x 1.3 = 15.18 PSIG

Presión de succión = 0 PSIG

Bomba de hidrazina:

Flujo = 9  $\frac{\text{GAL}}{\text{Hr}}$  ----- (A)

Puntos de inyección      Succión de bombas de alimentación de agua a caldera.

Presión del desaereador      35 PSIG

Columna hidrostática      40 Ft x  $\frac{0.928}{2.31}$  = 16 PSIG

Presión de descarga      (35 + 16.0) 1.3 = 66.3 PSIG

Presión de succión      0 PSIG

Bomba de fosfatos:

Flujo = 17  $\frac{\text{GAL}}{\text{Hr}}$  ----- (A)

Punto de inyección Domo de caldera.  
Presión de la caldera 910 PSIG.  
Presión hidrostática No se toma en cuenta.  
Presión de descarga  $910 \times 1.3 = 1183$  PSIG.  
Presión de succión 0 PSIG.

REFERENCIAS.

(A) Dato suministrado por fabricante de la caldera (Cerrey).

Memorias de cálculo de tanques de almacenamiento -  
de químicos.

Tiempo de residencia de los tanques 1 día

Tanque de morfolina y tanque de hidrazina:

$$9 \frac{\text{GAL}}{\text{Hr}} \times 24 \text{ Hr} = 216 \text{ GAL} = 28.9 \text{ Ft}^3$$

$$\text{Volumen de diseño} = 28.9 \times 1.2 = 34.68 \text{ Ft}^3$$

Utilizando una L/D = 1.5

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 L \quad L = 1.5$$

$$D^3 = \frac{4v}{\pi 1.5} = \frac{4(34.68)}{\pi 1.5} = 29.43$$

$$D = \sqrt[3]{29.43}$$

$$\text{Perímetro} = 3.08 \times \pi = 9.69 \text{ aprox. a } 10 \text{ Ft}$$

$$D = 10/\pi = 3.18 \text{ Ft}$$

$$L = \frac{4v}{\pi D^2} = \frac{4(34.68)}{\pi (3.18)^2} = 4.36 \text{ Ft aprox. a } 5 \text{ Ft}$$

Dimensiones finales

$$\emptyset = 3.18 \text{ Ft} \quad \text{Placa de } 5' \times 10'$$

$$L = 5 \text{ Ft}$$

$$\text{Capacidad nominal} = 39.7 \text{ Ft}^3$$

$$\text{Capacidad de operación} = 29 \text{ Ft}^3$$

Tanques de fosfatos:

$$17 \frac{\text{GAL}}{\text{Hr}} \times 24 \text{ Hr} = 408 \text{ GAL} = 54.54 \text{ Ft}^3$$

$$\text{Volumen de diseño} = 54.54 \times 1.2 = 65.45 \text{ Ft}^3$$

Utilizando una L/D = 1.5

$$D^3 = \frac{4v}{\pi 1.5} = \frac{4(65.45)}{\pi 1.5} = 55.55$$

$$D = 3.8$$



$$\text{Perímetro} = 3.8 \times \pi = 11.9 \text{ aprox. a } 12 \text{ Ft}$$

$$D = 12/\pi = 3.82 \text{ Ft}$$

$$L = \frac{4v}{\pi D^2} = \frac{4(65.45)}{(3.82)^2} = 5.7 \text{ aprox. a } 6 \text{ Ft}$$

$$\text{Capacidad nominal} = 68.76 \text{ Ft}^3 \quad 4 \text{ placas de } 3' \times 6'$$

$$\text{Capacidad de operación} = 54.54 \text{ Ft}^3$$

### 3.7.6 HOJAS DE DATOS

A continuación se muestran las hojas de datos típicas para los equipos accesorios de caldera, donde se completa la especificación de los mismos.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO: J.F.G.C/R.D.T

CHECO: E.N.E

APROBO: E.N.E

FECHA: III-82

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

DP-

E.P. BA-08/R CANTIDAD UNA UNIDAD BOMBA DE ALTA PRESION

LUGAR PAJARITOS VERACRUZ FABRICANTE \*

SERVICIO ALIMENTACION DE AGUA A CALDERA MODELO \*

UNIDAD MOTRIZ MOTOR SI TAMANO Y TIPO /CENTRIFUGA HORIZ.

TURBINA NO SE DEBE SEGUIR EL ESTANDAR ANSI

CONDICIONES DE OPERACION DE CADA BOMBA

FUNCIONAMIENTO

LIQUIDO AGUA DESMINERALI U.S.GPM ATO NOR 412 DISENO A52  
 ZADA DECAERADA PRES. DEGR. (PSI) 1183.2  
 TEMP BOMBO (°F) 280 PRES. SUCC. (PSI) MAX. - DISENO 44.9  
 DENS REL. AT. S 0.928 PRES. DEP. (PSI) 1138.3  
 PRES. VAPOR AT. S. (PSIA) 50 COLUM. DIE (PIES) 2630  
 VISC. AT. S. (CP) 0.2 RPM DISP. (PIES) 24  
 CORR./EROS. CAUSADO POR -

CURVA PROPUESTA No. \*  
 RPM REG (AGUA) PRES \*  
 No. DE PASOS \*RPM \*  
 EF DIS. \*BHP \*  
 BHP MAX. DIS. IMP. \*  
 COLUM. MAX. DIE IMP (PIES) \*  
 GPM. MIN. CONTINUOS \*  
 ROTACION VISTO DESDE COPLER \*  
 AGUA DE ENFRIAMIENTO \*  
 BALEROS \*  
 ESTOPES \*  
 PEDESTAL \*  
 PRESA ESTOPAS \*  
 AGUA TOTAL REG (GPM) \*  
 ENFTO. DEL EMPAQUE \*  
 LUBRICACION POR EL MISMO FLUIDO \*  
 PLANO DE LUBRICACION No. \*  
 TUBERIA AUXILIAR POR EL FAB. \*  
 AGUA DE ENFTO.  TUBING  TUBERIA  
 LAVADO DEL SELLO  TUBING  TUBERIA

MATERIALES Y CONSTRUCCION

MONTAJE CARCAZA (S. CENTROS X) (PSE -) (SOPORTE -) (VERTICAL -)  
 DIVISION: (AXIAL X) (RADIAL -)  
 TIPO: \* (VOLUTA SENCILLA) (DOBLE VOLUTA -) (DIFUSOR -)  
 CONEX: (VENTED X) (DRENAGE X) (MAN -)  
 BOQUILLAS DIAMETRO CLAS. W. ABA CARA POSICION

SUCCION	*	150 #	R.F	HORIZONTAL
DESCARGA	*	900 #	R.F	HORIZONTAL

DIAM. IMPULSOR. DISENO \* MAX. \* TIPO CERRADO \*  
 NUM. DE FAB. DE BALEROS RADIAL \* AXIAL \*  
 COPLER Y GUARDA: FAB. \* MITAD COPLER MOTOR MONTADO POR PROVEEDOR \*  
 EMPAQUE: FAB. Y TIPO \* TAM. \* No. DE ANILLOS \*  
 SELLO MECANICO: FAB. Y TIPO \* CODIGO CLASE \*  
 PARA BOMBAS VERT. EMPUJE FLECHA (HACIA ARRIBA) (HACIA ABAJO) - LB.  
 BASE ACEFO ESTROCTUREL (COMUN PARA PUNTA ACCIONADOR)

CLAVE DE MATLS. CARCAZA A-296-CA-15 PARTES INTERIORES A-296-CA-15

MATERIAL	CLAVE INTERIORES	I				B				S				C			
		I	B	S	C	I	B	S	C	I	B	S	C	I	B	S	C
IMPULSOR																	
PARTES INT. CUERPO																	
MANGA (EMPAQUE)																	
MANGA (SELLO)																	
PART. DE DESGASTE																	
FLECHA																	

PRUEBAS DE TALL REQUERIDA ATESTIGUADA  
 COMP. TRAB X  
 NPSH NO  
 INSPECCION X  
 HIDROSTATICA \*PSIO  
 MAX. PRES. DE TRAB. PERME. \*PSIO \*  
 PESOS: BOMBA \*BASE \*  
 MOTOR \*TURBINA \*

MOTOR POR PROVEEDOR TURBINA POR

OBSERVACIONES

CLAVE MONTADO POR PROVEEDOR CLAVE MONTADO POR  
 FAB. O-ATE \* ARMAZON \* HP RPM MATL.  
 FAB. \* FAB. Y TIPO  
 TIPO INDUCCION S. FASEL. B VAP. ENT. (PSI) TEMP (°F)  
 ENCAPSULADO TCCV AUM. TEMP \* °C ESCAPE (PSI) AGUA REG. (GPM)  
 VOLTS/FASES CICLOS 4000/3/60 CONE. VAPOR LB/BHP/HR  
 BALEROS BOLDAS LUB. GRASA BALEROS LUB.  
 AMPE. A PLENA CARGA \* BOQUILLAS DIAM. CLAS. W. ABA CARA POSICION  
 ENTRADA  
 ESCAPE

\* INDICA DATO SUMINISTRADO POR PROVEEDOR

REVISIONES

FECHA REVISO APROBO

▲ PARA APROBACION	III-82	E.N.E	E.N.E
▲			
▲			

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO: J.F.G.C./P.D.T.

CHECO: E.N.E.

APROBO: E.N.E.

FECHA: 11-82

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

DP-

K.P. BA-08/2R	CANTIDAD UNA	UNIDAD BOMBA DE MEDIA PRESION
LUGAR PAJARETOS VERACRUZ	FABRICANTE	
SERVICIO ALIMENTACION DE AGUA A CALDERA		MODELO
UNIDAD MOTRIZ MOTOR	SI	TAMANO Y TIPO / CENTRIFUGA HORIZ.
TURBINA	NO	SE DEBE SEGUIR EL ESTANDAR ANSI

CONDICIONES DE OPERACION DE CADA BOMBA		FUNCIONAMIENTO	
LÍQUIDO AGUA DESMINERALIZADA DESAEREAADA	U.S. GPM A 10 HOR 412 DISEÑO 452	CURVA PROPUESTA No.	*
PRES. DESC. (PSIG) 814.7		NPSH REQ (AGUA) PIES	*
TEMP BOMBEO (°F) 280	PRES. SUCC. (PSI) MAX. - DISEÑO 44.9	Nº DE PASOS * RPM	*
DENS. REL. A.T.B. 0.928	PRES. EMP. (PSI) 769.8	EF. DS. * BHP	*
PRES. VAPOR A.T.B. (PSIA) 50	COLUM. DISE. (PIES) 1778	BHP MAX. DISE. BHP	*
VISC. A.T.B. (CP) 0.2	NPSH DISE. (PIES) 24	COLUM. MAX. DISE. IMP. (PIES)	*
CORR./EROS. CAUSADO POR -		BPM. MIN. CONTINUOS	*
		ROTACION VISTO DESDE COPLÉ	*
		AGUA DE ENFRÍAMENTO	*
		BALENCOS	*
		ESTOPEROS	*
		PEDESTAL	*
		PRESA ESTOPAS	*
		AGUA TOTAL REQ. (GPM)	*
		ENFTO. DEL EMPAQUE	*
		LUBRICACION POR EL MISMO FLUIDO	*
		PLANO DE LUBRICACION No.	*
		TUBERIA AUXILIAR POR EL FAB.	*
		AGUA DE ENFTO. <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> TUBERIA	
		LAVADO DEL SELLO <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> TUBERIA	

MATERIALES Y CONSTRUCCION				
MONTAJE CARCAZA (L. CENTROS <input checked="" type="checkbox"/> ) (PIE - ) (SOPORTE - ) (VERTICAL - )				
DIVISION: (AXIAL <input checked="" type="checkbox"/> ) (RADIAL - )				
TIPO: * (VOLUTA SENCILLA - ) (DOBLE VOLUTA - ) (DIFUSOR - )				
CONEX: (VENTED <input checked="" type="checkbox"/> ) (DRENAJE <input checked="" type="checkbox"/> ) (MAN - )				
BOQUILLAS	DIAMETRO	CLASH. ASA	CARA	POSICION
SUCCION	* 150 #		R.F.	HORIZONTAL
DESCARGA	* 600 #		R.F.	HORIZONTAL
DIAM. IMPULSOR. DISEÑO	* MAX. * TIPO CERRADO			
NUM. DE FAB. DE BALENCOS RADIAL	* AXIAL *			
COPLÉ Y GUARDA: FAB.	* MITAD COPLÉ MOTOR MONTADO POR *			
<input checked="" type="checkbox"/> EMPAQUE: FAB. Y TIPO	* TAM. * Nº DE ANILLOS *			
<input type="checkbox"/> SELLO MECANICO: FAB. Y TIPO	- CODIGO CLASE -			
PARA BOMBAS VERT. EMPUJE FLECHA (HACIA ARRIBA) (HACIA ABAJO)	- LB.			
BASE ACERO ESTRUCTURAL (COMUN PARA BOMBA-ACCIONADOE)				

CLAVE DE MATLS. CARCAZA A-215 CAIS PARTES INTERIORES A-236 CAIS					PRUEBAS DE TALL		REQUERIDA	ATESTIGADA
I FIERRO FUNDIDO	CLAVE INTERIORES	I	B	S	C			
B BRONCE	IMPULSOR	I	B	S	C	A-296-CA15	COMP. TRAS	X
S ACERO	PARTES INT. CUERPO	I	I	S	C	A-296-CA15	NPSH	NO
C 11-13% CROMO	MANGA (EMPAQUE)	CH	CH	AF	AF	SS-316	INSPECCION	X
A ALEACION	MANGA (SELLO)	C	C	C	C			
N ENDURECIDO	PART. DE DESGASTE	I	B	CH	CH	SS-316	HIESTATICA	* PSIG
F RECUBIERTO	FLECHA	S	S	S	S	4140	MAX. PRES. DE TRAB. PERM. * PSIG	* * *
							PESOS BOMBA	* BASE *
							MOTOR	* TURBINA *

MOTOR POR PROVEEDOR		TURBINA POR		OBSERVACIONES	
CLAVE MONTADO POR PROVEEDOR	CLAVE MONTADO POR			* INDICA DATO SUMINISTRADO POR PROVEEDOR	
MPA-08/2R	MP	RPM	MOT.		
* ARMAZON *					
FAB.	FAB. Y TIPO				
TEMP. INDUCTACION SA. ABL.	VAP. ENT. (°F)	TEMP. (°F)			
ENCAPSULADO ICCV AUM. TEMP. * °C	ESCAPE (°F)	AGUA REQ. (GPM)			
VOLTS/FASES/CICLOS 4000/3/60	COND. VAPOR	LB/BHP/HR			
HALEROS BOLA S. LUB. GERSA	BALENCOS	LB.			
ANFS. A PLENA CARGA *	BOQUILLAS	DIAM. CLASH. ASA. CARA. POSICION			
	ENTRADA				
	ESCAPE				

REVISIONES				FECHA	REVISO	APROBO
▲	PARA APROBACION			11-82	E.N.E.	E.N.E.
▲						
▲						

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN			PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 1			
			PREPARO: J.F.G.C/P.D.T.	CHECO: E.N.E	APROBO: E.N.E	FECHA: 111-82		
HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA						DP-		
E.P. BA-08		CANTIDAD UNA		UNIDAD BOMBA DUAL				
LUGAR PAJARITOS VERACRUZ			FABRICANTE			*		
SERVICIO ALIMENTACION DE AGUA A CALDERA				MODELO			*	
UNIDAD MOTRIZ: MOTOR		NO		TAMANO Y TIPO			*/CENTRIFUGA HORIZ.	
TURBINA		S1		SE DEBE SEGUIR EL ESTANDAR ANSI				
CONDICIONES DE OPERACION DE CADA BOMBA				FUNCIONAMIENTO				
LIQUIDO AGUA DESMINERA - U.S GPM ATB NOR 412 DISEÑO 452				CURVA PROPUESTA No. _____			*	
LIZADA DESAERADA PRES. DESC (PSIG) 814.7 Y 1183.2				NPSH REQ (AGUA) PIES _____			*	
TEMP BOMBEO (°F) 280°F		PRES. SUCC. (PSIG) MAX. - DISEÑO 44.9		No. DE PASOS _____		* RPM _____ *		
DEMS REL. AT. B. 0.928		PRES. SUP. (PSIG) 769.8 Y 1138.3		EF DIS. _____		* BHP _____ *		
PRES. VAPOR AT. B. (PSIA) 50		COLUM. DIR (PRES) 1778 Y 2630		BHP MAX. DIS. IMP. _____		*		
VISC. AT. B. (CP) 0.2		NPSH DISP. (PRES) 24		COLUM. MAX. DE IMP (PIES) _____		*		
CORR./EROS. CAUSADO POR _____				RPM MIN. CONTINUOS _____			*	
MATERIALES Y CONSTRUCCION				ROTACION VISTO DESDE COPLA _____			*	
MONTAJE CARCAZA (L.CENTROS X (I) (RE - ) (ISOPORTE - ) (VERTICAL - )				AGUA DE ENFRIAMIENTO _____			*	
DIVISION: (AXIAL X) (RADIAL - )				BALEROS _____			*	
TIPO: * (VOLUTA SENCILLA X) (DOBLE VOLUTA ) (DIFUSOR )				ESTOPEROS _____			*	
CONEX: (VENTEJ X) (DRENAJE X) (MAN - )				PEDESTAL _____			*	
BOQUILLAS DIAMETRO CLASIF. AXA CARA POSICION				PRENSA ESTOPAS _____			*	
SUCCION		* 150 #		E.F. HORIZONTAL		AGUA TOTAL REQ (GPM) _____		
DESCARGA		* 300 #		E.F. HORIZONTAL		EMPTO. DEL EMPAQUE _____		
DIAM. IMPULSOR DISEÑO * MAX. * TIPO CERRADO				LUBRICACION POR EL MISMO FLUIDO			*	
NUM. DE FAB. DE BALEROS RADIAL * AXIAL *				PLANO DE LUBRICACION No. _____			*	
COPLA Y GUARDA: FAB. * MITAD COPLA MOTOR MONTADO POR *				TUBERIA AUXILIAR POR EL FAB.			*	
EMPAQUE: FAB Y TIPO * TAM. * No DE ANILLOS *				AGUA DE ENFTG. <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> TUBERIA			*	
SELLO MECANICO: FAB Y TIPO * COMO CLASE *				LAVADO DEL SELLO <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> TUBERIA			*	
PARA BOMBAS VERT. EMPUJE FLECHA (HACIA ARRIBA) (HACIA ABAJO) _____ LB.								
BASE ACERO ESTRUCTURAL (COMUN PARA BOMBA Y ACCIONADOR)								
CLAVE DE MATLS. CARCAZA A-296-CA15 PARTES INTERIORES A-296-CA15				PRUEBAS DE TALL		REQUERIDA ATESTIGUADA		
I FIERRO FUNDIDO	CLAVE INTERIORES	I	B	F	C	COMP. TRAB	X	
B BRONCE	IMPULSOR	I	B	S	C	NPSH	NO	
S ACERO	PARTES INT. CUERPO	I	I	S	C	INSPECCION		X
C 11-13% CROMO	MANGA (EMPAQUE)	CH	CH	AF	AF			
A ALEACION	MANGA (SELLO)	C	C	C	C			
H ENDURECIDO	PART. DE DESGASTE	I	B	CH	CH	HIDROSTATICA	* PSIG	
F RECUBIERTO	FLECHA	S	S	S	S	MAX. PRES. DE TRAB PERM. * PER. * *		
						PESOS BOMBA * BASE * *		
						MOTOR * TURBINA * *		
MOTOR POR		TURBINA POR				OBSERVACIONES		
CLAVE MONTADO POR		CLAVE 1BA-08 MONTADO POR POMEEDAF				* INDICA DATO SUMINISTRADO		
HP _____ RPM _____ ARMAZON		HP * RPM * MATL. A-216-WCB				POR PROVEEDOR		
FAB. _____ TIPO _____ ANIL _____		FAB Y TIPO _____				* LA BOMBA DEBERA TRABAJAR A		
ENCAPULADO _____ AUM. TEMP _____ °C		VAP. ENT. (PSIG) 526 TEMP. (°F) 680				* LAS DOS CONDICIONES DE PRE-		
VOLTS/FASES/CICLOS		ESCAPE (PSIG) 35 AGUA REQ. (GPM) *				* SION INDICADAS, ENTREGANDO EL		
BALEROS _____ LUB _____		CONS. VAPOR * LB/BHP/HR				* MISMO GASTO DE DISEÑO		
AMPS. A PLENA CARGA		BALEROS BOLAS LUB. ACEITE				* LA TURBINA DEBERA SER CAPAZ		
		BOQUILLAS DIAM. CLASIF. AXA CARA POSICION				* DE TRABAJAR CON VAPOR DE		
		ENTRADA * 600 # R.F. *				* 370 PSIG Y 662°F PROPORCIO-		
		ESCAPE * 150 # R.F. *				* NANDO LOS MISMOS H.P		
REVISIONES						FECHA	REVISO	APROBO
A PARA APROBACION						111-82	E.N.E	E.N.E

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO: J.F.S.C./P.D.T

CHECO: E.N.E

APROBO: E.N.E

FECHA: III-82

HOJA DE DATOS PARA BOMBA CENTRIFUGA

DP-

E.P. BA-05/BA-05R CANTIDAD DOS UNIDAD BOMBA DE AGUA DESMINERALIZADA  
 LUGAR PAJARITOS VERACRUZ FABRICANTE \*

SERVICIO TRANSFERENCIA DE AGUA DESMINERALIZ. MODELO \*  
 UNIDAD MOTRIZ MOTOR S1 TAMAÑO Y TIPO \* /CENTRIFUGA HORIZ.  
 TURBINA S1 SE DEBE SEGUIR EL ESTANDAR ANSI

CONDICIONES DE OPERACION DE CADA BOMBA

FUNCIONAMIENTO

LIQUIDO AGUA DESMINERALIZ. US GPM A TB NOR 301 DISEÑO 231  
 ZARA PRES. DESC. (PSIG) 91.7  
 TEMP BOMBO (°F) 86 PRES. SUCC. (PSIG) MAX. - DISEÑO 1.2  
 DENS. REL. AT.B. 0.936 PRES. SUP. (PSIG) 20.5  
 PRES. VAPOR AT.B. (PSIA) 0.6 COLUM. DIF. (PRES) 209  
 VISC. AT.B. (CP) 0.8 NPSH DISP. (PRES) 35  
 CORA./EROS. CAUSADO POR AGUA DESMINERALIZADA

CURVA PROPUESTA No. \*  
 NPSH REQ (AGUA) PRES \*  
 No. DE PASOS UNO RPM \*  
 EF DS. \* BHP \*  
 BHP MAX. DIS. IMP. \*  
 COLUM. MAX. DIS. IMP (PRES) \*  
 GPM. MIN. CONTINUOS \*  
 ROTACION VIENTO DESDE COPLA \*

MATERIALES Y CONSTRUCCION

MONTAJE CARCAZA (L.CENTROS - ) (JIFE X ) (SOPORTE - ) (VERTICAL - )  
 DIVISION: (AXIAL - ) (RADIAL X )  
 TIPO: (VOLUTA SENCILLA X ) (DOBLE VOLUTA - ) (DIFUSOR - )  
 CONEX: (VENTO X ) (DRENAGE X ) (MAN - )  
 BOQUILLAS DIAMETRO CLASIF. ASA CARA POSICION  
 SUCCION \* 150 # RF HORIZONTAL  
 DESCARGA \* 150 # RF VERTICAL

AGUA DE ENFRIAMIENTO -  
 BALEROS -  
 ESTOPEROS -  
 PEDESTAL -  
 PREENSA ESTOPAS -  
 AGUA TOTAL REQ (GPM) -  
 ENFTO. DEL EMPAQUE -  
 LUBRICACION POR FLUIDO BOMBEADO  
 PLANO DE LUBRICACION No. -

DIAM. IMPULSOR DISEÑO \* MAX. \* TIPO CERRADO  
 NUM. DE FAB. DE BALEROS RADIAL \* AXIAL \*  
 COPLA Y GUARDA: FAB. \* MITAD COPLA MOTOR MONTADO POR PROVEED.  
 EMPAQUE: FAB. Y TIPO \* TAM \* No. DE ANILLOS \*  
 SELLO MECANICO: FAB. Y TIPO - COMO CLASE -  
 PARA BOMBAS VERT. EMPUJE FLECHA (HACIA ARRIBA) (HACIA ABAJO) - LB.  
 BASE ACERO ESTRUCTURAL (COMUN PARA BOMBA-ACCIONADOR)

TUBERIA AUXILIAR POR EL FAB.  
 AGUA DE ENFTO.  TUBING  TUBERIA  
 LAVADO DEL SELLO  TUBING  TUBERIA

CLAVE DE MATLS. CARCAZA SS-316 PARTES INTERIORES SS-316

TIPO	CLAVE INTERIORES	I	B	S	C	
IERRO FUNDIDO	IMPULSOR	I	B	S	C	-
B BRONCE	PARTES INT. CUERPO	I	B	S	C	SS-316
S ACERO	MANGA (EMPAQUE)	CH	CH	AF	AF	SS-316
C 11-13% CROMO	MANGA (SELLO)	C	C	C	C	-
A ALEACION	PART. DE DESGASTE	I	B	CH	CH	SS-316
M ENDURECIDO	FLECHA	S	S	S	S	1045
F RECUBIERTO						

PRUEBAS DE TALL	REQUERIDA	ATESTIGUADA
COMP. TRAB	X	
NPSH	NO	
INSPECCION		X
HIESTROSTATICA	X	PSIG
MAX. PRES. DE TRAB. PERME.	X	PSIG * °F
PESOS: BOMBA	X	BASE *
MOTOR	X	TURBINA *

MOTOR POR PROVEEDOR TURBINA POR PROVEEDOR

OBSERVACIONES

CLAVE NPA-05R MONTADO POR PROVEEDOR CLAVE IBA-05 MONTADO POR PROVEED.  
 HP \* RPM \* ARMADON \* HP \* RPM \* MOT. A-216-WCB  
 FAB. \* FAB. Y TIPO \*  
 TIPO INDUCCION S.A. ANIL. B VAP. ENT. (PRES) 526 TEMP. (°F) 680  
 ENCAPSULADO TCV ALUM. TEMP. \* °C ESCAPE (PRES) 35 AGUA REQ. (GPM) \*  
 VOLTS/FASES/CICLOS 440/3/60 CONE. VAPOR \* LB/HP/HR \*  
 BALEROS POLAS LUB. GRASA BALEROS BALAS LUB. ACEITE  
 AMP. A PLENA CARGA \* BOQUILLAS DIAM. CLASIF. ASA CARA POSICION  
 ENTRADA \* 150 # RF \*  
 ESCAPE \* 150 # RF \*

UNA BOMBA OPERA CON TURBINA EN FORMA CONTINUA Y LA OTRA CON MOTOR ELECTRICO COMO RELEVO \* INDICA DATO SUMINISTRADO POR PROVEEDOR  
 LA TURBINA DEBER SER CAPAZ DE TRABAJAR CON VAPOR DE 370 PSIG Y 662 °F. PROPORCIO- NANDO LOS MISMOS H.P

REVISIONES

FECHA REVISO APROBO

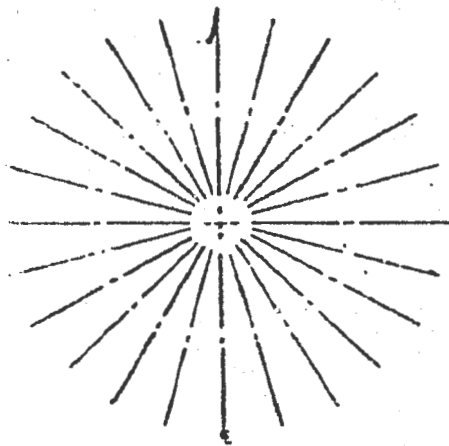
▲ PARA APROBACION	III-82	E.N.E	E.N.E
-------------------	--------	-------	-------



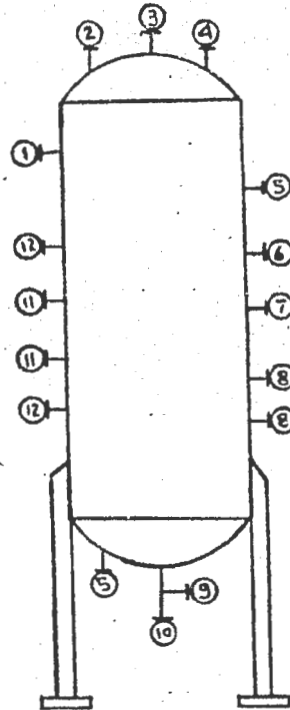
TABLA DE BOQUILLAS

No.	No.	TAM.	CLASIF. TANCA	TIPO	SERVICIO
1	1	2"	300 # RF	W. N.	ENTRADA DE CONDENS.
2	1	2"	150 # RF	W. N.	VALVULA DE SEG.
3	1	4"	150 # RF	W. N.	SALIDA DE VAPOR.
4	1	2"	150 # RF	W. N.	VENTOSO
5	2	2"	300 # RF	W. N.	CONTROLADOR NIVEL
6	1	1"	300 # RF	W. N.	INDICADOR DE PRES.
7	1	2 1/2"	150 # RF	S. O.	REGISTRO HOMBRE
8	2	1"	300 # RF	W. N.	SWITCH BAJO NIVEL
9	1	2"	150 # RF	W. N.	DRENAJE
10	1	2"	150 # RF	W. N.	SALIDA DE CONDENS.
11	2	1"	300 # RF	W. N.	SWITCH ALTO NIVEL
12	2	1"	300 # RF	W. N.	INDICADOR DE NIVEL

NOTAS: 1. CONTROL DE NIVEL Y CONTROL DE NIVEL, ALARMA, ETC.  
 2. SE DEBE DE FIJAR UNIDAD DE FILTRACION (FILTROS).  
 3. REGISTRO HOMBRE CON BRIDA CIERA SD. PE. 150 #



ORIENTACION DE BOQUILLAS



CROQUIS DEL RECIPIENTE

REVISIONES

PARA APROBACION

FECHA	REVISO	APROBO
III-82	ENE	ENE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 2	
PREPARO: JFGC/PDT		CHECO: ENE		APROBO: ENE	
FECHA: III-82					
HOJA DE DATOS PARA RECIPIENTES A PRESION					DP-1401
E.P. TA-08	CANTIDAD UNO	UNIDAD TANQUE FLASH	SERVICIO PURGA	INTERMITENTE	
LUGAR PAJARITOS VERACRUZ		FABRICANTE *			
DATOS DE DISEÑO Y FABRICACION			DIMENSIONES APROXIMADAS		
CONSTRUCCION DE ACUERDO CON LA ULTIMA EDICION DE EL CODIGO ASME Y ADENDUMS SEC. VIII DIV. 1			ALTURA T-T. 86 1/2 PULG. DON * (PIES-PULG.)		
OTROS CODIGOS - SIMBOLO DE COMBO -			DIAMETRO INTERNO 66 IN (PULG) SUP/INT.		
PRESION DE DISEÑO 40 PSIG A 262 °F			PRODUCTO CONDENSADO LETAL -		
PRESION DE OPERACION ATM PSIG B 212 °F			DENSIDAD DEL PRODUCTO 59.81		
RELEVO DE ESFUERZOS - RADIOGRAFIA POR PUNTOS			VOLUMEN TOTAL 214 (PIES CU)		
EF DE LA JUNTA - CUERPO 85% TAPAS 85%			ESPESOR CUERPO * TAPAS * (PULG)		
PRUEBA HIDROST. (PSIG) TALLER SI PRUEBA HEUM. -			ALTIMA DE EMPAQUE - (INCH) NO DE PLATOS -		
CAMPO - FONDO - DOMO -			NIVEL DE OPERACION - (PULG) DESDE -		
CCIF. PERM. (PULG) TAPAS 1/8" CUERPO 1/8"			NIVEL MINIMO DE OP DESDE LA BASE - (PULG) (IN)		
INTERIORS - PLATOS -			MATERIALES (ASTM 1)		
CARGA POR VIENTO 155 FT/SEG EN SUP. CILINDRICA -			EXTERNOS INTERNOS		
CF METRO AJUSTADO POR CARGA DE VIENTO *			CUERPO SA-285-C		
COEFICIENTE SISMICO 3			TAPAS SA-285-C		
PROX. EQUILLAS * TOLERANCIA *			PLACAS SA-285-C		
ENLLOS, H. DONN Y BASE SILLETAS - PATAS *			PERFILES A-36		
PESCADRAS - PESCADRES - REQUERIDOS PARA REG HOMBRE			TUBERIA -		
ENLLOS DE AISLAMIENTO SI			BRIDAS SA-181-J		
ESCALERA - PIES - PROTECCION - PIES -			BASE A-36		
PLATAFORMAS -			TORNILLOS SA-193-B7		
TORNILLO SUPERIOR - AUX. PARA PINTURA -			TUERCAS SA-194-2A		
TORNILLOS REQ. PARA TUBERIA - GJAS REQ PARA TUB -			RONDANAS -		
PINTURA PRIMER ANTICORROSIONO INORG 2N			EMPAQUES ASBESTO COMP.		
PREP. SUPERFICIE PARA PINTURA CHORRO DE ARENA			CACHUDAS O PLAT DE CRIF VIB -		
PLATOS NO Y TIPO -			ELEVADORES O EMPAQUE -		
TIPO DE INSTALACION -			PLATOS O SOP DE EMPAQUE -		
SUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -			ESCALERA Y ABRAZ DE TUB -		
ENL. SUP. PLATOS TAMANO - TIPO DE INSTALACION -			MALLA DE ALAMBRE -		
SUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -			MALLA TEXTIL -		
BAVANTES, TIPO DE INST - BARRAS ANCHADAS TAMANO -			SOPORTES A-36		
SUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -					
VERTICEDOS, TIPO DE INST. -					
SUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -					
ELIMINADORES DE ARRASTRE TIPO -					
SUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -					
PESO APROXIMADO EN LB. *			COMENTARIOS U OTROS DATOS DE DISEÑO		
SIN INTERNOS - INTERNOS -			* MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA COSA		
OPERACION - LLENO -			* INDICA DATOS SUMINISTRADOS		
PRUEBA HIDROSTATICA - EMBARQUE -			POR DEPTO MECANICO		
REVISIONES			FECHA		
A. PERA APROBACION			III-82		
			ENE		
			ENE		



FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 2

PREPARO  
JFGC

REVISO  
ENE

APROBO  
ENE

FECHA  
III-82

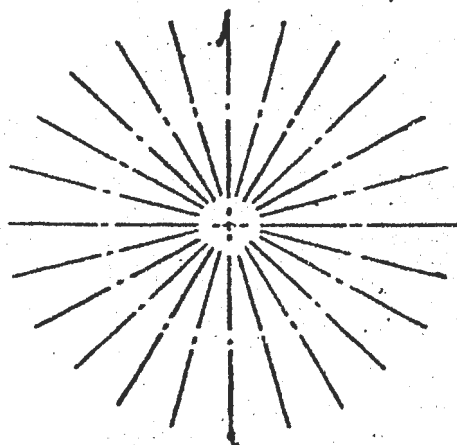
HOJA DE DATOS PARA RECIPIENTES A PRESION

TA-08

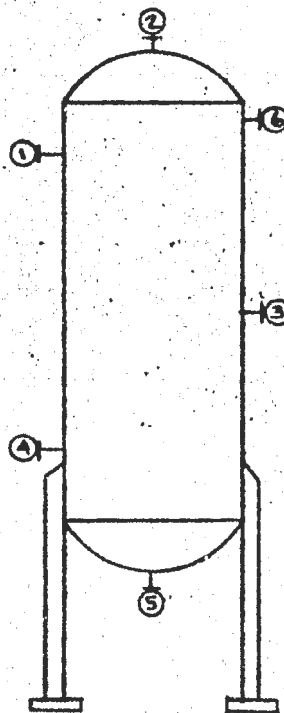
TABLA DE BOQUILLAS

ORDEN	NO	DIAM.	CLASIFICACION	TIPO	SERVICIO
1	1	1 1/2"	300# R.F. W.N		ENTRADA CONDENS.
2	1	6"	300# R.F. W.N		SALIDA VAPORES
3	1	20"	150# R.F. SO		REGISTRO NIVEL
4	1	3"	300# R.F. W.N		DRENAJE
5	1	3"	300# R.F. W.N		SALIDA CONDENSADO
6	1	2"	300# R.F. W.N		ENT. CONDENS. DETA-06

TOCOS LOS ELEMENTOS O CONTROLES DE NIVEL, ALARMAS, ETC.  
QUE TENGAN DOS CONEXIONES SE FIJARAN USANDO PLANTILLAS (JMS).  
OBSERVACIONES



ORIENTACION DE BOQUILLAS



CRUCIO DEL RECIPIENTE

REVISIONES

PARA APROBACION

FECHA	REVISO	APROBO
III-82	ENE	ENE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO: JFGC/PDT

CHECO: ENE

APROBO: ENE

FECHA: III-82

HOJA DE DATOS PARA BOMBA DOSIFICADORA

E.P. <u>82-25420-016</u>	CANTIDAD <u>2</u>	UNIDAD <u>TRATAM. INTEGRADO PARA CALDERA</u>
LUGAR <u>PUJARITOS VER.</u>	FABRICANTE <u>*</u>	
SERVICIO <u>BOQUILLA DOSIFICADORA DE MORFOLINA</u>		MODELO <u>*</u>
TIPO: EMBOLO SUZO <u>—</u> DIAFRAGMA <u>X</u>	ACCION DIRECTA <u>—</u> MECANICA <u>X</u>	
CABEZA DOBIF: SIMPLE <u>X</u> DOBLE <u>—</u> TRIPLE <u>—</u>	MULTIPLE <u>—</u>	

**CONDICIONES DE OPERACION**

NO. LADOS LIC. 1 LIG. MORFOLINA

TEMP BOMBEO (°F) 90 GR. ESP @ Y.B. 1.0

VISC. A T. (CP) 31.0 PRES. VAR @ T.B (PSIA) —

OPN A T.B. MAX 9.0 MIN 8.0 NORM. 8.0

PRES. SUCC. (PSIG) MAX 0 MIN — NORM. 0

PRES. DESC. (PSIG) MAX 15.18 MIN — NORM. —

WFSM/DISP. 30 FT RES \*

CORR./EROS. CAUSADO POR —

DNP @ DISEÑO \*

**LADO DEL LIQUIDO**

CUERPO DEL LADO DEL LIQUIDO:

TIPO (EMBOLO SUZO) (DIAFRAGMA) (REMOTO) (SUMERGIDO)

DIAM. EMBOLO SUZO — CARRERA 1.25 INCHES

COLPES/INCH. CILINDRO \*

CON UNIDAD — CON UNIDAD —

PTB (I) \* MOTRIZ COTIZ PTB (II) \* MOTRIZ MAX

VALVULAS SUCCION DESCARGA

TIPO CHECK VLVLA CHECK VLVLA

NUMERO 1 1

AREA (PULG.<sup>2</sup>) \* \*

SOREMBOLO SUZO (EN PAQUE) \* (CRUCETA) \*

TAMANO EMPAQUE \* TIPO \*

BELLOS ESPECIALES —

**MATERIALES**

LADO LIQUIDO <u>SS-316</u>	EMBOLO SUZO <u>SS-316</u>
CRUCETA <u>*</u>	BIELA <u>*</u>
MANIVELA <u>*</u>	ARNAZON <u>SS-316</u>
VALVULAS <u>SS-316</u>	ASIENTOS DE VALV. <u>SS-316</u>
CUERPO DE VAL. <u>SS-316</u>	PRESNA ESTOPAS <u>*</u>
ANILLOS LINTERNA <u>VITON</u>	CASO DE VAL. <u>*</u>

TRANS. (U. MOTRIZ)

TRANS. (U. NOVIDAS)

CAJA DE TRANSMISION \*

EMPAQUE TERZON TEMP. MAX \*

EMPAQUE (DE BOQUILLAS) \*

DIAFRAGMA TEILON TEMP. MAX \*

**AJUSTE DE LA CARRERA**

MANUAL  AUTO  TRABAJANDO  PARADA

REMOTO  LOCAL

SEÑAL: NEUM.  ELECTRICA  HIDRAULICA

**LUBRICACION**

EMPAQUE \* COJINETES U. MOTRIZ \*

COJINETES BIELA \*

CRUCETA \* ENGRANAJE —

CILINDRO DE FUERZA

FLUIDO HIDRAULICO (BOMBA DE: DIAF., EMBOLO SUZO) \*

BOQUILLAS	DIAM.	CLAS. ASA	CARA	POSICION
SUCCION		<u>NPT</u>	<u>—</u>	<u>*</u>
DESCARGA		<u>NPT</u>	<u>—</u>	<u>*</u>
DRENES				

**ACCESORIOS**

ENCHAQUETADO  CONTADOR DE COLPES

CRONOMETRO Y VALV. MULTIPORT  EMPAQUE DE REPUESTO

**UNIDAD MOTRIZ**

ELECTRICA  GAS  AIRE  DNP

PRB. \*

RPM \* VOLTS 115 FASES 1 CICLOS 60

ENCAPSULADO TCV (1) ARNAZON NO \*

AMPS. A PLENA CARGA \* DISEÑO NEMA \*

CL. DE POTENCIA: DIAM. \* CARRERA \*

PRES. GAS: SUMINISTRO — ESCAPE —

CONSUMO GAS — SCFM @ MAX VEL.

CONTR. DEL VEL: ELECT.  NEUM.  MANUAL

AUTO  NINGUNO

RED. VEL.: FAB. \* INTER.  SEPARADO

MODELO \* RELACION \* CLASE \*

COMPL. FAB. \* TIPO \*

GUARDAS: EN COPLR  EN MANIVELA

IND. DE VELOCIDAD:

NO  NO  REMOTO  LOCAL

BASE

PRUEBA: NO  TRAB.  REQUERIDA  ATESTIGUADA

PURGA DE AIRE O GAS SI  NO

VALVULAS REEMPLAZABLES SI  NO

OBSERVACIONES (1) PRESION DE TRABAJO DE SEGURIDAD

(1) TROPICALIZADO

(2) VALVULA NEUM. INTEGRADA.

\* PEA RECIBIDA.

REVISIONES	FECHA	CHECO	APROBO
<u>PARA APROBACION</u>	<u>III-82</u>	<u>ENE</u>	<u>ENE</u>

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO:  
JFGC/PET

CHECO:  
E.NE

APROBO:  
ENE

FECHA:  
11-82

HOJA DE DATOS PARA BOMBA DOSIFICADORA

E.P. 2A-0741-17R	CANTIDAD 2	UNIDAD TRATAN. INTERNO AGUA PARA CAJERA
LUGAR FASINTIC, IER	FABRICANTE K	
SERVICIO BOMBA DOSIFICADORA DE HIDROFINA		
MODELO *		
TIPO: ENBOLO BUZO	DIAPHRAMA	X ACCION DIRECTA: MECANICA X
CABEZA DOSIF: SIMPLE X	DOBLE	TRIPLE MULTIPLE

**CONDICIONES DE OPERACION**

NO. LADOS LIG. 1 LIG. HIDROFINA

TEMP. AMBIENTE (°F) 90 J.R. EXP. @ T.D. 1.0

VISC. A T.D. (CP) 1.0 PRES. VAR @ T.D. (PSIA) -

OPMA T.D. MAX. 9.0 MIN. 0.0 NORM. 0.0

FREZ. SUCC. (PSIG) MAX. 0 MIN. - NORM. 0

PRES. DESC. (PSIG) MAX. 66.3 MIN. - NORM. -

NPSM: DISR. 30 FT. REG. \*

CORR./EROS. CAUSADO POR -

BMP @ DISEÑO \*

**LADO DEL LIQUIDO**

CUERPO DEL LADO DEL LIQUIDO:

TIPO (ENBOLO BUZO) (DIAPHRAMA) (REMOTO) (SUMERGIDO)

DIAM. ENBOLO BUZO - CARRERA AJUSTABLE

SOLPES/MM./CILINDRO \*

CON UNIDAD

PTS. (I) \* MOTRIZ COTIZ PTS. (I) \* MOTRIZ MAX

VALVULAS SUCCION DESCARGA

TIPO CHECK DE BOLA CHECK DE BOLA

NUMERO 1 1

AREA (PULG.<sup>2</sup>) \* \*

SOR ENBOLO BUZO (EMPAQUE) \* (CRUCETA) \*

TAMAÑO EMPAQUE \* TIPO \*

BELLOS ESPECIALES -

**MATERIALES**

LADO LIQUIDO 55-316	ENBOLO BUZO 55-316
CRUCETA *	BIELA *
MANIVELA *	ARMAZON 55-316
VALVULAS 55-316	ASIENTO DE VALV. 55-316
CUERPO DE VAL. 55-316	PRESA ESTOPAS *
ANILLOS LINTERNA VITON	CASO DE VAL. *

TRANS. (U. MOTRIZ)

TRANS. (U. MOVIDA)

CAJA DE TRANSMISION \*

EMPAQUE TEFLON TEMP. MAX. \*

EMPAQUE (DE BOQUILLAS) \*

DIAPHRAMA TEFLON TEMP. MAX. \*

**AJUSTE DE LA CARRERA**

MANUAL  AUTO  TRABAJANDO  PARADA

REMOTO  LOCAL

SEÑAL: NEUM.  ELECTRICA  HIDRAULICA

**LUBRICACION**

EMPAQUE \* COJINETES U. MOTRIZ \*

COJINETES BIELA \*

CRUCETA \* ENGRANAJE -

CILINDRO DE FUERZA

FLUIDO HIDRAULICO (BOMBA DE: DIAF., ENBOLO BUZO) \*

BOQUILLAS	DIAM.	CLAS. ASA	CARA	POSICION
SUCCION	1/2	NPT	-	*
DESCARGA	1/2	NPT	-	*
DRENE				

**ACCESORIOS**

ENCHAPETADO  CONTADOR DE SOLPES

CRONOMETRO Y VALV. MULTIPORT  EMPAQUE DE REPUESTO

**UNIDAD MOTRIZ**

ELECTRICA  GAS  AIRE  BMP

FAB. \*

RPM \* VOLTS. 115 FASES 1 CICLOS 60

ENCAPULADO TECV (1) ARMAZON NO. \*

AMPS. A PLENA CARGA \* DISEÑO NEMA \*

CL. DE POTENCIA: DIAM. \* CARRERA \*

PRES. BAS. SUMINISTRO - ESCAPE -

CONSUMO GAS - SCFM @ MAX. VEL.

CONTR. DEL VEL.: ELECT.  NEUM.  MANUAL

AUTO  NINGUNO

RED. VEL.: FAB. \* INTER.  SEPARADO

MODELO \* RELACION \* CLASE \*

COPL. FAB. \* TIPO \*

GUARDAS: EN COPL.  EN MANIVELA

IND. DE VELOCIDAD: SI  NO  REMOTO  LOCAL

BASE: PRUEBA: NO.  TRAB.  REQUERIDA  ATESTIGUADA

PURGA DE AIRE O GAS SI  NO

VALVULAS REEMPLAZABLES SI  NO

OBSERVACIONES (1) PRESION DE TRABAJO DE SEGURIDAD

(1) TEPICACIONES

(2) VALVULA ALIVIO INTEGRADA

\* PEG PROVEDOR

REVISIONES	FECHA	CHECO	APROBO
A PARA APROBACION	11-82	ENE	ENE

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO:  
JFGC/PDT

CHECO:  
ENE

APROBO:  
ENE

FECHA:  
III-82

HOJA DE DATOS PARA BOMBA DOSIFICADORA

E.P. SA-DG y BL-CA	CANTIDAD 2	UNIDAD TROTAN, INTERNO AGUA PIPA CALDERA
LUGAR POTAPOTOS, VER.	FABRICANTE *	
SERVICIO BOMBA DOSIFICADORA DE FOSFATOS	MODELO *	
TIPO: EMBOLO BUZO — DIAFRAGMA *	ACCION DIRECTA: — MECANICA	
CABEZA DOBIF: SIMPLE X DOBLE — TRIPLE — MULTIPLE —		
<b>CONDICIONES DE OPERACION</b>		<b>LADO DEL LIQUIDO</b>
NO. LADOS L.I. 1	L.I. FOSFATO TRISFOSFATO	CUERPO DEL LADO DEL LIQUIDO:
TEMP BOMBEO (°F) 90	GR. ESP. @ T.S. 1.0	TIPO (EMBOLO BUZO) (DIAFRAGMA) (REMOTO) (SUMERGIDO)
VISC. A T.S. (CPS) 2.1000	PRES. VAR @ T.S (PSIA) —	DIAM. EMBOLO BUZO — CARRERA AJUSTABLE
SPMA T.S. MAX 17.0	MIN 15.0 NORM 15.0	BOLPES/MIL/CILINDRO *
PRES. SUCC. (PSIG) MAX 0	MIN — NORM 0	CON UNIDAD
PRES. DESC. (PSIG) MAX 1183	MIN — NORM —	NOTRIZ COTIZ PTE (I) * NOTRIZ II (X)
MPER: DIBR 30 FT.	RED *	VALVULAS SUCCION DESCARGA
CORR./EROS. CAUSADO POR —		TIPO CHECK IN HOJA CHECK IN HOJA
SNP @ DISEÑO *		NUMERO 1
<b>MATERIALES</b>		AREA (PULO) * *
LADO LIQUIDO 55-816	EMBOLO BUZO 55-316	BORE EMBOLO BUZO (EMPAQUE) * (CRUCETA) *
CRUCETA *	BIELA *	TAMANO EMPAQUE * TIPO *
MANIVELA *	ARNAZON 55-316	BIELAS ESPECIALES —
VALVULAS 55-316	ASENTO DE VALV. 55-316	<b>AJUSTE DE LA CARRERA</b>
CUERPO DE VAL. 55-316	PRESA ESTOPAS *	MANUAL <input type="checkbox"/> AUTO <input type="checkbox"/> TRABAJANDO <input checked="" type="checkbox"/> PARADA <input type="checkbox"/>
ANILLOS LINTERNA VITON	CASO DE VAL. *	REMOTO <input type="checkbox"/> LOCAL <input type="checkbox"/>
TRANS. (M. NOTRIZ)		SEÑAL: NEUM. <input type="checkbox"/> ELECTRICA <input type="checkbox"/> HIDRAULICA <input type="checkbox"/>
TRANS. (M. NOVIDA)		<b>ACCESORIOS</b>
CAJA DE TRANSMISION *		ENCHAGUETADO <input type="checkbox"/> CONTADOR DE BOLPES <input type="checkbox"/>
EMPAQUE TEFLON TEMP. MAX. *		CRONOMETRO Y VALV. MULTIPORT <input type="checkbox"/> EMPAQUE DE REPUESTO <input type="checkbox"/>
EMPAQUE (DE BOQUILLAS) *		<b>UNIDAD MOTRIZ</b>
DIAFRAGMA TEFLON TEMP. MAX. *		ELECTRICA <input checked="" type="checkbox"/> GAS <input type="checkbox"/> AIRE <input type="checkbox"/> SNP * *
<b>LUBRICACION</b>		FAB. * VOLTS. 115 FASES 1 CICLOS 60
EMPAQUE * COJINETES U. NOTRIZ *		RPM * ENCAPULADO TCCV (1) ARNAZON NO. *
COJINETES BIELA *		AMP. A PLENA CARGA * DISEÑO NEMA *
CRUCETA * ENGRANAJE —		CIL. DE POTENCIA: DIAM. * CARRERA *
CILINDRO DE FUERZA		PRES. GAS: SUMINISTRO — ESCAPE —
FLUIDO HIDRAULICO (BOMBA DE: DIAF., EMBOLO BUZO) *		CONSUMO GAS — SCFM @ MAX. VEL.
BOQUILLAS	DIAM. CLAS. ASA CARA POSICION	CONTR. DEL VEL: ELECT. <input checked="" type="checkbox"/> NEUM. <input type="checkbox"/> MANUAL <input type="checkbox"/>
SUCCION 1/2"	NPT — *	AUTO <input type="checkbox"/> NINGUNO <input type="checkbox"/>
DESCARGA 1/2"	NPT — *	RED. VEL.: FAB. * INTER. <input checked="" type="checkbox"/> SEPARADO <input type="checkbox"/>
DRENES		MODELO * RELACION * CLASE *
PUNGA DE AIRE O GAS SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		COPL: FAB. * TIPO *
VALVULAS REEMPLAZABLES SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		GUARDAS: EN COPL. <input type="checkbox"/> EN MANIVELA <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES (C) PRESION DE TRABAJO DE SEGURIDAD		IND. DE VELOCIDAD: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> REMOTO <input type="checkbox"/> LOCAL <input type="checkbox"/>
(1) TERCIALIZADO		BASE
(2) VALVULA ALIVIO INTEGRADA		PRUEBA: MID. <input type="checkbox"/> TRAB. <input type="checkbox"/> REQUERIDA <input type="checkbox"/> ATESTIGUADA <input type="checkbox"/>
* POR PROVEEDOR		

REVISIONES

PARA APROBACION

FECHA	CHECO	APROBO
III-82	ENE	ENE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO: J.F.G.C./P.D.T

CHECO: E.N.E

APROBO: E.N.E

FECHA: III-82

HOJA DE DATOS PARA TANQUES ATMOSFERICOS

DP-1400

E.P. TA-07 CANTIDAD DOS SERVICIO ALMACEN. HIDRAZINA UNIDAD TO. DE HIDRAZINA LUGAR PASARITOS VERACRUZ FABRICANTE \*

DATOS DE PROCESO

DATOS DE DISEÑO MECANICO

CAPACIDAD(GAL): 227 OPERACION 217 PRODUCTO HIDRAZINA DENSIDAD 63 LB/FT<sup>3</sup> PRES. OP. CUERPO ATM. PSIG. CHAQUETA 77

CODIGOS API 620 ULTIMA EDICION RADIOGRAFIA POR PUNTOS EFICIENCIA DE JUNTAS 85% PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO LLENO DE AGUA CHAQUETA -

CONSTRUCCION

TIPO CILINDRICO VERTICAL DIAMETRO 2'-2" FT-IN. LONG. 5'-0" FT-IN. TIPO DE TAPAS SUPERIOR PLANA INFERIOR CONICA 30° ESPESORES (IN.) CUERPO \* TAPAS \* SOPORTES 4 PATAS DE ANEULO

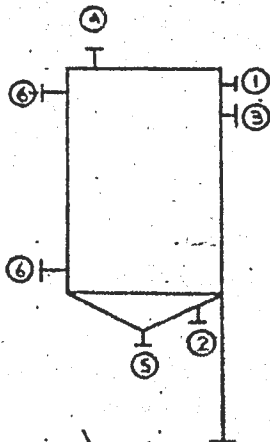
PRES. DIS. CUERPO HIDROST. PSIG. CHAQUETA - PSIG. TEMP. DIS. CUERPO 107 °F CHAQUETA - °F CORROSION PERMISIBLE: INT. - EXT. - FABRICACION: SOLDADA SI OTRAS - CARGA DE VIENTO 155 FT/SEC COEF. SISMICO 3 PESO VACIO \* PESO OPERACION \*

MATERIALES

CUERPO SS-304 CHAQUETA - TAPAS SS-304 TAPAS CHAQUETA - PARTES INTERNAS SS-304 PARTES EXTERNAS SS-304 TUBERIA INTERIOR CUELLO DE BOQUILLA SS-304 EMPAQUES BRESTO COMP. BRIDAS - ESCALERA - ANILLO DE EFZO - SOPORTE SA-36 TORNILLOS/TUERCAS -

RECUBRIMIENTO - AISLAMIENTO - SOPORTES DE AISL. - OBSERVACIONES (1) MEDIA TAPA ABATIBLE CON ASA SE DEBEA SUMINISTRAR UN TANQUE SIMILAR PARA ALMACENAMIENTO DE MORFOLINA

CROQUIS



IDENT.	1	2	3	4 (1)	5	6				
NO.	1	1	1	1	1	2				
DIAM.	1"	1/2"	1 1/2"	1"	1/2"	3/4"				
TIPO	NPT	NPT	NPT	NPT	NPT	NPT				
CLAS. Y CARA	3000 #	3000 #	3000 #	-	3000 #	3000 #				
SERVICIO	AGUA	SUCCION	ALLENAR	INTERNA HIDRAZINA	DRENAJE	HIDRO NIVEL				

REVISIONES

FECHA CHECO APROBO

(A) PARA APROBACION III-82 E.N.E E.N.E

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO:  
JFGC/PDT

CHECO:  
ENE

APROBO:  
ENE

FECHA:  
III-82

HOJA DE DATOS PARA TANQUES ATMOSFERICOS

DP-1400

E.P. TA-05

CANTIDAD UNO

SERVICIO ALMACEN. FOSFATOS

UNIDAD TO. FOSFATOS

LUGAR PAJARITOS VERACRUZ

FABRICANTE

\*

DATOS DE PROCESO

CAPACIDAD(GAL.): 514 OPERACION 408  
PRODUCTO FOSFATO DENSIDAD 62.4 LB/FT<sup>3</sup>  
PRES. OP. CUERPO ATM. PRES. CHAQUETA - PRES.  
TEMP. OP. CUERPO 77 °F

DATOS DE DISEÑO MECANICO

CODIGOS API 620 ULTIMA EDICION  
RADIOGRAFIA POR PUNTOS EFICIENCIA DE JUNTAS 85%  
PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO LLENO DE AGUA  
CHAQUETA -  
PRES. DIS. CUERPO HIDROST. PRES. CHAQUETA - PRES.  
TEMP. DIS. CUERPO 102 °F CHAQUETA - °F  
CORROSION PERMISIBLE: INT - EXT. -  
FABRICACION: SOLDADA SI OTRAS -  
CARGA DE VIENTO 155 FT/SEG COEF. SISMICO 3  
PESO VACIO \* PESO OPERACION \*

CONSTRUCCION

TIPO CILINDRICO VERTICAL  
DIAMETRO 3'-10" FT.-IN. LONG. 6'-0" FT.-IN.  
TIPO DE TAPAS SUPERIOR PLANA INFERIOR CONICA 30°  
ESPESORES (IN.) CUERPO \* TAPAS \*  
SOPORTES 4 PATAS DE ANGULO

MATERIALES

CUERPO SS-304 CHAQUETA  
TAPAS SS-304 TAPAS CHAQUETA  
PARTES INTERNAS SS-304 PARTES EXTERNAS  
TUBERIA INTERIOR - CUELLO DE BOQUILLAS  
EMPAQUES ASBESTO COMP. BRIDAS  
ESCALERA - ANILLO DE RFZO  
SOPORTE SA-36 TORNILLOS/TUERCAS

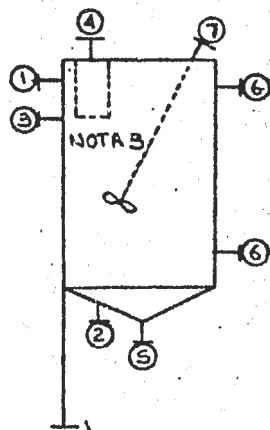
RECURRIMIENTO

RECURRIMIENTO - AISLAMIENTO - SOPORTES DE AISL. -

OBSERVACIONES

(1) MEDIA TAPA ABATIBLE Y ASA  
(2) CANASTILLA DE DISOLUCION EN SS-304 DE 10" Ø Y 29" ALTURA CON MALLA No. 30

CROQUIS



IDENT.	1	2	3	4	5	6	7
NO.	1	1	1	1	1	2	1
DIAM.	1"	1/2"	1/2"	8"(Ø)	1/2"	3/4"	1"
TIPO	NPT	4PT	NPT	-	NPT	NPT	-
CLAS. Y CARA	3000 #	3000 #	3000 #	-	3000 #	3000 #	-
SERVICIO	ENTRADA AGUA	SUCCION BOMBA	DETRAMPE	ENTRADA FOSFATO	DRENNE	MALLA DE REJICIA	ENTRADA AGITADOR

REVISIONES

REVISIONES	FECHA	CHECO	APROBO
△ PARA REVISION	III-82	ENE	ENE

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 2

PREPARO: J.F.G.C/P.O.T. CHECO: E.N.E. APROBO: E.N.E. FECHA: III-82

HOJA DE DATOS: DESAERADOR

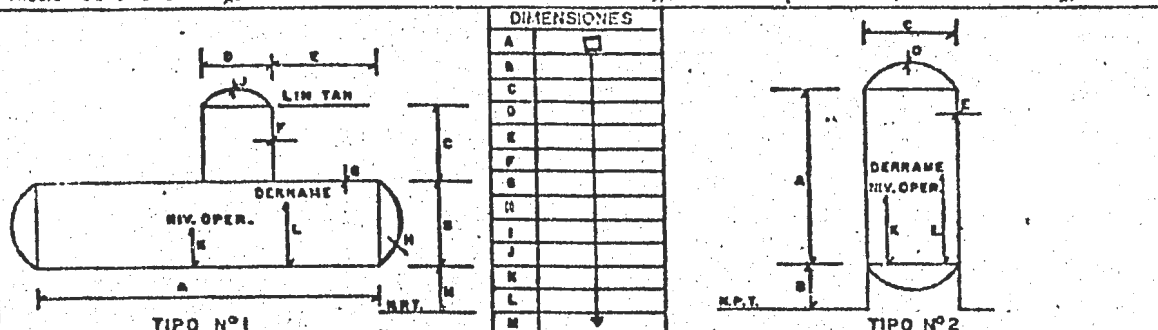
INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR  
 INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE

APLICABLE PARA:  COTIZACION  COMPRA  EQUIPO CONSTRUIDO

INFORMACION ADICIONAL: DESAERADOR TIPO ESPERAS CON TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA HORIZONTAL

CONDICIONES MECANICAS

PRESION DE DISEÑO \* PSIG TEMPS. DISEÑO °F \* CORROSION MM PERMISIBLE \* PULG.



MATERIAL DE CONSTRUCCION	CODIGOS	REQUERIDOS	ESPECIFICACIONES
CUBIERTA	A-285-C	NEI (SI-NO) SI	RESISTENCIA AL CALOR (SI-NO) SI
CABEZAS	A-285-C	ASME (SI-NO) SI	INSPECCION
CHAROLAS	-	PLACA ASME (SI-NO) SI	POR COMPRADOR (SI-NO) SI
DOMO	SS-316	OTROS	POR OTROS (SI-NO) NO
VALVULAS BRIDAS	A-181-I		RADIOGRAFIAS (SI-NO) SI
VALVULADORA	<input type="checkbox"/>		RELEVADO DE ESPESOR (SI-NO) SI
SOPORTES	<input type="checkbox"/>		ACCESORIOS
AISLAMIENTO	<input type="checkbox"/>		POR COMPRADOR (SI-NO) NO
			SI ES NO ANOTELOS VER DTI

TABLA DE BOQUILLAS

BOQUILLA	DIAMETRO	CANTIDAD	SERVICIO	TIPO	LIBRAJE	CARA	MATERIAL
1	8"	1	ALIMENT. AGUA DE REPUESTO	BRIDADA	150 #	R.F	A-181-I
2	8"		DESC. AGUA ALIMENT. A CALDERA				
3	4"		ALIMENT. COND. BAJA PRES.				
4	3"		ALIMENT. TO. FLASH PURGA COND.				
5	10"		ALIMENT. VAPOR BAJA PRES.				
6	2"		ALIMENT. AGUA FLUJO MIN.				
7	4"		DRENAJE				
8	8"		SOBREFLUJO				
9	4"		VENTEO				
10	6"		DESFOQUE				

NOTAS: LAS CARACTERISTICAS PARA LAS CONEXIONES DE LOS INSTRUMENTOS DEBERAN SER PROPORCIONADAS POR EL PROVEEDOR

REVISIONES

FECHA CHECO APROBO  
III-82 E.N.E E.N.E

PARA APROBACION

PREPARO: J.F.G.C./P.D.T

CHECO: E.N.E

APROBO: E.N.E

FECHA: III-82

HOJA DE DATOS : DESAERADOR

INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR  
 INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE

APLICABLE PARA:  COTIZACION  COMPRA  EQUIPO CONSTRUIDO

PLANTA FERTINEX LUGAR PAJARITOS VERACRUZ

SERVICIO AGUA DESMINERALIZADA

CANTIDAD REQUERIDA UNA UNIDAD EQUIPO N° DA-01

FABRICANTE \_\_\_\_\_ MODELO

CONDICIONES DE OPERACION

ANALISIS DEL AGUA	
TRATAMIENTO	
DESMINERALIZACION	

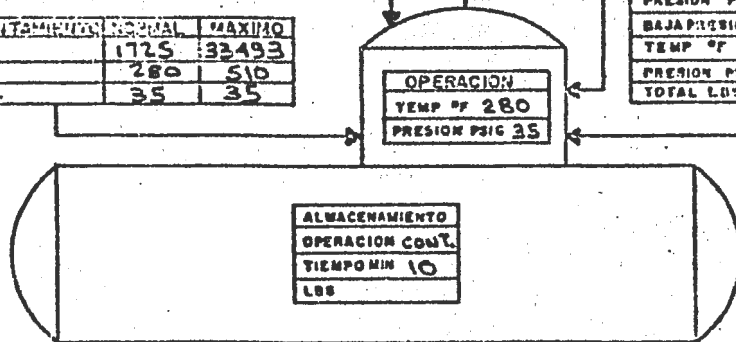
VAPOR DE VENTEO	
LBS POR HR	3515 (1)
TEMP °F	280
PRESSION PSIG	ATM.

RETORNO CONDENSADOS NORMAL MAXIMO		
ALTA PRESSION POR HR		
TEMP °F		
PRESSION PSIG		
BAJA PRESSION LBS POR HR	9500	7216
TEMP °F	370	442
PRESSION PSIG	35	35
TOTAL LBS POR HR		

AGUA REPUESTO		
	NORMAL	MAXIMO
LBS POR HR	183763	150188
TEMP °F	280	286
PRESSION PSIG (V.M.)	35	35

RETORNO CONDENSADOS NORMAL MAXIMO		
ALTA PRESSION POR HR		
TEMP °F		
PRESSION PSIG		
BAJA PRESSION LBS POR HR		
TEMP °F		
PRESSION PSIG		
TOTAL LBS POR HR		

VAPOR CALENTAMIENTO		
	NORMAL	MAXIMO
LBS POR HR	1725	32493
TEMP °F	280	510
PRESSION PSIG	35	35



AGUA A CALDERAS		
	NORMAL	MAXIMO
LBS POR HR	191473	150836
TEMP °F	280	280
PRESSION PSIG	35	35

GARANTIA DE ELIMINACION DE O<sub>2</sub>  
 CONTENIDO MAXIMO DE O<sub>2</sub> EN EL EFLUENTE 0.005 CC/LY

NOTAS: (1) ESTE VALOR CORRESPONDE A LAS CONDICIONES NORMALES, PARA CONDICIONES MAXIMAS E<sub>2</sub> CERO

REVISIONES

PARA APROBACION

FECHA	CHECO	APROBO
III-82	E.N.E	E.N.E





FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 2 DE 2

PREPARO:  
AFGC/PDT

CHECO:  
ENE

APROBO:  
ENE

FECHA:  
III-82

HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR

PERFECTO CORREA  RANOS DE TUBOS  TOTAL  LLENDO DE AGUA   
 FINITURA: LIMPIEZA  MOEDA DE ARENA  PRIMA  INOFLAZA PINTURA  FINAL EN CAMPO   
 NOTA: INDICAR DESPUES DE CADA PARTE SI SE DESEA PEVELADO DE ESFUERZO (R.E.) O HADICGRAFIADO (RAD.)

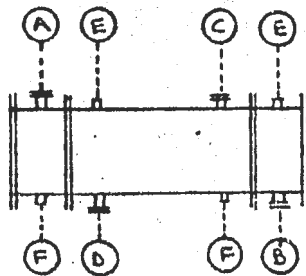
PROTECCION DE BOCUILLAS  TOLERANCIA DIM.   
 SILETAS  SOPORTES   
 ESP. DE AISLAMIENTO  ANILLOS AISLAMIENTO   
 ANILLO DE FILESA REQUERIDO: SI-NO

TAELA DE EQUILLAS

IDENT	NO.	DIAM.	CLAS Y CARA	TIPO	SERVICIO
A	1	4"	150 # RF	W.N	ENT. AGUA DESMIN.
B	1	4"	150 # RF	W.N	SAL. AGUA DESMIN.
C	1	1 1/2"	150 # RF	W.N	ENT. AGUA (PURGA)
D	1	1 1/2"	150 # RF	W.N	SAL. AGUA (PURGA)
E	2	3/4"	3000 #	NPT	VENTEO
F	2	3/4"	3000 #	NPT	DRENAGE

PESO APROXIMADO EN LBS.  
 ENFARQUE  INSTALADO   
 OPERACION  PRUEBA HIDRO.   
 TODAS LAS BIRILLAS, CONTROLES DE NIVEL, ALARMAS, ETC. QUE TENGAN DOS CONEXIONES DEBERAN INSTALARSE CON PLANTILLA (MS)  
 OBSERVACIONES:

CROQUIS



REVISIONES

A. PARA APROBACION

FECHA: III-82  
 CHECO: ENE  
 APROBO: ENE

### 3.7.7 Descripción del sistema.

El agua desmineralizada que proviene del sistema de tratamiento de agua pasa por el tanque de agua desmineralizada TA - 01, el cual tiene un tiempo de residencia de 12 horas. De este tanque succiona la bomba de agua desmineralizada BA - 05/05R y manda 312 GPM al desaereador DA-01 pasando antes por el cambiador de calor CC - 01, el cual tiene la finalidad de enfriar hasta 122° F el agua -- proveniente del tanque flash de purga continua TA-06. El desaereador recibe además del agua de la bomba BA-05/05R el condensado del calentador de aire a vapor CC-02, vapor del cabezal de turbinas de vapor y del tanque flash TA- - 06. El desaereador manda 331 GPM a succión de las bombas de alimentación de agua a caldera BA-08/1R/2R.

Debido a la característica dual de la caldera en cuanto a presión, estas bombas operarán de la siguiente manera: La bomba BA-08 operará continuamente con turbina de vapor para los dos casos, lográndose las dos diferentes presiones de descarga mediante la variación de las revoluciones por minuto de la bomba y la turbina. Las bombas BA-08-1R y BA-08-2R operarán como relevo, con motor eléctrico, para cada uno de los casos, si llegara a fallar la turbina de la bomba BA-08.

El sistema esta diseñado considerando la adición de químicos de la siguiente manera:

1).- Adición de morfolina mediante las bombas -- BA-03/03R dosificadoras a la succión de las bombas BA-05/05R.

2).- Adición de hidrazina mediante las bombas dosificadoras BA-07/07R a la succión de las bombas de alimentación de agua a caldera BA-08/1R/2R.

3).- Adición de fosfatos al domo de vapor de la caldera mediante las bombas dosificadoras BA-06/06R.

La purga continua de la caldera se mandará al tanque flash TA-06 para aprovechar el vapor generado en el desaireador y el líquido en el cambiador de calor CC-01.

La purga intermitente se mandará al tanque flash TA-08 para ventear el vapor a la atmósfera y tirar el líquido al drenaje.

### 3.8 COMBUSTIBLES.

#### 3.8.1 Clasificación y uso de combustibles.

Los combustibles disponibles para la generación de vapor pueden clasificarse en dos grandes grupos:

Combustibles derivados del petróleo.

Combustibles de desecho.

Los combustibles derivados del petróleo pueden a su vez clasificarse en diferentes grupos, conforme a sus propiedades físicas:

Combustibles de petróleo	Líquidos	Combustible ligero Combustible pesado Diesel
	Gaseosos	Gas natural Propano Butano

Los combustibles de desecho son aquellos que resultan como subproductos de algún proceso y tienen poco valor para ser aprovechados con algún otro fin, siendo el calor de combustión su único valor práctico (por ejemplo: bagazo de caña, obtenido de la molienda de los ingenios en algunos casos, o gases y líquidos residuales obtenidos en áreas de destilación y reacción en la industria petroquímica).

Un caso especial son aquellos procesos en que se efectúan reacciones altamente exotérmicas, liberándose calor en tal forma que puede ser aprovechado en la generación de vapor (por ejemplo: la oxidación del azufre en la producción de ácido sulfúrico y la oxidación del amoníaco en la obtención del ácido nítrico).

En la tabla 8.1 se dan las propiedades fundamentales y análisis típico del gas natural en México. Estos valores pueden tener variaciones según el lugar de procedencia.

En la tabla 8.2 tenemos algunas de las principales propiedades de los diesels mexicanos. También hay variación según su origen.

En la tabla 8.3 se enlistan algunas propiedades de los combustibles que se obtienen en México. De estos el de 550 SF (segundos fuel), es denominado combustible pesado y el de 200 SF es conocido como combustible ligero de Pemex y son estos dos los más comúnmente usados como combustibles para calderas. Las propiedades varían según la refinería -- del país de donde provengan.

TABLA 8.1  
GAS NATURAL.

Análisis.

Metano	94 a 96.8%
Etano	2.5 a 4%
Propano y gases pesados	0.7 a 2%
H <sub>2</sub> S	Despreciable (4p.p.m)
CO <sub>2</sub>	Despreciable (4p.p.m)
Humedad	112 Kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (7 lb/10 <sup>6</sup> Ft <sup>3</sup> )
Poder calorífico bajo	8460 Kcal/m <sup>3</sup>
Poder calorífico alto	9220 Kcal/m <sup>3</sup> (1035 Btu/Ft <sup>3</sup> )
Peso mol.	16.61 (aproximadamente)

TABLA 8.2  
DIESEL MEXICANO.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Peso esp.	0.840	0.865	0.850	0.840
Color	1 1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
Poder calorífico Cal/gr.	10,900	10,750	10,700	10,900
Destilación ASTM a 760 mmHg:				
Temperatura inicial °C	176	185	210	200
Temperatura final °C	370	375	390	360
Residuo %	1	1	1	1
Pérdida %	0	1	1	1
Reacción del residuo de destilación	no acida	no acida	- - -	- - -
Corrosión (3hr a 50 °C)	1-A	1-A	2-A	2-A
Temp. de inflamación °C	80	79	90	85
Viscosidad S.U a 37.8 °C	40	40	40	40
Viscosidad S.F a 50 °C	- - -	- - -	- - -	- - -
Temp. escurrimiento °C	-4	-2	-2	-3
Agua y sedimentos	trazas	trazas	trazas	trazas
Índice de diesel	57	--	--	58
Índice de cetano	58	--	54	--
Azufre total	0.9	1.9	0.8	1.0
Carbón Conradson	0.15	0.10	0.03	--
% cenizas	- -	Cero	Cero	- -

- (1) Refinería 18 de marzo
- (2) Refinería Ciudad Madero
- (3) Refinería Minatitlán
- (4) Refinería Salamanca

TABLA 8.3  
COMBUSTIBLES MEXICANOS.

Pruebas	200"		300"		500"		
	(1)	(2)	(2)	(3)	(1)	(3)	(4)
Peso específico	0.975	0.980	0.980	0.973	0.980	0.980	0.985
Color	--	--	--	--	--	--	--
Poder calorífico Cal/gr.	10,100	10,200	10,200	10,200	10,000	10,200	10,050
Temp. de inflamación °C	70	80	80	95	68	100	95
Viscosidad S.U a 37.8 °C	--	--	--	--	--	--	--
Viscosidad S.F. a 50 °C	150	190	280	250	450	450	485
Temp. de escurrimiento °C	-2	-4	-4	--	-2	--	--
Agua y sedimentos	Trazas	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3
Indice de diesel	--	--	--	--	--	--	--
Indice de cetano	--	--	--	--	--	--	--
Total azufre	2.8	3.5	3.5	2.5	3.0	2.7	3.0
Carbón	15.0	12.0	12.0	10.5	16.0	12.0	--
% de cenizas	--	0.05	0.05	0.2	--	0.2	--

- 
- (1) Refinería 18 de marzo.
  - (2) Refinería Ciudad Madero.
  - (3) Refinería Minatitlán.
  - (4) Refinería Salamanca



Dependiendo el tipo de combustible que se desee emplear, se tendrán ventajas y desventajas.

### 3.8.2 Manejo de combustibles.

3.8.2.1 Combustoleo.- Este producto es un aceite viscoso; requiere para su manejo gran cantidad de equipo adicional que implica un alto costo inicial relativo a otros combustibles. Se pueden mencionar los siguientes equipos:

- Tanques de almacenamiento y de día.
- Calentadores de succión.
- Calentador de temperatura requerida para el quemador.
- Bombas de transferencia a los tanques.
- Bombas a quemador.
- Filtros canasta.
- Venas de vapor.
- Aislamiento de líneas.

Otras desventajas son:

El contenido alto de azufre que una vez quemado presenta graves problemas de contaminación atmosférica.

Por ser un aceite, es un fluido sucio que puede llegar a dar mal aspecto a la planta.

Las ventajas que se tienen son las siguientes:

Alto poder calorífico.

Bajo costo.

Disponibilidad en cualquier lugar.

Estas ventajas y desventajas se pueden aplicar a -- cualquiera de los tipos de combustoleo, ya que la diferencia en propiedades físicas es pequeña, con excepción de la visco-

cidad.

Muchas veces se requiere para el manejo de este combustible una instalación adicional de diesel para los arranques de la planta, ya que un combustoleo frío no se puede manejar, porque la temperatura de bombeo debe ser, por lo menos, 120 °F.

El equipo necesario para el manejo de un combustoleo es un poco complicado. Requiere calentamiento preliminar y filtrado antes de la bomba que manda combustible al tanque de día o al quemador; después de la bomba requiere un calentamiento adicional para asegurar la viscosidad requerida a la entrada del quemador y, además, un filtrado antes del mismo.

a).- Tanques de almacenamiento.

Estos tanques se localizan en áreas exteriores. Su almacenamiento se recomienda en ocasiones en tanques enterrados por debajo de cualquier tubería, con el objeto de prevenir fugas o derrames por cualquier tubería rota; sin embargo, actualmente debido al tamaño de almacenamiento de combustible requerido para una planta industrial, se han generalizado los tanques sobre la superficie.

Los tanques deben ser construidos en acero al carbón, debiendo tener como tolerancia a la corrosión, por lo menos 3/16" en el fondo y cuerpo y 1/8" en la tapa superior.

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá fijarse de acuerdo con la demanda máxima esperada y la política del cliente.

La política recomendable es el almacenamiento con capacidad para una semana de operación a un mes, dependiendo de la localización de la planta; en lugares apartados los almacenamientos serán mayores. Otro aspecto que influye en el dimensionamiento del tanque es el medio de transporte del combustible; este puede ser en pipas de capacidad variante entre 7,000 y 12,000 litros, por lo que el tanque debe tener una capacidad mínima de 1.5 veces la capacidad de la pipa, o en carros tanque, cuando la planta este situada en lugares lejanos, en capacidades que varían entre 37,000 y 75,000 litros.

El tanque de almacenamiento deberá tener por lo menos las siguientes conexiones:

- - Entrada de combustoleo.
- - Salida de combustoleo.
- - Entrada calentador de succión.
- - Derrame.
- - Venteo.
- - Drenaje.
- - Entradas de hombre.
- - Indicador de nivel.
- - Purga de agua (de menor tamaño que el drenaje).

El tanque deberá estar rodeado por un dique para protegerlo en caso de falla.

b).- Calentadores de succión.

En la mayoría de las plantas industriales los almacenamientos de combustoleo son de gran capacidad, por lo que mantenerlos a la temperatura de bombeo resulta impráctico, pe

ligroso y costoso; por esta razón, se han generalizado los calentadores de succión tipo bayoneta, los cuales permiten calentar únicamente la cantidad de combustible que se saca, obteniéndose economía en el consumo de vapor.

Estos calentadores consisten en un banco de tubos "U" montados en una carcaza. La carcaza debe estar abierta en uno de los extremos y suministrarse con una brida de montaje.

El medio de calentamiento es generalmente vapor de baja presión. Sin embargo, debido a la viscosidad requerida para el bombeo (4,000 a 5,000 SSU, aproximadamente), la temperatura equivalente es generalmente inferior a 120°F, por lo que se puede usar condensado o agua caliente. Además, se debe tener cuidado de usar vapor cuya temperatura no sea muy alta, puesto que se puede ocasionar sobrecalentamiento y provocar la ebullición del agua, produciendo el fenómeno de formación de espuma (Boil over).

#### c).- Filtros.

Para eliminar las impurezas de combustóleo se emplean generalmente filtros tipo canasta duplex, lo que permite una operación continua, mientras un filtro se limpia.

Su localización deberá hacerse entre el calentador de succión y la bomba de transferencia al tanque de día; en este punto se requiere de un filtrado de ocho mallas, aproximadamente. Después de la bomba, en ocasiones es conveniente instalar otro filtro entre ésta y el calentador final de combustóleo para remover las partículas finas antes de ser enviadas al quemador. Otra posición frecuentemente usada es des--

pués del calentador final. El grado de filtración requerido es de 24 mallas, aproximadamente. La selección de la malla en cada caso particular se hará tomando en cuenta el tipo de combustoleo, procedencia y condiciones especiales de la instalación.

En instalación que no requiera operación continua se pueden usar filtros de canasta simples.

d).- Bombas.

Hay cuatro tipos de bombas que se usan frecuentemente:

- - Doble tornillo.
- - Engranés de voluta.
- - Rotatoria.
- - Reciprocante.

La de uso más generalizado es la bomba rotatoria, debido a que es la más común en México.

La capacidad estará dada por el uso máximo de combustible.

La presión de descarga estará fijada por el fabricante de la caldera, conforme al quemador que vaya a emplear y de acuerdo al diseño del horno que se tenga.

Es recomendable que se tengan dos bombas (una de repuesto), ya que de este suministro depende el suministro de vapor.

e).- Calentador final de combustoleo.

Como se mencionó antes, se requiere un segundo calentador para llevar el combustoleo a la temperatura adecuada o

requerida por el quemador.

La temperatura requerida por el quemador varía con el fabricante del mismo y con el tipo de combustoleo que se maneje, pero puede ser por ejemplo del orden de 240 °F para combustoleo pesado de pemex. Puede requerirse mayor temperatura según el tipo de atomización.

Este calentador es generalmente de carcasa y tubos y usa vapor como medio de calentamiento; sin embargo, frecuentemente, se emplean calentadores eléctricos para prevenir arranques en frío o bien en algunos tipos de calderas con tubos de humo se emplean calentadores duales que operan con vapor o con electricidad.

f).- Tanques de día.

Este término se emplea para identificar un tanque de capacidad relativamente pequeña para el almacenamiento de combustible cerca de la caldera o quemador que la requiera.

El objeto del tanque de día es reducir los costos de bombeo y vapor que se tendría si se enviase el combustible directamente desde el tanque de almacenamiento. A su vez, permite que la planta tenga una reserva en caso de falla o reparación del almacenamiento principal.

Este tanque deberá ser de construcción similar al tanque de almacenamiento; asimismo deberá tener los mismos accesorios ya mencionados.

La capacidad del tanque de día se fija de acuerdo con los factores similares al tanque de almacenamiento, con la excepción de que el tiempo de almacenamiento debe ser por

lo menos de 1 a 3 turnos, o sea, de una capacidad máxima de un día de operación.

Ventajas.

- - Disminuye el consumo de vapor.
- - Baja costos de bombeo.
- - Facilita la operación.

Desventajas.

- - Duplicidad de equipo de calentamiento.
- - Adición de bombas de transferencia.

3.8.2.2 Diesel.- Este combustible es un compuesto de tipo aceite de baja viscosidad, por lo cual el equipo que requiere para su manejo es menor que el mencionado para el -- combustoleo. Por ejemplo:

- - Tanques de almacenamiento y de día.
- - Bombas de transferencia a tanques.
- - Bombas a quemadores.
- - Tiene el inconveniente de ser un combustible caro para el poder calorífico que proporciona.

- - Puede ser manejado por pipas o carros tanques, por lo que tiene alta disponibilidad.

El uso de este combustible se restringe a operación tipo arranque de calderas, o bien, como combustible de emergencia, además de que también deben tomarse en cuenta posibles fallas de mercado.

El manejo y almacenamiento de este combustible no -- tiene el problema de la altísima viscosidad del combustoleo,

por lo que no se requieren sistemas de calentamiento para poder bombearlo.

Los criterios de diseño, instalación, accesorios (filtros) de los tanques de almacenamiento y tanques de día serán los mismos que para combustóleo, con excepción del uso de cambiadores de color. Las bombas que alimentan al quemador podrán ser del tipo requerido para dar la presión de entrada al quemador y las bombas de transferencia pueden ser centrífugas.

3.8.2.3 Gas natural.- Este es el combustible ideal - debido a su bajo costo, así como a su fácil manejo, por ser distribuido en líneas de alta presión.

Requiere para su empleo únicamente, como instalación adicional, una caseta de medición requerida por PEMEX.

Su uso está limitado por las redes de distribución de PEMEX y, además, se requieren permisos especiales para conectarse a dicha red. Estos permisos son otorgados en base al gas disponible en la zona deseada y a la demanda que se requiera.

En México lo más común es el suministro por medio de gasoductos de PEMEX, a una presión mínima solicitada por la planta industrial. PEMEX suministra en una estación reductora donde se localiza un medidor de flujo, una válvula reductora de presión, así como sistemas de seguridad. La presión de suministro debe tomar en cuenta las pérdidas por fricción en la línea, así como la presión de entrada requerida en los equipos quemadores.

La línea por cuenta de la planta va desde la estación



reductora hasta el quemador. En esta línea puede instalarse un medidor de flujo, un indicador de presión, una válvula de seguridad, una válvula manual de bloqueo, una válvula reductora de presión (si se hace necesaria) y una válvula de control de flujo y presión. Antes del quemador normalmente se requiere instalar un tanque de otro combustible, por ejemplo: diesel o combustóleo, para evitar un paro total del suministro de vapor en la planta por alguna falla en el gasoducto.

El tamaño de estos tanques depende del factor seguridad, pero debe ser suficiente para dar suministro de combustible, tomando en cuenta la facilidad de disponer de pipas o carros tanques según sea la localización de la planta.

3.8.2.4 Bagazo de caña.- Presenta ventajas y desventajas:

- - Bajo costo.
- - Buen poder calorífico.
- - Requiere de instalación especial de horno en la caldera.
- - Requiere de un sistema de manejo de salidas.

El quemarlo, aparte de ofrecer ventajas económicas, evita la posibilidad de incendio debido a su **difícil ignición**.

Este combustible es muy usado en los ingenios azucareros. Su suministro se hace por medio de transportadores de paletas, desde que sale el último molino con un 50% de humedad aproximadamente. Dependiendo de la política de cada ingenio, se usará solamente bagazo o una parte de esto y otro combustible.

### 3.8.3 Selección de combustible.

Todos estos trabajos se realizaron para una planta u-

bicada en Pajaritos, Veracruz, lugar donde la disponibilidad de combustóleo y gas natural es buena, por lo cual se seleccionó una caldera para quemar combustóleo y gas natural en operación normal y diesel para el arranque, así como gas L.P. para el piloto de la caldera.

#### 3.8.4 Descripción del sistema.

El combustóleo se recibe mediante auto tanque, en un tanque de almacenamiento que cuenta con un calentador de succión que calienta el combustóleo hasta 122 °F para transferirlo, mediante unas bombas, a un tanque de día, el cual también cuenta con un calentador de succión con el que se recupera el calor que se pudiera haber perdido en la transferencia. Del tanque de día se pasa a las bombas que alimentan el combustóleo a la caldera, pasando antes por un cambiador de calor en el cual se sube la temperatura hasta 215 °F.

El gas natural se recibe del gaseoducto de PEMEX que pasa cerca del área, pasando primero a una estación reductora (propiedad de PEMEX) y luego a un filtro separador de humedad, para finalmente ser alimentado a la caldera.

El gas L.P. se obtiene desde un tanque de gas estacionario, el cual es abastecido mediante auto tanque en forma periódica.

El diesel se obtiene de un sistema de bombeo existente, desde el cual se envía el diesel al quemador de la caldera y al sistema de calentamiento.

#### 3.8.5 Memorias de cálculo.

TANQUES.

Tanque de día de combustoleo (TA-10).

El flujo a alimentar a la caldera es 32 G.P.M. Se le da un tiempo de residencia de uno y medio turnos; por lo tanto, el volumen de operación del tanque es:

$$32 \frac{\text{Gal}}{\text{min.}} \times \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ hr.}} \times 12 \text{ hrs.} = 23,040 \text{ Gal}$$

Con este dato en la tabla (VI) del punto 5.0 se busca el volumen de operación igual o ligeramente mayor al anterior resultado:

Vol. op. = 24,067 Gal.  
con D = 15'-9"

Vol. nominal = 24,796 Gal.  
H = 17'-0"

Tanque de almacenamiento de combustoleo (TA-09)

El suministro de combustoleo puede ser efectuado cada 7 días y el tanque puede servir de apoyo para una de las dos calderas existentes; por lo tanto, la capacidad del tanque será:

$$32 \frac{\text{Gal}}{\text{min.}} \times 2 = 64 \frac{\text{Gal}}{\text{min.}} \times \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ hr.}} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{1 \text{ día}} \times 7 \text{ días} = 645,120 \text{ Gal}$$

De la tabla (VI) del punto 5.0

Vol. op. = 656,704 Gal  
con D = 47'-6"

Vol. nom. = 663,337 Gal  
H = 50'-0"

Tanque separador de gas natural (TA-13).  
(Knock out)

Consumo max. de gas en la caldera:

Caso II: (910 PSIG)

297,291 SCFH

Presión: 30 PSIG

Temperatura: 86 °F

Flujo actual en Ft<sup>3</sup>/SEG

$$297,291 \times \frac{14.7}{44.7} \times \frac{546}{492} = 108,497 \frac{\text{ft}^3}{\text{Hr}} \times \frac{1 \text{ Hr}}{3,600 \text{ SEG}} = 30.14 \frac{\text{ft}^3}{\text{SEG}}$$

Velocidad de diseño del gas:

$$V_d = 0.75 k \left( \frac{\rho_L - \rho_g}{\rho_g} \right)^{1/2}$$

Densidad del líquido:  $\rho_L = 62.06 \text{ lb/ft}^3$  (agua)

Densidad del gas:  $\rho_g = 0.110 \text{ lb/ft}^3$  (gas natural)

Factor de servicio  $k = 0.35$

$$V_d = 0.75 (0.35) \left( \frac{62.06 - 0.110}{0.110} \right)^{1/2} = 6.23 \text{ Ft/seg.}$$

El área de flujo será:

$$A = \frac{Q}{V_d} = \frac{30.14 \text{ Ft}^3/\text{seg.}}{6.23 \text{ Ft/seg.}} = 4.84 \text{ Ft}^2$$

El diámetro interior es:

$$D = \sqrt{\frac{A}{0.785}} = \sqrt{\frac{4.84}{0.785}} = 2.48 \text{ Ft}$$

Contenido de humedad:  $7 \text{ Lb H}_2\text{O}/10^6 \text{ SCF Gas}$

$$W_{ag} = 297,291 \frac{\text{ft}^3}{\text{hr}} \times \frac{7 \text{ lb}}{10^6 \text{ ft}^3} = 2.08 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \text{ de agua}$$

$$Q_{\text{agua}} = 2.08 \frac{\text{lb}}{\text{hr.}} \times \frac{\text{ft}^3}{62.06 \text{ lb}} \times \frac{7.48 \text{ Gal}}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{1 \text{ hr.}}{60 \text{ min.}} = 4.2 \times 10^{-3} \text{ G.P.M.}$$

$$h_t = 0.5 (2.48) = 1.24 \text{ pies}$$

$$m = 4'' = 0.33 \text{ Ft}$$

$$h_v = 0.2(2.48) + 3 + 2.48/2 = 4.736$$

$$h_{bn} = 0.2(2.48) + 0.5 + 2.48/2 = 2.236$$

$$h_r = 0.5 \text{ Ft}$$

$$h_b = 0.5 \text{ Ft de Figura (1) en punto 5.0}$$

$$L = h_t + m + h_v + h_{bn} + h_r + h_b$$

$$L = 1.24 + 0.33 + 4.736 + 2.236 + 0.5 + 0.5$$

$$L = 9.542 \text{ Ft}$$

Los valores de  $h_t$ ,  $m$ ,  $h_v$ ,  $h_{bn}$  y  $h_r$  se obtienen de la fig.(2) en el

punto 5.0

## Tanque de almacenamiento de gas L.P. (TA-14).

El consumo de gas L.P. para el piloto es 424 Ft<sup>3</sup>/Hr.  
 P = 40 PSIG (Dato del fabricante de la caldera). Este flujo --  
 se utiliza cuando la caldera esta parada (para arranque) sola-  
 mente.

El tanque tendrá 24 horas de tiempo de residencia con  
 flujo continuo, lo cual garantiza un suministro a piloto por -  
 largo tiempo, ya que este operará intermitentemente, además, -  
 en un momento dado de este tanque se puede suministrar gas L.  
 P. al piloto de las otras dos calderas.

$$V = \frac{424 \text{ Ft}^3}{\text{hr.}} \times 24 \text{ hrs.} = 10176 \text{ Ft}^3 \text{ (Volumen de gas)}$$

$$\rho_{\text{gas.}} = 0.44 \text{ Lb/Ft}^3 \text{ a cond. op. } \quad \rho_{\text{liq.}} = 29.52 \text{ Lb/Ft}^3$$

$$W_{\text{gas.}} = 10176 \text{ Ft}^3 \times 0.44 \frac{\text{Lb}}{\text{Ft}^3} = 4477 \text{ Lb}$$

$$V = 4477 \text{ Lb} \times \frac{\text{Ft}^3}{29.52 \text{ Lb}} = 152 \text{ Ft}^3 \text{ (Volumen de líquido)}$$

Se considera que el líquido del gas ocupa el 85 % del  
 volumen del tanque, por lo que este será:

$$\begin{array}{r} 152 \text{ Ft}^3 \quad \text{-----} \quad 85 \% \text{ del volumen} \\ \text{Ft}^3 \quad \text{-----} \quad 100 \% \text{ del volumen} \\ \hline 179 \text{ Ft}^3 \end{array}$$

Usando una L/D de 4

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

$$D = \left( \frac{V}{\pi} \right)^{1/3} = \left( \frac{179 \text{ Ft}^3}{\pi} \right)^{1/3} = 3.85 \text{ Ft}$$

$$L = 4V/\pi D^2 = 4(179)/\pi(3.85)^2 = 15.4 \text{ Ft}$$

Estas dimensiones son ajustadas a los tamaños comercia

les por el fabricante del equipo.

Cambiadores de calor.

Estas memorias de cálculo se efectuaron sólo termodinámicamente para encontrar los datos necesarios para especificar y cotizar el equipo.

El diseño mecánico se deja a cargo del fabricante.

Calentador de succión en tanque de almacenamiento de combustoleo (CC-05).

$$W \text{ combustoleo dis.} = 115 \frac{\text{Gal}}{\text{min.}} \times \frac{1 \text{ ft}^3}{7.48 \text{ Gal.}} \times \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ hr.}} \times \frac{60.21 \text{ lb}}{1 \text{ ft}^3}$$

$$55,541.31 \text{ lb/hr.}$$

Se calienta de 59 a 122 °F

$$Sg = 0.99 @ 59^\circ\text{F} \quad \rho_{c_1} = 61.75 \text{ lb/ft}^3$$

$$Sg = 0.965 @ 122^\circ\text{F} \quad \rho_{c_2} = 60.21 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 30,000 \text{ C.S.} = 29,699.3 \text{ cp @ } 59^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1,200 \text{ C.S.} = 1,145 \text{ cp @ } 122^\circ\text{F}$$

$$Cp = 0.43 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F @ } \bar{T} = 90^\circ\text{F}$$

Se usará vapor saturado de 35 PSIG y  $T = 280 \text{ F}$

$$\lambda_{\text{vapor}} = 924.0 \text{ BTU/lb.}$$

$$Q = W Cp T$$

$$55,541.31 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 0.443 \frac{\text{BTU}}{\text{lb. F}} \times (122-59) \text{ F}$$

$$1'550,102.4 \text{ BTU/hrs.}$$

$$W_{\text{vapor}} = \frac{Q}{\lambda} = \frac{1'550,102.4 \text{ BTU/hr.}}{924.0 \text{ BTU/lb}} = 1,678 \text{ lb/hr}$$

Es el flujo de vapor empleado en ambos casos de la operación de la caldera. Caso I = 526 PSIG y caso II = 910 PSIG.

Calentador de succión en tanque de día de combustoleo (CC-08).

Flujo másico = 15,478.0 Lb/Hr - - - Dato de fabricante de caldera

$$\text{Flujo Vol. } 15,478.0 \frac{\text{Lb}}{\text{Hr}} \times \frac{\text{Ft}^3}{60.21 \text{ Lb}} \times \frac{7.48 \text{ Gal}}{1 \text{ Ft}^3} \times \frac{1 \text{ Hr}}{60 \text{ min}} = 32.0 \text{ G.P.M}$$

Se calienta de 59 - 122 °F

$$S_g = 0.99 @ 59^\circ\text{F} \quad \rho_{c_1} = 61.75 \text{ lb/ft}^3$$

$$S_g = 0.965 @ 122^\circ\text{F} \quad \rho_{c_2} = 60.21 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 30,000 \text{ c.s.} = 29,699 \text{ c.p.} @ 59^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1,200 \text{ c.s.} = 1,145 \text{ c.p.} @ 122^\circ\text{F}$$

$$C_p = 0.43 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F} @ \bar{T} = 90^\circ\text{F}$$

Se usa vapor saturado de 35 PSIG y T = 280 °F

$$\lambda_{\text{vapor}} = 924.0 \text{ BTU/lb}$$

$$Q = W C_p \Delta T$$

$$Q = 15,478 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{0.444 \text{ BTU}}{\text{lb.}^\circ\text{F}} \times (122-59)^\circ\text{F} = 432,951 \text{ BTU/hr.}$$

$$W_{\text{vapor}} = \frac{Q}{\lambda} = \frac{432,951 \text{ BTU/hr}}{924.0 \text{ BTU/lb}} = 469 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \quad \begin{array}{l} \text{Caso II} \\ 910 \text{ PSIG} \end{array}$$

Para el caso I 13,585 Lb/Hr - - - Dato de fabricante de caldera

$$Q = 13,585 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{0.444 \text{ BTU}}{\text{lb.}^\circ\text{F}} \times (122-59)^\circ\text{F} = 380,000 \text{ BTU/hr}$$

$$W_{\text{vapor}} = \frac{Q}{\lambda} = \frac{380,000 \text{ BTU/hr}}{924.0 \text{ BTU/lb}} = 412.0 \text{ Lb/Hr} \quad \begin{array}{l} \text{Caso I} \\ 526 \text{ PSIG} \end{array}$$

Calentador final de combustoleo (CC-06).

Caso II (910 PSIG)

combustoleo = 15,478 Lb/Hr

Se calienta de 122 - 215 °F - - - Dato de fabricante de caldera

$$S_g = 0.965 \quad \rho_{c_1} = 60.21 \text{ lb/ft}^3 @ 122^\circ\text{F}$$

$$S_g = 0.935 \quad \rho_{c_2} = 58.3 \text{ lb/ft}^3 @ 215^\circ\text{F}$$

$$\mu = 1,145 \text{ cp} @ 122^\circ\text{F}$$

$$\mu = 61.86 \text{ cp} @ 215^\circ\text{F}$$

$$C_p = 0.475 \frac{\text{BTU}}{\text{lb.}^\circ\text{F}} @ \bar{T} = 168^\circ\text{F}$$

Se usa vapor saturado de 35 PSIG y 280 °F

$$\lambda = 924.0 \text{ BTU/lb}$$

$$Q = Wcp\Delta T$$

$$Q = 15,478 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 0.475 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}} \times (215-122) ^\circ\text{F} = 683,741 \text{ BTU/Hr}$$

$$\frac{Q}{\lambda} = W_{\text{vapor}} = \frac{683,741 \text{ BTU/hr}}{924.0 \text{ BTU/lb}} = 740 \text{ lb/hr}$$

Caso I (526 PSIG)

$$W_{\text{comb.}} = 13,585 \text{ Lb/Hr}$$

$$Q = 13,585 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 0.475 \frac{\text{BTU}}{\text{lb} \cdot ^\circ\text{F}} \times (215-122) ^\circ\text{F} = 600,117 \text{ BTU/hr}$$

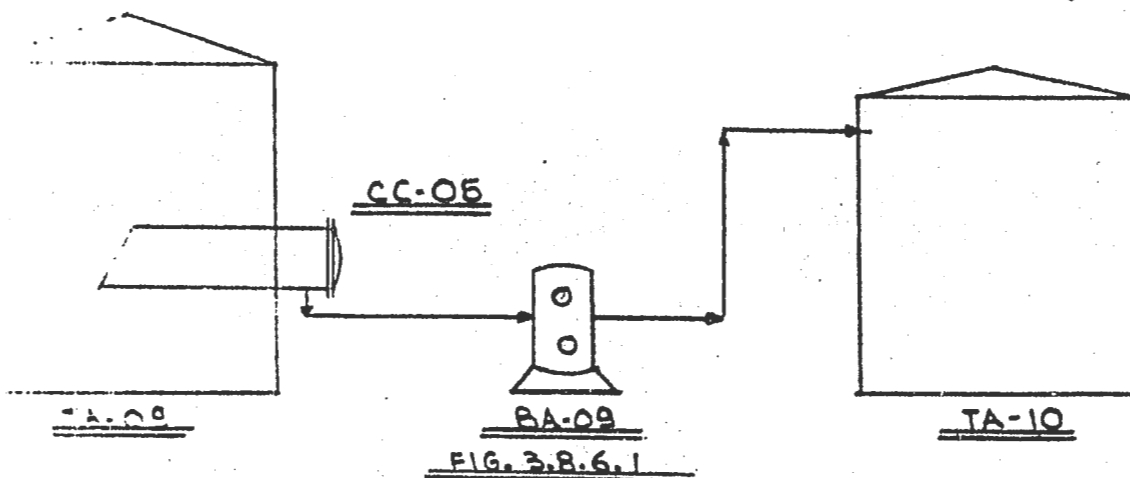
$$W_{\text{vap.}} = \frac{Q}{\lambda} = \frac{600,117 \text{ BTU/hr}}{924.0 \text{ BTU/lb}} = 649.0 \text{ lb/hr}$$



**BOMBAS:**

(BA - 09 y BA - 09R)

BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTOLEO A TANQUE DE DIA.

**DATOS:**

Tipo de bomba: Rotatoria.

Líquido de bombeado: Combustoleo.

Flujos op. 104 G.P.M. Dis. 115 G.P.M.

Temperatura de bombeo: 122 F.

Gravedad específicas: 0.965.

Densidad: 60.21 Lb/ft<sup>3</sup>.

Viscosidad: 1145 c.p.

Presión de vapor: 0 PSIA.

**Succión**

Ø	V (pps)	P (PSI/100 pies)	Ø Seleccionado
3"	5.0	45.0	6" CEDULA 40
4"	2.8	15.0	Fig. 4
6"	1.5	3.3	Líquidos en -- flujo laminar.

- Altura mínima del nivel de líquido a la boquilla de succión  
 $Z_1 = 3.28$  pies
- Longitud de tubería recta del tanque a la succión 53.28 pies.
- Calentador de succión  $\Delta P_{max.} = 5$  PSI
- Filtro tipo canasta  $\Delta P_{max.} = 2$  PSI

Accesorios	L/D	Le (pies)
1 Te 90°	(60 x 6/12)	30
1 codo 45°	(16 x 6/12) 1	8
2 codos 90	(30 x 6/12) 2	30
1 Te 180	(20 x 6/12) 1	10
2 valv. compuerta	(13 x 6/12) 2	13
Long. tub. recta	.....	<u>53.28</u>
$L_T$	.....	144.3

$$hf_s = 144.3 \text{ pies} \times \frac{3.3 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} = 4.8 \text{ PSI} = 11.5 \text{ pies}$$

$$\Delta P \text{ Calent. succión} = 5 \text{ PSI} = 5 \times \frac{2.31}{0.965} = 12 \text{ pies}$$

$$\Delta P \text{ Filtro canasta} = 2 \text{ PSI} = 2 \times \frac{2.31}{0.965} = 4.8 \text{ pies}$$

$$\Sigma \Delta P_s = hf_s + P \text{ c.s.} + \Delta P \text{ F.C.}$$

$$\Sigma \Delta P_s = 11.5 + 12 + 4.8 = 28.3 \text{ pies}$$

$$H_s = Z_1 - \Sigma \Delta P_s = 3.28 - 28.3 = -25 \text{ pies}$$

$$NPSH = Z_1 + \frac{(P_s - p^\circ) 2.31}{S_g} - \Sigma \Delta P_s$$

$$Z_1 = 3.28 \text{ pies}$$

$$P_s = 14.7 \text{ PSIA}$$

$$S_g = 0.965$$

$$p^\circ = 0 \text{ PSIA}$$

$$\Sigma \Delta P_s = 28.3 \text{ pies}$$

$$NPSH = + 3.28 \text{ pies} + \frac{(14.7 - 0) 2.31}{0.965} - 28.3 = 10.2 \text{ pies}$$

## DESCARGA:

Diámetro seleccionado 6" con  $V = 2.8$  pps  $\Delta P = \frac{3.3 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}}$

\_ Altura de descarga 15.3 pies (altura del tanque)  $Z_2$

\_ Longitud de tubería recta 21.1 m = 69.2 pies

Accesorios	L/D	Le (pies)
8 codos 90°	(30 x 0.5) 8	120
1 Te 180°	(20 x 0.5) 1	10
2 valv. compuerta	(13 x 0.5) 2	13
1 Te 90°	(60 x 0.5) 1	30
1 valv. check	(135 x 0.5) 1	67
Tubería recta	.....	<u>60</u>
$L_T$	.....	300

$$H_{f_D} = 300 \text{ pies} \times \frac{3.3 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} = 9.9 \text{ PSI} = 24.0 \text{ pies.}$$

La cabeza de descarga:

$$H_D = Z_2 + h_{f_D} = 15.3 + 24.0 = 39.3 \text{ pies.}$$

$$P_D = 16.4 \text{ PSIG}$$

$$\Delta H = H_D - H_S = 39.3 - (-25.0) = 64.3 \text{ pies} = 26.86 \text{ PSI}$$

$$H_{Ph} = \frac{115 \text{ G.P.M.} \times 64.3 \times 0.965}{3960} = 1.8$$

De curva 110-53 De Viking Pumps, anexa, tenemos

$$BHP = 5.7$$

$$\eta = \frac{H_{Ph}}{BHP} = \frac{1.8}{5.7} = 0.32$$

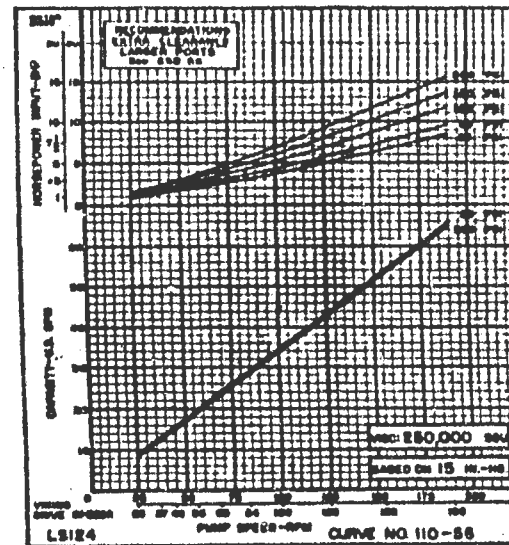
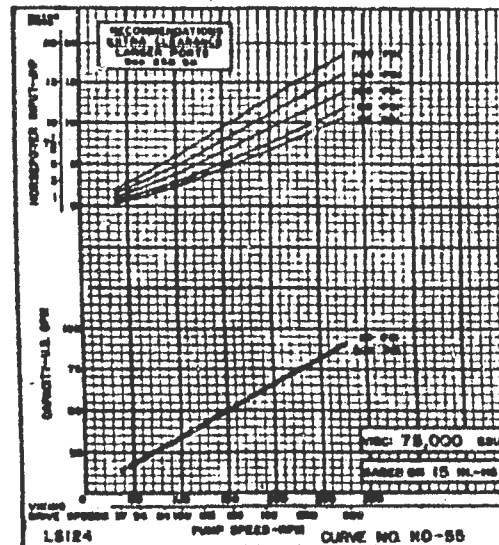
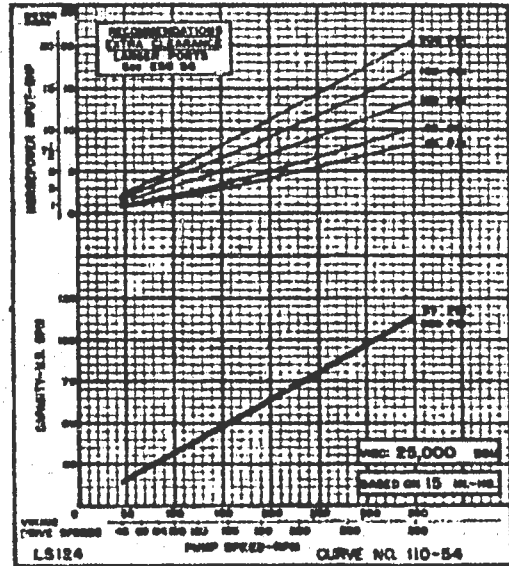
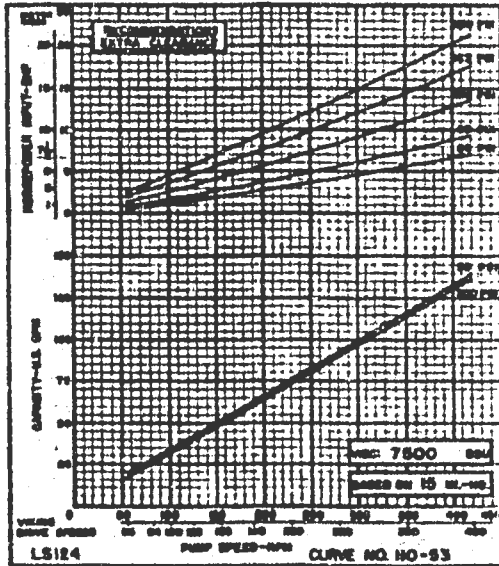
$$\eta = 32.0 \%$$

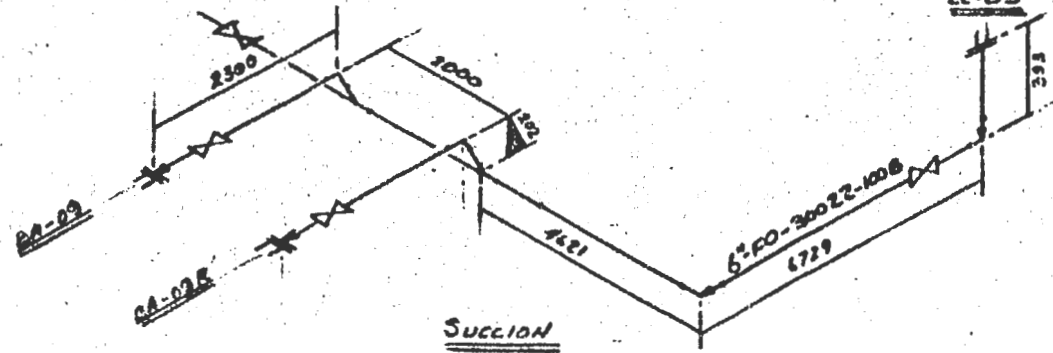
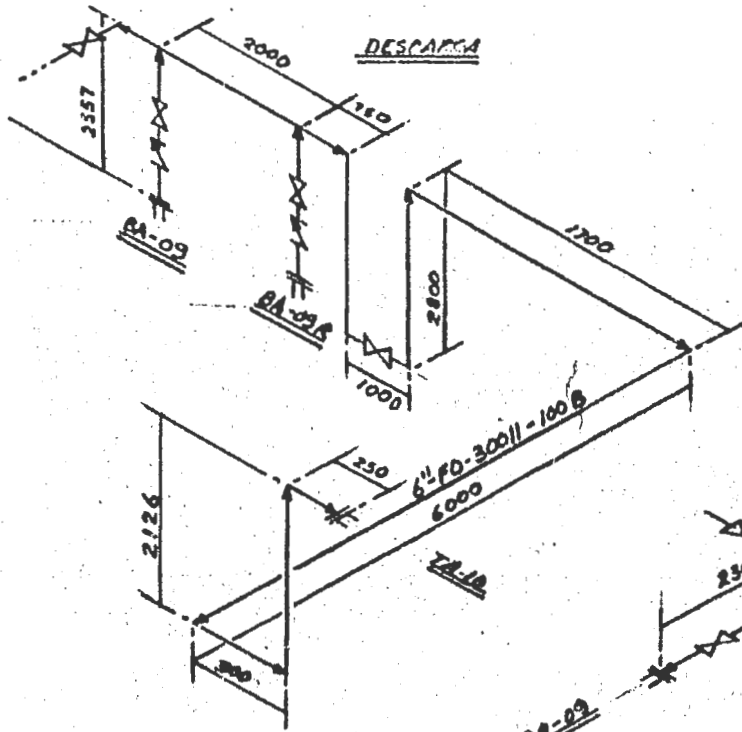
SECTION 110  
PAGE 110.28  
ISSUE D

VIKING HEAVY-DUTY PUMPS  
124 AND 4124 SERIES — "LS" SIZE

PERFORMANCE DATA

Mechanical Efficiency in % — (Differential Pressure, PSI) (Capacity, GPM) (100)  
(Horsepower, BHP) (1715)





ALTURAS EN MM

(BA - 10 y BA - 10R)

## BOMBA DE ALIMENTACION DE COMBUSTOLEO A LA CALDERA.

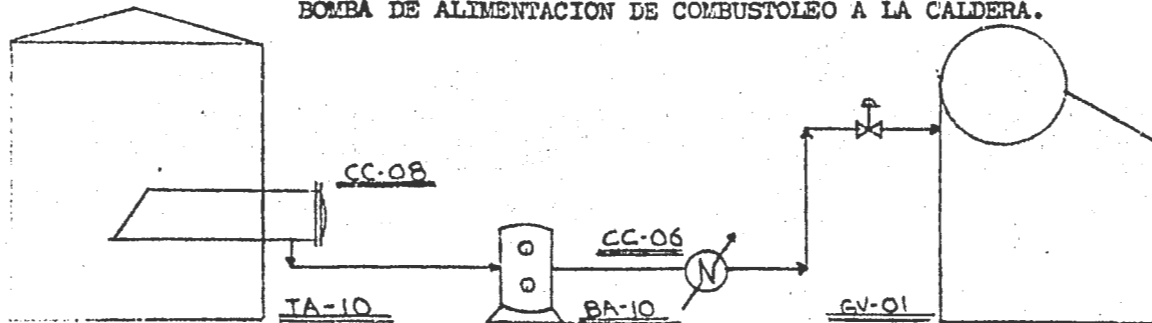


FIG. 3.8.6.2.

## DATOS:

Tipo de bombas: Rotatoria.

Líquido bombeado: Combustóleo.

Flujo de dis.: 32 GPM.

Temperatura de bombeo: 122°F.

Gravedad específicas: 0.965.

Densidad: 60.21 Lb/ft<sup>3</sup>.

Viscosidad: 1145 C.p.

Presión de vapor: 0 PSIA.

Succión:	Tramo CC-08 - BA - 10R		
Ø	V (pps)	P (PSI/100 pies)	Ø Seleccionado
3"	1.5	14.0	4" CED. 40
4"	0.9	6.5	Fig. 4
6"	0.4	1.1	Líquidos en flujo lami- nar.

\_Altura mínima del nivel del líquido a la boquilla de succión  
Z1 2.5 pies.

\_Longitud de tubería recta del tanque a la succión 17.4 pies

\_Calentador de succión con Pmax. 5 PSI

\_Filtro tipo canasta con Pmax. 2 PSI

Accesorios	L/D	Le (pies)
2 codos 90	(30 x 4/12) 2	20.0
1 Te 90	(60 x 4/12) 1	20.0
1 valv. compuerta	(13 x 4/12) 2	8.66
1 Te 180	(20 x 4/12)	6.66
Tub. recta	.....	<u>17.4</u>
L <sub>T</sub>	.....	72.72
h <sub>f<sub>s</sub></sub>	72.72 pies x $\frac{6.5 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} = 4.72 \text{ PSI} = 11.3 \text{ pies}$	

$$P_{c.s.} = 5 \text{ PSI} \times \frac{2.31}{0.965} = 11.96 \text{ pies} = 12 \text{ pies}$$

$$P_{f.c.} = 2 \text{ PSI} = 4.8 \text{ pies}$$

$$P = 11.3 - 12.0 - 4.8 = 28 \text{ pies}$$

$$H_s = 2.5 - 28 = -25.5 \text{ pies}$$

$$P_s = -10.7 \text{ PSIG}$$

$$NPSH = -2.5 - \frac{(14.7-0) 2.31}{0.965} - 25.5 = 12.2 \text{ pies}$$

DESCARGA: Tramo BA-10R - CC-06

$$T = 122^\circ \text{F} \quad S_g = 0.965$$

$$\rho = 60.21 \text{ Lb/Ft}^3 \quad \mu = 1145 \text{ Cp.}$$

Ø	V (pps)	P (PSI/100 pies)	Ø Seleccionado
2"	---	70.0	3"
3"	1.5	14.0	
4"	0.9	6.5	

\_Longitud de tubería recta 19.76 pies.

Accesorios	L/D	Le (pies)
3 codos 90	(30 x 3/12) 3	22.5
1 Te 180	(20 x 3/12) 1	5.0
1 valv. compuerta	(13 x 3/12) 1	3.25
1 valv. Check	(135 x 3/12) 1	33.75
Tub. recta	.....	<u>19.76</u>
Lt	.....	84.26 pies

$$h_{FD1} = 84.26 \text{ pies} \times \frac{14 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} = 11.8 \text{ PSI} = 28.25 \text{ pies}$$

Tramo CC-06 - GV-01

$$T = 215^{\circ}\text{F}$$

$$Sg = 0.935$$

$$\rho = 58.3 \text{ Lb/ft}^3$$

$$\mu = 61.86 \text{ cp}$$

$\emptyset$	V (pps)	P (PSI/100 pies)	$\emptyset$ Seleccionado
1"	5.7	9.0	2"
2"	2.4	3.3	
3"	1.5	0.7	

\_Altura de descarga a la caldera sobre la boquilla de la bomba

$$Z_2 = 18 \text{ pies.}$$

\_Longitud de tubería recta 172 pies.

\_Presión requerida por el fabricante de caldera antes de la válvula de control Pc. 259.5 PSIG.

\_Calentador de combustóleo con Pmax. 10 PSI

Accesorios	L/D	Le (pies)
2 Te 180	(60 x 2/12)	10
7 codos 90	(30 x 2/12) 7	35
3 valv. compuerta	(13 x 2/12) 3	6.5
Tub. recta	.....	172



$$L_t \dots\dots\dots 223.5$$

$$hf_{D2} = 223.5 \text{ pies} \times \frac{3.3 \text{ PSI}}{100 \text{ pies}} = 7.4 \text{ PSI} = 18.3 \text{ pies}$$

$$P_{c.c.} = 10 \text{ PSI} \times \frac{2.31}{0.935} = 24.7 \text{ pies} = hf_{D3}$$

$$P_c = 259.5 \text{ PSIG} = 621.25 \text{ pies}$$

La cabeza de descarga será:

$$P_o = H_D - hf_{D1} - hf_{D2} - hf_{D3} - P_c$$

$$H_D = 28.25 - 18.3 - 24.7 - 621.25 = 692.5 \text{ pies}$$

$$P_D = 289.3 \text{ PSIG}$$

$$H_p = 692.5 - (-25.5) = 718 \quad P_T = 300.0 \text{ PSI}$$

$$H_{ph} = \frac{32 \times 718 \times 0.965}{3960} = 5.6$$

De la curva No. 2066-8 de Worthington, anexa, tenemos

$$EHP = 9$$

$$\frac{H_{ph}}{EHP} = \frac{5.6}{9} = 0.622$$

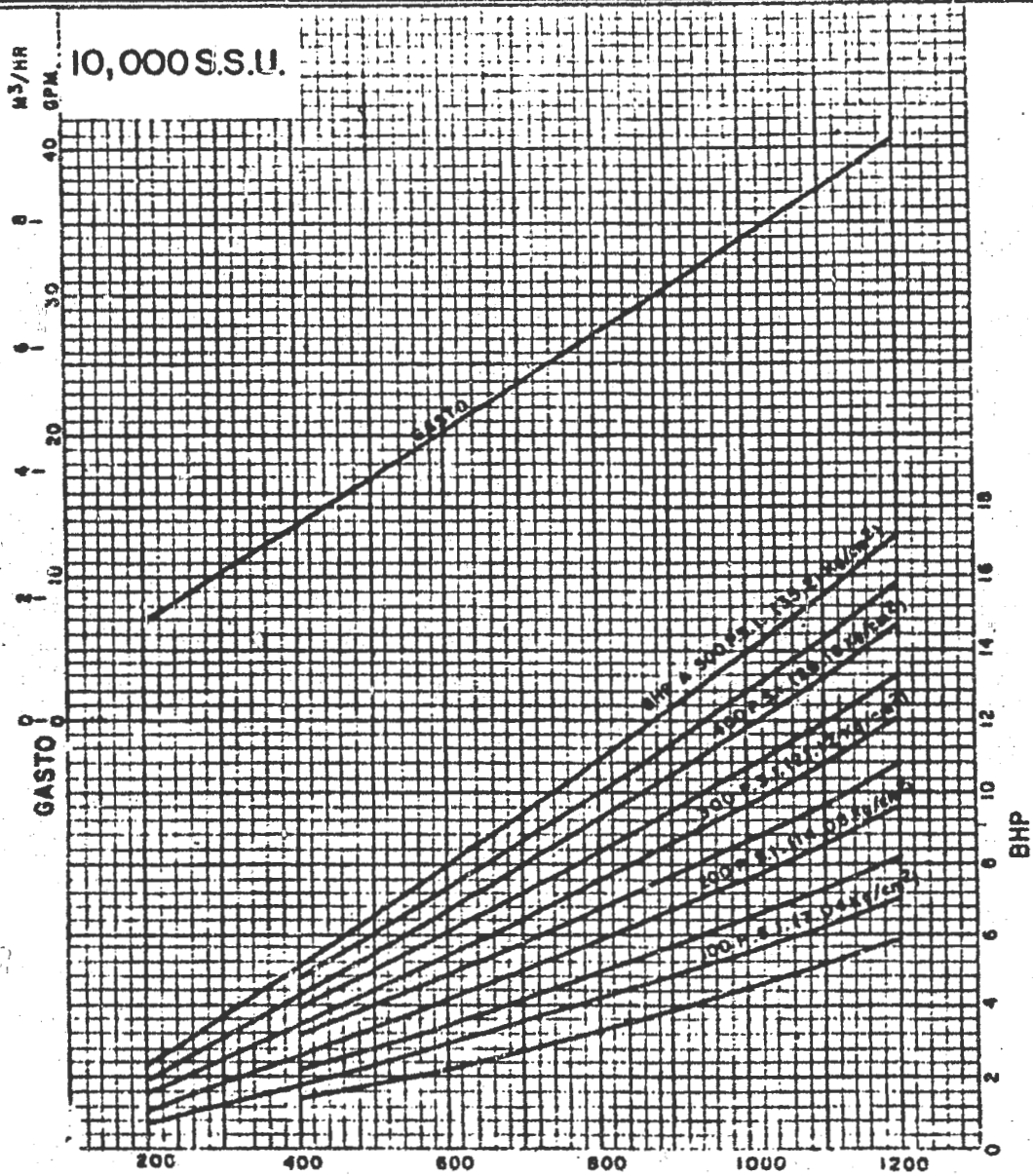
$$\eta = 55\%$$

Substituye a:  
NUEVA

**BOMBAS DE ENGRANES  
TIPO GR**

2086-8 Pag. 9  
Marzo 1978

1-1/2 GR



**RPM**

CONDICIONES DE SERVICIO

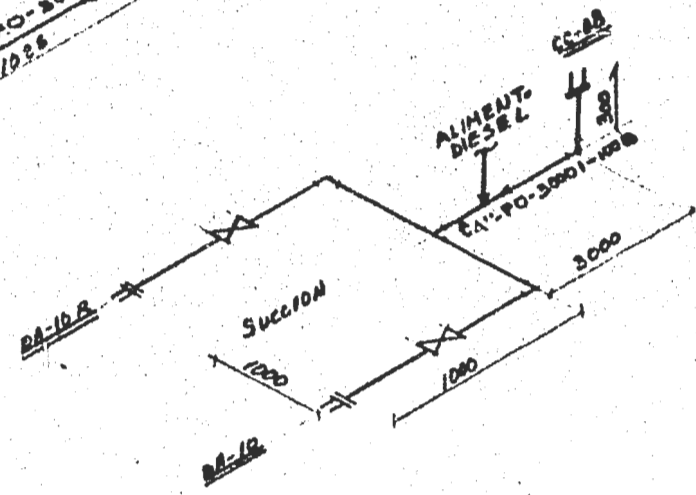
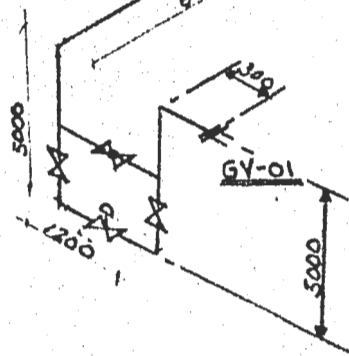
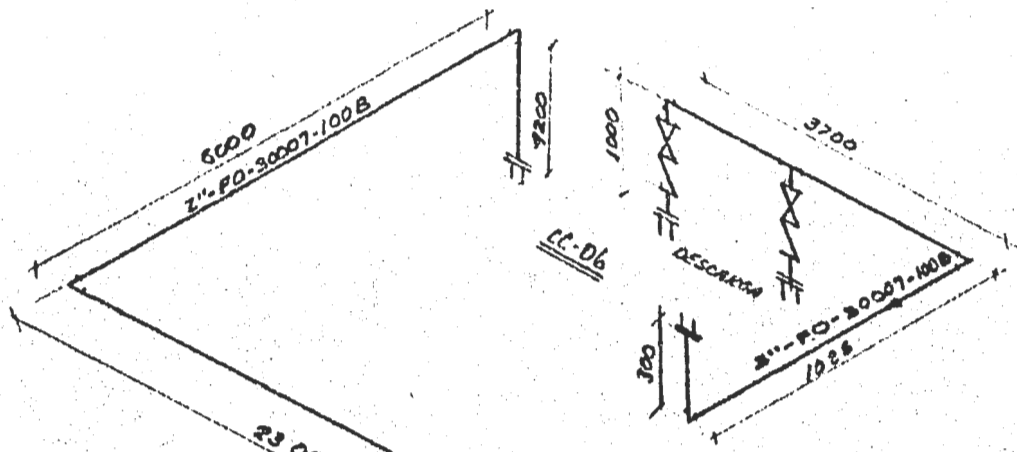
CLIENTE: \_\_\_\_\_ FLUIDO: \_\_\_\_\_ TEMP: \_\_\_\_\_ DIF: \_\_\_\_\_

SERVICIO: \_\_\_\_\_ G.E.: \_\_\_\_\_ P<sub>DIF</sub>: \_\_\_\_\_ P<sub>SUCC</sub>: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ VISC: \_\_\_\_\_ GASTO: \_\_\_\_\_ P<sub>DESC</sub>: \_\_\_\_\_

WORTHINGTON DE MEXICO, S. A.

WORTHINGTON



ACOTACION EN MM



### 3.8.6 HOJAS DE DATOS

A continuación se muestran las hojas de datos de los equipos que integran el sistema de manejo de combustibles.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO: P. D. T.

CHEGO: E. N. E.

APROBO: E. N. E.

FECHA: 20-X-80

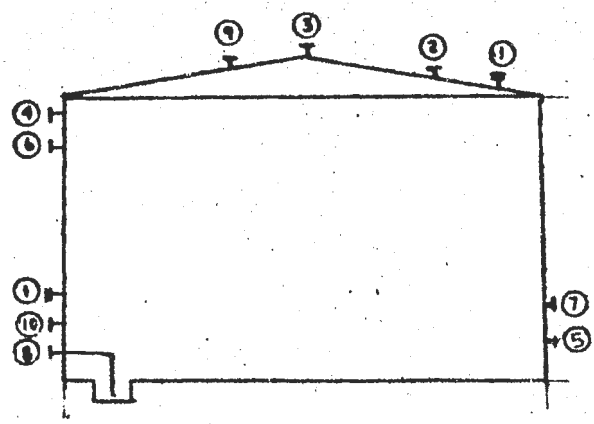
HOJA DE DATOS PARA TANQUES ATMOSFERICOS

DP-1400

C.P. JA-10	CANTIDAD UNO	SERVICIO ALMO. COMBUSTIBLES	UNIDAD COMBUSTIBLES
LUGAR AERODROMO VERACRUZ	FABRICANTE		

DATOS DE PROCESO		DATOS DE DISEÑO MECANICO	
CAPACIDAD GAL. 29,796	OPERACION 29,067 GAL.	CODIGOS API-650 MINIMA EDICION	
PRODUCTO COMBUSTIBLE	DENSIDAD 4.7 LB/FT <sup>3</sup>	RADIOGRAFIA POR PUNTO	EFICIENCIA DE JUNTAS 85%
PRES. OP. CUERPO ATM.	PSIG. CHAQUETA -	PSIG. PRUEBA HIDROSTATICA: CUERPO LLENDO DE AGUA	
TEMP. OP. CUERPO 122		CHAQUETA -	
CONSTRUCCION		PRES. DIS. CUERPO	
TIPO CILINDRICO VERTICAL		DIS. CUERPO	DIS. CHAQUETA
DIAMETRO 15' 9"	FT-IN LONG. 17' FT-IN.	TEMP. DIS. CUERPO 167	TEMP. DIS. CHAQUETA -
TIPO DE TAPAS SUPERIOR CONICA	INFERIOR PLANA	CORROSION PERMISIBLE INT. NOTA 2	CORROSION PERMISIBLE EXT. -
ESPESORES (IN.) CUERPO 4	TAPAS 4	FABRICACION SOLDADA SI	OTRAS -
SOPORTES -		CARGA DE VIENTO -	COEF. SIMICO -
MATERIALES		RECUBRIMIENTO	
CUERPO SA-283-C	CHAQUETA -	RECUBRIMIENTO EPOLICO	
TAPAS SA-283-C	TAPAS CHAQUETA -	AISLAMIENTO -	SOPORTES DE APL. -
TAPAS INTERNAS SA-283-C	PARTES EXTERNAS SA-283-C	OBSERVACIONES	
TUBERIA INTERIOR -	CUELLO DE BOCUILLAS SA-106-B	(1) ESCALERA INTERNA VERTICAL Y ESCALERA TIPO MARINA EXTERNA INCLINADA PLATA.	
EMPAQUES -	BRIDAS SA-181-1	FORMA DE OPERACION.	
ESCALERA SA-36 (1)	ANILLO DE REFZO -	* INFORMACION PROPORCIONADA POR EL FAB.	
SOPORTE SA-36, SA-106-B	ORNILLOS/TUERCAS SA-193-B7 SA-194-B7	NOTA 2: TAPA 1/8", FONDO 3/16	

CROQUIS



IDENT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NO.	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAV	24"	3"	4"	6"	20"	6"	34"	3"	6"	3"	20"
TUBO	API	W.N.	W.N.	W.N.	W.N.	W.N.	CAPE	W.N.	W.N.	STUD. 248	
CLAS Y USA	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.	150# R.F.
SEMA	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO	REGISTRO
SEMA	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO

REVISIONES

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN (U.N.A.M.)		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 2	
PREPARO: P.D.T.		CHECO: E.N.E.		APROBO: E.N.E.	
				FECHA: NOV. 80	
HOJA DE DATOS PARA RECIPIENTES A PRESION					DP-1401
E.P. TA-13		CANTIDAD UNO		UNIDAD MANEJO COMBUSTIBLES SERVICIO SEPARADOR DE GAS NATURAL	
LUGAR PATRIARCA MEXICALCOZ		FABRICANTE			
DATOS DE DISEÑO Y FABRICACION			DIMENSIONES APROXIMADAS		
CONSTRUCCION DE ACUERDO CON LA ULTIMA EDICION DE EL CODIGO ASME Y ADENDUMS SEC. VIII DIV. 1			ALTURA TOTAL VER CADENAS FALDON - (PIES-PULO)		
OTROS CODIGOS - SIMBOLO DE CONSO -			DIAMETRO INTERNO 2'-6" (PIES SUP/INF)		
PRESION DE DISEÑO 71 PSIA A 199 F			PRODUCTO GAS NATURAL LETA 51		
PRESION DE OPERACION 36 PSIA 99 F			DENSIDAD DEL PRODUCTO 0.045 LB/FL <sup>3</sup>		
RELEVO DE ESFUERZOS RADIONAFIA POR PUNTOS			VOLUMEN TOTAL 41 (PIES CU)		
E.P. DE LA JUNTA-CUERPO 85% TAPAS 85%			ESPESOR CUERPO 1/4" TAPAS 1/4" (PULG)		
PRUEBA HIDROST. (PSI) TALLER PRUEBA NEUM.			ALTURA DE EMPAQUE - (PIES) NO DE PLATOS -		
CANPO - FONDO - BONO -			NIVEL DE OPERACION VER CADENAS (PULG) DESDE		
CORR. PERM. (PULG) TAPAS YA" CUERPO YA"			NIVEL MINIMO DE OP. DESDE LA BASE VER CADENAS (PULG MIN)		
INTERNO VER NOTA 4 PLATOS -			MATERIALES (ASTM I)		
CARGA POR VIENTO - LB/PIE <sup>2</sup> EN SUP. COLUMBRICA -			EXTERNOS INTERNOS		
DIAMETRO AJUSTADO POR CARGA DE VIENTO -			CUERPO A-285-C		
COEFICIENTE SIMICO -			TAPAS A-285-C		
PROY. BOQUILLAS SECUN. DIAM. TOLERANCIA -			PLACAS -		
ANILLOS, FALDON Y BASE SALETAS - PATAS A-36			PERFILES -		
BISAGRAS PESANTES - REMEDIOS PARA RES. HOMBRE			TUBERIA -		
ANILLOS DE AISLAMIENTO			BRIDAS A-181-1		
ESCALERA PIES - PROTECCION PIES -			BASE A-36		
PLATAFORMAS			TORNILLOS A-193-07		
PESCANTE SUPERIOR AUX. PARA PINTURA -			TUERCAS A-199-24		
SOPORTES REG. PARA TUBERIA GNAS REG PARA TUB -			RODANAS -		
PINTURA PRIMARIO ANTI-CORROSION			EMPAQUES ASACRO COMP.		
PREP. SUPERFICIE PARA PINTURA LINDRO DE AGENA			CACHUCHAS O PLAT. DE ORE VAR -		
PLATOS NO. Y TIPO -			ELEVADORES O EMPAQUE -		
TIPO DE INSTALACION -			PLATOS O SOP. DE EMPAQUE -		
BUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -			ESCALERA YARRAS DE TUB. -		
ANILL. SOP. PLATOS TAMAÑO - TIPO DE INSTALACION -			MALLA DE ALAMBRE -		
BUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -			MALLA TEJID: -		
BAJANTES, TIPO DE INST. - BARRAS APROCHADAS TAMAÑO -			SOPORTES A-36		
BUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -					
VERTEDEROS: TIPO DE INST. -					
BUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -					
ELIMINADORES DE ANASTRE: TIPO -					
BUMINISTRADO POR - INSTALADO POR -					
PESO APROXIMADO EN LB.			COMENTARIOS U OTROS DATOS DE DISEÑO		
EN INTERNOS 1938 INTERNOS 1991			⊙ A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA COSA		
OPERACION - LLENO DE AGUA 7486					
PRUEBA HIDROSTATICA SI EMBARQUE -					
REVISIONES					
A PARA APROBACION			FECHA 25-11-80 CHECO E.N.E. APROBO E.N.E.		







FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUANTITLAN (U.N.A.M.)		PROYECTO: <u>TESIS PROFESIONAL</u>		HOJA 1 DE 2	
PREPARO: <u>P.D.T.</u>		CHECO: <u>E.N.E.</u>		APROBO: <u>E.N.E.</u>	
				FECHA: <u>OCT-80</u>	
HOJA DE DATOS PARA RECIPIENTES A PRESION					DP-1401
E.P. <u>TA-1A</u>		CANTIDAD <u>UNO</u>		UNIDAD MANEJO DE COMBUSTIBLE-SERVICIO ALMACENAMIENTO DE GAS L.A.	
LUGAR <u>PASADIZO VERACRUZ</u>		FABRICANTE			
DATOS DE DISEÑO Y FABRICACION			DIMENSIONES APROXIMADAS		
CONSTRUCCION DE ACUERDO CON LA ULTIMA EDICION DE EL CODIGO ASME Y ADENDUMS <u>SECTION VIII DIV 1</u>			ALTURA TOTAL <u>23</u> (CALZAS FALDON) (PIES-FULG)		
OTROS CODIGOS <u>S.R. GEN. 1004</u> SIMBOLO DE COMISO. <u>D.G.N.</u>			DIAMETRO INTERNO <u>VER CALZAS</u> (PULG. INT./MM)		
PRESION DE DISEÑO <u>200</u> PSIA <u>100</u> °F			PRODUCTO <u>GAS L.P.</u> LETA <u>51</u>		
PRESION DE OPERACION <u>32</u> PSIA <u>68</u> °F			DENSIDAD DEL PRODUCTO <u>29.5 LB/PI³</u> COMO <u>L.G.</u>		
RELEVO DE ESFUERZO RADIOGRAFIA <u>POR PUNTS</u>			VOLUMEN TOTAL <u>218</u> (PIES CU)		
EF. DE LA JUNTA - CROPO <u>11</u> TAPAS <u>11</u>			ESPESOR CUERPO <u>0.256</u> TAPAS <u>0.244</u> (PULG)		
PRUEBA HIDROST. PRES. TALLER <u>11</u> PRUEBA NEUM. <u>11</u>			ALTURA DE EMPAQUE <u>0</u> (PIES) NO. DE PLATOS <u>-</u>		
CAMPO <u>-</u> FONDO <u>-</u> DOMO <u>-</u>			NIVEL DE OPERACION <u>11</u> (PULG) DESDE <u>11</u>		
CORR. PERM. (PULG) TAPAS <u>11</u> CUERPO <u>11</u>			NIVEL MINIMO DE OP DESDE LA BASE <u>11</u> (PULG. MIN)		
INTERNO <u>11</u> PLATOS <u>11</u>			MATERIALES (ASTM I)		
CARGA POR VIENTO <u>11</u> LB/PI² EN SUR CALMORICA <u>11</u>			EXTERNOS      INTERNOS		
DIAMETRO AJUSTADO POR CARGA DE VIENTO <u>11</u>			CUERPO <u>(1)</u>		
COEFICIENTE USIMICO <u>11</u>			TAPAS		
PROY. BOQUILLAS <u>11</u> TOLERANCIA <u>11</u>			PLACAS		
ANILLOS, FALDON Y BASE <u>11</u> BILETAS <u>11</u> PATAS <u>11</u>			PERFILES		
BISAGRAS <u>11</u> PESCAENTES <u>11</u> REQUERIDOS PARA RES HOMBRE			TUBERIA		
ANILLOS DE AMBLAMIENTO <u>11</u>			BRIDAS		
ESCALERA <u>-</u> PRES <u>-</u> PROTECCION <u>-</u> PIES <u>-</u>			BASE		
PLATAFORMAS <u>-</u>			TORNILLOS		
PESCANTE SUPERIOR <u>-</u> AUX. PARA PINTURA <u>-</u>			TUERCAS		
SOPORTES RES. PARA TUBERIA <u>-</u> BARRAS NEG. PARA TUB <u>-</u>			RODAMAS		
PINTURA <u>11</u>			EMPAQUES		
PREP. SUPERFICIE PARA PINTURA <u>11</u>			CACHUCHAS O PLAT. DE ORN. VAR.		
PLATOS NO. Y TIPO <u>-</u>			ELEVADORES O EMPAQUE		
TIPO DE INSTALACION <u>-</u>			PLATOS O SOP. DE EMPAQUE		
SUMINISTRADO POR <u>-</u> INSTALADO POR <u>-</u>			ESCALERA Y BARRAS DE TUB.		
ANILL. SOP. PLATOS TAMANO <u>-</u> TIPO DE INSTALACION <u>-</u>			MALLA DE ALAMBRE		
SUMINISTRADO POR <u>-</u> INSTALADO POR <u>-</u>			MALLA DE TEBIBA		
BAJANTES: TIPO DE INST. <u>-</u> BARRAS ABROCHADAS TAMANO <u>-</u>			SOPORTES		
SUMINISTRADO POR <u>-</u> INSTALADO POR <u>-</u>					
VERTEDEROS: TIPO DE INST. <u>-</u>					
SUMINISTRADO POR <u>-</u> INSTALADO POR <u>-</u>					
ELIMINADORES DE ARRASTRE: TIPO <u>-</u>					
SUMINISTRADO POR <u>-</u> INSTALADO POR <u>-</u>					
PESO APROXIMADO EN LB.			COMENTARIOS U OTROS DATOS DE DISEÑO		
SN INTERNOS <u>-</u> INTERNOS <u>-</u>			(1) A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA COSA (1) EL FABRICANTE DARA ESTA INFORMACION APEGANDOSE A LA NORMA <u>ASME I-11-1969</u> <u>(RECIPIENTES PARA GAS L.P. TIPO NO PORTATIL</u> <u>TIPO I 2 PARTES 2) DE LA DIRECCION GENE-</u> <u>RAL DE NORMAS (D.G.N.)</u>		
OPERACION <u>-</u> LLENO <u>-</u>					
PRUEBA HIDROSTATICA <u>-</u> EMBARQUE <u>-</u>					
REVISIONES				FECHA	CHECO
A PARA APROBACION				25-10-80	E.N.E.
				E.N.E.	E.N.E.



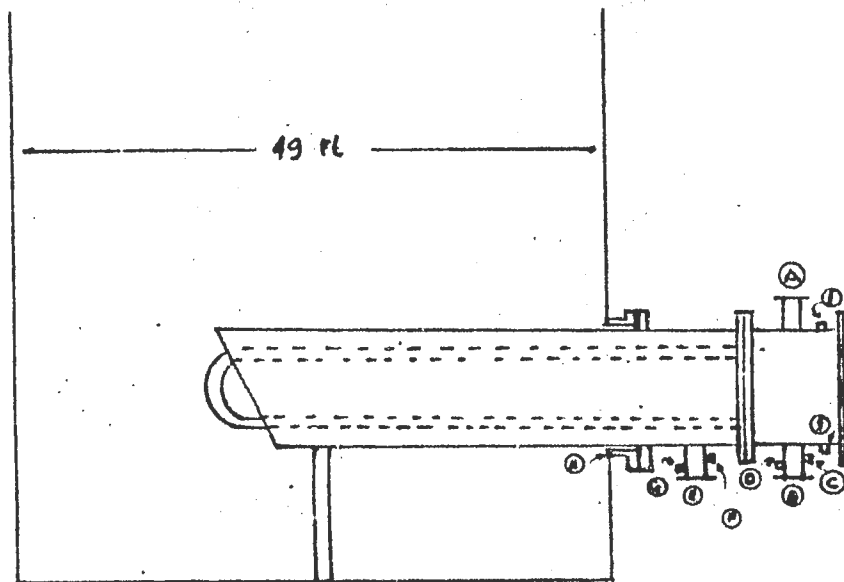
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CHAOUITLAN (U.N.A.M.)		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 2	
PREPARO: P.D.T.		CHECO: E.N.E.		APROBO: E.N.E.	
FECHA: OCT-80					
HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR					DP-1001
E.P. CC-05	CANTIDAD UNO	UNIDAD	MANEJO DE COMBUSTIBLES		
LUGAR	PATARIENTS VERACRUZ		FABRICANTE		
SERVICIO	CALENTADOR DE SUCCION TR. ALMID. DE COMBUSTIBLEO		MODELO		
TAMAÑO	SUPERFICIE/CORAZA		TIPO: CORAZA Y TUBOS	SI	TUBO ALETADO
SUPERFICIE/UNIDAD	CORAZA/UNIDAD	UNA	MONTAJE: VERTICAL	-	HORIZONTAL
CONECTADO EN SERIE	-	PARALELO	CABEZAL FLOTANTE	(X) NO REMOVIBLE:	(X) NO
CONDICIONES DE OPERACION					
% SOBREDISEÑO	10%		ENT. CORAZA	SAL. CORAZA	ENT. TUBOS
FLUIDO CIRCULANTE			COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	AGUA SATURADA
VAPOR (LB/HR)			-	-	-
(MCC/D)			-	-	-
LIQUIDO (LB/HR)			55,541.3	55,541.3	16.78
(GPM)			-	-	-
VAPOR DE AGUA (LB/HR)			-	-	16.78
TOTAL (LB/HR)			55,541.3	55,541.3	16.78
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)			-	-	16.78
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)			-	-	16.78
GRAM. ESP. DEL LIQUIDO BASADA EN H <sub>2</sub> O @ 60°F			0.99 @ 69	0.965 @ 122	- @ -
VISCOSIDAD DEL LIQUIDO (CP)			23,689	1145	-
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES			-	-	-
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB°F)			-	-	0.96
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB°F)			0.41	0.93	-
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)			-	-	924.0
TEMPERATURA (°F)			59	122	280
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)			-	-	-
PRESION DE OPERACION (PSIG)			HIDROSTATICA	MANOMETRICA	27
NO. DE PASOS:	CORAZA	1	TUBOS	2	VELOCIDAD (PES/SEG): CORAZA
CAIDA DE PRES. FRIC. (PSI)	CORAZA	5	TUBOS	10	TUBOS
CAIDA DE PRES. DISEÑO (PSI)	CORAZA		TUBOS		FACTOR DE INCRUST: CORAZA
COEF. DE TRANSF. SERVICIO	LIMPIA		MLT CALC. (°F)		0.005
					TUBOS
					0.001
					CALOR INTERCAMB. (BTU/HR)
					1550162.4
MATERIALES Y CONSTRUCCION					
PRESION DE DISEÑO (PSIG): CORAZA	H10	TUBOS	65	TEMP. DISEÑO (°F)	CORAZA 150
PRESION DE PRUEBA (PSIG): LADO CORAZA	H10	LADO TUBOS	75	PRUEBA MEIN. (PSIG)	LADO CORAZA
CORROSION PERMISIBLE (PLUS): LADO CORAZA	1/16"	LADO TUBOS	1/16"	CODIGOS REQUERIDOS: ASME	(X) NO TENA
TUBOS: NO.	O.D. 3/4"	S.W.G. 14	LONG.	ARREGLO	(X) NO CLASE C
ALETAS: NO.	ALT.	ESP.	SUJETAS. POR	MAT.	A-179
CORAZA: D.I.	D.E.	ESP.	CINTURON DE VAPOR	MAT.	A-106-B
TAPA DE CORAZA: ESPESOR	MAT.	TAPA CABEZAL FLOTANTE: ESPESOR	MAT.		
CABEZAL: ESPESOR	MAT. A-106-B	TAPA CABEZAL: ESPESOR	MAT.		A-285-C
ESPEJOS FIJOS: ESPESOR	MAT. A-285-C	ESPEJO FLOTANTE: ESPESOR	MAT.		
MAMPARAS TRANSV: ARREGLO	TIPO	ESPESOR	MAT.		
MAMPARAS LONG: TIPO	BELLO	ESPESOR	MAT.		
SOPORTES DE TUBOS: ARREGLO	TIPO	ESPESOR	MAT.		
TRANTES: DIAM. EXT.	MAT.	ESPACIADORES	MAT. DEL EMPAQUE		158517 G.
JUNTA DE TUBOS A ESPEJO	% CORTE DE MAMPARAS				
JUNTA DE EXPANSION CORAZA: TIPO	MAT.	PLACA DE CHOQUE: ESPESOR	MAT.		
TAM. DE CONEX. ENT. CORAZA	SALIDA 6"	TPO	W.N.	RANGO 150#	TERMOPOZO (X) NO
ENT. AL CABEZAL	3"	SALIDA 1"	TPO	W.N.	RANGO 150#
VENTEO:	(X) NO	TPO	COPLC	RANGO 3000#	DRENAJE 5/1
					TIPO 100# RANGO 8000#
REVISIONES				FECHA	CHECO
A PARA APROBACION				26-8-80	E.N.E.
					E.N.E.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUANTITLAN. (U.N.A.M.)	PROYECTO: TESIS PROFESIONAL			HOJA 2 DE 2
	REPARO: P.D.T.	CHECO: E.N.E.	APROBO: E.N.E.	FECHA: OCT-80
CC-05	HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR			DP-1001

PESO (LB): CORAZA \_\_\_\_\_ BANCO DE TUBOS \_\_\_\_\_ TOTAL \_\_\_\_\_ LLENO DE AGUA \_\_\_\_\_  
 PINTURA: LIMPIEZA S/D. FABRICANTE PRIMARIO S/D. FAB. PINTURA S/D. FAB.  
 NOTA: INDICAR DESPUES DE CADA PARTE SI SE DESEA REVELADO DE ESFUERZO (R.E) O RADIOGRAFIADO (RAD.)

PROYECCION DE BOQUILLAS <u>6"</u> TOLERANCIA DIM. <u>± 1/16"</u>		TABLA DE BOQUILLAS					
SILLETAS _____	SOPORTES <u>BOLO DE MONTAJE</u>	IDENT.	NO.	DIAM.	CLAS.Y CARA	TIPO	SERVICIO
ESB DE AISLAMIENTO _____	ANILLOS AISLAMIENTO _____	A	1	2"	150# R.F.	W.N.	ENTRADA DE VAPOR
ANILLO DE PRUEBA REQUERIDO: <u>SI</u> <u>NO</u>		B	1	1"	150# R.F.	W.N.	SALIDA DE CONDENSADO
PESO APROXIMADO EN LBS.		C	1	3/4"	3000# CORIE ROSC.		TERMOPAR
		D	1	3/4"	3000# CORIE ROSC.		MANOMETRO LONG.
EMBAQUE _____	INSTALADO _____	E	1	6"	150# R.F.	W.N.	SALIDA DE CONDENSADO
OPERACION _____	PRUEBA HIDRO. _____	F	1	3/4"	3000# CORIE ROSC.		TERMOPAR
TODAS LAS MIRILLAS, CONTROLES DE NIVEL, ALARMAS, ETC. QUE TENGAN DOS CONEXIONES DEBERAN INSTALARSE CON PLANTILLA (NG)		G	1	3/4"	3000# CORIE ROSC.		MANOMETRO LONG.
OBSERVACIONES: <u>TODA LA INFORMACION FALTANTE ES COMPLETADA TODA POR EL PROVEEDOR DEL EQUIPO.</u>		H	1				SERVA DE MONTAJE.
		I	1	3/4"	3000# CORIE ROSC.		VENTEO
		J	1	3/4"	3000# CORIE ROSC.		DRENADO.

CROQUIS



REVISIONES	FECHA	CHECO	APROBO
▲ PARA APROBACION	26-X-80	E.N.E.	E.N.E.
▲			
▲			

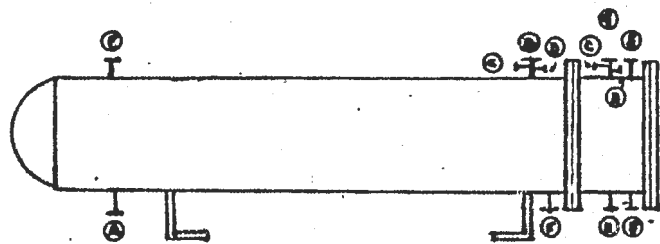
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN (U.N.A.M.)		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 2		
PREPARO: P.D.T.		CHECO: E.N.E.		APROBO: E.N.E.		
				FECHA: Nov. 30		
HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR					DP-1001	
E.P. CC-06	CANTIDAD UNO	UNIDAD MANEJO DE COMBUSTIBLES				
LUGAR PATRIAS VERACRUZ		FABRICANTE				
SERVICIO CALENTADOR COMBUSTIBLES ALIMENTACION A CADERA			MODELO 12-84-880-2-300			
TAMAÑO	SUPERFICIE/CORAZA 120.66 FT <sup>2</sup>	TIPO: CORAZA Y TUBOS SI	TUBO ALETADO -			
SUPERFICIE/UNIDAD 120.66 FT <sup>2</sup>	CORAZA/UNIDAD UNO	MONTAJE: VERTICAL -	HORIZONTAL SI ETC.			
CONECTADO EN SERIE -	PARALELO -	CABEZAL FLOTANTE SI (NO)	REMOVIBLE: (SI) NO			
CONDICIONES DE OPERACION						
% SOBRESISEÑO	5%		ENT. CORAZA	SAL. CORAZA	ENT. TUBOS	SAL. TUBOS
FLUIDO CIRCULANTE	COMBUSTIBLES		COMBUSTIBLES	VAPOR SAT.	CONDENSADO	
VAPOR (LB/HR)	-		-	-	-	
(MCF/D)	-		-	-	-	
LIQUIDO (LB/HR)	15478		15478	-	-	
(GPH)	-		-	-	-	
VAPOR DE AGUA (LB/HR)	-		-	740	-	
TOTAL (LB/HR)	15478		15478	740	740	
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)	-		-	-	740	
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)	-		-	-	740	
GRAM. ESP. DEL LIQUIDO BASADA EN H <sub>2</sub> O @ 80°F	0.82 @ 122°F		0.82 @ 215°F	- @ -°F	- @ -°F	
VISCOSIDAD DEL LIQUIDO (CP)	1185		62	-	-	
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES	-		-	-	-	
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB°F)	-		-	-	-	
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB°F)	0.478		0.49	-	-	
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)	-		-	924	-	
TEMPERATURA (°F)	122		215	280	280	
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)	-		-	-	-	
PRESSION DE OPERACION (PSIG)	224		224	37	37	
NO. DE PASOS: CORAZA 1 TUBOS 2	VELOCIDAD (PIES/SEG): CORAZA		TUBOS			
CAIDA DE PRES. PERM. (PSI) CORAZA 5 TUBOS 0.8	FACTOR DE INCrust: CORAZA		TUBOS			
CAIDA DE PRES. DISEÑO (PSI) CORAZA TUBOS	CALOR INTERCAMB. (BTU/HR)		683741			
COEF. DE TRANSF: SERVICIO	LIMPIA	MLY CALC. (°F)				
MATERIALES Y CONSTRUCCION						
PRESSION DE DISEÑO (PSIG): CORAZA 390 TUBOS 150	TEMP. DISEÑO (°F)		CORAZA 650 TUBOS 450			
PRESSION DE PRUEBA (PSIG): LADO CORAZA 529 LADO TUBOS 225	PRUEBA NEUM. (PSIG)		LADO CORAZA LADO TUBOS			
CORROSION PERMISIBLE (PLUS): LADO CORAZA 1/16 LADO TUBOS 1/16	CODIGOS REQUERIDOS: ASME (1) NO. TEMA (1) NO. CLASE R					
TUBOS: NO. O.D. 3" S.W.S. 14 LONG 7' ARREBLO	MAT. A-179					
ALETAS: NO. ALT. ESP. BUEYAS. POR	MAT.					
CORAZA: D.I. D.E. ESP. CINTURON DE VAPOR	MAT. A-53-B					
TAPA DE CORAZA: ESPESOR MAT. A-279-C	TAPA CABEZAL FLOTANTE: ESPESOR		MAT. A-285-C			
CABEZAL: ESPESOR MAT. A-106-B	TAPA CABEZAL: ESPESOR		MAT. A-285-C			
ESPEJOS FIJOS: ESPESOR MAT. A-285-C	ESPEJO FLOTANTE: ESPESOR		MAT.			
MAMPARAS TRANSV: ARREBLO TIPO ESPESOR	MAT. A-36					
MAMPARAS LONG: TIPO BELLO ESPESOR	MAT.					
SOPORTES DE TUBOS: ARREBLO TIPO ESPESOR	MAT.					
TIRANTES: DIAM. EXT. MAT. Fe	ESPACIADORES A-178		MAT. DEL EMPAQUE			
JUNTA DE TUBOS A ESPEJO	% CORTE DE MAMPARAS 25					
JUNTA DE EXPANSION CORAZA: TIPO MAT.	PLACA DE CHOQUE: ESPESOR		MAT.			
TAM. DE CONEX. ENT. CORAZA 3" SALIDA 2" TIPO 50 RF	RANGO 200°F		TERMOPOZO. SI (NO) CONEX. MAN: (SI) NO			
ENT. AL CABEZAL 2" SALIDA 3/4" TIPO 50 RF	RANGO 180°F		TERMOPOZO. SI NO CONEX. MAN: SI NO			
VENTO: (SI) NO TIPO NPT	RANGO 200°F		DRENAJE. SI TIPO NPT RANGO 200°F			
REVISIONES			FECHA	CHECO	APROBO	
A PARA APROBACION			15.11.80	E.N.E.	E.N.E.	

<b>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN (U.N.A.M.)</b>	<b>PROYECTO: TESIS PROFESIONAL</b>	<b>HOJA 2 DE 2</b>
<b>CC-06</b>	<b>HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR</b>	<b>DP-1001</b>

PESO (LB): CORAZA _____ BANCO DE TUBOS _____ TOTAL _____ LLENO DE AGUA _____
PINTURA: LIMPIEZA <u>SID. FABRICANTE</u> PRIMARIO <u>SID. F.</u> PINTURA <u>SID. FAB.</u>
NOTA: INDICAR DESPUES DE CADA PARTE SI SE DESEA REVELADO DE ESFUERZO (R.E) O RADIOGRAFIADO (RAD.)

PROYECCION DE BOQUILLAS _____ TOLERANCIA DIM. $\pm 4/16"$		TABLA DE BOQUILLAS					
SILLETAS <u>AC CARBON</u>	SOPORTES <u>AC CORDON</u>	IDENT	NO.	DIAM.	CLAS. CARB.	TIPO	SERVICIO
ESP. DE AISLAMIENTO <u>2"</u>	ANILLOS AISLAMIENTO <u>NO</u>	A	1	3"	300# R.F.	S.O.	ENT. COMBUSTIBLES
ANILLO DE PRUEBA REQUERIDO <u>SI-49</u>		B	1	2"	300# R.F.	S.O.	SAL. COMBUSTIBLES
<b>PESO APROXIMADO EN LBS.</b>		C	2	1/2"	3000# COCLE R.		TERMOPOZO
EMBARQUE _____	INSTALADO _____	D	2	1/2"	3000# CARBON		MANOMETRO
OPERACION _____	PRUEBA HIDRO. _____	E	2	3/4"	3000# COCLE R.		VENTOSO
TODAS LAS MALLAS, CONTROLES DE NIVEL, ALARMAS, ETC.		F	2	3/4"	3000# COCLE R.		DRENAGE
QUE TENGAN DOS CONEXIONES DEBEN INSTALARSE CON PLANTILLA (MS)		G	1	2"	150# R.F.	S.O.	ENT. VAPORES SATURADO
OBSERVACIONES: _____		H	1	3/4"	3000# COCLE R.		SALIDA CONDENSADO
		I					
		J					
		K					
		L					

CROSS IS



REVISIONES	FECHA	CHECO	APROBO
▲ PARA APROBACION	15-11-80		
▲			
▲			

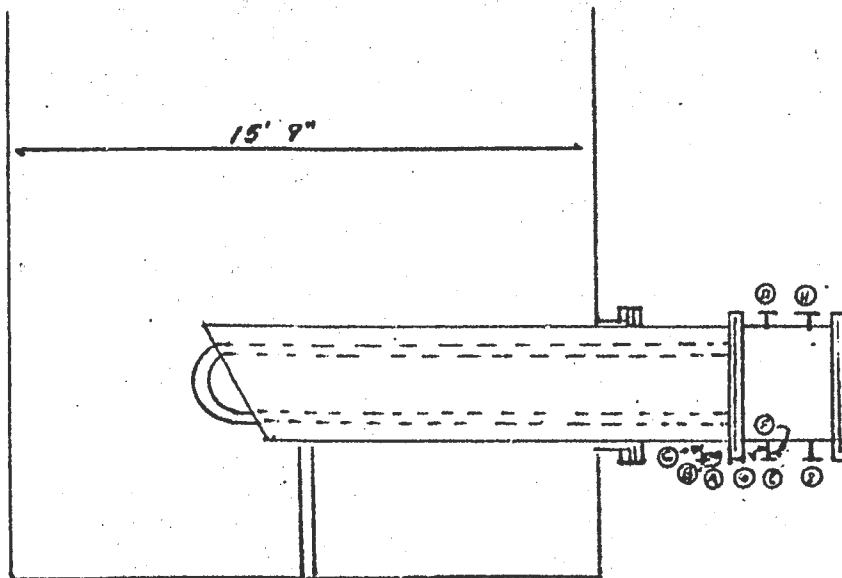
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE QUANTILAN (U.N.A.M.)		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 2	
PREPARO: P.D.F.		CHECO: E.N.E.		APROBO: E.N.E.	
FECHA: NOV-80					
HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR					DP-1001
E.P. CC-08	CANTIDAD UNO	UNIDAD MANEJO DE COMBUSTIBLES			
LUGAR ARARIITOS VERACRUZ		FABRICANTE			
SERVICIO CALENTADOR DE SUCCION EN TANGUE DE DIA			MODELO 2850-08X10		
TAMAÑO	SUPERFICIE/CORAZA 193 ft <sup>2</sup>	TIPO: CORAZA Y TUBOS SI	TUBO ALETADO SI		
SUPERFICIE/UNIDAD 193 ft <sup>2</sup>	CORAZA/UNIDAD UNA	MONTAJE: VERTICAL -	HORIZONTAL SI ETC.		
CONECTADO EN SERIE -	PARALELO -	CABEZAL FLOTANTE <input checked="" type="checkbox"/> -NO REMOVIBLE: <input checked="" type="checkbox"/> -NO			
CONDICIONES DE OPERACION					
% SOBREDISEÑO	10%	ENT. CORAZA	SAL. CORAZA	ENT. TUBOS	SAL. TUBOS
FLUIDO CIRCULANTE		COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	AGUA	CONDENSADO
VAPOR (LB/HR)		15478	15478		
(MSC/D)					
LIQUIDO (LB/HR)					
(GPM)					
VAPOR DE AGUA (LB/HR)				469	
TOTAL (LB/HR)		15478	15478		
FLUIDO EVAPORADO O CONDENSADO (LB/HR)		15478	15478	469	
VAPOR DE AGUA CONDENSADO (LB/HR)					469
GRAV. ESP. DEL LIQUIDO BASADA EN H <sub>2</sub> O @ 80°F	0.99 @ 89	0.965 @ 122			
VISCOSIDAD DEL LIQUIDO (CP)	29.679	11.95			
PESO MOLECULAR DE LOS VAPORES				0.16	
CALOR ESPECIFICO DE LOS VAPORES (BTU/LB°F)					
CALOR ESPECIFICO DEL LIQUIDO (BTU/LB°F)	0.435	0.41			
CALOR LATENTE DE LOS VAPORES (BTU/LB)				924.0	
TEMPERATURA (°F)	39	122		280	280
RANGO DE VAPORIZACION O CONDENSACION (°F)					
PRESION DE OPERACION (PSIG)		HIESTROSTATICA	HIESTROSTATICA	37	~ 37
NO. DE PASOS: CORAZA 1 TUBOS 2	VELOCIDAD (PIES/SEG): CORAZA		TUBOS		
CAIDA DE PRES. PERM. (PSI) CORAZA 5 TUBOS 0.5	FACTOR DE INCORUST: CORAZA 0.005		TUBOS 0.001		
CAIDA DE PRES. DISEÑO (PSI) CORAZA TUBOS	CALOR INTERCAMB. (BTU/HR)		437,951		
COEF. DE TRANSF. SERVICIO	LIMPIA	MLT CALC. (°F)			
MATERIALES Y CONSTRUCCION					
PRESION DE DISEÑO (PSIG): CORAZA 150 TUBOS 65	TEMP. DISEÑO (°F): CORAZA		TUBOS 500		
PRESION DE PRUEBA (PSIG): LADO CORAZA LADO TUBOS 100	PRUEBA NEUM. (PSIG): LADO CORAZA		LADO TUBOS		
CORROSION PERMISIBLE (PLUS): LADO CORAZA 1/16 LADO TUBOS 1/16	CODIGOS REQUERIDOS: ASME <input checked="" type="checkbox"/> NO TEMA <input checked="" type="checkbox"/> NC CLASE C				
TUBOS: NO. O.D. S.W.S. LONG. ARREGLO	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 0 2 1/2		MAT. A-179		
ALETAS: NO. ALT. ESP. SUJETAS. POR 1490	MAT. A-179				
CORAZA: O.I. D.E. ESP. CINTURON DE VAPOR	MAT. A-106-B				
TAPA DE CORAZA: ESPESOR MAT. TAPA CABEZAL FLOTANTE: ESPESOR MAT.	MAT. A-234-WPB				
CABEZAL: ESPESOR MAT. A-179 TAPA CABEZAL: ESPESOR MAT.	MAT. A-234-WPB				
ESPEJOS FIJOS: ESPESOR MAT. A-285-C ESPEJO FLOTANTE: ESPESOR MAT.					
MAMPARAS TRANSV: ARREGLO TIPO ESPESOR MAT.					
MAMPARAS LONG: TIPO SELLO 4 MAMPARAS ESPESOR MAT.	MAT. A-285-C				
DOPORTES DE TUBOS: ARREGLO TIPO ESPESOR MAT.					
TIRANTES: DIAM. EXT. MAT. ESPACIADORES MAT. DEL EMPAQUE GARLOCK 1211					
JUNTA DE TUBOS A ESPEJO MAT. % CORTE DE MAMPARAS					
JUNTA DE EXPANSION CORAZA: TIPO MAT. PLACA DE CHOQUE: ESPESOR MAT.					
TAM. DE CONEX. ENT. CORAZA SALIDA 4" TIPO 50 R.F. RANGO 450 R. TEMP. POZO <input checked="" type="checkbox"/> NO CONEX. MAN: <input checked="" type="checkbox"/> NO					
ENT. AL CABEZAL SALIDA 2 1/4" TIPO 50 R.F. RANGO 450 R. TEMP. POZO <input checked="" type="checkbox"/> NO CONEX. MAN: <input checked="" type="checkbox"/> NO					
VENTEO: <input checked="" type="checkbox"/> NO TIPO COPLE RANGO 3000 R. DRENAJE SI TIPO COPLE RANGO 2000 R.					
REVISIONES			FECHA	CHECO	APROBO
A PARA APROBACION			15-11-80	E.N.E.	E.N.E.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN (U.N.A.M.)	PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 2 DE 2	
	REPARO: P.D.T.	CHECO: E.N.E.	APROBO: E.N.E.	FECHA: NOV. 80
CC-08	HOJA DE DATOS PARA CAMBIADORES DE CALOR			DP-1001

PESO (LB): CORAZA 374 BANCO DE TUBOS 550 TOTAL 924 LLENDO DE AGUA 1430  
 PINTURA: LIMPIEZA CON CEPILLO PRIMARIO PINTURA PRIMARIO ANTICORROSIVO  
 NOTA: INDICAR DESPUES DE CADA PARTE SI SE DEBEA REVELADO DE ESFUERZO (R.E) O RADIOGRAFIADO (RAD.)

PROYECCION DE BOQUILLAS <u>6°</u> TOLERANCIA DIM. $\pm 1/16$		TABLA DE BOQUILLAS					
BILLETAS	SOportes	IDENT.	NO.	DIAM.	CLAS.Y CARA	TIPO	SERVICIO
ESP. DE AISLAMIENTO	ANILLOS AISLAMIENTO	A	1	4"	150# R.F.	S.O.	SALIDA CONTRA ESCOPO
ANILLO DE PRUEBA REQUERIDO	SI-NO	B	1	1/2"	CORRE ROX		TERMOMETRO
<b>PESO APROXIMADO EN LBS.</b>		C	1	1/2"	3000# CORRE R.		MANOMETRO
EMBARQUE <u>924</u>	INSTALADO	D	1	2"	150# R.F.	S.O.	ENCHUFA DE VAPORES
OPERACION <u>1430</u>	PRUEBA HIDRO.	E	1	3/4"	150# R.F.	S.O.	SALIDA DE CONDENSADO
TODAS LAS MIRELAS, CONTROLES DE NIVEL, ALARMAS, ETC. QUE TENGAN DOS CONEXIONES DEBERAN INSTALARSE CON-PLANTILLA (JMS)		F	1	1/2"	3000# CORRE R.		TERMOMETRO
OBSERVACIONES:		G	1	1/2"	3000# CORRE R.		MANOMETRO
		H	1	3/4"	3000# CORRE R.		VENTOSO
		I	1	3/4"	3000# CORRE R.		DESGUATE

CROQUIS



REVISIONES	FECHA	CHECO	APROBO
1 PARA APROBACION	15-11-80	E.N.E.	E.N.E.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL HOJA 1 DE 1

PREPARO: P.D.T. CHECO: E.N.E. APROBO: E.N.E. FECHA: 12-VI-81

HOJA DE DATOS PARA BOMBA ROTATORIA

EP-BA-9, BA-9/R	CANTIDAD	DOS	UNIDAD	BOMBA DE COMBUSTOLEO
LUGAR	PARAJITOS VER.	FRABRICANTE	*	
SERVICIO	ALIMENTACION A TA-10 (TQ. DE DIA) MODELO *			
TAMANO Y TIPO	*	SIST. MOTRIZ	MOTOR ELECTRICO ARREGLO	

CONDICIONES DE OPERACION

LIQUIDO	COMBUSTOLEO #6	U.S. GPM A T.B.	115
		PRES. DESC. (PSIG)	16.42
TEMP. BOMBEO (°F)	122	PRES. SUCC. (PSIG)	-10.44
DENS. REL. A T.B.	0.96	PRES. DIF. (PSI)	26.86
PRES. VAPOR A T.B. (PSIA)	0	COLUM. DIF. (PIES)	64.3
VISC. A T.B. (CP)	1145	NPSH DISP. (PIES)	10.2
CORR./EROS. CAUSADA POR	CORROSION DE COMBUSTOLEO		

FUNCIONAMIENTO

CURVA PROPUESTA NO.	*
NPSH REQ. (AGUA) PIES	*
RVN	*
CF, DIS.	* SHP *
POTENCIA MAXIMA PARA LA CAJAZA	
POTENCIA RECOMENDADA DEL MOTOR	
AGUA DE ENFRIAMIENTO	NO
BALENO	* GPM
ESTOPERO	* GPM
AGUA TOTAL REG.	* GPM

MATERIALES

CUERPO	AC. CARBON A 216 WCB	PERNOS	AC. ENDURECIDO
TAPAS LATERALES	Fo Fo	FLECHA	AC. CARBON 4140
RECUBRIMIENTO	Fo Fo	CAMISA DE FLECHA	AC. CARBON 4140
ROTOR O ENGRANES	Fo Fo	CAJA DE ESTOPAS	A 216 WCB
ASPA ROTATORIA		PRESA ESTOPA	A 216 WCB
IMPULSOR LIBRE		JAULA DE SELLO (ANILLO DE LINTERNAL)	
EMPAQUES	ASBESTO GRAFITO	CAMISA DE BUJE	4140
SELLO MECANICO: CARA ROT.		CARA EST.	

CONEXIONES

BOQUILLAS	DIAM.	CLASIF. ASA	CARA	POSICION
SUCCION	* 125 #		RF	HORIZ.
DESCARGA	* 125 #		RF	VERT.
VENTEOS				
DRENAJES				
AGUA ENF.				

CONSTRUCCION

MAX. PRES. DE TRAB.	*	PSIG	* 7 PRUE. HIDR.	* PSIG
ESPESOR MIN.	*	IN CORR. PERM.	*	IN
TIPO DE SOPORTE	*	DIVISION (HORIZ.) (VERT.)	VERTICAL	
ROTOR O ENGRANES SOBRESALIENTES (SO/NO)				
DIAMETRO	*	IN. TIPO	*	
TIPO DE ENGRANES				
ROTACION VISTA DEL EXT. DEL COPL	CCW.			
VALV. DE ALIVIO (INTJ) (EXT)	* *	PRESION DE AJUSTE	* PSIG	
CLARO (DIAM)	*	IN. TAPAS	* IN.	
PERFORACIONES DEL ESTOPERO	*	IN. PROFUNDIDAD	IN.	
ENCHUQUETADA (SO/NO)				
NO. DE ANILLOS DE ENPAQUE	*	DIAM.	* IN. O.J.	* IN.
SELLO MECANICO MARCA Y TIPO		TIPO DE BASE		
MATL. CARA ROT.		CARA EST.		SELLO
TIPO DE BASE	ESTRUCTURAL			
BALEROS: AXIAL O RADIAL (BOLA, RODILLO) (ACEITE, GRASA) (INTJ) (EXT)			*	

PRUEBAS

PRUEBAS DE TALL.	REQUERIDA	ATESTIGUADA
COMP. TRAB.	SI	
SUBMERGENCIA		
INSPECCION		*
HIDROSTATICA	SI	PSIG *
MAX. PRES. DE TRAB. PERMIS.	* PSIG *	* 7
PEBOS: BOMBA	* BASE *	
MOTOR	* TURBINA	

REDUC. DE VEL. POR

CLAVE	MONTADO POR
HP	MAX. SHP
FABRICANTE	TIPO
MODELO	TAMANO
REL. DE VEL.	FAC. SERV.
CLASE AGM	TORQUE
COPL Y GUARDA	

OBSERVACIONES:

\* POR PROVEEDOR

REVISIONES

EMITIDO PARA REVISION

FECHA	CHECO	APROBO
X-81	E.N.E.	E.N.E.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

PROYECTO: TESIS PROFESIONAL

HOJA 1 DE 1

PREPARO: P.D.T

CHECO: E.N.E.

APROBO: ENE

FECHA: 12-XI-81

HOJA DE DATOS PARA BOMBA ROTATORIA

EP. BA-10, BA-10R	CANTIDAD	DOS.	UNIDAD	BOMBA DE COMBUSTO LEO
LUGAR	PARARITOS. VER.	FRABRICANTE	*	
SERVICIO	ALIMENTACION A CALDERA	MODELO	*	
TAMAÑO Y TIPO	*	SIST. MOTRIZ	ARREGLO	

CONDICIONES DE OPERACION			FUNCIONAMIENTO		
LIQUIDO	COMBUSTO LEO N.º 6	U.S. GPM A T.B.	32	CURVA PROPUESTA NO.	*
		PRES. DESC. (PSIG)	289.3	NPSH REQ. (AGUA) PIES	*
TEMP. BOMBEO (°F)	122	PRES. SUCC. (PSIG)	-10.7	RPM	*
DENS. REL. A T.B.	0.96	PRES. DIF. (PSI)	300	EF. DIS.	* BHP *
PRES. VAPOR A T.B. (PSIA)	0	COLUM. DIF. (PIES)	718	POTENCIA MAXIMA PARA LA CARCAZA	
VISC. A T.B. (CP)	1145	NPSH DISP. (PIES)	12.2	POTENCIA RECOMENDADA DEL MOTOR	
CORR./ EROS. CAUSADA POR	AZUFRE			AGUA DE ENFRIAMIENTO	NO

MATERIALES			CONEXIONES		
CUERPO	AC CARBON A 216 WCB.	PERNOS	AC ENDURECIDO	BOQUILLAS	DIAM. CLASIF. ASA CARA POSICION
TAPAS LATERALES	Fo Fo	FLECHA	AC CARBON 4140	SUCCION	* 275# RF HORIZ.
RECUBRIMIENTO	Fo Fo	CAMISA DE FLECHA	AC CARBON 4140	DESCARGA	* 125# RF VERT.
ROTOR O ENGRANES	Fo Fo	CAJA DE ESTOPAS	A 216 WCB.	VENTEOS	
ASPA ROTATORIA	—	PRESA ESTOPA	A 216 WCB.	DRENAJES	
IMPULSOR LIBRE	—	JAULA DE SELLO (ANILLO DE INTERNAL)		AGUA EXP.	
EMPAQUES	ASBESTO GRANELADO	CAMISA DE BUJE	4140		
SELLO MECANICO: CARA ROT.	—	CARA EST.	—		

CONSTRUCCION			PRUEBAS		
MAX. PRES. DE TRAB.	*	PSIG * Y PRUE. HIDR. * PSIG	PRUEBAS DE TALL.	RECUERIDA	ATESTIGUADA
ESPESOR MIN.	*	IN CORR. PERM.	CONP. TRAB.	*	
TIPO DE SOPORTE	*	DIVISION (HORIZ.) (VERT.)	SUMERGENCIA		
ROTOR O ENGRANES SOBRESALIENTES (SO) (NO)			INSPECCION		*
DIAMETRO	*	IN. TIPO *	HIDROSTATICA	*	PSIG *
TIPO DE ENGRANES			MAX. PRES. DE TRAB. PERMIS.	*	PSIG * *
ROTACION VISTA DEL EXT. DEL COPLA	CCW.		PESOS: BOMBA	*	SABR. *
VALV. DE ALIVIO (INT.) (EXT.)	*	PRESION DE AJUSTE * PSIG	MOTOR	SI	TURBINA
CLARO (DIAM.)	*	IN. TAPAS *			
PERFORACIONES DEL ESTOPERO	*	IN. PROFUNDIDAD *			
ENCHAMETADA (SO) (NO)	SI				
NO. DE ANILLOS DE ENFRIQUE	*	DIAM. * IN. D.S. * IN.			
SELLO MECANICO MARCA Y TIPO	*	TIPO DE BASE *			
MATL. CARA ROT.	*	CARA EST. * SELLO *			
TIPO DE BASE	ESTRUCTURAL				
SALEROS: AXIAL O RADIAL (SOLA, MODILLO) (ACEITE, GRASA) (INT.) (EXT.)	*				

MOTOR POR: PEEVEE LOR		TURBINA POR: OTROS	
CLAVE	MBA-10R MONTADO POR *	CLAVE	JBA 10 MONTADO POR OTROS
HP	* RPM * ARMAZON *	HP	* RPM * NATL. *
FAB.	U.S. O. SIMILAR.	FAB. Y TIPO	*
TIPO	ICCV. AIRM. B	VAR. ENT. (PSIG)	526 TEMP. 680 °F
ENCAPSULADO	AUM. TEMP. * °C	ESCAPE (PSIG)	35.5 AGUA REQ. * GPM
VOLTS/FASAS/CICLOS	110/3/60	CONS VAPOR	* LB/BHP/HR *
BALEROS	* LUB. *	BALEROS	* LUB. *
AMPS. A PLENA CARGA	*	BOQUILLAS	DIAM. CLASIF. ASA CARA POSICION
		ENTRADA	* 600# RF *
		ESCAPE	* 150# RF *

REVISIONES		FECHA	CHECO	APROBO
△	E.MITIDO PARA REVISION	X-81	ENE	ENE
△				
△				

REDUC. DE VEL. POR

CLAVE MONTADO POR

HP MAX. SHP

FABRICANTE TIPO

MODELO TAMAÑO

REL. DE VEL. FAC. SERV.

CLASE ASMA TORQUE

COPLA Y GUARDA

OBSERVACIONES:

\* POR PROVEEDOR.

1.- EL MOTOR SE USA PARA LA BOMBA DE REPUESTO



### 3.9 AIRE COMPRIMIDO.

#### 3.9.1 Tipos de compresores.

Los compresores más empleados son:

**Reciprocantes.**- Es una unidad de desplazamiento positivo que imparte presión al gas considerado dentro de una cámara por la acción de un pistón en movimiento.

Por la posición del cilindro o cámara es posible subdividirlos en:

- a) Horizontal.
- b) Vertical.
- c) Angulo de  $90^\circ$ : cilindros montados vertical y horizontalmente en una flecha común.
- d) Angulo de V a Y.
- e) Radial.
- f) Duplex: cilindros montados separadamente en paralelo - con flecha común.
- g) Balanceados: cilindros montados opuestamente y movidos por una flecha común.
- h) Tándem: Dos o más cilindros en la misma línea del compresor, empleándose en algunas ocasiones un cilindro operado por vapor, como cilindro matriz. El tándem - puede ser dúplex o múltiple.

Atendiendo a los pasos de compresión, se pueden dividir en:

- a) De una sola etapa.
- b) De etapas múltiples.

Asimismo, por la operación del cilindro, se pueden clasificar en:

- a) De simple acción.- Donde la compresión se efectúa en un sólo extremo del cilindro.
- b) De doble acción.- Donde la compresión del gas se efectúa en ambos extremos del cilindro.

Finalmente, considerando los empaques del pistón, se pueden dividir en:

- a) Lubricados.- En los que se inyecta aceite por goteo al pistón.
- b) No lubricados.- En los que el pistón posee empaques de teflón o carbón que permiten su deslizamiento sin necesidad de aceites lubricantes. Este tipo se aplica cuando se requiere un gas comprimido libre de aceite totalmente. Sus costos de mantenimiento son menores a los necesarios tratándose de los lubricados.

Para procesos continuos a gran escala, los compresores reciprocantes comerciales están disponibles para las siguientes funciones:

- 1.- Compresión económica y segura de un gas o mezcla de gases, incluyendo aquellos que sean combustibles, corrosivos o tóxicos.

- 2.- Mantienen las presiones de succión requeridas por el proceso en valores hasta de 0.2 pulg. de Hg. abs.

- 3.- Trabajan con temperaturas de succión en un rango de  $-40^{\circ}\text{F}$  a  $150^{\circ}\text{F}$  con materiales y lubricación normales.

- 4.- Desarrollan presiones de descarga hasta de 35,000 -

psig con buena eficiencia.

5.- Trabajan con variaciones amplias en el flujo de proceso y en presiones de operación en la succión y descarga.

6.- Comprimen sobre un amplio rango de volumen y presión sin usar lubricantes en el cilindro. Esta construcción es esencial en casos especiales, en donde se debe evitar la contaminación del gas comprimido con el aceite.

El rango de consumo de potencia va de 40 a 3,500 BHP para cada compresor, con unidades menores o mayores requeridas ocasionalmente.

Compresores reciprocantes no lubricados.- Algunos gases y procesos no pueden tolerar el uso de lubricantes de hidrocarburos en el cilindro del compresor; la compresión del oxígeno es un ejemplo de este requisito.

La mayoría de los compresores no lubricados trabajan a presiones menores de 700 Psig; a presiones más altas tienen problemas de mantenimiento y el costo, generalmente, indica la conveniencia de usar mejor una máquina convencional lubricada con eliminadores de aceite después de la compresión.

Compresores centrífugos.- Este tipo de compresores efectúan la compresión acelerando el gas al fluir radialmente por el impulsor y transformando su energía cinética a presión al pasarlo a una sección de difusión.

Hay tres razones básicas para el uso de compresores centrífugos, en lugar de compresores reciprocantes.

Ambiente.- Ocupan menos espacio, operan con un mínimo de atención y son más silenciosos.

Menor costo de operación.- Pueden trabajar de 12 a 30 - meses sin reparaciones mecánicas. El costo de mantenimiento - es cerca de la tercera parte del costo de los reciprocantes, excluyendo los elementos motrices.

Menor costo inicial.- El costo de un compresor centrífugo y su elemento motriz es aproximadamente igual al costo de un motor síncrono, para un compresor reciprocante en un rango de 2,500 HP. El costo de un compresor centrífugo es cerca de las dos terceras partes de un rotatorio en el rango de 5,000 HP. Las ventajas de los centrífugos se incrementan cuando la demanda de potencia aumenta.

Son adecuados para presiones y capacidades medias. - Un criterio para determinar el flujo mínimo es de 400 CFM. Medidas a las condiciones de salida. Las presiones de descarga, comúnmente, tienen un rango hasta de 1,000 Psig, pero se pueden construir hasta para 5,000 Psig.

Se pueden instalar estas unidades en serie o en paralelo.

Actualmente tienen velocidades de rotación hasta de 15,000 a 20,000 RPM.

Rotatorios.- Dentro de este tipo existen los siguientes:

- a) De paletas deslizantes.
- b) De lóbulos.
- c) De pistón líquido.
- d) De tornillo.
- a) Compresores de paletas deslizantes.- Los compresores

res de paletas deslizantes se encuentran en tamaños comerciales hasta 6,000 pcm y presiones hasta 400 Psig.

Las velocidades varían de 450 a 3,600 rpm, dependiendo del tamaño de la unidad.

En general, los compresores de una etapa son adecuados para presiones hasta de 50 Psig y vacíos hasta de 28-29 pulg. Hg. referidas a una presión barométrica de 30 pulg. de Hg. Las máquinas de dos etapas están diseñadas para presiones hasta de 125 Psig y vacíos de 0.1 pulg. Hg. abs. Los compresores de tres etapas para presiones hasta de 250 Psig y las unidades reveladoras a presiones hasta de 400 Psig.

El flujo de aire o gas en un compresor de paletas deslizantes es constante y para todos los fines prácticos, no pulsante. En estos compresores la presión se incrementa por la reducción del tamaño de la celda de compresión, mientras gira de la succión a la descarga.

Debido al amplio rango de condiciones de presión, vacío y volumen, el compresor de paletas deslizantes tiene la más grande aplicación de los compresores rotatorios. Sin embargo, tienen ciertas restricciones y limitaciones que pueden ser cubiertas por otros tipos. Excepto en pocos casos, la velocidad de estos compresores es alta y más adaptable para conectarse directamente a motores eléctricos.

El uso de la lubricación interna causa contaminación de los gases de descarga; sin embargo, después de que el gas se enfría la mayoría del aceite se puede eliminar.



Es necesario eliminar polvo, suciedad, arena y materiales extraños de la corriente de entrada del gas.

Para presiones mayores de 10 Psig y 14 pulg. de Hg. de vacío.

Estos compresores tienen mayor eficiencia que los otros tipos rotatorios.

b) Compresores de lóbulos.- Los compresores de lóbulos se encuentran disponibles hasta tamaños de 50,000 pcm y presiones hasta de 30 Psig. Las máquinas de una etapa generalmente son buenas para presiones hasta de 15 Psig y vacíos de 22 pulg. Hg. En algunas ocasiones la introducción de un líquido de sello logra vacíos mayores.

Los compresores de dos etapas están diseñados para presiones hasta de 30 Psig y vacíos de 25 pulg. Hg.

El flujo a través de un compresor rotatorio de lóbulos se logra por el empuje del aire o gas de la succión a la descarga efectuada por los lóbulos. Esencialmente, no existe una compresión dentro de la unidad, pero bastante contra el sistema de contrapresión.

En este tipo de compresor no hay contacto entre las partes móviles, por lo que no se requiere lubricación para presiones menores a 10 Psig y vacíos de 14 pulg. Hg. Esta unidad es más eficiente que los otros rotatorios.

c) Compresores de pistón líquido.- Estos compresores se obtienen en tamaños hasta aproximadamente 5,000 pcm.

Los compresores de una etapa se usan para presiones

de hasta 75 psig.

Las unidades estándar de una etapa pueden mantener vacíos hasta de 27 pulg. Hg. Los de dos etapas hasta de 29 -- pulg. Hg. Unidades especiales de una etapa mantienen vacíos - hasta aproximadamente 28 pulg Hg.

En este tipo de compresores el flujo de aire o gas - comprimidos se descarga en una corriente uniforme o no pulsan te.

La compresión se obtiene por la rotación libre de un cilindro con múltiples etapas en una carcasa elíptica parcial mente llena de líquido. La fuerza de rotación del rotor ocasiona que el líquido siga el contorno interno de la carcasa elip tica.

Cuando el líquido vuelve de las hojas del rotor a la succión, el espacio entre las paletas se llena de gas o aire.

Cuando el líquido alcanza el punto más cercano a la - carcasa elíptica, el aire o gas se comprime y se fuerza a sa-- lir a través de la descarga.

Con la máquina de pistón líquido no se requiere lubri cación interna, debido a un abastecimiento constante del líqui do de sello. Se pueden manejar varios gases y solventes corro sivos sin contaminación para el compresor, por lo que se pue-- den usar materiales comunes.

d) Compresores de tornillo.- Consiste en dos torni-- llos helicoidales colocados juntos y que encajan perfectamen te. El aire o gas entra en un extremo del cilindro y se com--

prima por el lóbulo macho que entra dentro de la muesca del adyacente empujando el gas atrapado hasta que llega a la descarga y lo libera a presión al receptor.

La máxima elevación de la temperatura del aire es de 100 °F y no se requiere post-enfriador. Las presiones de descarga son hasta de 100 a 125 psig. Se puede lograr un control del 0 al 100% de la máxima capacidad. Tiene poco mantenimiento, pocas partes en movimiento y da flujo no pulsante.

**Axial.**- Este compresor consiste en un rotor (en el cual están montadas hojas) que gira entre hileras de hojas estacionarias, todos en una carcasa dividida horizontalmente. Las hojas estacionarias pueden ser fijas o móviles; éstas últimas se emplean para tener un mejor control y una mayor flexibilidad en su operación.

En la tabla 3.9.1 se indican los límites de compresión para los compresores. Además, en la figura 3.9.1 se presentan los rangos más usuales de capacidad y velocidad de operación para cada tipo de compresor.

TABLA 3.9.1

Tipo de compresor.	Límites de presión de descarga máx. (Psia)	Relación de compresión - máx. por etapa	Relación de compresión máx. por máquina.
Reciprocante	35,000-50,000	10	como se requiera
Centrífugo	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

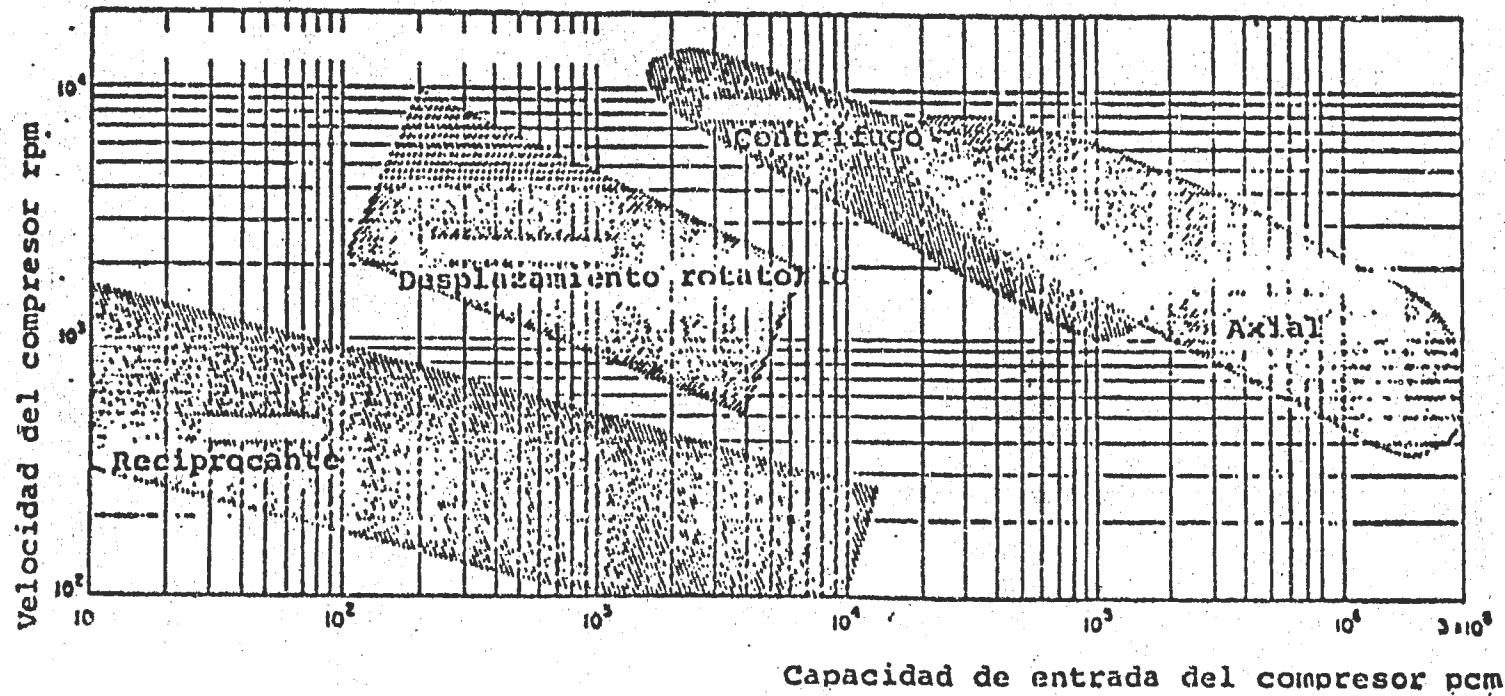


Fig.3.9.1.- Areas generales de aplicación de los compresores.

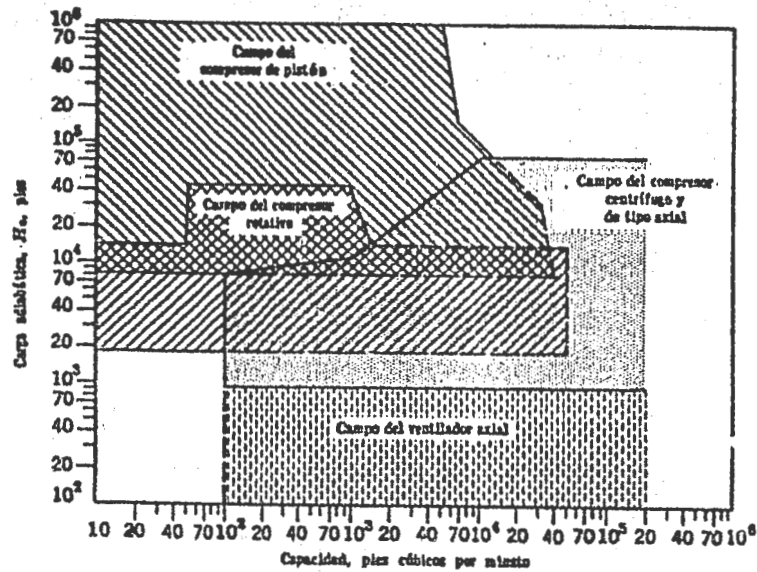
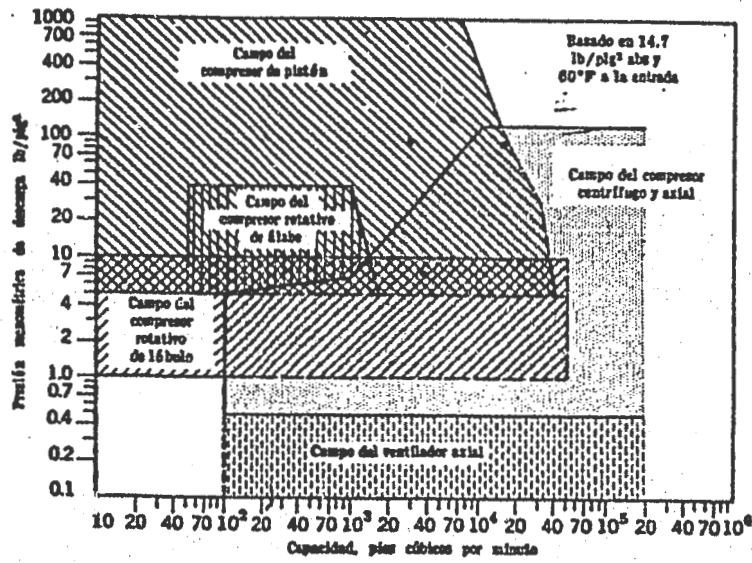


FIG. 3.9.2 Gráficas para selección del tipo de compresor. [Reimpresa con permiso de I. J. Karassik, *Chem. Eng.*, 54, Núm. 10 (1947), y Worthington Pump and Machine Corporation.]

### 3.9.2 Balance de aire comprimido.

El aire comprimido será utilizado para servicios y para los instrumentos neumáticos de control.

El aire de servicios será usado en estaciones de servicio, en la remoción de las resinas en los lechos mixtos dentro del área de tratamiento de aguas y en la caldera se requerirá para accionar un motor neumático para el piloto y mirillas.

El aire de instrumentos será usado en todos los instrumentos neumáticos que existan en el control del deareador, manejo de combustoleo, tratamiento de aguas, caldera dual, etc.

El aire demandado para servicios resulta por un lado - como dato del fabricante de la caldera, considerando una cantidad global de 333 SCFM; por otro lado, de la consideración de seis estaciones de servicio, cada una con una demanda de 1.5 -- SCFM.

Para estimar el aire de instrumentos se considera el mismo consumo para un transmisor indicador, controlador indicador, válvula de control; independientemente de la variable que controlen, ya sea a nivel presión, flujo o temperatura.

Un transmisor consume 0.3 SCFM.

Un indicador consume 0.6 SCFM.

Un indicador controlador consume 0.4 SCFM.

Una válvula de control consume 17 SCFH

El balance general resulta de la siguiente forma:

Aire de servicios.

15 SCFM x 6 = 90 SCFM = 5,400 SCFH Estaciones de servicio.

333 SCFM = 20,000 SCFH Servicios internos de la caldera.

$20,000 + 5,400 = 25,400$  SCFH Total de aire de servicios.

**Aire de instrumentos.**

Sistema de deaireación	390 SCFH
Manejo de combustoleo	230 SCFH
Aire comprimido	44 SCFH
Sistema de tratamiento de aguas	1366 SCFH
Sistema caldera dual	<u>1398 SCFH</u>
Subtotal .....	3428 SCFH

Se considera el 20% por fugas en la secadora de aire -  
686 SCFH

$686 + 3428 = 4114$  SCFH Total aire de instrumentos.

Aire comprimido; total requerido:

$(25400 + 4114)$  SCFH = 29514 SCFH = 492 SCFM

$Q$  diseño =  $492 \times 1.1 = 541$  SCFM

La presión de descarga está fijada por la mínima requerida en el motor neumático de la caldera que es de 90 psig y, de acuerdo a las caídas de presión del sistema, se tiene una presión de descarga de 113.8 psig.

Selección del compresor.

Con estos datos se selecciona el tipo de compresor a utilizar y el más adecuado para este servicio es un compresor -reciprocante no lubricado. Se selecciona éste en lugar del lubricado, porque el costo es más bajo, la presión de operación -está en el rango para este tipo de compresores y se requiere aire libre de aceite para los instrumentos.

### 3.9.3 Secadores de aire.

Generalmente, la cantidad de vapor de agua presente en gases está dada como peso de agua por unidad de volumen de gas. En la figura 3.9.3 se muestra la relación entre el punto de rocío con las razones, peso y volumen. Y esta cantidad de vapor de agua se expresa como porcentaje de humedad relativa a la presión atmosférica, la cual varía como una función de la temperatura.

En la industria se demanda aire seco para diferentes servicios, como aire de instrumentos, aire para herramientas, generación de oxígeno, secado de oxígeno por ozonólisis, sandblast, etc. En el presente trabajo el aire demandado es aire para instrumentos, por lo que se requiere secar el aire atmosférico previamente comprimido.

Hay cuatro métodos comunes para secado de gases, cada uno con sus ventajas y limitaciones. Estos métodos son: enfriamiento, absorción por medio de deshidratación líquida o sólida y adsorción.

**Enfriamiento.**- Si un gas es suficientemente enfriado el agua contenida condensa y se drena. Casi todos los compresores usan un postenfriador de agua y, en algunos casos, con aire. Para el agua enfriada se considera una temperatura de 10-15°F, aproximadamente, por lo que se llegan a usar enfriadores de salmuera o sistemas de refrigeración.

**Agentes sólidos de deshidratación.**- Esta técnica de absorción (la cual usa materiales deliquescentes) depende de la diferencial de la presión de vapor de agua en la fase gas (por-



tador de fluido) y la presión de vapor del agua en solución. - Estos agentes (consisten en urea salobre o inyección) pueden únicamente disminuir el punto de rocío  $20^{\circ}\text{F}$ , debido a que estos materiales no son regenerables; una vez formada la solución, se drena.

Agentes líquidos de deshidratación.- Otra técnica de dehumidificación dinámica usa agentes líquidos absorbentes (glicoles). En muchos casos se usa trietilen glicol (TEG), el cual después de ser puesto en contacto con el gas o aire húmedos es alimentado a un destilador donde el agua se elimina por destilación. La regeneración se efectúa a temperaturas entre  $375$  y  $400^{\circ}\text{F}$ .

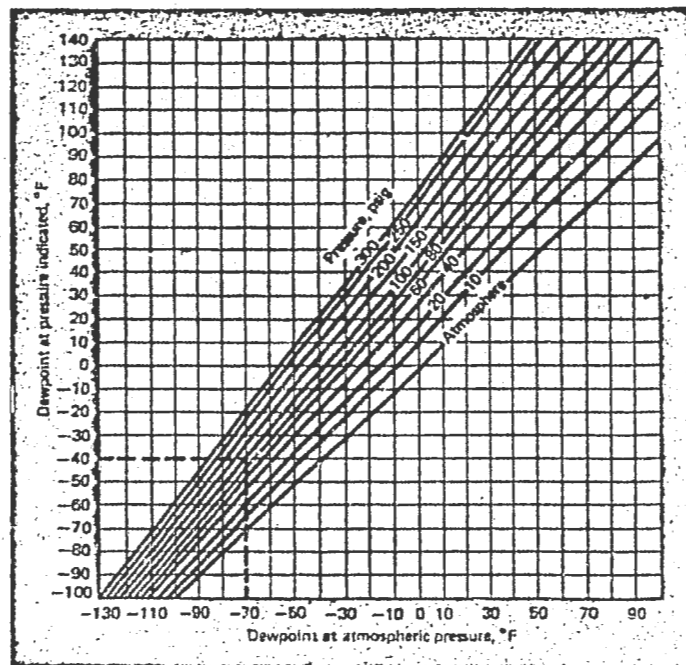
El glicol deshidratado es entonces bombeado a un enfriador y se regresa al contactor con una pérdida de TEG. Un fabricante de equipo menciona una pérdida de  $0.05$  gal/un millón de pies,  $3$  Std. (SCF) de aire. La disminución de puntos de rocío puede ser llevado a cabo por medio de un agotador de gas y enfriando el glicol. Una depresión de punto de rocío de  $40^{\circ}\text{F}$  es frecuentemente considerado como estándar.

Adsorción.- Esencialmente, este incluye una adhesión física entre la superficie del disecante y el vapor, la cual condensa como una capa muy fina sobre la superficie del disecante; no hay interacción química. La adsorción es un fenómeno reversible y selectivo.

Tan largo como se mantenga el contacto entre el adsorbente y el adsorbato, la adsorción procede hasta que la pre-

Dewpoint, °F	Left Column					Dewpoint, °F	Right Column				
	Gr Moisture Per Ft <sup>3</sup> Air	Gr Moisture Per Lb Air	Lb Moisture Per Lb Air	Weight, Ppm	Volume, Ppm		Gr Moisture Per Ft <sup>3</sup> Air	Gr Moisture Per Lb Air	Lb Moisture Per Lb Air	Weight, Ppm	Volume, Ppm
170	16	600	0.470	70,000	110,000	0	0.4	5	7000		
165	15	550	0.430	65,000	105,000	-5	0.5	6	8000	600	1,600
160	14	500	0.390	60,000	100,000	-10	0.6	7	9000	700	2,000
155	13	450	0.350	55,000	95,000	-15	0.7	8	10000	800	2,500
150	12	400	0.310	50,000	90,000	-20	0.8	9	11000	900	3,000
145	11	350	0.270	45,000	85,000	-25	0.9	10	12000	1000	3,500
140	10	300	0.230	40,000	80,000	-30	1.0	11	13000	1100	4,000
135	9	250	0.190	35,000	75,000	-35	1.1	12	14000	1200	4,500
130	8	200	0.150	30,000	70,000	-40	1.2	13	15000	1300	5,000
125	7	150	0.110	25,000	65,000	-45	1.3	14	16000	1400	5,500
120	6	100	0.070	20,000	60,000	-50	1.4	15	17000	1500	6,000
115	5	50	0.030	10,000	30,000	-55	1.5	16	18000	1600	6,500
110	4	20	0.010	4,000	12,000	-60	1.6	17	19000	1700	7,000
105	3	10	0.005	2,000	6,000	-65	1.7	18	20000	1800	7,500
100	2	5	0.002	1,000	3,000	-70	1.8	19	21000	1900	8,000
95	1.5	2	0.001	500	1,500	-75	1.9	20	22000	2000	8,500
90	1	1	0.0005	250	750	-80	2.0	21	23000	2100	9,000
85	0.7	0.5	0.0002	125	375	-85	2.1	22	24000	2200	9,500
80	0.5	0.2	0.0001	62	187	-90	2.2	23	25000	2300	10,000
75	0.3	0.1	0.00005	31	93	-95	2.3	24	26000	2400	10,500
70	0.2	0.05	0.00002	15	46	-100	2.4	25	27000	2500	11,000
65	0.1	0.02	0.00001	7	23	-105	2.5	26	28000	2600	11,500
60	0.05	0.01	0.000005	3	11	-110	2.6	27	29000	2700	12,000
55	0.02	0.005	0.000002	1	5	-115	2.7	28	30000	2800	12,500
50	0.01	0.002	0.000001	0	2	-120	2.8	29	31000	2900	13,000

DEWPOINT and equivalent moisture content (by weight and volume) at one atmosphere—Fig. (3.9.3)



**DEWPOINT-CONVERSION CHART.**  
 Example: A gas with a dewpoint of  
 -40°F at 100 psig has a -71°F  
 dewpoint when expanded to atmo-  
 spheric pressure—Fig. (3.9.4)

sión de vapor del adsorbato sobre el disecante sea igual a la presión de vapor del adsorbato en el fluido transportador. Entonces, el equilibrio ha sido alcanzado.

Cuando los disecantes están bajo condiciones estáticas (el fluido transportador en un recipiente cerrado) el mejor criterio de selección es la capacidad de adsorción en equilibrio. Sin embargo, cuando se necesita la adsorción dinámica, o sea que el flujo de gas es continuo a través de la cama de disecante, hay muchas otras condiciones que deben considerarse. Algunas de estas incluyen: la temperatura de entrada del gas; el flujo; el grado de saturación del fluido de entrada; concentración aceptable de adsorbato existente; presión del sistema; método de regeneración; cantidad; tipo de trazas contaminantes; etc. También son importantes las características físicas del disecante, el cual tiene que ser resistente al desgaste debido al movimiento del fluido, tan bien como el peso estático de la columna. El disecante debe ser también inerte a las trazas contaminantes, ofrecer una razonablemente baja caída de presión de la cama y ser químicamente inerte al fluido y el adsorbato.

Regeneración del disecante.- El calor es liberado a medida que el adsorbato se sujeta por sí mismo a la superficie del disecante. Si el calor (igual al calor de humidificación y al calor de condensación) no es sacado por ambos el fluido acurrador o por medio de serpentines de enfriamiento, la temperatura de la cama disecante aumentará. Como la temperatura aumen

ta, la humedad relativa en el fluido disminuye y la efectividad de remoción del disecante disminuye.

Los líquidos y gases a baja presión (50 psig y mayores) generalmente tienen suficiente capacidad calorífica para disipar el calor de adsorción y humidificación; por lo tanto, serpentines internos de enfriamiento no son necesarios. Sin embargo, cuando gases a baja presión se secan dinámicamente, se recomiendan serpentines de enfriamiento, si van a ser obtenidos bajos puntos de rocío en el efluente y capacidades dinámicas razonablemente altas.

Una de las mayores ventajas de un adsorbente sólido es la capacidad de ser reactivado o regenerado.

Como ya se estableció, el proceso adsorptivo es reversible; la fuerza conductora es la diferencial de concentración (presión de vapor) entre el adsorbato sobre la superficie disecante y en el fluido transportador. Por lo tanto, para regenerar el adsorbente y remover el adsorbato, el disecante será purgado con gas caliente y/o frío.

Es frecuente que la regeneración se inicie cuando la cama secadora y el fluido alcanzan una condición de equilibrio igual a la concentración máxima aceptable de adsorbato. En sistemas de cámara dual una válvula de desviación o series de válvulas cambian la corriente húmeda al entrar al lecho ya reactivado. Gas caliente y/o frío pasa entonces a contracorriente sobre el lecho húmedo hasta que el agua es agotada o purgada. Si se usa calor hay temperaturas máximas aceptables que pueden ser usadas.

Tipos de adsorbentes.- Cada uno de los adsorbentes tiene una temperatura máxima de regeneración; se muestra un límite máximo según los fabricantes.

Un fabricante de disecantes da una relación entre la temperatura de regeneración y el punto de rocío del efluente -- (suponiendo presión atmosférica).

Temperatura (°F)	Punto de rocío del efluente (°F)
250	2
350	65
450	108

Para lograr esto hay varios disecantes que son comercialmente adecuados, de los que se dan algunas características, presentando una razón superficie-masa altamente elevada en el rango de 3 millones de Ft<sup>2</sup>/lb de disecante:

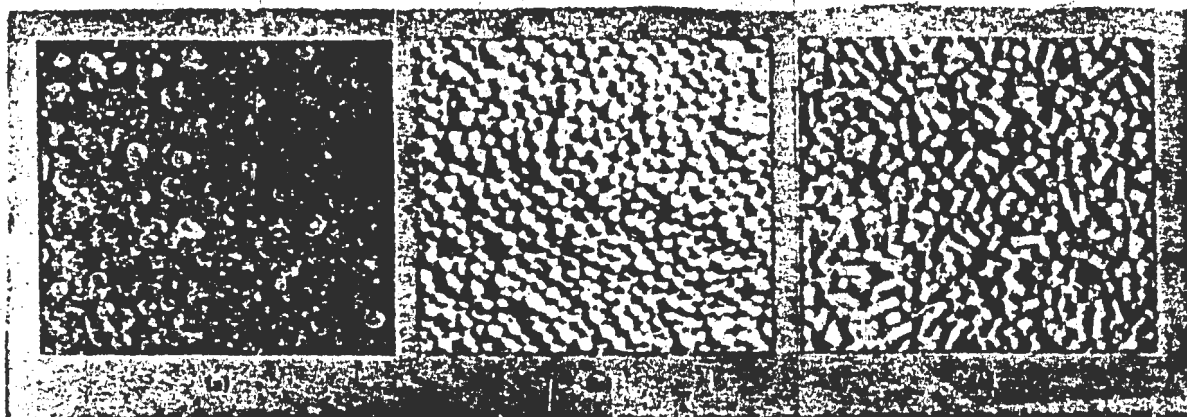
Silica gel granular(99% - SiO<sub>2</sub>).- Este material es de forma irregular, amorfo y extremadamente poroso. Es altamente compatible e inerte con muchos fluidos que necesitan secarse, pero no es recomendable para álcalis fuertes o ácido fluorhídrico. - Los fabricantes normalmente recomiendan como temperatura de regeneración: 350 °F.

Silica gels modificados tipo perla aisladora.- Estas son esféricas y también extremadamente porosas. Tienen un alto grado de compatibilidad pero no serán usadas con álcalis fuertes - ni HF. El rango de temperatura de regeneración recomendado es de 300 a 500 °F.

Alumina activada.- Estos óxidos de aluminio porosos son muy inertes. El rango de temperatura de regeneración es de 350

a 600 °F. Son frecuentemente usadas las perlas esferoidales.

Pellets (molecular Sieves).- Estas sustancias son sintetizadas y son adecuadas en pellets alargadas o perlas esféricas. El rango de temperatura de regeneración recomendado es de 400 a 600 °F.



DESICCANT TYPES commercially available: (a) bead-type silica gel, (b) activated alumina, (c) molecular-sieve pellets-

### Figura 3.9.5

#### Equipos de secado.

Las técnicas de secado son muy similares en todos los diseños. Es la regeneración la que varía, de las cuales hay -- dos clases básicas: calentamiento y pérdida de calor.

El método de calentamiento (interno) es el más común para pequeñas unidades arriba de 1,000 scfm a 100 psig. Se incluyen normalmente dos cámaras; cada una contiene un calentador. Mientras que una cámara está en operación, el desecante -- en la otra es regenerado.

Un ciclo de operación se toma normalmente de 4, 6 o -- 12 horas.

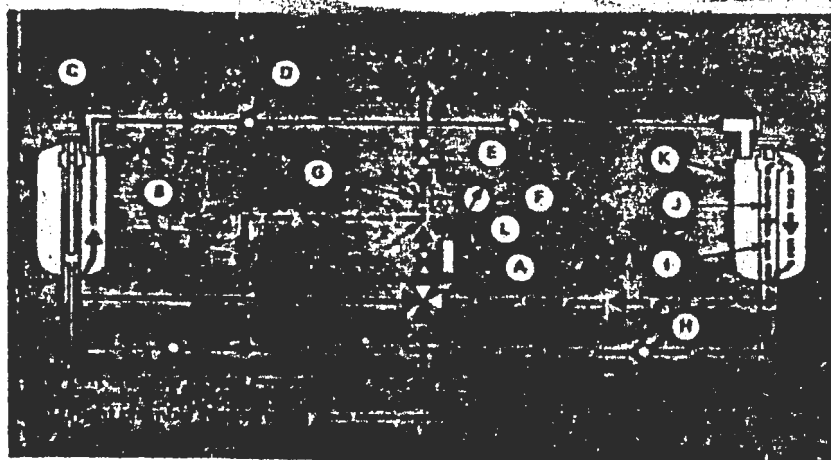
Para unidades de tamaños pequeños y medios, arriba de

15 scfm se recomiendan normalmente dos cámaras. Para flujos - más grandes, tres o cuatro cámaras son preferibles; cuando es - to ocurre, una cámara seca el fluido del proceso, otra está - siendo regenerada, mientras que una tercera está siendo en- - friada. Cuando no se requiere secado continuo llega a usarse una sola cámara. Pero lo más común son sistemas duales.

Los secadores regenerados con calentamiento interno cuentan con una transferencia de calor por conducción y radia- ción al desecante.

Porque de este el tamaño del secador es algo limita- do.

En la figura 3.9.6 se muestra el circuito de flujo - de uno de estos secadores, donde el gas húmedo entra a través de una válvula de cuatro vías (A) al lecho desecante (B), del que sale seco, pasando por un filtro (C) y, finalmente, sale por una check (D).



TYPICAL FLOW CIRCUIT for a dual chamber, internally heated, regenerative desiccant bed—Fig. 3.9.6

Una pequeña porción de gas secado pasa a través de -



la válvula de purga (E), indicador de purga (F) y orificio de purga (G), con la que se controla el flujo. Este gas pasa entonces por la válvula check (H), subiendo por el (I) y sobre el calentador eléctrico (J), el que entra después a toda el área de la cámara (K), por la que baja sobre el lecho húmedo del disecante; de aquí el gas húmedo resultante sale a la atmósfera a través de la válvula (L). La figura 3.9.7 muestra los internos de una cámara de este tipo.

# AUTOMATICO-EFICIENTE-BAJO MANTENIMIENTO

En las unidades de secado de este tipo, el flujo de gas que se deshidrata es ascendente dentro de las cámaras de secado, mientras que el flujo de purga, tanto durante el período de calentamiento como durante el de enfriamiento, es descendente. Esta purga se descarga finalmente a la atmósfera. Los calentadores se colocan internamente en las cámaras. Parte del proceso de enfriamiento se proporciona por radiación y convección. Las unidades se diseñan con los últimos adelantos, para obtener la máxima eficiencia en el secado y una cantidad mínima de purga. Se pueden operar intermitente o

continuamente, a capacidades desde 0 (cero) hasta el 100 % del flujo de diseño. No requieren enfriadores o ventiladores adicionales, reduciendo de esta manera los costos de operación y de mantenimiento.

Los secadores reactivados por calor marca PALL, se utilizan para: suministrar aire seco para instrumentos, gases deshidratados para diferentes procesos industriales, aire de control para equipo electrónico de detección o comunicación y en fin, para cualquier sistema que requiera una fuente segura de aire o gas seco.

## CAMARA DE DISECANTE SECADOR REACTIVADO TERMO ELECTRICAMENTE

## CARACTERISTICAS

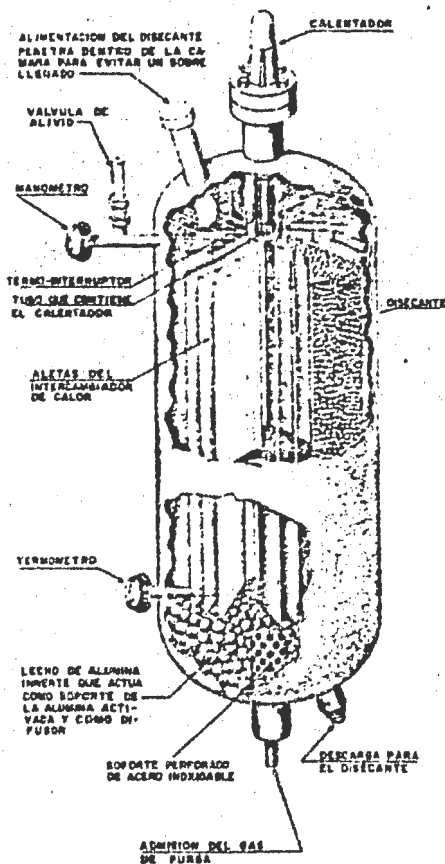


FIG. 3.9.7

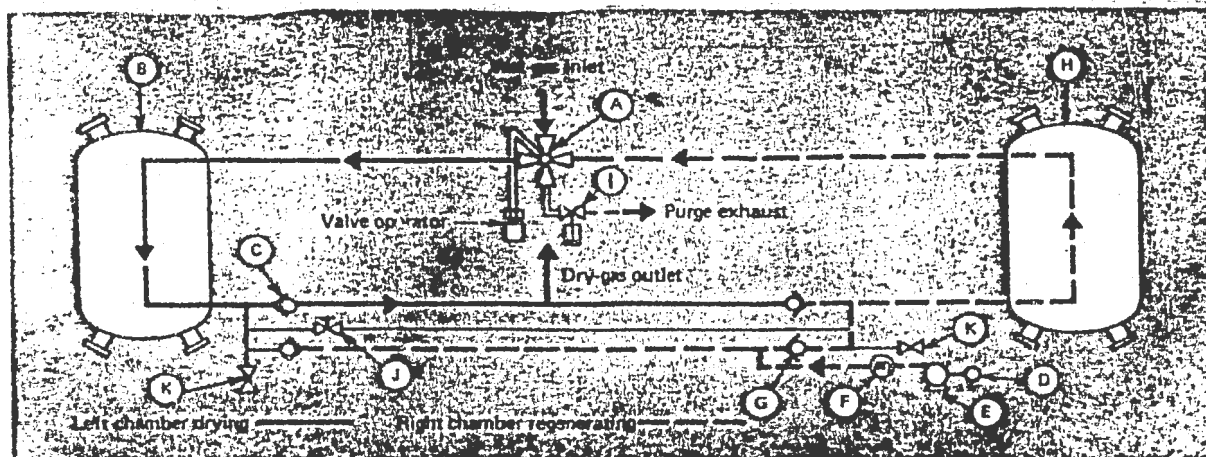
- 1.- El flujo de purga precalentado, en contra-corriente, proporciona el máximo posible de eliminación de humedad adsorbida, con la mínima cantidad de pérdida de gas.
- 2.- El diseño especial por medio de aletas del intercambiador permite la conducción del calor de regeneración a toda la cama del desecante, evita puntos calientes y daños al calentador; defectos comunes en unidades en donde el calentador queda sumergido y en contacto directo con el calentador.
- 3.- Se suministran calentadores de alta eficiencia, aislados con óxido de aluminio de alta pureza y camisas de Incoloy.
- 4.- Se utilizan calentadores internos para minimizar pérdidas de calor.
- 5.- Los calentadores no están en contacto directo con el desecante, consecuentemente: a) Puede dársele servicio sin tocar el desecante; b) No se produce rompimiento del desecante producido por el contacto con la camisa del calentador, que puede alcanzar temperaturas excesivas; c) No hay posibilidad de que se incendie el aceite que el desecante ha separado del gas que se está secando.
- 6.- Se suministran termo-interruptores para cada calentador, que controlan y mantienen la temperatura adecuada durante la regeneración. ( en modelos 32AE ó mayores ).
- 7.- En los modelos 302AE ó mayores, los calentadores están interconectados con interruptores de posición actuados por la válvula de 4 pasos, lo que evita que se energicen en caso de falla en el cambio de ciclo. Este arreglo es estándar y se suministra independientemente de cualquier opción que se haya solicitado.
- 8.- Se suministra el circuito de représurización como característica estándar del equipo. Este circuito obliga a que la presión, en la cámara regenerada, aumente lentamente hasta alcanzar la presión de línea, antes de efectuarse el cambio de ciclo, lo cual: a).- Elimina el desgaste del desecante producido por movimientos de la cámara al ser représurizada rápidamente. b) Evita el desplazamiento del lubricante en la válvula de 4 pasos, al igualar las presiones a ambos lados durante el cambio de ciclo; c) Evita oscilaciones de presión en la línea de servicio después del secador.
- 9.- Se proporcionan entradas y salida para el desecante, independientes entre sí, como característica estándar en los modelos grandes; ello: a) Evita desconectar las tuberías o las conexiones eléctricas en caso de requerirse el cambio de desecante; b) Permite recargar la unidad sin tocar el calentador; c) Automáticamente limita la altura de la cama de desecante, garantizando el área necesaria para proporcionar un flujo uniforme a través de toda la altura de la cámara y una dispersión adecuada del gas de purga.
- 10.- En los modelos 302 y mayores, se suministran filtros de malla de acero inoxidable, interconstruidos con la sacadora y colocados en la descarga del aire, para evitar el paso de partículas de desecante hacia la línea de servicio. Estos filtros se pueden desmontar para su limpieza periódica, sin desmontar ninguna otra pieza del equipo.
- 11.- Se suministra, en cada cámara, un soporte de acero inoxidable perforado para retener el desecante y que actúa como difusor del flujo de gas en la admisión de la cámara, para obtener una máxima utilización del desecante.
- 12.- Se suministran como equipo estándar: un manómetro, un termómetro y una válvula de alivio, para cada cámara, un indicador del flujo de purga, y un filtro de aire para los controles neumáticos. ( en modelos 32 ó mayores ).
- 13.- La construcción, de las cámaras en especial y de la sacadora en general, cumple con todas las especificaciones del ASME y de todos los Códigos Racionales aplicables.
- 14.- Se suministra una caja especial para contener todos los controles actuados por voltajes superiores a 110 volts y otra para los instrumentos de control actuados a 110 volts. La caja de alta tensión contiene también un transformador de control para derivar la alimentación de control a 110volts por lo que el usuario solamente tiene que suministrar una sola toma eléctrica, de alta tensión.
- 15.- Las unidades estándar se diseñan para entregar gas seco con un punto de rocío de  $-40^{\circ}\text{C}$ . También se pueden suministrar equipos que producen puntos de rocío hasta de  $-73^{\circ}\text{C}$  ( $-100^{\circ}\text{F}$ ), a solicitud del cliente.

### Regeneración por calor externo.

Otro método de regeneración, el cual tiene un soplado de purga atmosférica y un calentador externo a la cámara desecante, no requiere sacar la purga requerida de la corriente principal.

El aire atmosférico es jalado al loop de regeneración por medio de un soplador, el cual comprime la purga compensando la caída de presión a través del secador. Esta técnica no se debe usar si el medio ambiente del que se jala la purga está contaminado con vapores corrosivos o venenosos al disecante.

En la figura 3.9.8 se representa el circuito de flujo para este método.



PURGE, BLOWER-TYPE DRYER. Atmospheric purge-air, heated outside at Point F, regenerates the chambers—Fig. 3.9.8

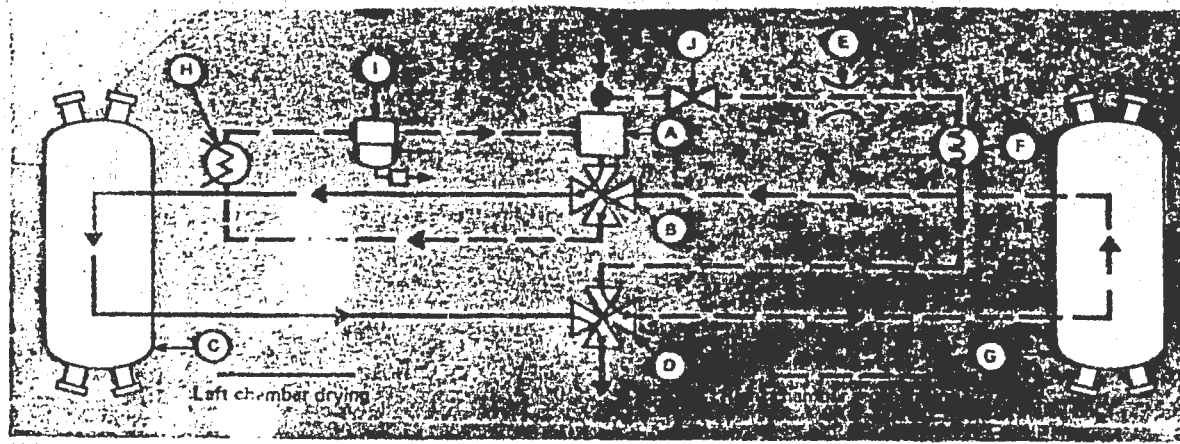
### Regeneración en circuito cerrado.

Los métodos de regeneración en circuito cerrado son frecuentemente usados para grandes flujos de gases, cuando el soplador atmosférico no es requerido o cuando el venteo de la purga de gas no se acepta porque puede ser caro o tóxico. Los secadores de loops cerrados son divididos en tres tipos: co-

corriente divididos y enfriamiento no convectivo; corriente dividida con enfriamiento convectivo; y, corriente dividida con enfriamiento convectivo y purga cautiva, con un soplador presurizado.

Para operar continuamente y tener suficiente flujo de purga se acarrea calor sensible para regeneración. Estos sistemas requieren cerca del 20% del flujo.

El sistema de corriente dividida con enfriamiento convectivo se muestra en la figura 3.9.9.



SPLIT-STREAM, NO-CONVECTION-COOLING DRYER. A portion of heated, incoming air regenerates the chambers-

Figura 3.9.9.

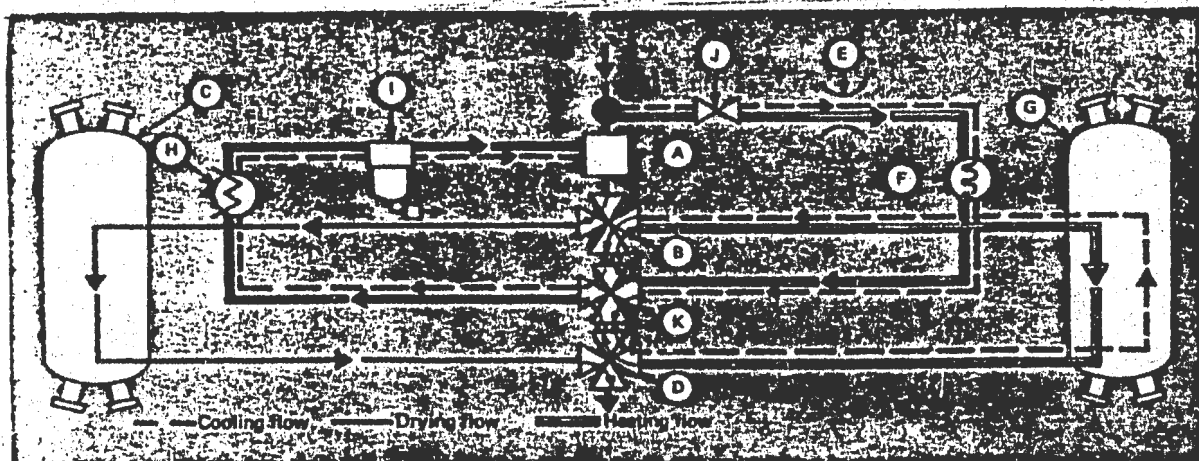
El sistema de corriente dividida con enfriamiento convectivo se muestra en la figura 3.9.10; la diferencia con la anterior es que después que la corriente de purga pasa por el orificio E y al calentador F, el gas calentado es dividido a través de la válvula de cuatro vías K a la válvula D y pasa a regenerar por el fondo de la cámara.

El sistema de purga cautiva con soplador presurizado. Este tercer tipo de sistema loop-cerrado tiene un soplador a -

presión y un volumen cautivo del fluido de regeneración.

La técnica usa flujo a cocorriente.

Este método de regeneración generalmente no es recomendado por los fabricantes de disecantes porque es un medio ineficiente para remover la humedad del disecante.



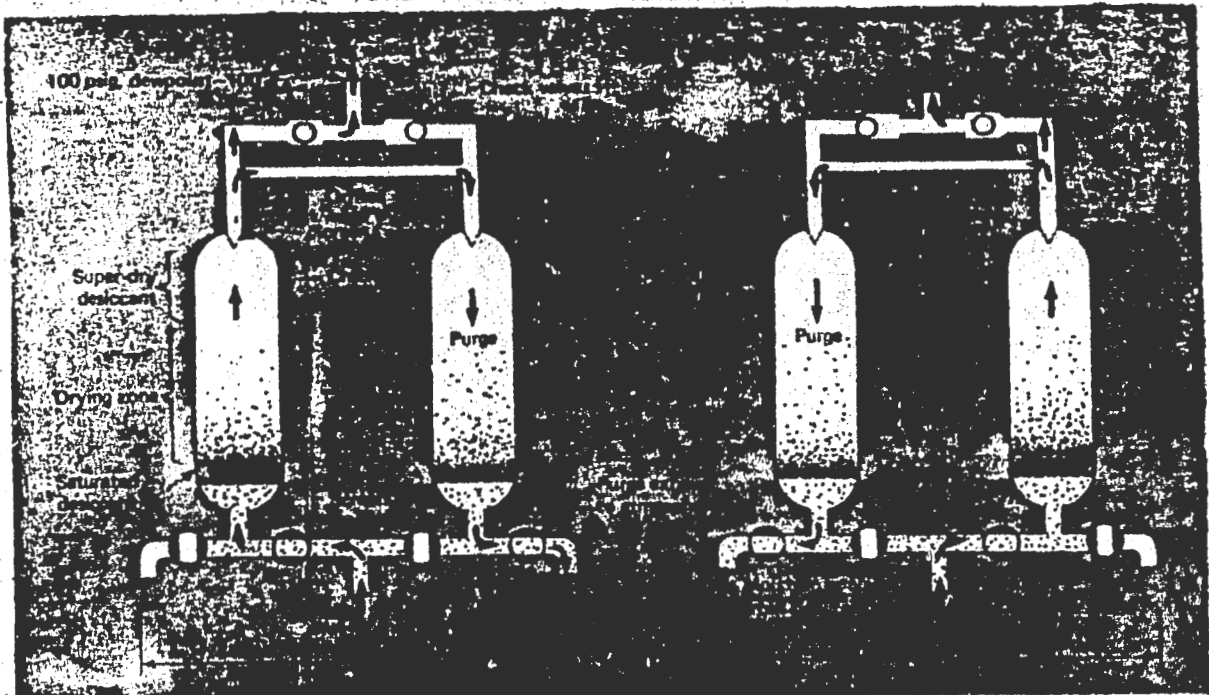
FLOW-CIRCUIT for split-stream dryer with convection cooling. Note external Heater F and Cooler H—Fig. (3.9.10).

Regeneración "heaterless" (Pérdida de calor).— Una pequeña porción del aire efluente seco a presión de trabajo es expandido a presión atmosférica o abajo y pasa a contracorriente sobre el disecante que va a ser regenerado. El período de secado para estos secadores es mucho más corto (2 a 5 minutos) que los tipos regeneración por calor de 4 o 6 hr.

No obstante, la configuración general y el tamaño de la cámara son aproximadamente comparables. Por lo tanto, la carga de humedad por libra de disecante es hasta menor con estos secadores, donde solo 2 a 3% de la capacidad total dinámica de la cama es utilizada. El resto del lecho extrae las trazas restantes de vapor de agua. Se requiere mucho menos energía para regenerar el disecante.

Como el ciclo de tiempo es muy corto, el calor residual de adsorción es suficiente para obtener en el efluente -- puntos de rocío de  $-40^{\circ}\text{F}$  y menores para el período de 2 min.

Los secadores heaterless han sido ampliamente aceptados para secar aire y para separación selectiva de gases. La figura 3.9.11 muestra el circuito de flujo de proceso; además, como el equipo es mucho menos complejo que para los tipos de regeneración por calor.



HEATERLESS DRYERS are common for drying air and for selective separation of gases—Fig. 3.9.11

Para adquirir un sistema secador con cámara dual se requieren suministrar al fabricante las siguientes especificaciones:

- a) Fluido por secar.
- b) Flujo de entrada.
- c) Presión de trabajo.

- d) Temperatura del fluido.
- e) Máximo contenido de humedad permisible a la salida.

Además, en base a la localización de la planta, se requiere suministrar:

- a) Disponibilidad eléctrica (Volts, fases, ciclos).
- b) Presión de vapor.
- c) Tipo de compresor (lubricado o no lubricado).
- d) Temperatura disponible del agua de enfriamiento.
- e) Contenido de humedad a la entrada.
- f) Ubicación dentro o fuera de cuartos.
- g) Elevación SNM.
- h) Corrosión permisible.
- i) Instrumentación deseada, etc.

## 3.9.4 MEMORIAS DE CALCULO

## D) Dimensionamiento tanque receptor de aire.

El volumen del tanque debe ser tal que asegure el suministro de aire para instrumentos, siendo la presión requerida - en éstos, limitante cuando el sistema no genere aire comprimido y ya que el aire de servicios no se demanda continuamente. Este suministro de aire a los instrumentos debe ser durante un determinado tiempo, durante el cual la presión disminuirá desde la presión normal de operación, hasta la presión mínima permisible en el instrumento. Esto es un proceso de expansión isotérmica, con diferenciales de presión al pasar el tiempo.

La fórmula que relaciona esta expansión es la siguiente:

$$V = Q (t) \left( \frac{T}{P_1 - P_2} \right) \frac{P_0}{T_0}$$

donde:

V = Volumen del tanque receptor (ft<sup>3</sup>)

Q = Requerimientos de aire comprimido (ft<sup>3</sup>/min estándar)

t = tiempo de residencia (min)

T = Temperatura del aire dentro del tanque ( R )

P<sub>1</sub> = Presión inicial en el tanque (PSIG)

P<sub>2</sub> = Presión final en el tanque (PSIG)

P<sub>0</sub>, T<sub>0</sub> = Condiciones estándar (60 F y 1 atm)

Datos:

Q = 68.5 Nor./70 DIS, SCFM (consumo de aire de instrumentos)

t = 5 min. (recomendado por fabricantes)

T = 100 °F + 460 = 560 °R

P<sub>1</sub> = 108 PSIG + 14.7 = 122.7 PSIA

P<sub>2</sub> = 43 PSIG = 57.78 PSIA \_\_\_\_\_ Presión mínima requerida por los instrumentos.



$$T_o = 60^{\circ}\text{F} \quad , \quad P_o = 14.7 \text{ PSIA}$$

$$V = 70 \text{ SCFM (5 min)} \left( \frac{560^{\circ}\text{R}}{108-57.7} \right) \frac{14.7 \text{ PSIA}}{520^{\circ}\text{R}}$$

$$V = 110 \text{ Ft}^3$$

Las dimensiones del tanque serán:

$$V = AL = \frac{\pi D^2 L}{4} = 0.785 D^2 L$$

Se considera  $L/D = 2$  ya que  $2 \leq L/D \leq 5$

$$L = 2D$$

$$V = 0.785 D^2 (2D)$$

$$V = 1.57 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{1.57}} = \sqrt[3]{\frac{110 \text{ Ft}^3}{1.57}} = 4.12 \text{ Ft}$$

$$L = \frac{V}{0.785 D^2} = \frac{110}{0.785 (4.12)^2} = 8.25$$

Esto se ajusta a tamaños comerciales de placas.

### 3.9.5 Descripción del sistema.

El aire comprimido y caliente es enviado al postenfriador, donde se enfría hasta 100° F antes de pasar al tanque receptor, el cual tiene la función de asegurar el suministro de aire de instrumentos durante un período de 5 minutos. Después, del tanque receptor se envía una cantidad de aire húmedo para servicios generales y otra cantidad a la secadora de aire, para el suministro de aire de instrumentos.

### 3.9.6 Hojas de datos.

A continuación se muestran las hojas de datos de los equipos que integran este sistema.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 3	
PREPARO: R.D.T.		CHECO: E.N.E		APROBO: E.N.E	
FECHA: SEPT-50		HOJA DE DATOS PARA COMPRESORES RECIPROCANTES		DP-0410	
EP CA-01	CANTIDAD UNO	UNIDAD			
LUGAR		FABRICANTE *			
SERVICIO COMPRESOR DE AIRE SERV. E INST.		MODELO *			
ELEMENTO MOTRIZ MOTOR ELECTRICO		RPM: MAX. *	NOM. *	MIN. *	TIPO DE COMPRESOR LUBRIFICADO <sup>NO</sup>
CARACTERISTICAS DE OPERACION					
Nº E.P./SERVICIO Nº DE ETAPAS GAS COMPRIMIDO CORROSION POR HUMEDAD RELATIVA PESO MOLECULAR A LA ENTRADA C <sub>d</sub> /C <sub>v</sub> A LA SUCCION C <sub>d</sub> /C <sub>v</sub> A LA DESCARGA TEMPERATURA A LA ENTRADA °F PRESION A LA ENTRADA (PSIA) TEMPERATURA A LA DESCARGA (°F) PRESION A LA DESCARGA (PSIA) Z A LA SUCCION Z A LA DESCARGA			CODIGOS APLICABLES <input type="checkbox"/> ESTANDAR API 616 <input type="checkbox"/> ESTANDAR API 615 <input type="checkbox"/>		
CAPACIDAD NORMAL LB/HR (HUMEDO) PCM ENTRADA REL MMPCSM/PCSM BHP/ETAPA BHP NORMALES CAPACIDAD NOMINAL LB/HR (HUMEDO) PCM ENTRADA (CORREGIDOS) REL MMPCSM/PCSM BHP/ETAPA BHP MAXIMOS (GARANTIZADOS)			ACCESORIOS SUMINISTRO DEL FABRICANTE <input checked="" type="checkbox"/> PULSACION, COMPUERTA O BOTELLA VOLUMETRICA <input type="checkbox"/> TUBERIA INTERETAPAS # <input type="checkbox"/> INTERENFRIADOR # <input checked="" type="checkbox"/> SEP DE HUMEDAD CON TRAMPA <input checked="" type="checkbox"/> POST-ENFRIADOR <input checked="" type="checkbox"/> TUBERIA INTERNA AGUA ENF. <input checked="" type="checkbox"/> TABLERO DE INSTRUMENTOS <input checked="" type="checkbox"/> MIMLLAS DE FLUJO <input checked="" type="checkbox"/> TUBERIA DE INTERCONEXION DE SERVICIOS <input checked="" type="checkbox"/> TANQUE RECIBIDOR PESO NETO DE LA UNIDAD INCLUYENDO COMPRESOR MOTOR Y BASE (LB) # PESO DE MONTAJE (LB) # PESO DE MANTENIMIENTO (LB) # ESPACIO LIBRE (L X A X H) # ESPACIO LIBRE DE MANT. #		
CONTROL DE CAPACIDAD					
PARA PERMITIR UNA O.P.A. PCM A LA ENTRADA FORMA DE CONTROL PRESION A LA ENTRADA (PSIA) PRESION DE DESCARGA (PSIA) TEMPERATURA DE DESCARGA (°F) BHP/ETAPA BHP. TOTALES			EL CONTROL DE CAPACIDAD DEBERA SER: <input type="checkbox"/> VEL VARIABLE A _____% NOMINAL <input type="checkbox"/> BYPASS POR COMPRESOR <input type="checkbox"/> CONTROL AUTOMATICO ESTD DEL FAB <input checked="" type="checkbox"/> ARRANQUE-PARO <input type="checkbox"/> 2 PASOS <input type="checkbox"/> 3 PASOS <input type="checkbox"/> 5 PASOS <input checked="" type="checkbox"/> SEÑAL DE TANQUE RECIBIDOR <input type="checkbox"/> SEÑAL POR INSTRUMENTACION DEL COMPRESOR CON _____ PSIG DE AIRE <input type="checkbox"/> FORMA DE CONTROL <input type="checkbox"/> FIJA <input type="checkbox"/> VARIABLE <input type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> AUTOMATICA <input type="checkbox"/> DESCARGA VALVULA DE SUCCION <input type="checkbox"/> MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> AUTOMATICA AL FALLAR LA SEÑAL EL COMPRESOR DEBERA <input type="checkbox"/> DESCARGAR <input checked="" type="checkbox"/> CARGAR		
PARA PERMITIR UNA O.P.A. PCM A LA ENTADA FORMA DE CONTROL PRESION A LA ENTADA (PSIA) PRESION DE DESCARGA (PSIA) TEMPERATURA DE DESCARGA (°F) BHP/ETAPA BHP. TOTALES					
REVISIONES				FECHA	CRECO
<input checked="" type="checkbox"/> PARA COTIZACION				SEP-50	ENE
				APROBO	ENE

PREPARO:  
P.O.T.

CHECO:  
E.N.E.

APROBO:  
E.N.E.

FECHA:  
SEPT-80

HOJA DE DATOS PARA COMPRESORES RECIPROCANTES

DP-0410

CARACTERISTICAS DEL CILINDRO.

EP/SERVICIO	
Nº DE ETAPA	
Nº DE CILINDROS POR ETAPA	
TIPO DE CILINDRO	
ACCION SIMPLE / DOBLE	
CILINDRO ENCAMISADO SI/NO	
CILINDRO ENCAMISADO NUMERO/SECO	
DIAMETRO EXTERNO DE LA CAMISA (IN)	
DIAMETRO INTERIOR (IN)	
CARRERA DEL PISTON (IN)	
DESPLAZAMIENTO DEL PISTON (PCM)	
CLARO (%)	
EFICIENCIA VOLUMETRICA (%)	
VEL. PROM. DEL GASEN LA VALV. (FT/M)	
Nº DE VALVULAS INTERNAS-EXTERNAS	
TIPO DE VALVULAS	
VEL. MAX. PERMISIBLE DEL PISTON (FT/M)	
VELOCIDAD NORMAL DEL PISTON (FT/AB)	
DIAMETRO BIELA	
PRESION MAX. PERMISIBLE DEL CILINDRO (PSIG)	
TEMP. MAX. PERMISIBLE DEL CILINDRO (ºF)	
BOTELLA VOLUM EN LA SUCCION (FT³)	
BOTELLA VOLUM EN LA DESCARGA (FT³)	
PRESION RECOMENDADA DE RELEVO (PSIG)	
PRUEBA HIDROSTATICA (PSIG)	
DIAMETRO DE LA SUCCION	
TIPO DE CARA	
DIAMETRO DE LA DESCARGA	
TIPO DE CARA	

MATERIALES DE CONSTRUCCION

CILINDROS	
CAMISAS DE LOS CILINDROS	
PISTONES	
ANILLOS	
BIELAS	
ASIENOS DE VALVULAS	
CUERPO DE VALVULAS	
DISCOS DE VALVULA	
RESORTES DE VALVULA	

EMPAQUES DEL COMPRESOR

- FIBROSO ESTD.
- EMPAQUE METALICO FLOTANTE
- CON ANILLOS DE ACERO INOXIDABLE
- LUBRICACION FORZADA
- NO LUBRICADO  TEFLON  CARBON
- ENFRIADO CON AGUA
- VENTEADO A ATM

LUBRICACION

- ARMAZON
- SISTEMA DE SALPUEVO
  - SISTEMA DE PRES. INCLUYENDO LO SIGUIENTE
  - BOMBA DE ACEITE MOVIDA POR FLECHA DEL COMP
  - BOMBA DE ACEITE MOV. POR MOT. ELECTRICO
  - BOMBA DE OP. MANUAL PARA ARRANQUE
  - CAPACIDAD DEL SISTEMA DE ACEITE \_\_\_\_\_ GAL
  - TIPO DE ACEITE \_\_\_\_\_ GRADO
  - CALENTADOR ELECTRICO CON TERMOSTATO \_\_\_\_\_ KW
- CILINDROS
- LUBRICADOR MOVIDO POR:
- FLECHA COMPRESOR
  - MOTOR ELECTRICO
- CAPACIDAD DEL LUBRICADOR \_\_\_\_\_ GAL
- TIPO DE ACEITE \_\_\_\_\_ GRADO
- LUBRICADOR EQUIPADO CON:
- SUPLENTO DE VAPOR
  - CALENTADOR ELECTRICO CON TERMOSTATO \_\_\_\_\_ KW
- Nº DE COMPARTIMENTOS Nº DE BOMBAS
- COPILE - BAJA VELOCIDAD
- FAB. \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_
- TIPO \_\_\_\_\_

COPILE - ALTA VELOCIDAD

- FAB. \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_
- TIPO \_\_\_\_\_
- GUARDA  COPILE  BANDA  VOLANTE
- COMPRADOR  FAB COMPRESOR
- FILTRO DE AIRE SI
- FAB. \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_
- TIPO \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES

*\* DATOS QUE DEBEA SUMINISTRAR EL FABRICANTE Y/O PROVEEDOR*

REVISIONES

<input checked="" type="checkbox"/> PARA AUTORIZACION	FECHA	CHECO	APROBO
	OCT-80	ENE	ENE



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN		PROYECTO: TESIS PROFESIONAL		HOJA 1 DE 1		
PREPARO: P.D.T.		CHECO: I.H.		APROBO: J.NE		
FECHA: OCT-79						
HOJAS DE DATOS PARA SECADORES DE AIRE					DP-1110	
E.P. SA-01	CANTIDAD UNA	UNIDAD SECADORA DE AIRE				
LUGAR	FABRICANTE					
SERVICIO SECCAO DE AIRE PARA INSTRUMENTOS	MODELO					
CONDICIONES DE OPERACION						
GASTO DE SALIDA: 48.5 LBR. 775 MAX. SCFM						
PRESION DE SALIDA: 100 PSIG						
TEMPERATURA DE SALIDA: 100 °F						
CONTENIDO DE HUMEDAD A LA SALIDA: 0.000016 LB <sub>A</sub> /LB <sub>A</sub> (A LA PRESION DE SALIDA)						
TEMPERATURA FINAL DE ROCIO: 0 PRESION DE OPERACION: -3 °F						
PRESION ATMOSFERICA: -10 °F						
CONDICIONES ESPECIALES: NINGUNA						
ESPECIFICACIONES						
TIPO DE SECADOR: REGENERACION EN FRIO						
OPERACION: AUTOMATICA						
DESCRIPCION DEL SECADOR:						
CICLO DEL SECADOR: 10 MINUTOS						
ABSORCION: 5 MINUTOS						
REACTIVACION: 5 MINUTOS						
ABSORBENTE: ALUMINO ACTIVADA						
CANTIDAD DE ABSORBENTE: * LB/CAMARA						
PRESION DE DISEÑO: * PSIG						
CAIDA DE PRESION MAXIMA: 6 PSIG						
TAMANO DE LA CONEXION: *						
GASTO DE LA PURGA: * SCFM						
CLASE NEMA: I						
CAPACIDAD DEL CALENTADOR: KW						
POTENCIA DEL MOTOR DEL VENTILADOR: H.P.						
INSTRUMENTACION: *						
PESO DEL EMBARQUE: * LB (APROX) *						
SERVICIOS						
CORRIENTE ELECTRICA	CALENTADOR:	VOLTS	CICLOS	FASES		
	CONTROL:	120	60	1 FASES		
POTENCIA CONSUMIDA	CALENTADOR:	KW-HR				
	CONTROL:	* KW-HR				
AIRE DE CONTROL:	* PSIG (MIN)					
AGUA DE ENFRIAMIENTO:	GPM (MAX) 0 °F (MAX)					
VAPOR:	LB/HR (PROM) PSIG					
OBSERVACIONES						
* DATOS QUE DEBERA PROPORCIONAR EL PROVEEDOR.						
NOTA - EL PROVEEDOR DEBERA INCLUIR EN SU OFERTA PREFILTRO, POSTFILTRO Y TRAMPA AUTOMATICA ADECUADA.						
REVISIONES				FECHA	CHECO	APROBO
▲ PARA COTIZACION				OCT. 15	J.NE	J.NE
▲						

#### 4.0 DIAGRAMAS.

Los diagramas de balance son elaborados por el ingeniero de proceso y son de gran utilidad, ya que sirven para el dimensionamiento de tuberías, así como para establecer capacidades de equipos y dar una visión rápida del proceso.

En la elaboración de los diagramas de tuberías e instrumentos intervienen de una u otra forma, los siguientes departamentos:

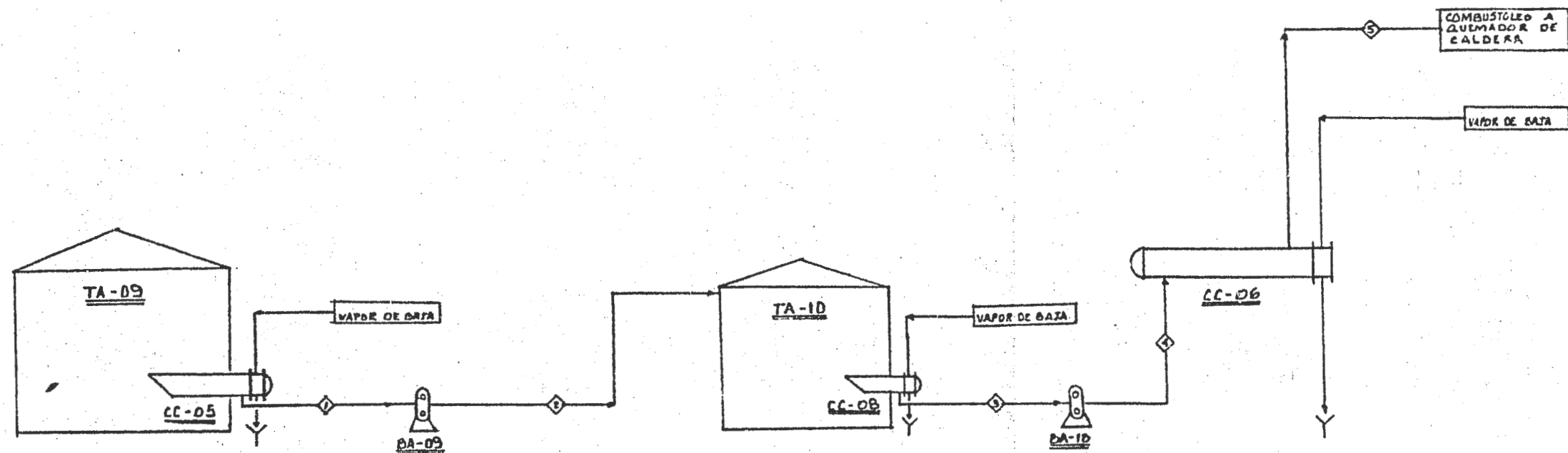
- a) Departamento de proceso.
- b) Departamento mecánico.
- c) Departamento instrumentación.
- d) Departamento de tuberías.

Estos diagramas son importantes porque en base a ellos se elaboran los arreglos de tuberías, isométricos y planos de arreglos de equipo, además de servir para la construcción de la planta.

Hay diagramas de tuberías e instrumentos, que por las características del equipo no son elaborados por los ingenieros de diseño, sino que son suministrados por el proveedor del equipo; tal es el caso del DTI de caldera y DTI de tratamiento de agua a los que se les denomina sistemas paquete.







TA-09  
TANQUE DE ALMI-  
LENAMIENTO DE  
COMBUSTIBLE

CC-05  
CALENTADOR DE  
SUCCION EN TR.  
ALMTD. COMS.

BA-09  
BOMBA TRANSFERENCIA  
COMBUSTIBLE A TQ.  
DE DIA

TA-10  
TANQUE DE DIA  
DE COMBUSTIBLE

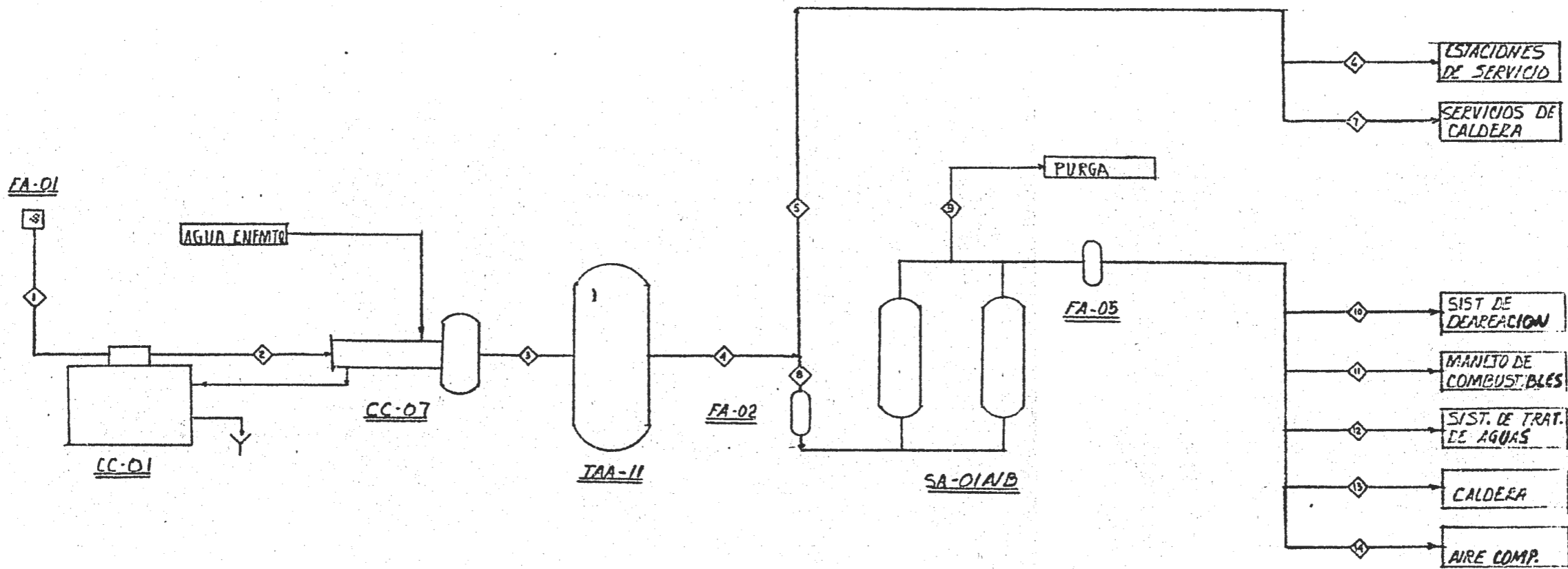
CC-08  
CALENTADOR DE  
SUCCION EN TR.  
DE DIA.

BA-10  
BOMBA ALIMENTA-  
CION COMBUSTIBLE  
A CALDERA

CC-06  
CALENTADOR FINAL  
DE COMBUSTIBLE.

Nº CORRIENTE	①	②	③	④	⑤
FLUJO (LB/Hr)	55541	55541	15478	15478	15478
GASTO (G.P.M)	115	115	32	32	33
PRESION (PSIA)	-10.4	16.4	-10.7	289	259
TEMP. (°F)	122	122	122	122	215

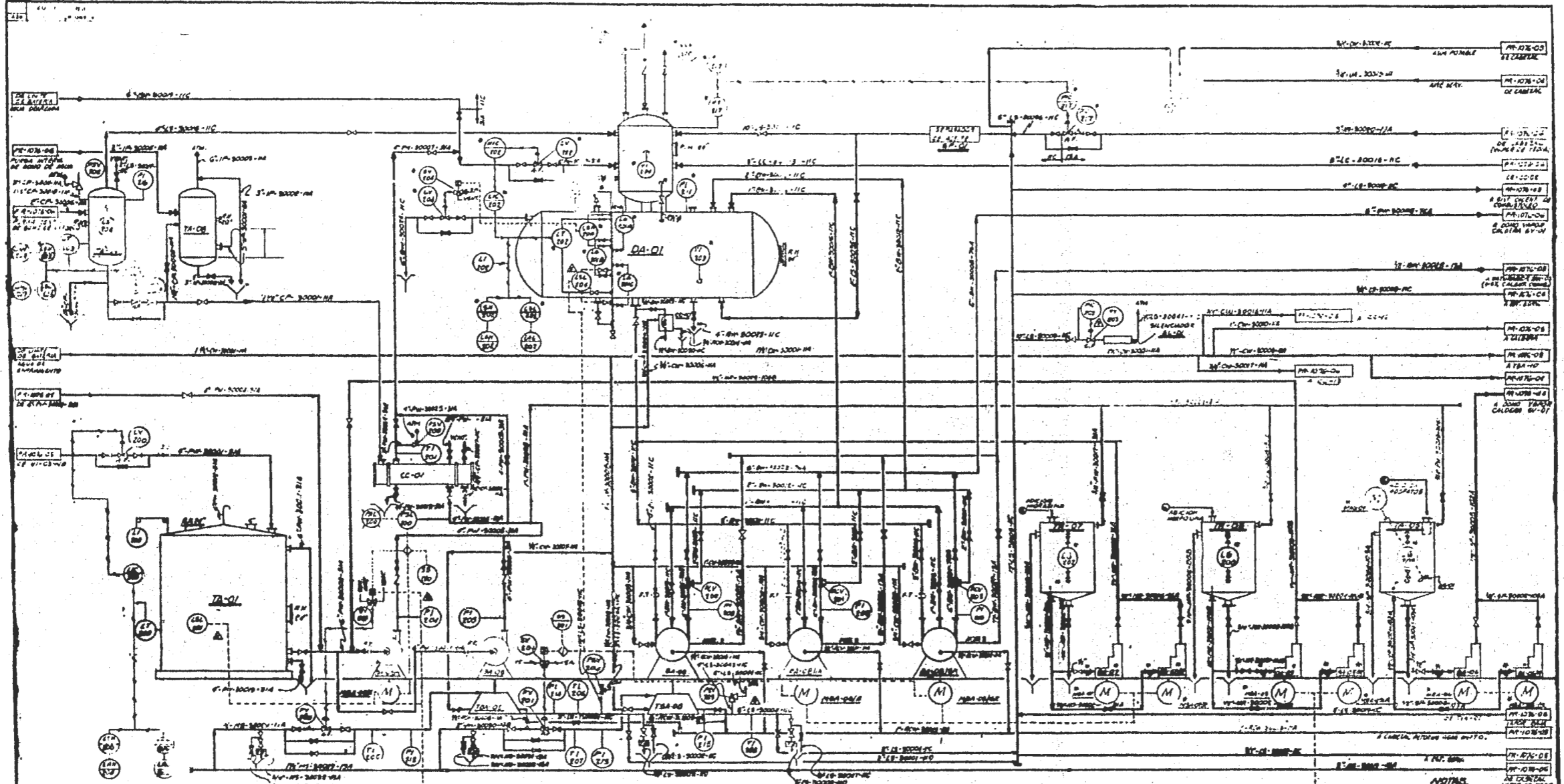
POR.	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
PDT/ITGC	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLAN		
REV.	DIAGRAMA DE BALANCE MATERIA Y ENERGIA		
E N E	DE COMBUSTIBLE		
AP	PROYECTO:	AREA:	Nº PLANO:
E N E	TESIS PROFESIONAL	SERVICIOS	PR-1076-07
			REV.



FA-01 FILTRO DE AIRE  
CC-01 COMPRESOR DE AIRE  
CC-07 POSTENFRIADOR DE AIRE C/SEP. DE HUMEDAD  
TAA-II TANQUE RECIPIENTE DE AIRE  
FA-02 PREFILTRO DE AIRE  
SA-01A/B SECADOR DE AIRE  
FA-05 POSTFILTRO DE AIRE

Nº CORR.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GASTO (SCFM)	491.85	491.85	491.85	491.85	423.2	30	333.3	69.55	11.48	6.5	3.83	22.76	23.3	0.73
PRESION (PSIG)	0	113	108	107	106	106	106	106	0	100	100	100	100	100
TEMP. (°F)	92	566	100	100	100	100	100	100	92	100	100	100	100	100

FOR:	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
REV:	FACULTAD DE ESTUDIOS SUR CUATITLAN		
E NE	DIRECCION DE BALANCE MATERIA Y ENERGIA		
APROBADO	DE AIRE COMPRIMIDA		
PROYECTO:	AREA:	Nº PLANO:	REV.
TESIS PROFESIONAL	SERVICIOS	PR-1076-DB	



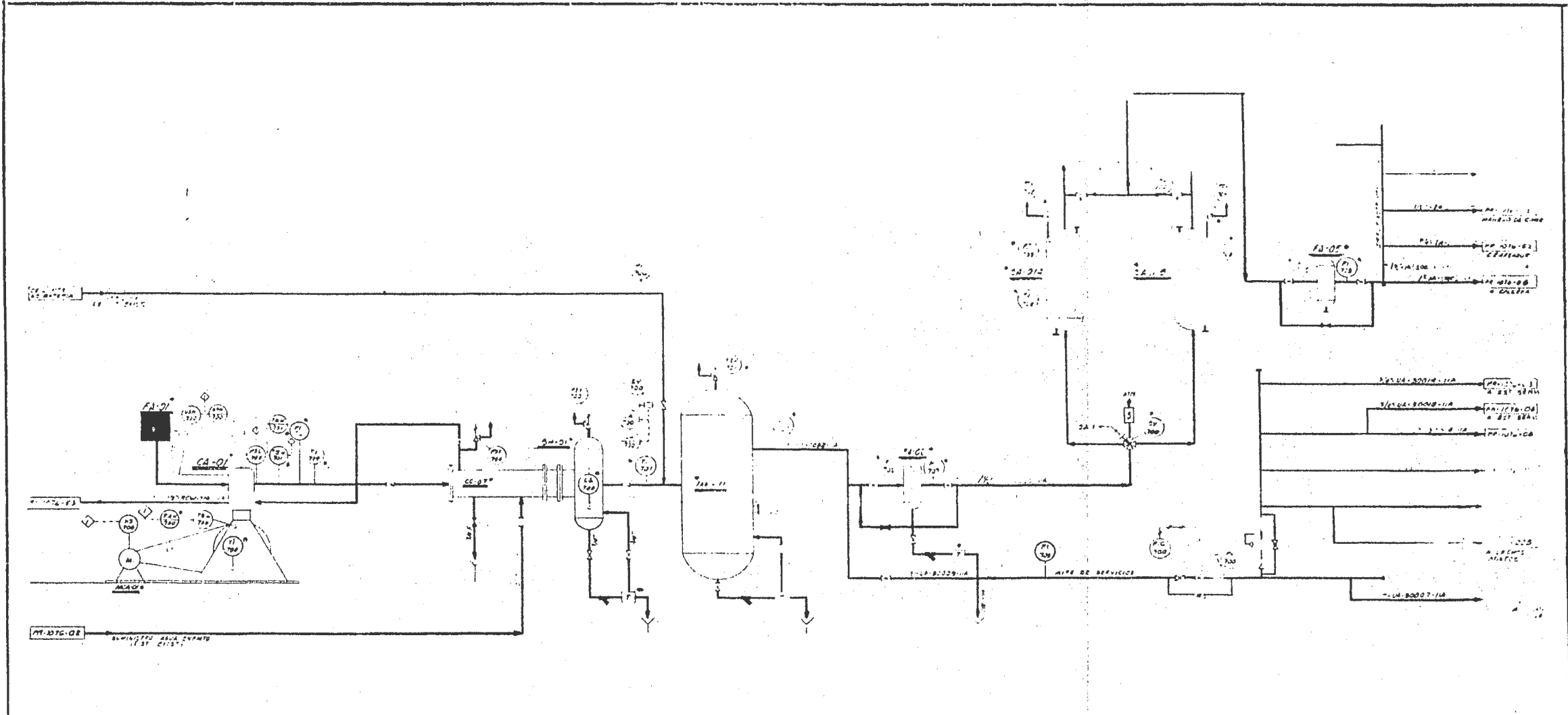
- LEYENDA**
- TA-01: Transmisor de Temperatura
  - DA-01: Detector de Nivel
  - CC-01: Controlador de Temperatura
  - M: Motor
  - P: Bomba
  - ... (Other symbols and their descriptions)
- NOTAS**
1. CONTROL MAESTRO
  2. TRABAJO DE MANTENIMIENTO
  3. LINEAS DE MANTENIMIENTO
  4. EQUIPO E INSTRUMENTOS PROPORCIONADOS POR EL PROVEEDOR

NO.	FECHA	REVISIONES	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA	PROYECTO	PLANTILLA
1	15/05/72	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

**APROBADO PARA CONSTRUCCION**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUNTIITLAN  
 DIAGRAMA DE TURBINA E INSTRUMENTACION  
 ECT-1016-02





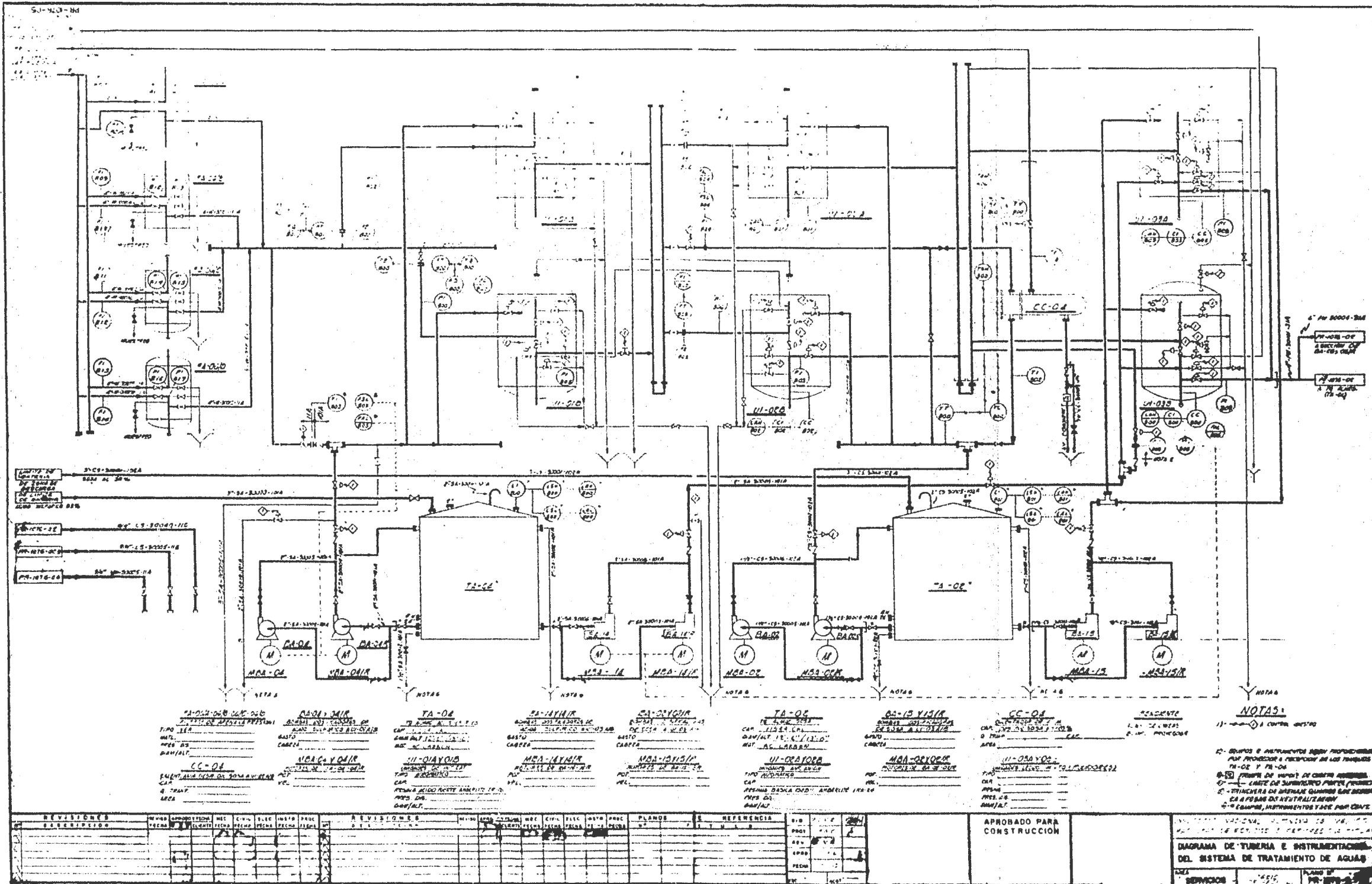
<b>CA-01</b> COMPRESOR DE AIRE TIPO: RECIPROCANTE CAPACIDAD: 200 SCFM P. MAX: 100 PSI	<b>CC-01</b> SISTEMA DE AIRE DE AIRE TIPO: RECIPROCANTE MATERIAL: AL. AL. CARBON	<b>FA-01</b> FILTRO DE AIRE TIPO: 200 SCFM MATERIAL: AL. AL. CARBON	<b>SH-01</b> SEPARADOR DE AIRE TIPO: RECIPROCANTE MATERIAL: AL. AL. CARBON	<b>SA-01A Y SA-01B</b> ALMACENAMIENTO DE AIRE TIPO: RECIPROCANTE MATERIAL: AL. AL. CARBON	<b>FA-02</b> FILTRO DE AIRE TIPO: RECIPROCANTE MATERIAL: AL. AL. CARBON	<b>MCA-01</b> MOTOR DE COMPRESOR TIPO: RECIPROCANTE MATERIAL: AL. AL. CARBON
---	---	--	---	--	--	---

REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		REVISIONES		
NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	NO.	FECHA	

APROBADO PARA CONSTRUCCION

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION AIRE COMPRIMIDO

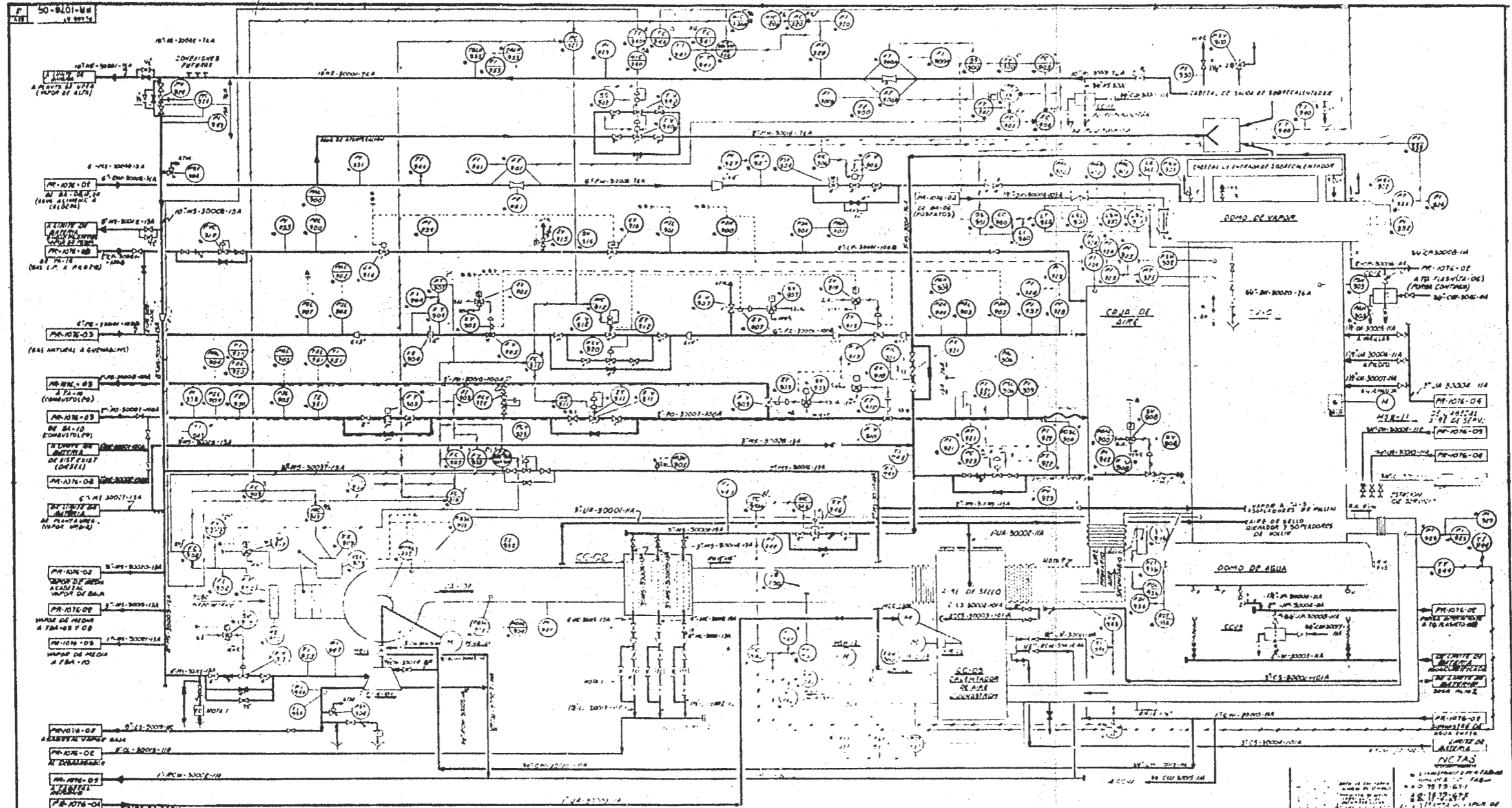
AREA: SERVICIOS    PROYECTO:    PLANO: PR-1076-04



- NOTAS:**
- 1) -> -> CONTROL AUTOMATICO
  - C- GRUPOS E INSTRUMENTOS DEBY PROPORCIONARLOS POR PROVEEDOR A CARGO DE LOS TRABAJOS
  - MI-02 Y MI-04
  - PI-03 PUNTO DE IMPULSO DE CONTROL AUTOMATICO
  - PI-04 -> LIMITE DE SUBSISTEMO PUNTO DE PROTECCION
  - PI-05 -> TINCIONERA DE DISTRIBUCION QUIMICOS PARA SUBSISTEMO CA A FONDO DE NEUTRALIZACION
  - CA -> EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y CABLE POR CONTA
- REVISIONES:**
- | NO. | FECHA | DESCRIPCION | ELABORADO | REVISADO | APROBADO |
|-----|-------|-------------|-----------|----------|----------|
| 1   |       |             |           |          |          |
| 2   |       |             |           |          |          |
| 3   |       |             |           |          |          |
| 4   |       |             |           |          |          |
| 5   |       |             |           |          |          |
- REVISIONES:**
- | NO. | FECHA | DESCRIPCION | ELABORADO | REVISADO | APROBADO |
|-----|-------|-------------|-----------|----------|----------|
| 1   |       |             |           |          |          |
| 2   |       |             |           |          |          |
| 3   |       |             |           |          |          |
| 4   |       |             |           |          |          |
| 5   |       |             |           |          |          |
- PLANO:**
- | NO. | FECHA | DESCRIPCION | ELABORADO | REVISADO | APROBADO |
|-----|-------|-------------|-----------|----------|----------|
| 1   |       |             |           |          |          |
| 2   |       |             |           |          |          |
| 3   |       |             |           |          |          |
| 4   |       |             |           |          |          |
| 5   |       |             |           |          |          |
- REFERENCIA:**
- | NO. | FECHA | DESCRIPCION | ELABORADO | REVISADO | APROBADO |
|-----|-------|-------------|-----------|----------|----------|
| 1   |       |             |           |          |          |
| 2   |       |             |           |          |          |
| 3   |       |             |           |          |          |
| 4   |       |             |           |          |          |
| 5   |       |             |           |          |          |
- APROBADO PARA CONSTRUCCION:**
- Elaborado por: [Nombre]
- Revisado por: [Nombre]
- Aprobado por: [Nombre]

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

PLANO DE SERVICIOS



REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	PLANTAS	REFERENCIA
01	15/03/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA	01	DE BARRIO
02	20/04/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA	02	DE BARRIO
03	10/05/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA	03	DE BARRIO

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
01	15/03/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA
02	20/04/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA
03	10/05/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
01	15/03/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA
02	20/04/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA
03	10/05/77	REVISIÓN DE PLANTAS	J. GARCÍA	M. GARCÍA	J. GARCÍA

DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION  
CAMERA DUAL





## 5.0 METODOS DE CALCULO E INFORMACION GENERAL

TABLA I

## LÍMITES DE SÓLIDOS Y OTRAS CARACTERÍSTICAS RECOMENDABLES EN CALDERAS.

PRESIÓN DE LA CALDERA PSIG.	SÓLIDOS TOTALES p.p.m.	ALCALINIDAD p.p.m.	SÓLIDOS SUSPENDIDOS p.p.m.
0 - 300	3500	700	300
301 - 450	3000	600	250
451 - 600	2500	500	150
601 - 750	2000	400	100
751 - 900	1500	300	60
901 - 1000	1250	250	40
1001 - 1500	1000	200	20
1501 - 2000	750	150	10
2001 - .....	500	100	5

TABLA II

## LÍMITES DE SÓLIDOS Y OTRAS CARACTERÍSTICAS RECOMENDABLES EN CALDERAS.

PSIG	Hasta 300	301-450	451-600	601-750	751-900	901- 1000	1001 y mas
SÓLIDOS TOTALES.	3500	3000	2500	2000	1500	1250	1000
SÓLIDOS DISUELTOS.	2500	2300	2100	1900	1430	1200	980
SÓLIDOS DESUSPENDIDOS.	1000	700	400	100	70	50	20
ALCALINIDAD (Fenofaleína)	500	420	340	260	180	120	80
ALCALINIDAD (Anaranjado de Met.).	600	500	400	300	220	150	100
FOSFATOS COMO $PO_4$	100	80	60	40	20	10	5
SULFATOS COMO $SO_3$	80	60	40	30	20	10	5
SILICIO COMO $SiO_2$	120	80	50	30	20	10	5

TOLERANCIAS DE SILICE EN EL AGUA DE CALDERAS A VARIAS PRESIONES DEL VAPOR CONTENIENDO ESTE 0.02 ó 0.03 p.p.m.

PRESION PSIG	0.02 SiO <sub>2</sub> en el Vapor	0.03 SiO <sub>2</sub> en el Vapor
1000	11.0 en el agua de Cald.	16.0 en el agua de Cald.
1200	6.0 " " " " "	9.0 " " " " "
1400	3.7 " " " " "	5.0 " " " " "
1600	2.6 " " " " "	3.3 " " " " "
1800	1.6 " " " " "	2.2 " " " " "
2000	1.0 " " " " "	1.6 " " " " "
2200	0.8 " " " " "	1.0 " " " " "
2400	0.6 " " " " "	0.8 " " " " "

TABLA IV FILTROS VERTICALES: AREAS, RETROLAVADO Y VELOCIDAD DE FILTRACION DE UNIDADES SIMPLES Y BATERIAS DE 2 A 6 UNIDADES, CON FLUJO DE 3 GPM/PIE<sup>2</sup>

Diámetro pie	Unidades simples			Flujo total por batería (gpm)				
	Area (Pie <sup>2</sup> )	Retrola- vado (gpm)	Flujo (gpm)	2 Unidades	3 Unidades	4 Unidades	5 Unidades	6 Unidades
30	4.9	49	15	30	45	60	75	90
36	7.1	70	21	42	63	85	105	125
42	9.0	90	29	58	87	115	145	175
48	12.6	126	38	75	113	150	190	225
54	15.9	159	48	93	143	190	240	285
60	19.6	196	59	118	177	235	295	355
66	23.8	238	71	143	215	285	375	430
72	28.3	283	85	170	255	340	425	510
78	33.2	332	100	200	300	400	500	600
84	38.5	385	116	230	330	460	580	695
90	44.2	442	133	265	400	530	665	795
96	50.3	503	150	300	450	605	755	905
102	56.8	568	170	340	510	680	850	1020
108	63.6	636	190	380	570	765	955	1145
120	78.5	785	235	470	705	945	1180	1415

TABLA V FILTROS HORIZONTALES: AREAS, RETROLAVADO Y VELOCIDAD DE FILTRACION DE UNIDAD SIMPLE Y BATERIAS DE 2 A 6 UNIDADES, DE 2.5 M DE DIAMETRO A UNA VELOCIDAD DE FILTRACION DE 3 GPM/PIE<sup>2</sup>

Longitud	Unidades simples			Flujo total por batería (gpm)				
	Area (Pie <sup>2</sup> )	Retrola- vado (gpm)	Flujo (gpm)	2 Unidades	3 Unidades	4 Unidades	5 Unidades	6 Unidades
10'6"	67	840	201	400	600	800	1000	1200
12'2"	79	960	237	475	710	1050	1185	1420
14'5"	95	1140	285	570	855	1140	1425	1710
16'5"	109	1300	327	655	980	1310	1635	1960
18'3"	124	1460	372	745	1115	1490	1860	2230
20'2"	137	1600	411	820	1235	1645	2055	2465
25'0"	172	2000	516	1030	1550	2065	2580	3095

# NORMAS

## ESTUDIO ECONOMICO H/D EN TANQUES ATMOSFERICOS

TABLA VI

DIBUJO  
A. D. T.

APROBO

HOJA No

1-5

CAPACIDAD NOMINAL GALS.	CAPACIDAD DE TRABAJO GALS.	DIAMETRO EXTERIOR Pies-Pulg.	ALTURA NOMINAL Pies	ALTURA DE OPERACION Pies-Pulg.	CAPACIDAD POR Pie DE ALTURA GALS.
531	464	4-9	4	3-6	132.67
663	597	4-9	5	4-6	132.67
796	730	4-9	6	5-6	132.67
1061	995	4-9	8	7-6	132.67
1148	1036	6-3	5	4-6	229.69
1378	1268	6-3	6	5-6	229.69
1837	1723	6-3	8	7-6	229.69
2067	1952	6-3	9	8-6	229.69
2297	2182	6-3	10	9-6	229.69
2526	2412	6-3	11	10-6	229.69
2756	2641	6-3	12	11-6	229.69
2985	2871	6-3	13	12-6	229.69
3215	3101	6-3	14	13-6	229.69
3445	3330	6-3	15	14-6	229.69
4269	3913	11-0	6	5-6	711.48
4980	4625	11-0	7	6-6	711.48
5692	5336	11-0	8	7-6	711.48
6403	6048	11-0	9	8-6	711.48
7115	6759	11-0	10	9-6	711.48
7826	7471	11-0	11	10-6	711.48
8538	8182	11-0	12	11-6	711.48
9249	8894	11-0	13	12-6	711.48
9961	9605	11-0	14	13-6	711.48
10672	10316	11-0	15	14-6	711.48
11384	11028	11-0	16	15-6	711.48
11944	11494	12-6	13	12-6	918.75
12863	12403	12-6	14	13-6	918.75
13781	13322	12-6	15	14-6	918.75
14700	14241	12-6	16	15-6	918.75
15619	15159	12-6	17	16-6	918.75
16538	16078	12-6	18	17-6	918.75

# NORMAS

2-5

CAPACIDAD NOMINAL GALS.	CAPACIDAD DE TRABAJO GALS.	DIAMETRO EXTERIOR Pies-Pulg.	ALTURA NOMINAL Pies	ALTURA DE OPERACION Pies-Pulg.	CAPACIDAD POR Pie DE ALTURA GALS.
17287	16711	14-0	15	14-6	1152.48
18440	17863	14-0	16	15-6	1152.48
19592	19016	14-0	17	16-6	1152.48
20745	20169	14-0	18	17-6	1152.48
21897	21321	14-0	19	18-6	1152.48
23050	22473	14-0	20	19-6	1152.48
23338	22608	15-9	16	15-6	1458.61
24796	24067	15-9	17	16-6	1458.61
26255	25526	15-9	18	17-6	1458.61
27714	26984	15-9	19	18-6	1458.61
29172	28443	15-9	20	19-6	1458.61
30631	29902	15-9	21	20-6	1458.61
32089	31360	15-9	22	21-6	1458.51
33548	32819	15-9	23	22-6	1458.51
34993	34119	17-3	20	19-6	1749.67
36743	35868	17-3	21	20-6	1749.67
38493	37618	17-3	22	21-6	1749.57
40242	39368	17-3	23	22-6	1749.67
41992	41117	17-3	24	23-6	1749.67
43411	42337	18-9	21	20-6	2067.19
45478	44445	18-9	22	21-6	2067.19
47545	46512	18-9	23	22-6	2067.19
49613	48579	18-9	24	23-6	2067.19
51680	50646	18-9	25	24-6	2067.19
43223	47018	20-3	20	19-6	2411.17
50635	49429	20-3	21	20-6	2411.17
53046	51840	20-3	22	21-6	2411.17
55457	54251	20-3	23	22-6	2411.17
57868	56662	20-3	24	23-6	2411.17
60279	59074	20-3	25	24-6	2411.17
62690	61485	20-3	26	25-6	2411.17
65456	64033	22-0	23	22-6	2845.92
68302	66079	22-0	24	23-6	2845.92
71148	69725	22-0	25	24-6	2845.92
73993	72570	22-0	26	25-6	2845.92

# NORMAS

3-5

CAPACIDAD NOMINAL GALS.	CAPACIDAD DE TRABAJO GALS.	DIAMETRO EXTERIOR Pies-Pulg.	ALTURA NOMINAL Pies	ALTURA DE OPERACION Pies-Pulg.	CAPACIDAD POR Pie DE ALTURA GALS.
74686	73062	23-6	23	22-6	3247.23
77933	76309	23-6	24	23-6	3247.23
81180	79557	23-6	25	24-6	3247.23
84427	82836	23-6	26	25-6	3247.23
87675	86051	23-6	27	26-6	3247.23
88200	86362	25-0	24	23-6	3675.00
91875	90037	25-0	25	24-6	3675.00
95550	93712	25-0	26	25-6	3675.00
99225	97387	25-0	27	26-6	3675.00
102900	101062	25-0	28	27-6	3675.00
105187	103083	26-9	25	24-6	4207.51
109395	107291	26-9	26	25-6	4207.51
113602	111499	26-9	27	26-6	4207.51
117810	115706	26-9	28	27-6	4207.51
122017	119914	26-9	29	28-6	4207.51
126700	124354	28-3	27	26-6	4692.61
131393	129046	28-3	28	27-6	4692.61
136085	133739	28-3	29	28-6	4692.61
140778	138431	28-3	30	29-6	4692.61
145470	143124	28-3	31	30-6	4692.61
148176	145530	30-0	28	27-6	5292.00
153468	150822	30-0	29	28-6	5292.00
158760	156114	30-0	30	29-6	5292.00
164052	161406	30-0	31	30-6	5292.00
169344	166698	30-0	32	31-6	5292.00
174636	171990	30-0	33	32-6	5292.00
175032	172115	31-6	30	29-6	5834.43
180867	177950	31-6	31	30-6	5834.43
186701	183784	31-6	32	31-6	5834.43
192536	189618	31-6	33	32-6	5834.43
198370	195453	31-6	34	33-6	5834.43
204906	201704	33-0	32	31-6	6403.32
211309	208107	33-0	33	32-6	6403.32
217712	214511	33-0	34	33-6	6403.32
224116	220914	33-0	35	34-6	6403.32

REVISION ANTERIOR \_\_\_\_\_

REVISION ACTUAL NOV - 11 - 69

# NORMAS

4-5

CAPACIDAD NOMINAL GALS.	CAPACIDAD DE TRABAJO GALS.	DIAMETRO EXTERIOR Pies-Pulg.	ALTURA NOMINAL Pies	ALTURA DE OPERACION Pies-Pulg.	CAPACIDAD POR Pie DE ALTURA GALS.
230519	2273.17	33-0	36	35-6	6403.32
234315	230765	34-9	33	32-6	7100.47
241415	237865	34-9	34	33-6	7100.47
248516	244966	34-9	35	34-6	7100.47
255616	252066	34-9	36	35-6	7100.47
262717	259167	34-9	37	36-0	7100.47
270004	266033	36-9	34	23-6	7941.31
277945	273975	36-9	35	34-6	7941.31
285887	281916	36-9	36	35-6	7941.31
293828	289057	36-9	37	36-6	7941.31
301769	297799	36-9	38	37-6	7941.31
309711	305740	36-9	39	38-6	7941.31
314156	309911	38-0	37	36-6	8490.72
322647	318402	38-0	38	37-6	8490.72
331138	326892	38-0	39	38-6	8490.72
339620	335303	38-0	40	39-6	8490.72
348119	343874	38-0	41	40-6	8490.72
348622	344035	39-6	38	37-6	9174.27
357796	353209	39-6	39	38-6	9174.27
366970	362303	39-6	40	39-6	9174.27
376145	371557	39-6	41	40-6	9174.27
385319	380732	39-6	42	41-6	9174.27
395371	390429	41-0	40	39-6	9884.28
405255	400313	41-0	41	40-6	9884.28
415139	410197	41-0	42	41-6	9884.28
425024	420081	41-0	43	42-6	9884.28
434908	429966	41-0	44	43-6	9884.28
435450	430140	42-6	41	40-6	10620.75
446071	440761	42-6	42	41-6	10620.75
456692	451381	42-6	43	42-6	10620.75
467313	462002	42-6	44	43-6	10620.75
477933	472623	42-6	45	44-6	10620.75
483583	477806	44-3	42	41-6	11513.41
495078	489319	44-3	43	42-6	11513.41
506590	500833	44-3	44	43-6	11513.41

REVISION ANTERIOR \_\_\_\_\_

REVISION ACTUAL NOV. 11. 66

NOVA 1055-2



# NORMAS

5-5

CAPACIDAD NOMINAL GALS.	CAPACIDAD DE TRABAJO GALS.	DIAMETRO EXTERIOR Pies-Pulg.	ALTURA NOMINAL Pies	ALTURA DE OPERACION Pies-Pulg.	CAPACIDAD POR Pie DE ALTURA GALS.
518103	512346	44-3	45	44-6	11513.41
529616	523860	44-3	46	45-6	11513.41
541130	535373	44-3	47	45-6	11513.41
553824	547670	45-9	45	44-6	12307.21
566131	559978	45-9	46	45-6	12307.21
578438	572285	45-9	47	46-6	12307.21
590746	584592	45-9	48	47-6	12307.21
597003	590370	47-6	45	44-6	13266.75
610270	603637	47-6	46	45-6	13266.75
623537	616903	47-6	47	46-6	13266.75
636804	630170	47-6	48	47-6	13266.75
650070	643437	47-6	49	48-6	13266.75
663337	656704	47-6	50	49-6	13266.75
677658	670599	49-0	48	47-6	14117.88
691776	684717	49-0	49	48-6	14117.88
705894	698835	49-0	50	49-6	14117.88
720011	712952	49-0	51	50-6	14117.88
734129	727070	49-0	52	51-6	14117.88
734778	727200	50-6	49	48-6	14995.47
749773	742275	50-6	50	49-6	14995.47
764768	757271	50-6	51	50-6	14995.47
779764	772266	50-6	52	51-6	14995.47
794759	787262	50-6	53	52-6	14995.47
810365	802420	52-0	51	50-6	15889.52
826255	818310	52-0	52	51-6	15889.52
842144	834199	52-0	53	52-6	15889.52
858034	850089	52-0	54	53-6	15889.52
873923	865978	52-0	55	54-6	15889.52
883359	874866	53-9	52	51-6	16987.69
900347	891853	53-9	53	52-6	16987.69
917335	908841	53-9	54	53-6	16987.69
934322	925829	53-9	55	54-6	16987.69
951310	942816	53-9	56	55-6	16987.69

REVISION ANTERIOR \_\_\_\_\_

REVISION ACTUAL \_\_\_\_\_

NOV. 11. 62

METODO ELLIOT PARA TURBINAS DE VAPOR.

PASO 1 : Determinar el consumo de vapor teórico.

$$(TSR) = \frac{2544}{H_1 - H_2}$$

2544 = Factor de conversión BTU/BHP-HR

$H_1$  = Entalpia de entrada BTU/Lb

$H_2$  = Entalpia Isoentrópica a la salida.

PASO 2 : Determinar el consumo base de vapor (BSR) usando las curvas número 1, 2, 3, 4 y 5 basadas en el (TSR), velocidad de la turbina y tamaño de la turbina.

PASO 3 : Determine las pérdidas mecánicas de la turbina (HPloss) usando las curvas número 6, 7, 8, 9 y 10 basadas en la velocidad de la turbina, presión de salida y tamaño de la turbina.

PASO 4 : Determine el grado de sobrecalentamiento (SH).  
Temperatura a la entrada - Temperatura de saturación: (SH) °F.

PASO 5 : Determine el factor de corrección por sobrecalentamiento (SCF) usando la curva número 11.

PASO 6 : Determine el consumo real de vapor (CSR)

$$(CSR) = \frac{BSR}{SCF} \times \frac{BHP + HP_{loss}}{BHP}$$

PASO 7 : Determine el flujo de vapor (SF)

$$(SF) = (CSR) \times BHP$$

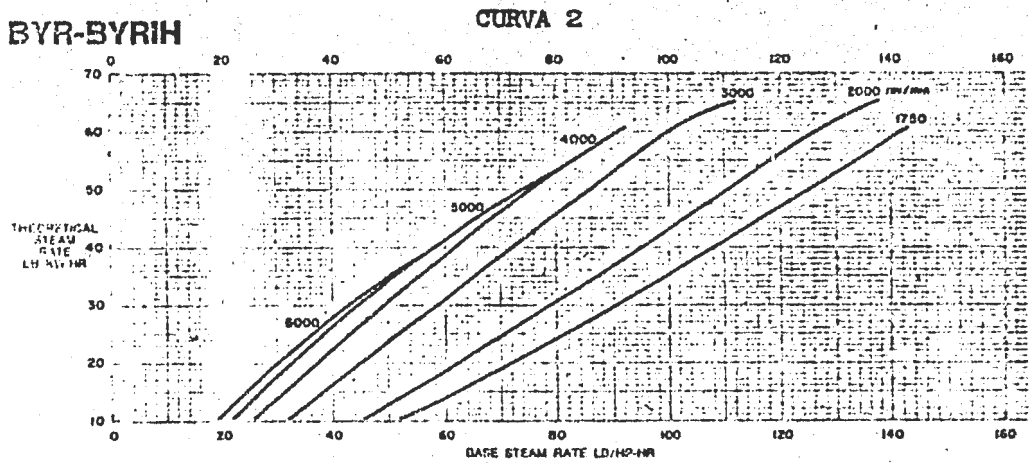
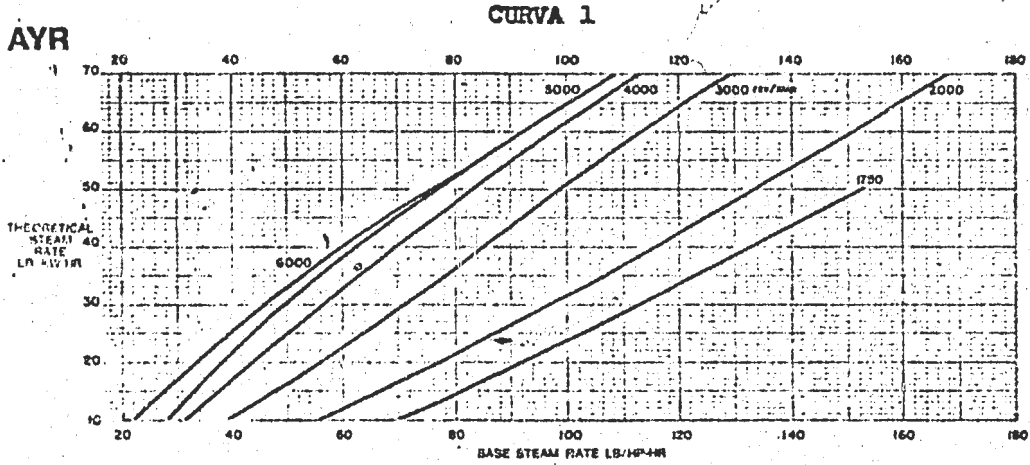
PASO 8 : Determine la eficiencia y la temperatura de salida.

$$\text{Eficiencia } \eta = \frac{TSR}{CSR}$$

Entalpia a la salida =  $H_1 - (H_1 - H_2)\eta = H_3$

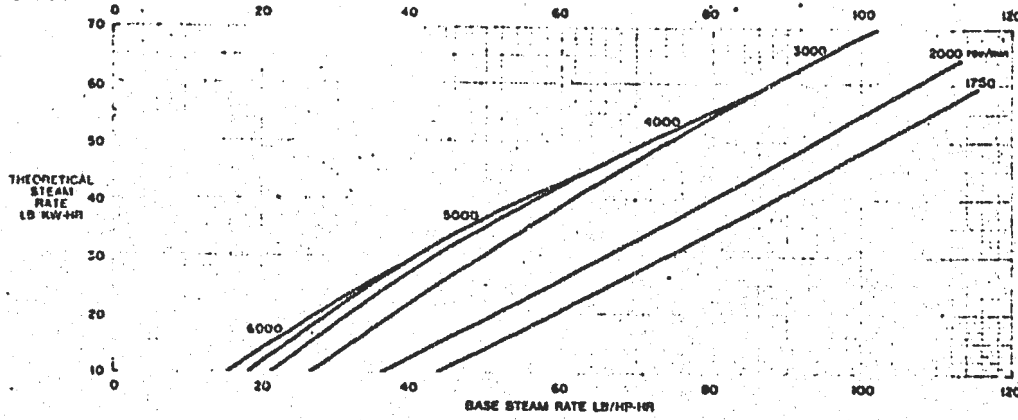
Con  $H_3$ , presión de salida y diagrama de Mollier de--  
terminar la temperatura.

**Base Steam Rates**  
English Units



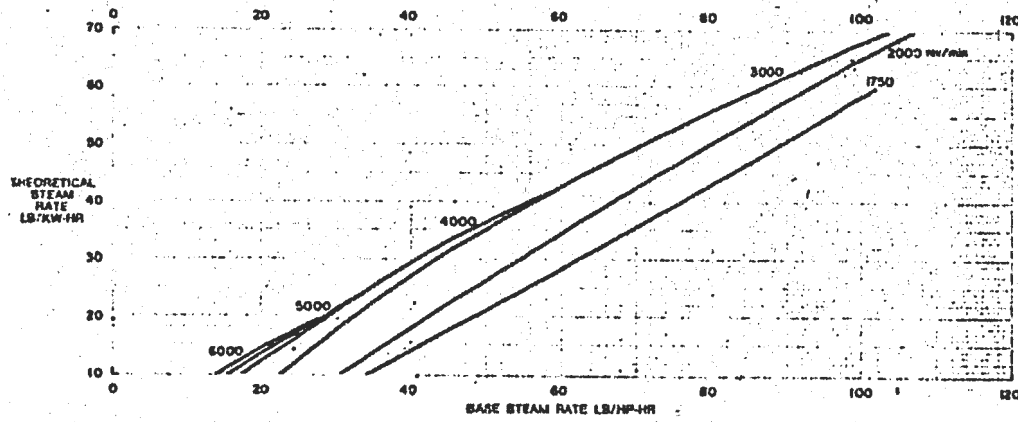
CYR

CURVA 3



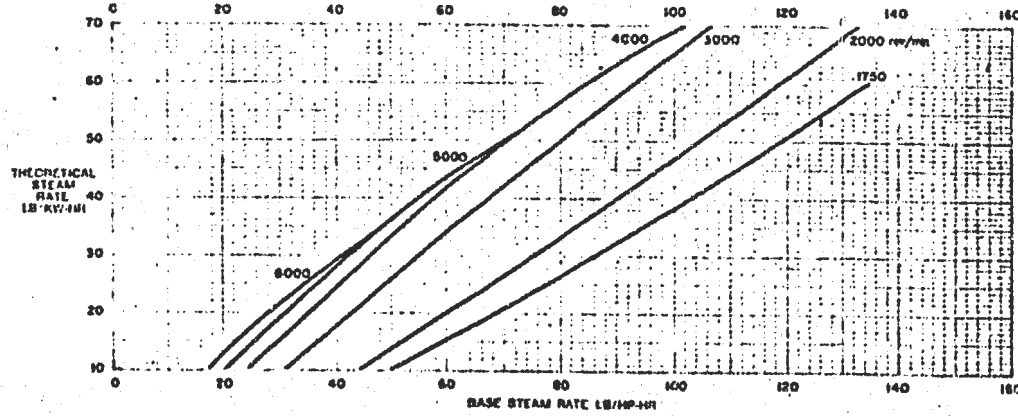
DYR-DYRM

CURVA 4



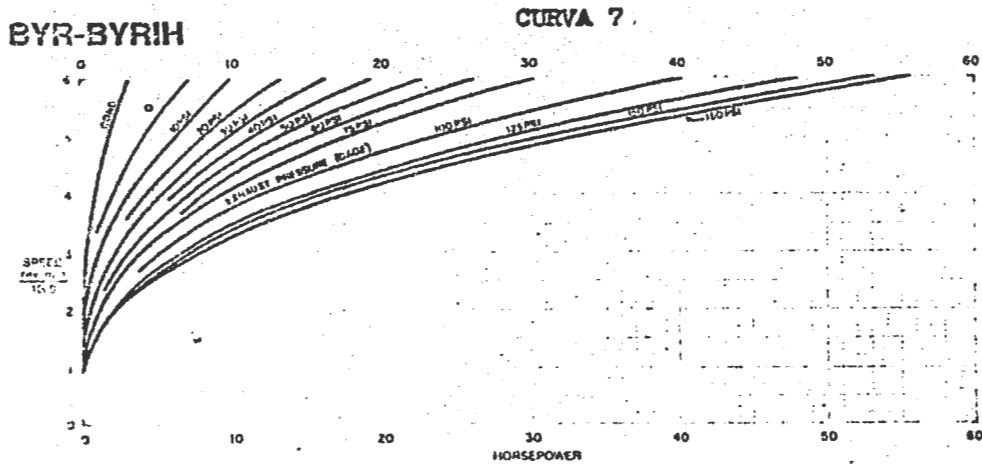
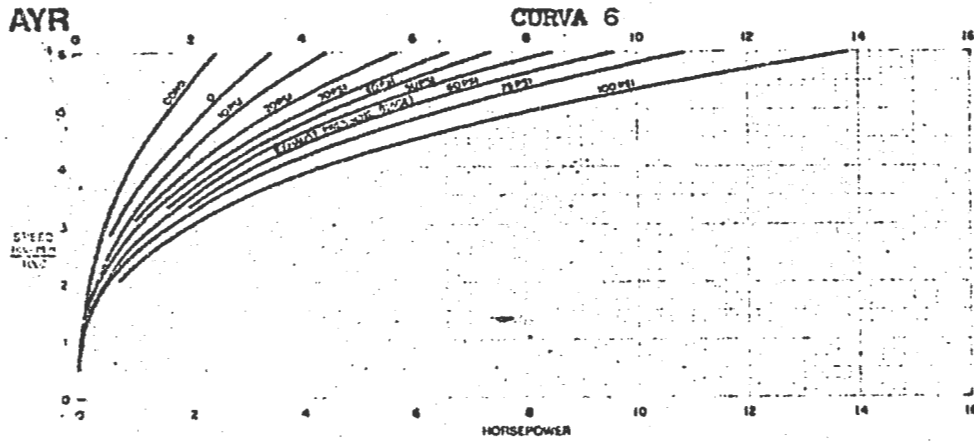
BYRH-BYRHH

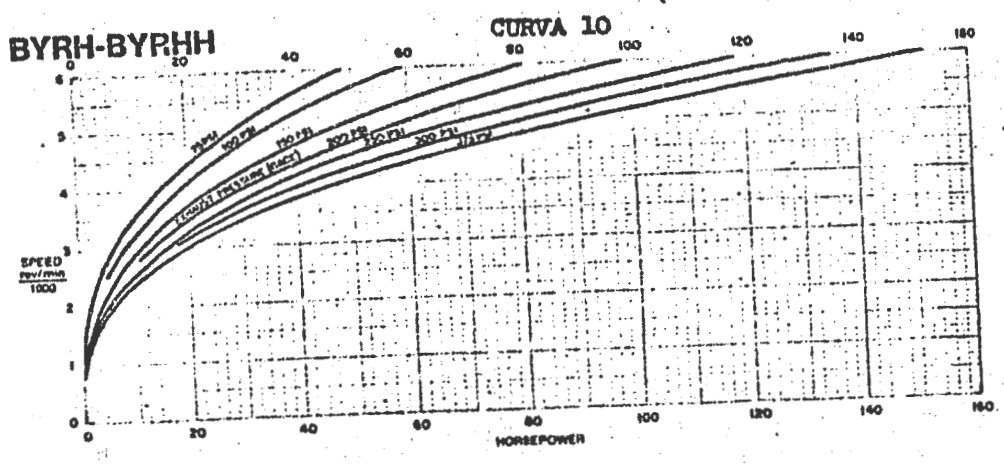
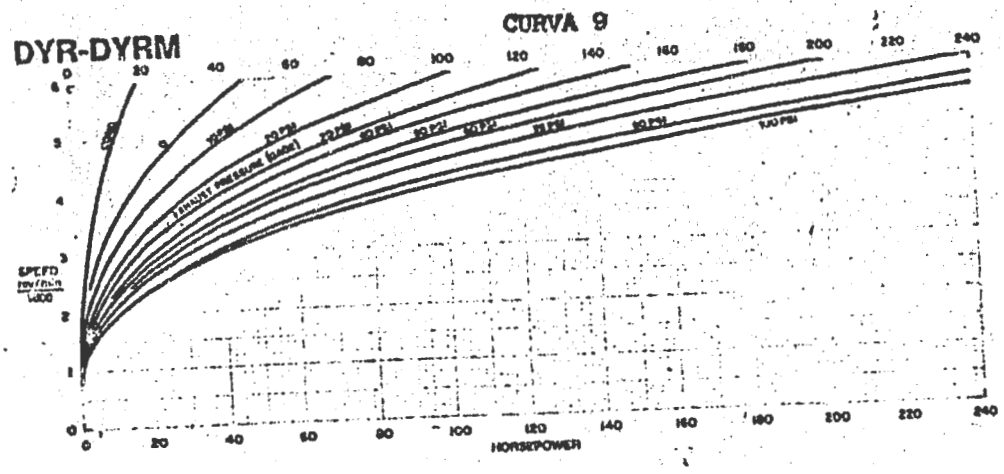
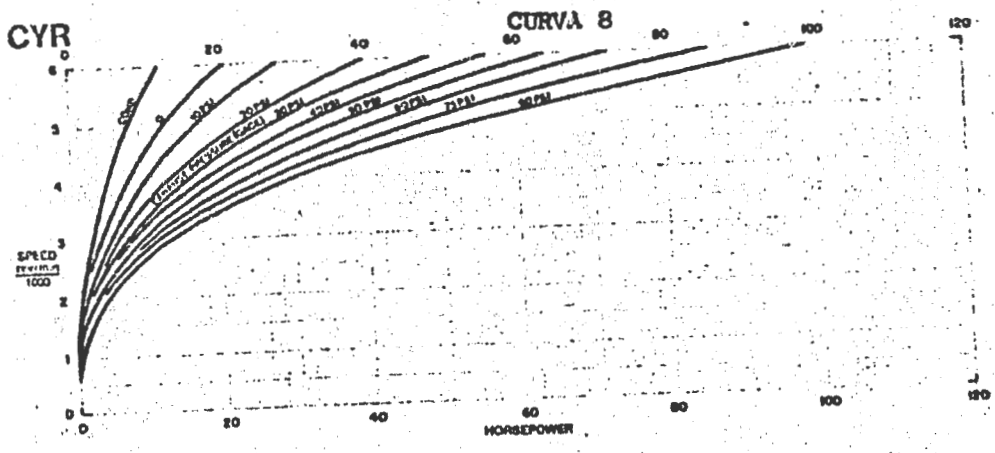
CURVA 5



# Mechanical Losses

English Units





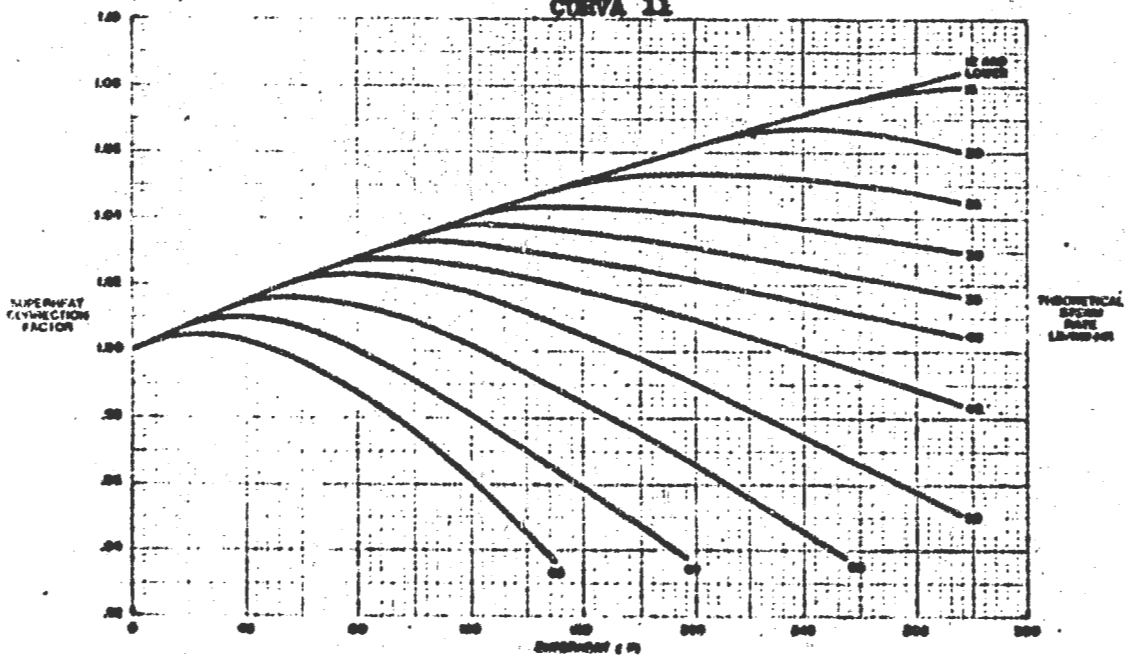
# Superheat Correction Factor English Units

## Temperature of Dry and Saturated Steam

To obtain superheat in degrees F, subtract temperature given in tabulation below from total initial temperature.

PSIG.	Saturation Temp. °F	PSIG.	Saturation Temp. °F	PSIG.	Saturation Temp. °F	PSIG.	Saturation Temp. °F
0	212	180	366	300	422	460	460
5	228	186	368	305	423	465	461
10	240	190	371	310	425	469	462
15	250	195	373	315	426	475	463
20	259	199	375	320	428	479	464
25	267	175	378	325	429	475	465
30	274	180	380	330	431	480	466
35	281	185	382	335	432	485	467
40	287	190	384	340	433	489	468
45	293	195	386	345	434	495	469
50	298	200	388	350	436	500	470
55	303	205	389	355	437	512	472
60	308	210	392	360	438	520	474
65	312	215	394	365	439	530	476
70	316	220	396	370	441	540	478
75	320	225	397	375	442	548	480
80	325	230	398	380	444	548	482
85	328	235	401	385	445	570	483
90	331	240	403	390	446	580	485
95	335	245	404	395	447	590	487
100	338	250	406	400	448	600	488
105	341	255	408	405	449	610	491
110	344	260	410	410	451	620	492
115	347	265	411	415	452	630	494
120	350	270	413	420	453	640	496
125	353	275	414	425	454	650	497
130	356	280	416	430	455	660	499
135	358	285	417	435	456	670	501
140	361	290	419	440	457	680	502
145	364	295	420	445	458	690	504

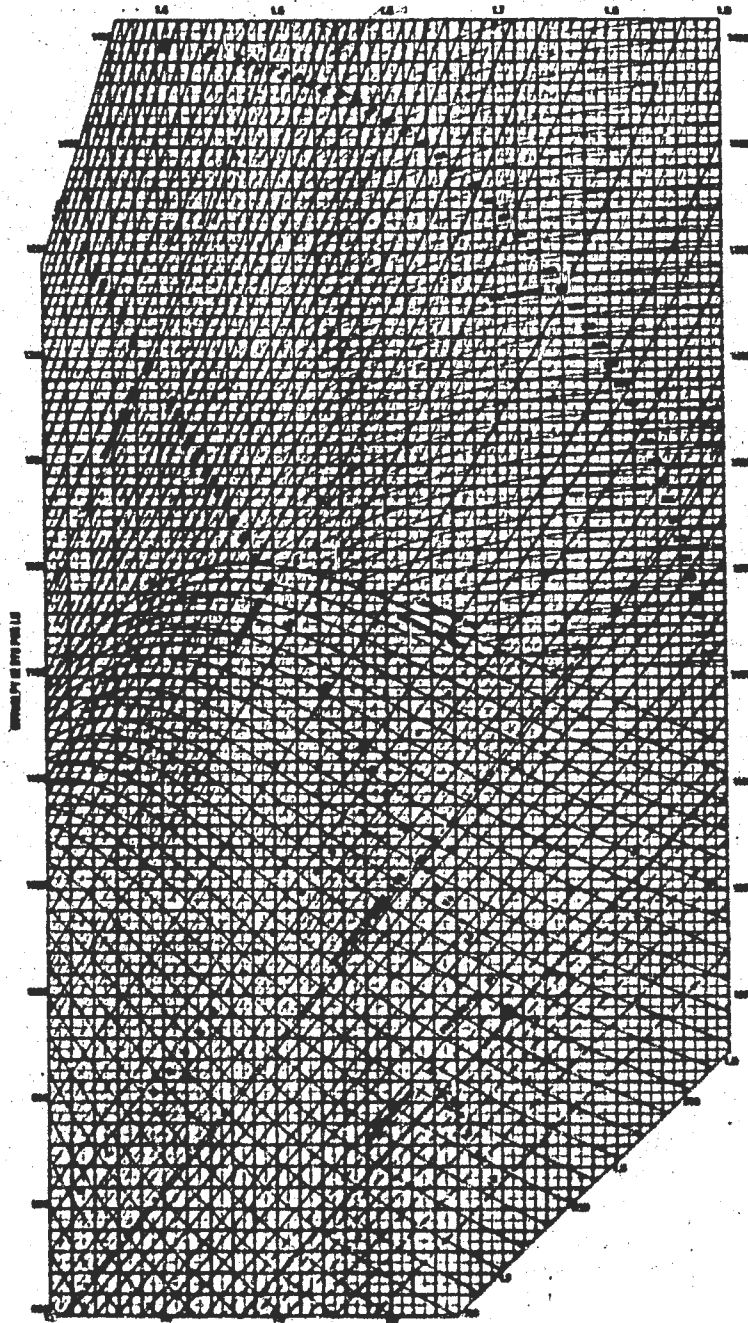
CURVA 11







TRANE MOLLIER CHART FOR STEAM



BASIC STEAM PROPERTY FORMULAS

- $T_{DB} = \frac{h_{DB} - h_f}{h_{fg}}$
- $x = \frac{h - h_f}{h_{fg}}$
- $s = s_f + x s_{fg}$
- $h = h_f + x h_{fg}$
- $T_{DB} = \text{saturation temp. corresponding to } h_{DB}$
- $x = \text{quality of wet steam}$
- $s_f = \text{entropy of saturated liquid}$
- $s_{fg} = \text{entropy of saturated vapor}$
- $s = \text{total entropy of wet steam}$
- $h = \text{total enthalpy of wet steam}$
- $h_{DB} = \text{dry-bulb enthalpy}$

<b>PROCEDIMIENTO</b>	PREPARO	CHECO
	DISUJO	APROBO
<b>DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES PARA EVAPORACION INSTANTANEA DE CONDENSADOS.</b>		HJJA 1/9

- 1.00 ALCANCE
- 2.00 GENERALIDADES
- 3.00 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES

REVISION ANTERIOR 11-23-70

REVISION ACTUAL 9-11-77

FORMA CS-26-1

1.00 ALCANCE

1.01 Este procedimiento define el cálculo del porcentaje de evaporación y dimensionamiento del tanque para la evaporación instantánea de condensados.

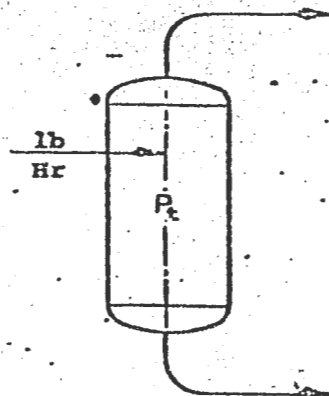
2.00 GENERALIDADES

2.01 Una determinada masa de condensado de un sistema de vapor, al pasar de una presión superior a una inferior disipa calor que sirve para evaporar una cierta cantidad de condensado. A la relación del vapor formado entre el condensado es llamado porcentaje de evaporación.

El sistema mostrado en la figura sirve para definir el porcentaje de evaporación.

C = condensado  
H<sub>c</sub>  
a la presión  
del condensado

P<sub>c</sub> = presión de  
condensado



V = Vapor producido  $\frac{lb}{hr}$   
H<sub>v</sub>  
a la presión  
de evaporación

P<sub>t</sub> = presión del -  
tanque

L = líquido  $\frac{lb}{Hr}$   
H<sub>l</sub>  
a la presión  
de evaporación

P<sub>t</sub> = presión del -  
tanque

2.02 Haciendo un balance de masa y calor, se tiene:

$$\frac{V}{C} = \frac{H_c - H_l}{H_v - H_l} = \frac{H_c - H_l}{\lambda}$$

donde: % de evaporación =  $\frac{H_c - H_l}{\lambda} \times 100$

2.02 La cantidad de vapor producido se obtiene multiplicando la cantidad de condensado por el porcentaje en peso del condensado:  $C \times \% \text{ de Evaporación}$

$$V = C \times \% \text{ de Evaporación} / 100$$

2.03 Los valores del % de Evaporación se enlistan en la Tabla N° 1.

TABLA 1 % DE EVAPORACION (EN PESO)

PRESION DE LA LINEA DE CONDENSADO (PSI)	PRESION DEL TANQUE DE EVAPORACION EN PSI														
	0	5	10	20	30	40	50	100	150	200	250	300	400	500	600
10		3	1.5												
20		5	3	2											
30		7	5	4	2										
40		8	6	4	3	1.5									
50		9	8	6	4	3	2								
100		13	12	10	8	7	6	4							
150		17	15	13	12	10	9	8	4						
200		19	18	16	14	13	12	11	6	3					
250		21	20	18	16	15	14	13	8	5	2.5				
300		23	22	20	18	17	16	14	10	7	4.5	2			
400									10	5	8	5	4		
500										13	11	8.5	5	3	
600											16	14	12	10	6.5

3.0 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES.

3.01 Para tanques verticales basados sobre el área seccional, la velocidad del vapor permisible se calcula como sigue:

$$V_a = k \sqrt{\left( \frac{P_c - P_v}{P_v} \right)}$$

donde:

$V_a$  = es la velocidad permisible en  $\frac{Ft}{seg.}$

$K$  = constante de la velocidad del vapor en  $\frac{Ft}{seg}$   
= 0.20, sin malla.

$\rho_c$  = densidad del condensado en  $\frac{lb}{Ft^3}$

$\rho_v$  = densidad del vapor en  $\frac{lbs}{Ft^3}$

3.02 La velocidad de diseño del vapor es obtenido --  
por:

$$V_d = F V_a / 100$$

donde  $F$  es un factor dado por:

$F = 50\%$  Mw Kellogg

$F = 40\%$  Lummus

$F = 40\%$  Du Pont

los valores indicados en la tabla No. 2 son en base al 40% de la Velocidad permisible del vapor.

3.03 Si la entrada de condensado al tanque es tangencial al diámetro del tanque los valores son dados en la tabla No. 2.

3.04 Si la entrada del tanque es de arriba hacia abajo, la cantidad de vapor deberá multiplicarse por 1.33 antes de entrar a la tabla No. 2.

3.05 Una vez determinado el diámetro, las demás dimensiones pueden ser determinadas posteriormente.

TABLA N° 3 DIMENSIONES PARA TANQUES EVAPORADORES  
CON DIAMETRO DE 30" Y MAYORES.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
30	50	15	15	5	4	5	18	16 3/8	5
36	60	18	17	5	8	5	18	16 3/8	5
42	70	21	18	5	8	5	18	16 3/8	6
48	80	24	25	7 3/4	12	7 3/4	18	16 3/8	6
54	84	27	26 1/2	7 3/4	12	7 3/4	18	16 3/8	6
60	82	30	32	10 3/4	16	10 3/4	18	22 3/8	6
66	86	33	32	10 3/4	16	10 3/4	18	22 3/8	6
72	84	36	34	9 3/4	16	9 3/4	18	22 3/8	6

TABLA DE BOQUILLAS

A	30	36	42	48	54	60	66	72	
1	2	4	4	6	6	8	8	8	Entrada de condensado
2	2	2	3	3	3	3	3	4	Válvula de alivio
3	4	6	6	8	8	10	10	12	Salida de vapor
4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	P I
5	2	2	3	3	3	3	3	4	Alternativa Válv. de A
6									Conexión para indica-
7									dor de nivel.
8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	Drenaje.
9	3	3	3	4	4	4	6	6	Salida de condensado.
10	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	T I
11	12	12	12	12	12	20	20	20	Registro de inspección

NOTA: Todas las dimensiones son en pulgadas.

TABLA N° 2 DIAMETRO PARA TANQUES DE EVAPORACION

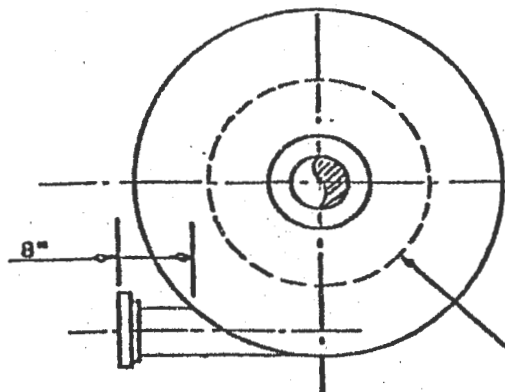
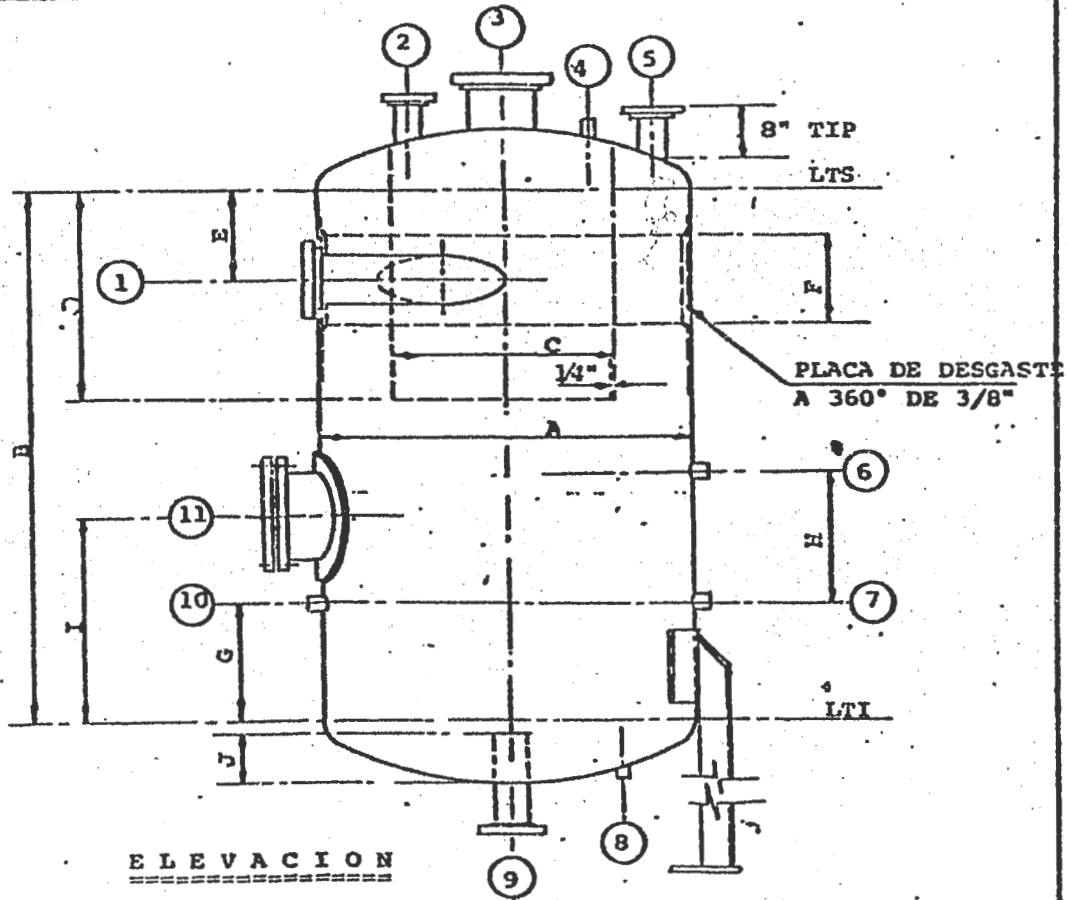
VAPOR FORMADO EN LB/HR	PRESION EN EL TANQUE EVAPORADOR EN PSI											
	1	5	10	25	50	75	100	150	200	250	300	400
100	9	6	6	6								
300	12	12	9	9	6	6						
500	18	18	12	9	9	6	6	6				
750	18	18	18	12	9	9	6	6	6			
1000	24	18	18	18	12	9	9	9	6			
1500	30	24	24	18	18	12	12	9	9			
2000	30	30	24	18	18	12	12	9	9			
4000	42	36	36	30	24	18	18	18	12			
6000	48	42	42	36	30	24	24	18	18			
8000	54	54	48	36	30	30	24	18	18			
10000	60	54	54	42	36	30	30	24	18			
15000	66	60	60	48	42	36	30	30	24			
20000	66	66	60	54	48	42	36	30	30			
25000	72	66	66	60	54	48	42	36	30			

NOTA: Todas las dimensiones son en pulgadas.

DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES  
PARA EVAPORACION INSTANTANEA  
DE CONDENSADOS.

PROCEDIMIENTO

6/9



**PLANTA**

Los tanques que ope-  
ren a presiones ma-  
yores de 15 Psi de-  
berán ser constru-  
dos de acuerdo con-  
el código ASME y  
cumplir con los re-  
querimientos loca-  
les.

REVISION ANTERIOR 11-23-79

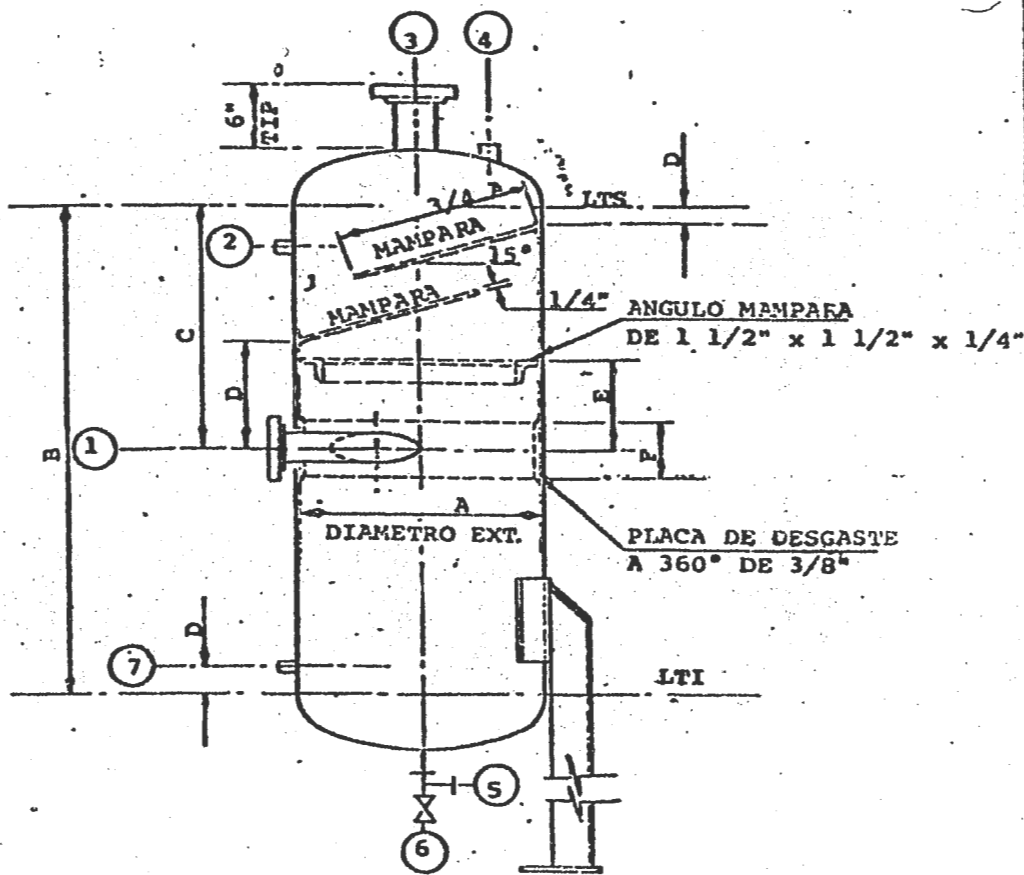
REVISION ACTUAL 9-11-77  
FIGURA 62-26-7



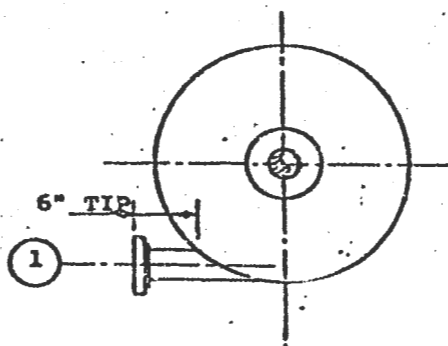
DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES  
PARA EVAPORACION INSTANTANEA  
DE CONDENSADOS.

PROCEDIMIENTO

8/9



ELEVACION



PLANTA

Los tanques con capacidad de 5 pies<sup>3</sup> y 15 Psi deberán construirse de acuerdo con el código ASME. Para los tanques usados en combinación con las calderas, el diseño y la construcción deberán agregarse a los reglamentos locales y estatales

REVISION ANTERIOR 11-23-70

REVISION ACTUAL 9-III-77  
FORMA 9-26-B

TABLA N° 4 DIMENSIONES PARA TANQUES EVAPORADORES  
CON DIAMETRO DE 6" A 24"

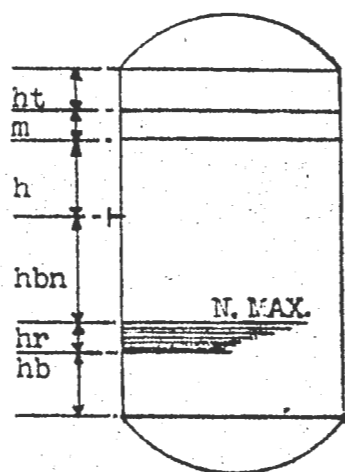
A	B	C	D	E	F
6	14	10 3/16	5 1/4	3	3
8	23	15 1/8	5 1/4	3	3
12	28	20	6 3/4	3	3
18	44	31 1/8	10 1/4	4	4
24	33	22 1/2	7 1/2	4	4

TABLA DE BOQUILLAS

A	6	8	12	18	24	
1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	2	Entrada de condensado
2	1	1	1 1/2	1 1/2	2	Válvula de alivio
3	2	2	2	4	4	Salida de vapor
4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	P I
5	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	Trampa de vapor
6	1	1	1 1/2	1 1/2	2	Purga
7	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	T I

NOTA: Todas las dimensiones son en pulgadas.





$$ht = 0.5(D)$$

$$m = 4'' - 6''$$

$$hv = 0.2 D - 3 - \phi/2$$

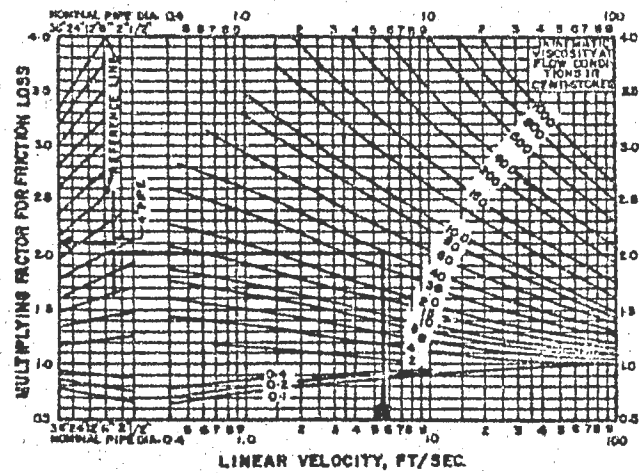
$$hbn = 0.2 D - 0.5 - \phi/2$$

$$hr = 0.5 Ft$$

Figura No. 2 • Arreglo de un tanque separador de humedad tipo vertical con malla de alambre

**VISCOSITY CORRECTION CHART**

KEY: IN USING THIS VISCOSITY CORRECTION CHART, READ FROM VELOCITY AND VISCOSITY TO THE REFERENCE LINE FOR 8" PIPE THEN CORRECT FOR PIPE DIAMETER BY FOLLOWING THE SLOPED GUIDE-LINES TO THE PARTICULAR PIPE DIAMETER, AND READING HORIZONTALLY ACROSS TO THE MULTIPLYING FACTOR.



KINEMATIC VISCOSITY (IN CENTI-STOKES) =  $\frac{\text{ABSOLUTE VISCOSITY (IN CENTI-POISES)}}{\text{DENSITY (IN GM./CC.)}}$ , ALL AT FLOWING CONDITIONS.

EXAMPLE: 220 GPM OF LIQUID HAVING SP. GR. = 0.85 AND VISCOSITY = 40 CS. AT FLOWING CONDITIONS IN 4" SCH. 40 STEEL PIPE.

FROM MAIN CHART: (1) 220 GPM IN A 4" SCH. 40 PIPE = 5.5 FT./SEC. VELOCITY.

- (2) DASHED LINES SHOW THAT A LIQUID OF ABOUT 57 CS. WOULD BE AT REYNOLDS NO. OF 3000 SINCE THE ACTUAL VISCOSITY IS LESS THAN 57 CS THE REYNOLDS NO. IS GREATER THAN 3,000; THUS THE FLOW IS TURBULENT AND THIS CHART CAN BE USED.
- (3) CORRECTING FOR SP. GR. = 0.85, READ A FRICTION LOSS FROM MAIN CHART OF 0.90 PSI/100 FT. LENGTH.

FROM SUB CHART: FOR VELOCITY = 5.5 FT./SEC. VISCOSITY = 40 CS AND 4" PIPE, CORRECTION FACTOR = 2.08 AND FRICTION LOSS = (0.90) (2.08) = 1.87 PSI/100 FT. LENGTH.

ACTUAL REYNOLDS NUMBER CAN BE CALCULATED FROM POINT ON THE MAIN CHART, IF DESIRED.

ACTUAL REYNOLDS NO. =  $(3,000) \left( \frac{\text{C.S. GIVEN BY DASHED LINES ON CHART}}{\text{ACTUAL C.S. OF FLUID FLOWING}} \right)$

IN THE ABOVE EXAMPLE, THE REYNOLDS NUMBER =  $(3,000) \left( \frac{57}{40} \right) = 4,275$ .

CAUTION: IF REYNOLDS NO. IS LESS THAN 3,000, THIS CHART DOES NOT APPLY. USE CHART DD-75-02-C.

REFERENCE: UNIT FRICTION LOSS TAKEN AS 20% HIGHER THAN THE STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE (1954) FOR NEW CLEAN PIPE.

FOR PIPES OF OTHER SCHEDULE NUMBERS APPLY CORRECTION FROM CHART DD-75-02-G. FOR PIPES OF OTHER MATERIAL, APPLY CORRECTION FROM CHART DD-75-02-H.

MULTIPLYING SCALE MAY BE USED OVER WIDER RANGE OF SPECIFIC GRAVITY BY AN EQUAL CHANGE IN DECIMAL POINT OF SP. GR. AND FRICTION LOSS SCALES. FOR EXAMPLE, A FLUID OF SP. GR. = 1.50 WILL HAVE 10 TIMES THE FRICTION LOSS OF A FLUID OF SP. GR. = 0.15, ETC.

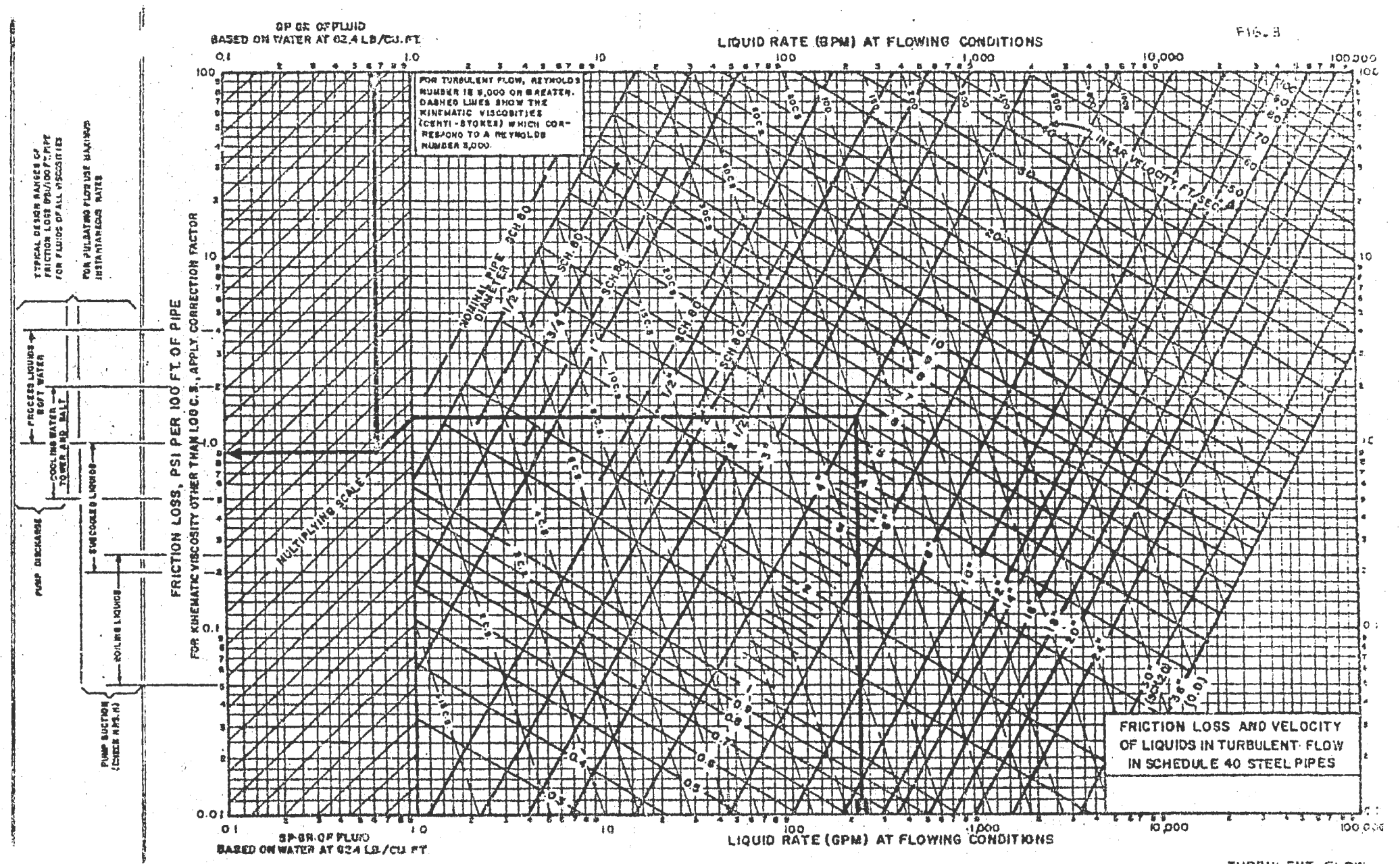


FIG. 3

**EXAMPLE :** 117 GPM OF LIQUID, HAVING SP GR. = 0.87 AND VISCOSITY = 52 C.S. AT FLOWING CONDITIONS IN A 4" SCH. 40 PIPE.

(1) 117 GPM IN A 4" SCH 40 PIPE = 293 FT./SEC. VELOCITY

(2) DASHED LINES SHOW THAT A LIQUID OF ABOUT 46 C.S. WOULD BE AT A REYNOLDS NUMBER OF 2,000 SINCE THE ACTUAL VISCOSITY IS GREATER THAN 46 C.S. THE ACTUAL REYNOLDS NUMBER IS LESS THAN 2,000 AND THIS CHART CAN BE USED.

(3) CORRECTING FOR THE ABSOLUTE VISCOSITY OF (52)(0.87) = 45 CENTIPOISES READ A FRICTION LOSS OF 0.65 PSI PER 100 FT LENGTH

ACTUAL REYNOLDS NUMBER CAN BE CALCULATED FROM POINT ON MAIN CHART, IF DESIRED.

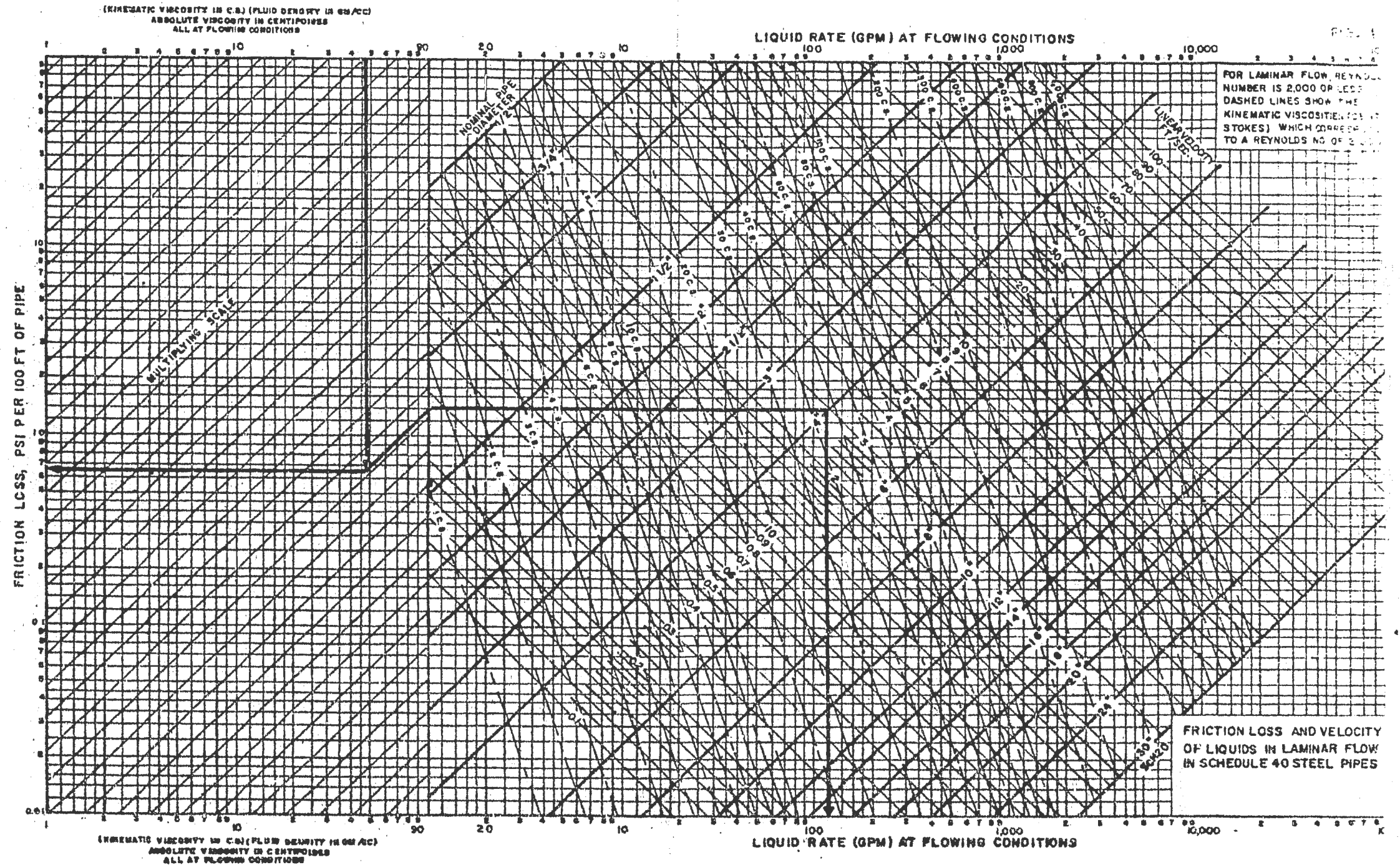
ACTUAL REYNOLDS NO. =  $(2,000) \left( \frac{\text{C.S. GIVEN BY DASHED LINES ON CHART}}{\text{ACTUAL C.S. OF FLUID FLOWING}} \right)$

IN THE ABOVE EXAMPLE, THE ACTUAL REYNOLDS NO. =  $(2,000) \left( \frac{46}{52} \right) = 1,770$

**CAUTION :** (1) IF THE REYNOLDS NUMBER IS GREATER THAN 3,000, THE FRICTION LOSS SHOULD BE READ FROM TURBULENT FLOW CHART DD-7502-D.  
 (2) IF THE REYNOLDS NUMBER IS BETWEEN 2,000 AND 3,000 (THE TRANSITION REGION) THE FRICTION LOSS CANNOT BE CALCULATED ACCURATELY FOR SUCH CASES, THE FRICTION LOSS READ FROM THIS CHART SHOULD BE MULTIPLIED BY 1.7 AS A GOOD APPROXIMATION.

**REFERENCE :** (1) UNIT FRICTION LOSS TAKEN AS 20% HIGHER THAN THE STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE (1954) FOR NEW CLEAN PIPE.  
 (2) FOR PIPES OF OTHER SCHEDULE NUMBERS APPLY CORRECTION FROM CHART DD-75.02-G.

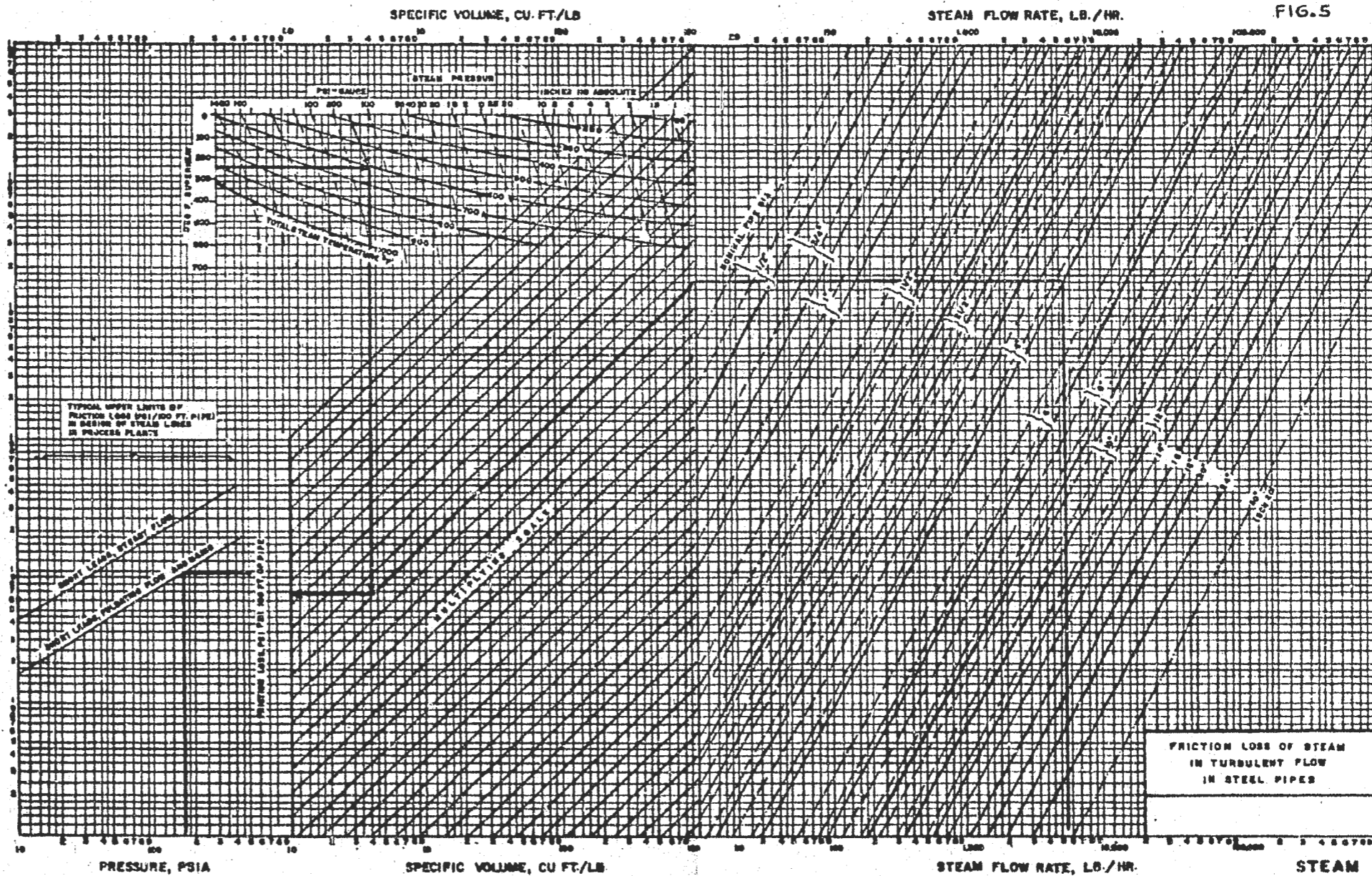
**MULTIPLYING SCALE** MAY BE USED OVER WIDER RANGE OF ABSOLUTE VISCOSITY BY AN EQUAL CHANGE IN DECIMAL POINT OF VISCOSITY AND FRICTION LOSS SCALE FOR EXAMPLE A FLUID OF VISCOSITY = 150 C.P. WILL HAVE 10 TIMES THE FRICTION LOSS OF A FLUID OF 15 C.P., ETC.



LAMINAR FLOW



FIG. 5



**EXAMPLE:** 8500 LB./HR. OF STEAM AT 180 PSIG AND 250° SUPERHEAT IN A 4" SCH 40 PIPE.

- (1) FROM THE CHART, FRICTION LOSS IS 0.87 PSI PER 100 FT. OF PIPE.
- (2) FROM SUBCHART ON LEFT, THE TYPICAL UPPER LIMIT OF FRICTION LOSS FOR 180 PSIG STEAM = 0.08 PSI PER 100 FT. OF PIPE.

**REFERENCE:** (1) DWT FRICTION LOSS TAKEN AS EQUAL TO THAT OF THE STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE (1964) FOR NEW CLEAN PIPE.

- (2) FOR PIPES OF OTHER SCHEDULE NUMBERS APPLY CORRECTION FROM CHART
- (3) FOR PIPES OF OTHER MATERIALS, APPLY CORRECTION FROM CHART

**ACCURACY:** (1) THIS CHART WAS DERIVED FOR SATURATED STEAM, AND IS ACCURATE TO WITHIN ±2% FOR USUAL RANGES OF FRICTION LOSS.

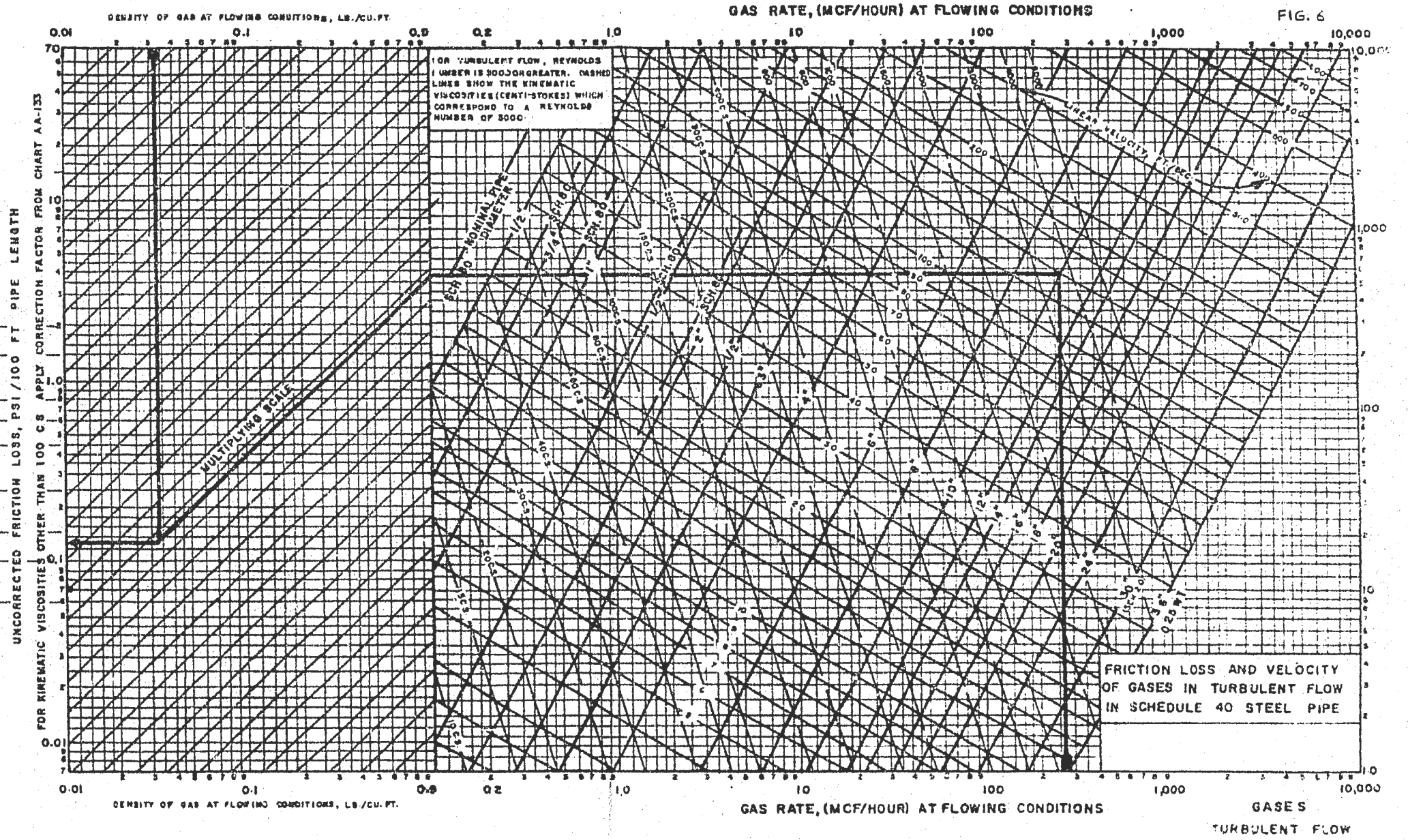
- (2) FOR SUPERHEATED STEAM THE FRICTION LOSS READ FROM THIS CHART IS SLIGHTLY LOW FOR USUAL RANGES OF FRICTION LOSS AS A LIMIT, IT IS ABOUT 10% LOW AT LARGE SUPERHEATS OF 500° F. TO 700° F.

**NOTE:** THIS CHART MAY BE USED FOR GASES WHICH HAVE VISCOSITIES ABOUT THE SAME AS STEAM (0.007 TO 0.050 CENTIPOISES) WITH AN ESTIMATED AVERAGE ERROR OF ±5% AND MAXIMUM ERROR OF ±20%. FOR GASES OTHER THAN STEAM, IT IS NECESSARY TO USE THE SPECIFIC VOLUME AT ACTUAL FLOWING CONDITIONS.

PROCESS DEPARTMENT

Rev. \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

FIG. 6



FRICTION LOSS AND VELOCITY OF GASES IN TURBULENT FLOW IN SCHEDULE 40 STEEL PIPE

GASES TURBULENT FLOW

**EXAMPLE:** 270 MCF/HR. OF GAS (MOL. WT.=18) FLOWING AT 17.5 PSIA AND 350°F IN 10" SCH 40 STEEL PIPE.  
 GAS DENSITY AT FLOWING CONDITIONS FROM CHART DD-75.02-A = 0.032 LB./CU. FT.  
 GAS VISCOSITY AT FLOWING CONDITIONS FROM CHART DD-75.02-B = 28 C.S.

**FROM MAIN CHART:**  
 (1) 270 MCF/HR. IN A 10" SCH. 40 PIPE = 136 FT./SEC. VELOCITY.  
 (2) DASHED LINES SHOW THAT A GAS OF ABOUT 3600 C.S. WOULD BE AT A REYNOLDS NUMBER OF 3,000. THE GAS VISCOSITY IN OUR EXAMPLE IS LESS THAN 3600 C.S. SO THE ACTUAL REYNOLDS NUMBER IS GREATER THAN 3000. FLOW IS TURBULENT AND THIS CHART CAN BE USED.  
 (3) FOR A GAS DENSITY OF 0.032 LB./CU. FT. READ AN UNCORRECTED FRICTION LOSS OF 0.125 PSI./100 FT. LENGTH.

**FROM CHART DD-75.02-B** CORRECTION FOR VISCOSITY OF 28 C.S., AND 10" CORRECTION FACTOR = 1.17.  
 CORRECTED FRICTION LOSS = (0.125)(1.17) = 0.146 PSI/100 FT. LENGTH.

ACTUAL REYNOLDS NUMBER CAN BE CALCULATED FROM POINT ON THE MAIN CHART, IF DESIRED.

ACTUAL REYNOLDS NUMBER = (3000)  $\left( \frac{\text{CS GIVEN BY DASHED LINES ON CHART}}{\text{ACTUAL CS OF GAS FLOWING}} \right)$

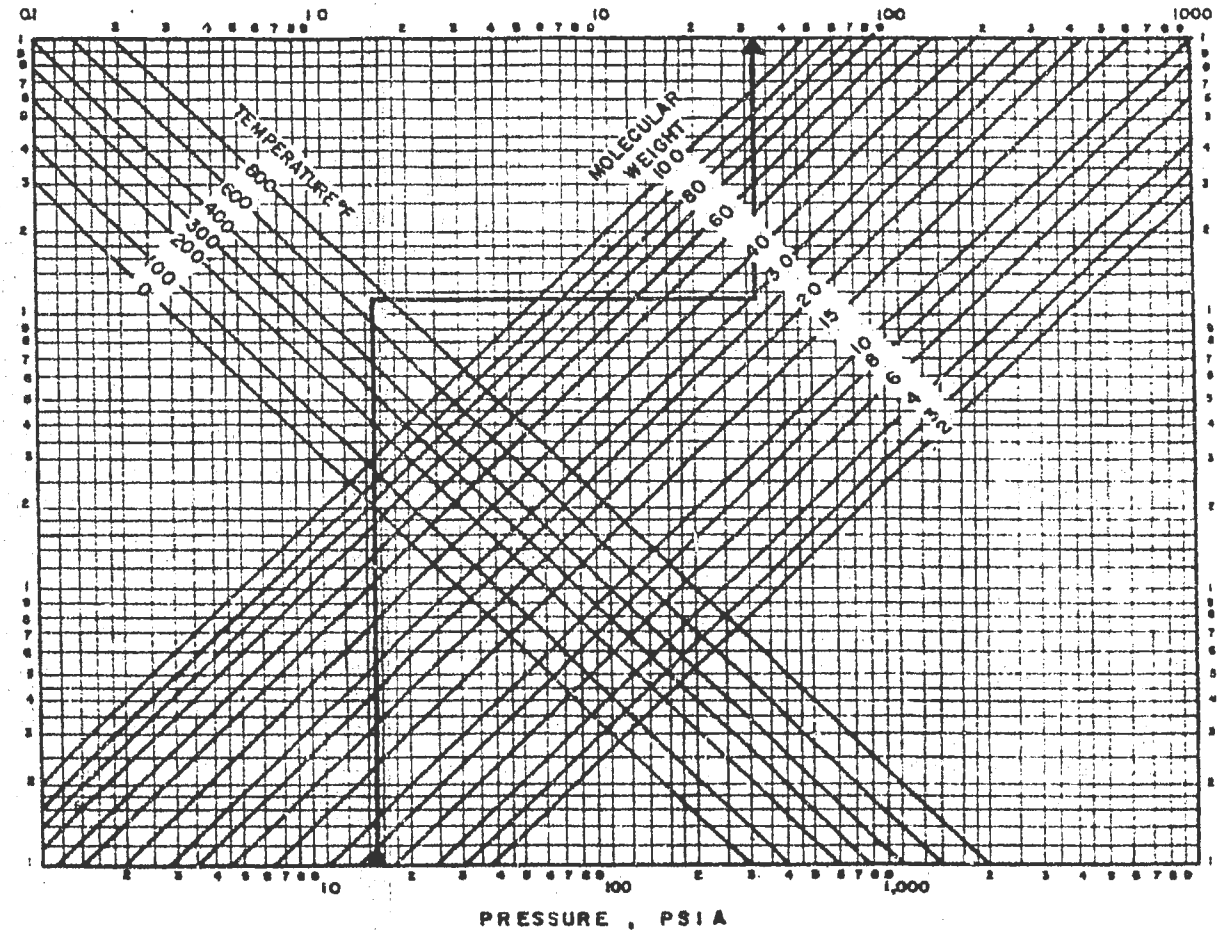
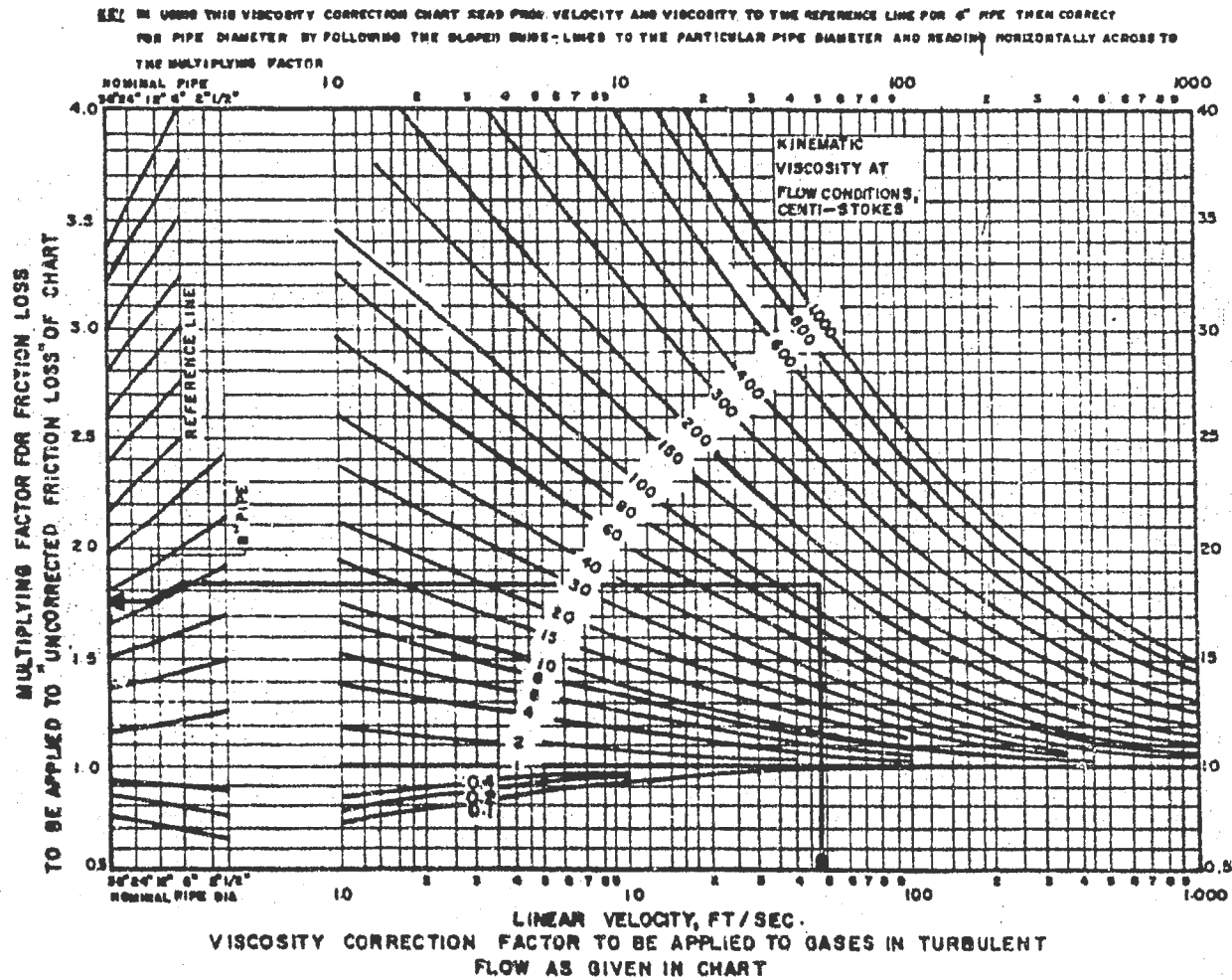
IN THE ABOVE EXAMPLE, THE REYNOLDS NUMBER = (3000)(3600/28) = 385,000  
**CAUTION:** IF REYNOLDS NUMBER IS LESS THAN 3,000 THIS CHART DOES NOT APPLY. USE CHART DD-75.02-C FOR LAMINAR FLOW.  
 GASES ABOVE ATMOSPHERIC PRESSURE AND IN TYPICAL RANGE OF FRICTION LOSS ARE IN TURBULENT FLOW, AND GPM OF GAS. GASES AT PRESSURES LESS THAN ATMOSPHERIC, AND THOSE AT VERY LOW FRICTION LOSSES MIGHT BE IN LAMINAR FLOW.

**NOTE:** DO NOT USE THIS CHART IF TOTAL PRESSURE DROP IS MORE THAN ABOUT 10% OF THE INITIAL ABSOLUTE PRESSURE.

**REFERENCE:** UNIT FRICTION LOSS TAKEN AS 20% HIGHER THAN THE STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE (1954) FOR NEW CLEAN PIPE.  
 FOR PIPES OF OTHER SCHEDULE NUMBERS APPLY CORRECTION FROM CHART DD-75.02-G.  
 FOR PIPES OF OTHER MATERIALS APPLY CORRECTION FROM CHART DD-75.02-H.

**MULTIPLYING SCALE** MAY BE USED OVER WIDER RANGE OF GAS DENSITY BY AN EQUAL CHANGE IN DECIMAL POINT OF DENSITY AND FRICTION LOSS (PSI) SCALES FOR EXAMPLE, A GAS OF 0.32 DENSITY WILL HAVE 10 TIMES THE FRICTION LOSS (PSI) OF A FLUID OF 0.032 DENSITY, ETC.





**EXAMPLE: GIVEN 14.7 PSIA, 700°F MOL WT = 27 READ KINEMATIC VISCOSITY = 33 C.S. FROM CHART.**

**BASIS: THIS CHART IS BASED ON VISCOSITIES AND DENSITIES OF PURE PARAFFIN HYDROCARBONS AND HYDROGEN IT INCLUDES COMPRESSIBILITY IT IS SUFFICIENTLY ACCURATE TO USE IN FLUID FLOW CALCULATIONS FOR HYDROCARBON MIXTURES OF HYDROGEN, HYDROCARBONS AND STEAM.**

**CAUTION (1) THIS CHART APPLIES ONLY TO GASES MAKE SEPARATE DEW-POINT CALCULATIONS AT HIGH PRESSURES AND LOW TEMPERATURE TO BE SURE THAT LIQUID IS NOT PRESENT**

**(2) DO NOT USE THIS CHART FOR GASES OTHER THAN HYDROGEN, HYDROCARBONS, AND STEAM.**

KINEMATIC VISCOSITY  
OF GASES

Rev \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

GASES VISCOSITY CORRECTION

GAS DENSITY, LB./CU. FT.

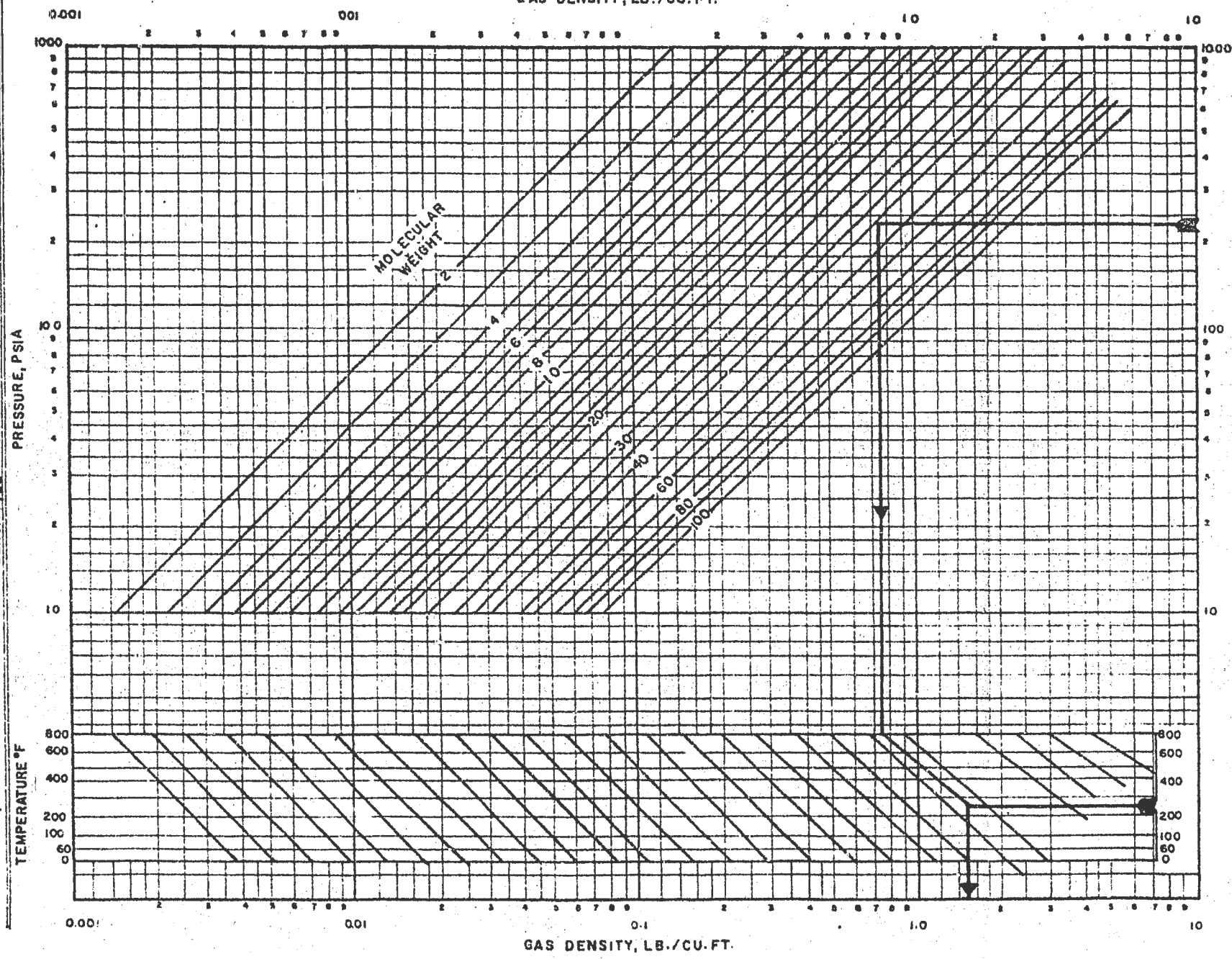


FIG. 8

EXAMPLE PROPANE (44MW) AT 227 PSIA AND 240°F HAS DENSITY = 150 LB./CU. FT.

BASIS: THIS CHART IS BASED ON THE DENSITIES OF HYDROGEN AND PARAFFIN HYDROCARBONS THROUGH n-HEPTANE (MOL WT = 100)

ACCURACY: DENSITIES READ FROM THIS CHART FOR HYDROGEN AND PARAFFIN HYDROCARBONS AND THEIR MIXTURES COMPARE FAVORABLY WITH EXPERIMENTAL DATA AND WITH DENSITIES CALCULATED FROM AVERAGE COMPRESSIBILITY FACTORS.

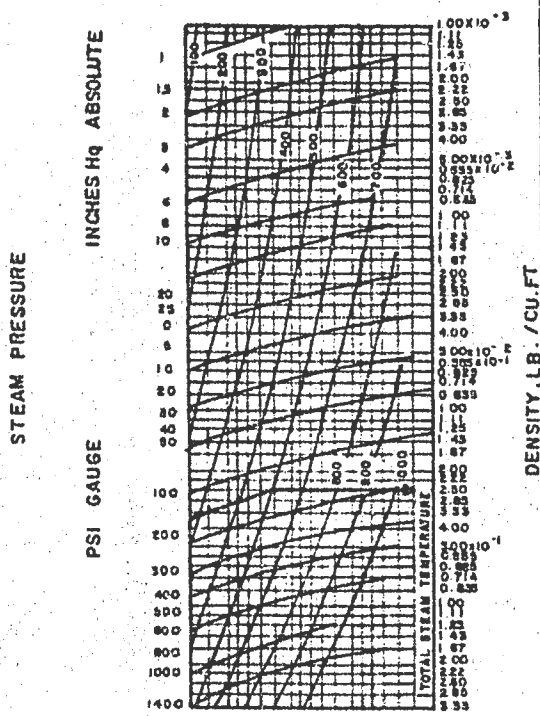
THE CHART IS ACCURATE FOR 800°F OVER THE ENTIRE RANGE OF DENSITIES THE TEMPERATURE CORRECTION STARTS TO LOSE ACCURACY AT A DENSITY OF AROUND 10 LB./CU. FT AT 200°F AND AROUND 3.0 LB./CU. FT. THE CHART DENSITY IS ACCURATE TO WITHIN ABOUT 25%

THE CHART CAN BE USED FOR OTHER GASES AS LONG AS THE CRITICAL REGION IS AVOIDED

CAUTION THIS CHART APPLIES ONLY TO GASES MAKE SEPARATE DEW-POINT CALCULATIONS AT HIGH PRESSURES AND LOW TEMPERATURES TO BE CERTAIN THAT LIQUID IS NOT PRESENT DO NOT USE THIS CHART FOR DETERMINING THE TWO PHASE BOUNDARY.

DENSITY OF GASES  
GAS DENSITY

PROCESS DEPARTMENT



Rev \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

## 6.0 CONCLUSION.

El hecho de que la caldera tenga la posibilidad de suministrar vapor a dos presiones diferentes planteó el problema de elegir la alternativa más adecuada y económica para el suministro de agua de alimentación a caldera, también a dos presiones diferentes.

Se considera que la alternativa seleccionada fue la más adecuada, por razones de economía, facilidad de operación y control. La alternativa seleccionada consiste en lo siguiente:

a) Utilizar una bomba para relevo, accionada por motor eléctrico, para el suministro del agua a la caldera, cuando ésta opera a 910 PSIG (64 Kg/cm<sup>2</sup>).

b) Utilizar una bomba para relevo, accionada por motor eléctrico, para el suministro de agua a la caldera, cuando ésta opere a 526 PSIG (37 Kg/cm<sup>2</sup>).

c) Utilizar una bomba para operación normal, accionada por una turbina de vapor, para el suministro de agua a las dos presiones, mediante una variación de las RPM de la bomba y de la turbina, basados en las leyes de similitud de las bombas.

Otras alternativas que se descartaron, por ser menos económicas y tener una operación y un control más complicado, son las siguientes:

1) Utilizar dos bombas para operación normal, accionadas por motor eléctrico, para las dos diferentes condiciones -

de operación, así como dos bombas para relevo, accionadas por turbina de vapor.

2) Utilizar dos bombas para relevo, accionadas por turbina de vapor, para las dos diferentes condiciones de operación, así como una bomba para operación normal, accionada por un motor de velocidad variable, para satisfacer las dos condiciones de operación, mediante una variación en las RPM de la bomba y del motor.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Applied Process Design for Chemical and Petrochemical --  
Plants. Vol. I.  
Ludwig, Ernest E.  
Gulf Publishing Co.
- 2.- Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso.  
Rase, H. E. y Barrow, M. H.  
CECSA
- 3.- Chemical Engineers Handbook.  
Robert, H. Perry and Cecil, H. Chilton.  
Mc. Graw Hill.
- 4.- Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe.  
Crane Engineering Division.  
Crane Co.
- 5.- Operaciones Básicas de Ingeniería Química. Tomo I.  
Mc Cabe, Warren L. y Smith, Julián C.  
Editorial Reverte, S.A.
- 6.- Betz Handbook of Industrial Water Conditioning.  
Betz Laboratories Inc.  
Trevose Pennsylvania.
- 7.- Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical --  
Plants. Vol. II.  
Book Division Gulf Publishing  
Houston, Texas.