



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**ARRANQUE DE PLATAFORMAS  
DE COMPRESION DE GAS**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :**

**ENRIQUE ABRAHAM CASTAÑON GUAJARDO**

**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

	PAGINA
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO 1 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PLATAFOR MAS DE COMPRESION .....	4
1.1 Descripción general del proceso .....	5
1.2 Descripción del flujo .....	8
1.3 Variables de proceso y condiciones de operación .....	30
CAPITULO 2 DESCRIPCION DE SERVICIOS AUXILIARES ....	37
2.1 Aceite de calentamiento .....	38
2.2 Generación de gas inerte .....	41
2.3 Suministro de agua de mar y produc ción de agua potable .....	45
2.4 Suministro de aire de instrumentos, de servicios y para arranque de turboge- neradores .....	50
2.5 Generación de energía eléctrica.....	52
2.6 Almacenamiento y distribución de com bustible diesel .....	54
2.7 Distribución de gas dulce .....	56
2.8 Almacenamiento y distribución de químicos .....	57

2.9	Almacenamiento de aceite de lubricación .....	58
2.10	Sistema de desfogue .....	58
2.11	Recuperación de aceite residual .....	59
CAPITULO 3	METODOLOGIA DE ARRANQUE .....	63
3.1	Organización .....	64
3.2	Planeación del arranque .....	68
3.3	Planeación de servicios de apoyo al arranque .....	73
3.4	Procedimientos preliminares .....	77
3.5	Actividades de prearranque .....	99
3.6	Secuencia de arranque .....	107
3.7	Guia para la resolución de problemas durante arranque y operación .....	129
CONCLUSIONES	.....	149
APENDICE	.....	153
BIBLIOGRAFIA		

**I N T R O D U C C I O N**

## INTRODUCCION

En el transcurso de los últimos años, debido a la localización de mantos petrolíferos costa afuera en México, se han instalado y puesto en servicio plataformas de perforación, producción, enlace, etc.

Asociado al aceite extraído de los pozos en producción de esta zona, se obtiene una cantidad de gas que es necesario separar antes de enviar el crudo a procesamiento o a su venta en el mercado internacional.

Se ha encontrado que la cantidad y características del gas obtenido justifican su aprovechamiento y por lo tanto se han construido plataformas de compresión, cuyo objetivo es precisamente la compresión del gas obtenido en las plataformas de producción, además de la deshidratación del mismo para evitar la corrosión de la tubería ocasionada por la acción combinada del agua y del gas amargo. Para llevar a cabo las operaciones anteriores, se cuenta con módulos de compresión equipados con compresores centrífugos accionados por turbinas de gas, así como una planta deshidratadora.

Debido a la localización geográfica de las plataformas, éstas deben ser autosuficientes, para lo cual ellas cuentan con un suministro propio de los servicios re -

queridos, tales como tratamiento de gas combustible, por medio de plantas endulzadoras, generación de energía eléctrica suministrada por turbogeneradores; un sistema de aceite de calentamiento que proporciona la carga térmica requerida en la plataforma; suministro de aire, tratamiento de aguas de desecho, etc.

Estas plantas y servicios deben ponerse en operación en una forma eficiente y en el menor tiempo posible - con el fin de acelerar la recuperación del gas obtenido en las plataformas de separación de crudo.

Esta tesis tiene como finalidad mostrar el procedimiento a seguir para la preparación y arranque de las plataformas de compresión. Si bien, no todas éstas son exactamente iguales, el proceso y los servicios utilizados son similares, por lo cual se hará solamente la descripción de una de las plataformas de compresión existentes en México.

C A P I T U L O 1

DESCRIPCION DEL PROCESO DE PLATAFORMAS DE COMPRESION



## 1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

( Fig. 1.0 )

La plataforma consta de las siguientes secciones :

Sección de compresión

Sección de endulzamiento

Sección de deshidratación de gas

Sección de tratamiento de agua aceitosa

Servicios auxiliares

### 1.1.1 SECCION DE COMPRESION

La función de la sección de compresión es la de elevar la presión del gas amargo procedente de la plataforma de producción, con el fin de hacer posible su transporte hacia tierra. Para ello, consta de - cuatro módulos de compresión, de los que tres se encuentran operando continuamente mientras el cuarto - permanece de relevo. Cada módulo está constituido - por dos compresores. El primero es de tipo axial, - accionado por una turbina de gas y tiene la función de comprimir el gas procedente del separador de baja presión, que a su vez recibe carga de la etapa de - separación de baja presión de la plataforma de pro - ducción.

El gas de la descarga del compresor axial se une a la succión del segundo compresor, de tipo centrifugo radial, accionado también por una turbina de gas. Esta máquina comprime el gas procedente del separador de alta presión de la plataforma, el que a su vez recibe carga de la primera etapa de separación de la plataforma de producción.

El compresor consta de dos etapas con enfriamiento y separación en cada una de ellas.

#### 1.1.2

#### SECCION DE ENDULZAMIENTO DE GAS

Esta sección tiene como finalidad la de eliminar el ácido sulfhídrico presente en el gas, con el propósito de adecuarlo para su uso como combustible en los diferentes equipos de la plataforma. Para ello, está formada por tres plantas paquete que utilizan el proceso Girbotol, empleándose dietanolamina (DEA) como agente absorbente de gases ácidos.

Los paquetes de endulzamiento reciben una parte del gas de la descarga de los módulos de compresión, el que una vez libre de compuestos ácidos se distribuye a los diferentes equipos de la plataforma que lo requieran, a través de la red de gas combustible.

### 1.1.3 SECCION DE DESHIDPATACION

La sección de deshidratación tiene la función de -  
eliminar el agua presente en el gas amargo proceden -  
te de compresión, con el fin de acondicionarlo para  
su envío a tierra, previo paso por una plataforma -  
de enlace. La eliminación del agua es necesaria para  
evitar la corrosión y la formación de hidratos en -  
la tubería de transporte a tierra.

Con este propósito se cuenta con una planta de deshi -  
dratación tipo paquete, que utiliza dietilenglicol -  
(DEG) como medio de absorción del agua.

### 1.1.4 SECCION DE TRATAMIENTO DE AGUA ACEITOSA

Esta sección tiene la finalidad de eliminar del -  
agua, procedente de los diferentes drenes de equi -  
pos, el ácido sulfhídrico y el aceite antes de re -  
tornarla al mar. Para ello, se dispone de un sepa -  
rador agua - gas - aceite, donde el segundo se -  
envía al quemador, y el tercero se recupera, mien -  
tras el agua separada se alimenta a una torre en la  
que se elimina el sulfhídrico mediante agotamiento  
con gas inerte. El agua libre de contaminantes se  
envía al mar.

### 1.1.5 SERVICIOS AUXILIARES

Para su operación, la plataforma cuenta con los siguientes servicios:

Aceite de calentamiento ( Dowtherm G )

Generación de gas inerte (  $\text{CO}_2$  )

Suministro de agua de mar y producción de agua potable

Suministro de aire de instrumentos y servicio

Generación de energía eléctrica

Almacenamiento y distribución de diesel

Distribución de gas dulce

Almacenamiento y distribución de químicos

Almacenamiento de aceites lubricantes

Sistema de desfogue

Recuperación de aceite residual

Recolección de drenajes y agua residual

Compresor de aire de arranque

### 1.2 DESCRIPCION DEL FLUJO

#### 1.2.1 RECEPCION DE GAS

( Fig. 1.1 )

Se reciben dos corrientes de gas amargo procedentes de la

plataforma de producción. La primera de baja presión, se recibe a través de la válvula de corte SDV-100 y se alimenta al rectificador de baja presión FA-100, - donde se separan los líquidos arrastrados, los cuales son enviados a control de nivel hacia el sistema de - recuperación de condensados y desfogue de baja presión.

El gas libre de arrastres sale por la parte superior del tanque, de donde se envía al cabezal de succión- de los compresores de baja presión GB-100, previa - inyección de inhibidor de corrosión. Antes se tiene instalada la válvula PV-100 accionada por el PIC-100 que envía a desfogue cualquier exceso de presión que pudiera encontrarse en el FA-100.

La segunda corriente de alta presión, se recibe a - través de la válvula de corte SDV-101 y se alimenta en paralelo a tres rectificadores, los FA-101 ABC, en los que se retienen los líquidos arrastrados por el gas. Los líquidos acumulados salen a control de ni vel hacia el sistema de recuperación de condensados y desfogue de alta presión.

La corriente de gas de cada separador se une en un solo cabezal, que constituye la succión de los com - presores de alta presión GB-101 y GB-102. Sobre el -

cabezal se tiene la válvula PV-101, accionada por el PIC-101, que absorbe las variaciones que pudieran presentarse en el flujo de gas a los compresores, enviando el exceso de gas de alta presión al desfogue.

Del cabezal de succión, que cuenta con una inyección de inhibidor de corrosión, se derivan también dos líneas. La primera constituye la succión del compresor de arranque GB-103. La segunda, proporciona, gas a la red de gas combustible durante el arranque.

## 1.2.2

## COMPRESION

( Fig. 1.2 )

El sistema de compresión consta de cuatro módulos, de los que sólo se describirá uno, entendiéndose igual para los tres restantes.

El gas procedente del FA-100, se alimenta al compresor de baja presión GB-100. En la línea de succión se une una corriente de gas procedente de la succión del GB-101, controlada por la PCV-100, esto con el objeto de mantener una presión constante a la entrada del GB-100. La descarga de éste se envía al enfriador EC-100, previa unión con los gases procedentes de los separadores FA-101 ABC. Sobre la lí -

nea de descarga se tienen dos derivaciones, una al desfogue y la otra al venteo atmosférico, permitiéndose el flujo a través de sus válvulas de bloqueo - respectivas, accionadas por el sistema de operación de la máquina.

Para la compresión del gas de la descarga del GB-100 y del procedente de los rectificadores de alta presión, se dispone de dos compresores en serie, el GB-101 y el GB-102, que constituyen la primera y segunda etapa de compresión respectivamente, accionados ambos por la misma turbina.

El gas de alta presión se recibe en los límites del módulo a través de la válvula de bloqueo y de la válvula de presionamiento, la cual permite alimentar un flujo pequeño de gas para presionar ambas máquinas durante el arranque.

Sobre la línea de alimentación se toma señal para el controlador de presión PIC-104 que forma parte del control de velocidad de la turbina. A la alimentación, se le une como se mencionó anteriormente la corriente procedente de la descarga del GB-100 y ya integradas en una sola, pasan al enfriador tipo soloaire EC-100, en donde se abate la temperatura, -

controlándose ésta por medio del TIC-100, que posiciona las persianas del enfriador permitiendo variar así el flujo de aire a través de los tubos. En la línea de salida del EC-100, se tiene una derivación utilizada para ventear a la atmósfera, a un lugar elevado y seguro, el gas remanente en el módulo, cuando éste sale de operación a través de la válvula de venteo VV-100 accionada por el sistema de paro, esta acción se realiza una vez que ha sido venteadado dicho módulo al cabezal de desfogue.

A la corriente de salida del enfriador, se le une la procedente de la succión del GB-102, que constituye el control de estabilidad del GB-101. Este flujo es controlado por la FCV-100 que recibe señal del sistema de inestabilidad ( antisurge ) de la máquina. Dicho sistema relaciona la diferencia de presión y el flujo a través del compresor, para evitar que se opere en la región de inestabilidad, situación que se debe evitar ya que puede causar daños graves a la máquina. Además de la corriente de "antisurge", se recibe otra más en la línea de salida del EC-100 constituida por el retorno de gas comprimido en el GB-101 que ha pasado por el sobrecalentador de gas combustible.

Todas las corrientes mencionadas, integradas en una



sola se alimentan al tanque de succión del compresor de alta presión, primera etapa, el FA-102 dividido en dos secciones separadas por elementos filtrantes tipo cartucho. Con el fin de supervisar el grado de ensuciamiento de los filtros, se cuenta con indicador de presión diferencial. Cada cámara dispone de su propio control de nivel del agua separada, la cual es enviada al sistema de tratamiento de agua aceitosa.

El gas prácticamente libre de líquidos, sale del separador hacia la succión del GB-101, derivándose una pequeña corriente hacia el GB-100, para control de la presión de succión de dicha máquina, como se mencionó anteriormente.

La corriente principal de descarga del compresor de alta presión, primera etapa, se enfría mediante el enfriador EC-101, tipo soloaire, controlando la temperatura de enfriamiento por medio del TIC-101, que posiciona las persianas del enfriador, variando así el flujo de aire a través de la cama de tubos. Sobre la línea de salida del enfriador, se tiene una derivación a venteo atmosférico a través de la válvula de venteo VV-101 actuada por el sistema de desfogue del módulo.

Asimismo a esta corriente se le une la del control "antisurge" del GB-102 y la línea de líquido procedente del FA-104. A continuación, la mezcla gas - líquido resultante, entra al tanque de succión del compresor de alta presión segunda etapa, el FA-103, que separa los líquidos asociados en el gas, enviando el agua al cabezal de agua aceitosa mientras que los hidrocarburos se envían al sistema de aceite recuperado.

El gas separado en el FA-103 se envía a la succión del compresor de alta presión segunda etapa, GB-102 de esta línea se deriva la corriente de recirculación para el "antisurge" del GB-101 regulada por la FCV-100. El gas a las condiciones de descarga de la máquina pasa por el enfriador EC-102 tipo soloaire. La temperatura de salida de este equipo se controla por medio del TIC-102 que regula el paso del aire a través de la cama de tubos, manipulando las persianas del enfriador, en la línea de salida del enfriador se tiene una derivación y en ésta la válvula de venteo WV-102 utilizada para ventear el compresor a la atmósfera, a un lugar elevado y seguro, después de haber sido

venteado al cabezal de desfogue. A continuación, el gas del enfriador entra al separador de gas amargo húmedo FA-104 donde se separan los líquidos formados como resultado del enfriamiento experimentado por el gas. Los líquidos retenidos se envían al FA-103 a control de nivel. El gas libre de líquidos, abandona el FA-104 para integrarse finalmente al cabezal de descarga, que reúne las corrientes procedentes de los módulos restantes. Previo a esto, se deriva la corriente de "antisurge" del GB-102 regulada por la FCV-101.

### 1.2.3

#### COMPRESOR DE ARRANQUE GB-103

( Fig. 1 .3 )

Debido a que al iniciar las operaciones en la plataforma no se dispone de gas dulce, ni de presión suficiente para alimentar a las turbinas de los módulos de compresión, se tiene un compresor centrífugo de dos etapas, accionado por turbina tipo dual ( gas - diesel ).

El gas entregado por el compresor se alimenta a uno de los paquetes de endulzamiento, donde se le despoja del  $H_2S$  y  $CO_2$ , acondicionándolo para su uso como

combustible en el arranque de uno de los módulos de compresión.

Inicialmente, el compresor de arranque quemará diesel, cambiando a gas combustible una vez que se disponga de gas dulce.

El gas amargo, procedente de los separadores FA-101 A/C, se recibe en el preenfriador de carga del compresor de arranque EC-103, que enfría el gas a alimentarse al tanque de succión del primer paso FA - 105, a través de las válvulas ZS-100 y la ZS-101 . Esta última, para presionamiento, operando en paralelo con la primera, permite alimentar un flujo pequeño de gas para presionar la máquina durante el arranque, siendo ambas accionadas por el sistema de operación del compresor. A continuación, el gas se recibe en el tanque de succión primera etapa, - FA-105, donde se separan los arrastres de líquidos que pudiera llevar el gas. Los líquidos retenidos se envían al sistema de drenajes a control de nivel. El gas, libre de arrastres, se alimenta a la primera etapa del compresor. Sobre esta línea se tiene la toma de baja presión del transmisor de presión diferencial PDT-100 y el elemento primario del FT-100. Siendo estos componentes del sistema de control de "antisurge" de la primera etapa.

El gas que sale de esta etapa, pasa a continuación al enfriador EC-104 de tipo soloaire, donde se abate la temperatura, el gas frío se alimenta al tanque de succión de la segunda etapa FA-106. Previamente se tiene una derivación de gas hacia el tanque de succión de la primera etapa, constituyendo la recirculación de "antisurge", regulada por la válvula ZS-102. Asimismo sobre la línea al FA-106 se une la recirculación de "antisurge" de la segunda etapa. La función de este separador es retener los condensados originados por el enfriamiento del gas. Los líquidos acumulados se envían al sistema de recuperación a control de nivel.

El gas libre de líquidos se alimenta a la succión de la segunda etapa de compresión. Sobre esta línea se tiene la toma de baja presión del PDT -101 y el elemento primario del FT-101, estos últimos instrumentos son parte del sistema de control de "antisurge" de esta etapa.

Una vez comprimido el gas amargo pasa al enfriador de la segunda etapa, el EC-105, de tipo soloaire, donde se le abate la temperatura, para seguidamente, dirigirse hacia el tanque de descarga del enfriador. Sobre esta línea se tiene la toma de alta

presión del DPT-101. Asimismo, de esta línea se deriva la corriente de recirculación regulada por el sistema "antisurge" de la segunda etapa mediante la válvula ZS-103.

En el tanque de descarga del enfriador, el FA-107, se recibe el gas y se separan los condensados, los que son enviados al sistema de recuperación a control de nivel. Finalmente, el gas se envía al cabezal de descarga de los módulos de compresión.

En la línea de salida se tiene la válvula de venteo VV-103 y la de bloqueo ZS-104, accionadas por el control de operación de la máquina.

La integración del compresor de arranque, GE-103 dentro del sistema de compresión, hace posible que pueda utilizarse continuamente y en paralelo con los módulos de compresión, cuando se requiera un manejo de gas en la plataforma superior al previsto.

#### 1.2.4

#### SECCION DE ENDULZAMIENTO DE GAS

( Fig. 1.4 )

La sección de endulzamiento está constituida por tres unidades que utilizan el proceso Girbotol con una solución al 30% de dietanolamina como agente absorbente. A continuación se hará la descripción -

de una de las unidades, en la inteligencia de que -  
las dos restantes son iguales.

La planta de endulzamiento se divide en dos secciones:

- Absorción de gases ácidos
- Regeneración de dietanolamina ( DEA )

Absorción de Gases Ácidos.- Parte del gas húmedo y amargo, procedente de la descarga de los módulos de compresión, se recibe en el contactor DA-200, a control de flujo, mediante el FRC - 200. El gas se - alimenta al contactor por la parte inferior y se - pone en contacto a contracorriente con la solución de DEA procedente de las bombas GA-200 AB/P. y en- friada mediante el EC-200, se alimenta al domo de la torre por encima del plato No. 1. En su camino descendente la solución absorbe el  $H_2S$  y  $CO_2$  presen- tes en el gas. La DEA rica en estos compuestos se - acumula en el fondo de la torre y sale de ésta a control de nivel hacia el tanque de expansión de solven- te FA - 201.

El gas libre de compuestos ácidos, abandona la to- rre por la parte superior, dirigiéndose hacia el - rectificador de gas combustible, el FA-200, que tiene

como función separar los arrastres de amina que pudiera llevar el gas, que finalmente sale a control de presión hacia el sistema de gas combustible, mediante el controlador PC-200, la amina rica acumulada sale a control de nivel mezclándose en línea con la corriente de amina procedente de la DA-200.

Como se mencionó anteriormente, la solución de DEA rica procedente del contactor, se recibe en el tanque de expansión FA-201, donde tiene lugar la separación de los hidrocarburos gaseosos y parte de los gases ácidos absorbidos por la DEA. El nivel del tanque se controla indirectamente por medio de la presión ejercida por los gases separados.

La amina rica acumulada en el tanque de expansión, se envía por diferencia de presión al intercambiador DEA rica - DEA pobre, el EA-200 donde se calienta por medio de la corriente de DEA pobre procedente del rehervidor EA-201. Una vez caliente, la DEA rica pasa al filtro FG-200, donde se retienen los sólidos que pudieran formarse por la degradación de la DEA, la solución sale del filtro por la parte superior y continúa hacia la torre agotadora.



Regeneración de DEA.- La DEA rica procedente del FG-200 se alimenta al plato No. 3 de la torre agotadora DA-201, donde se desorben los gases ácidos contenidos en la DEA mediante un agotamiento con vapor de agua, generado en el rehervidor tipo Kettle de la misma torre al concentrar la amina al 30%. La carga térmica del rehervidor se proporciona mediante una corriente de aceite de calentamiento que entra al EA-201 y circula por el interior de los tubos.

El control de calentamiento al rehervidor se efectúa mediante un circuito de aceite, propio de cada paquete, que incluye : la bomba GA-502; una inyección de aceite caliente controlada por la válvula TV-500 y un control de flujo de aceite al rehervidor regulado mediante el FRC-201. El ajuste de la temperatura del aceite manejado por la GA-502, se efectúa por medio del TIC-500, que regula la reposición de aceite caliente y la salida de una cantidad igual de aceite frío, accionando simultáneamente las válvulas TV-500A y TV-500B. Los ajustes a la cantidad de vapor generado en el rehervidor se realizan manipulando la FV-201 mediante el FRC-201.

Los vapores generados ascienden a la DA-201, donde a contracorriente con la solución descendente de amina, la despojan de los gases ácidos. Estos, con cierta cantidad de vapor de agua, salen por la parte superior de la columna, pasando al EC-201 de tipo soloaire, donde se condensa el vapor, separándose del  $H_2S$  y del  $CO_2$  en el acumulador de reflujo FA-202. Los gases separados en este acumulador se envían al quemador, a control de presión. El agua se retorna al plato superior de la torre para actuar a manera de rectificador. Para ello se emplea la bomba GA-201.

La DEA pobre en compuestos ácidos fluye del rehervidor hacia el tanque de balance de DEA, FA-203 - previo enfriamiento en el intercambiador de calor DEA rica - DEA pobre EA-200 . El FA-203 actúa como tanque de carga para las bombas de inyección de DEA GA-200 AB/R de tipo recíprocante. Estas elevan la presión de la solución con el fin de inyectar la al domo del contactor. El flujo de la solución a dicho equipo se regula mediante el FRC-202, cuyo elemento primario se encuentra instalado en la línea común de descarga de las bombas. Este controlador gobierna la válvula FV-202 que permite retornar a la succión de bombas parte de la solución. Por otro lado, se tiene una segunda recirculación de aproximadamen -

te el 20% del flujo total, esta recirculación pasa a través del filtro de carbón activado FG-201 que tiene como función remover los contaminantes aceitosos de la solución que, una vez filtrada retorna a la succión de las bombas.

Antes de entrar al contactor DA-200, la DEA pobre se enfría en el EC-200, tipo soloaire, cerrándose de esta manera el circuito de DEA.

#### 1.2.5

#### SECCION DE DESHIDRATAACION

( fig. 1. 5 )

Esta sección tiene como objetivo, eliminar la humedad del gas procedente de los módulos de compresión, mediante la absorción en dietilenglicol, para lo cual se utiliza una torre contactora donde se lleva a cabo la absorción y cuatro paquetes de regeneración de glicol, por lo que para fines de descripción, se divide esta sección en dos partes:

- Absorción de agua
- Regeneración de glicol

#### Absorción de Agua.-

El gas amargo y húmedo procedente de la descarga de los módulos de compresión, se alimenta por el fondo de la torre deshidratadora DA-300, en la que se pone en contacto a contracorriente con el dietilenglicol alimentado en el plato No. 1.

Por el domo de la deshidratadora, sale el gas seco hacia el enfriador gas-glicol pobre EA-300, para posteriormente enviarse a control de presión por medio del PIC-300 hacia la plataforma de enlace y de ahí a tierra.

El nivel de glicol en la torre se mantiene constante por medio de un control de nivel en línea de succión de las bombas de glicol GA-300 A-D, esta corriente de gas-glicol rico se utiliza como fluido motriz para accionar dichas bombas, las que lo descargan del lado del accionador, hacia la sección de regeneración y por el lado de la descarga de la bomba accionada, el glicol pobre se envía hacia la DA-300.

Regeneración de Glicol.- La regeneración del glicol consiste en la eliminación de agua absorbida, para lo cual el glicol rico procedente del fondo de la torre deshidratadora entra al condensador de reflujo de glicol EA-302, montado sobre la columna de separación de glicol, donde se precalienta contra los vapores ascendentes de la misma, para alimentarse posteriormente al tanque separador de glicol-gas-aceite FA 300. En este recipiente se tiene una separación

trifásica, el nivel inferior de glicol, se mantiene mediante el controlador local LC-300, el nivel de aceite sobre el glicol, se regula con el controlador local LC-301, que abre la válvula LCV-301 para mandar el aceite al drenaje aceitoso y el gas separado se descarga al desfogue a través de la válvula autocontroladora de presión PCV-300. El glicol que sale por el fondo del separador se filtra primero para la eliminación de sólidos en el filtro de malla FG-300 y después, el 15% del flujo se filtra para eliminación de aceite en el filtro de carbón activado FG-301. Una vez libre de sólidos, pasa al cambiador de calor glicol-rico glicol -pobre EA-303, donde se calienta para posteriormente alimentarse a la columna de separación de glicol-agua DA-301.

En la DA-301 , se lleva a cabo la eliminación del agua. La corriente de DEG rico, proveniente del cambiador EA-303 , se alimenta entre dos camas empacadas, poniéndose en contacto a contracorriente con los vapores generados en el rehervidor EA-301, tipo Kettle.

La temperatura en el domo de la columna, se controla mediante la alimentación de glicol frío al

EA-302 . El agua se elimina por el domo de esta torre, como vapor, enviándose al cabezal de desfogue de baja.

El glicol desciende por la columna hacia el rehervidor EA-301 que se encuentra instalado en la base de la columna. Dicho rehervidor opera con el área de los tubos totalmente inundada para protegerlos contra la corrosión. La carga térmica que proporciona, la obtiene del aceite de calentamiento que circula por los tubos.

La temperatura del EA-301 es controlada por el TIC-300, actuando sobre la válvula TV-300, instalada en la línea de salida de aceite de calentamiento. Esta válvula se cierra por acción de los interruptores de alta temperatura y bajo nivel.

El nivel se controla mediante una mampara que mantiene cubiertos los tubos, derramando el excedente de glicol al compartimento de salida de éste.

Con objeto de lograr una mayor pureza del glicol regenerado, se alimenta una corriente de gas combustible por el fondo del rehervidor. Este gas sirve como barrido para arrastrar la humedad remanen -

te. Dicha corriente de gas entra a una pequeña sección empacada, localizada en el derrame de glicol - donde se pone en contacto con éste. La presión del gas combustible se controla con la válvula autocontrolada PCV-301 y el flujo se regula con el rotámetro FI-300.

El glicol pobre caliente, sale del EA-301 para - enfriarse contra glicol rico en el cambiador glicol-glicol EA-303. A continuación , pasa al tanque de - balance de glicol FA-301, de éste, el glicol es - succionado por las bombas principales de glicol - GA-300 A-D, las cuales lo envían a través del intercambiador gas-glicol EA-300, a la torre deshidratadora, con lo que se cierra el circuito.

#### 1.2.6

#### SECCION DE TRATAMIENTO DE AGUA ACEITOSA

( Fig. 1.6 )

La sección de tratamiento de agua aceitosa está - constituida por un sistema de separación trifásica que utiliza el proceso de coalescencia y una torre agotadora.

Separación Trifásica.- La mezcla agua-gas-aceite, - procedente de los módulos de compresión, se reci -

be en el tanque de balance FA-400, en donde se separan estos compuestos por diferencia de densidades. El tanque cuenta en su interior, con elementos coalescedores que tienen como función agrupar las gotas de aceite suspendidas en el agua, aumentando la eficiencia de separación.

El gas separado es enviado al sistema de desfogue a control de presión, mediante el controlador indicador de presión, PIC-400, a través de la válvula PV-400.

El aceite, ocupando la parte superior de la interfase, es enviado al sistema de recuperación de aceite. Esto se lleva a cabo por derrame del aceite hacia las trampas conectadas al tanque, permitiendo además un espacio libre para la separación de los gases a desfogue.

El agua separada en el fondo del tanque, se envía a la torre agotadora del agua ácida DA-400, a control de nivel, mediante el indicador controlador de nivel LIC-400. Esta alimentación a la torre, se realiza con las bombas GA-400/R.

Para protección de las bombas, y para evitar el paso de aceite a la torre agotadora, el tanque de



balance cuenta además con un interruptor por muy bajo nivel que para el motor de las bombas al presentarse un bajo nivel de agua.

#### Agotamiento.-

El agua ácida procedente del FA-400 es alimentada por el domo de la torre agotadora, la DA-400, donde se desorben los gases ácidos al ponerse en contacto con una corriente de gas inerte, la canti - dad requerida de este gas para el agotamiento, esta en función de la cantidad de agua alimentada a la torre. Esta razón de flujos estará monitoreada por el indicador relacionador de flujos FFIC-400, que permitirá controlar la cantidad de gas inerte, de acuerdo a las variaciones que pueden presentarse en el suministro de agua ácida. Una vez separados los gases ácidos, se envían al sistema de desfogue, a control de presión mediante el PIC-401. El agua exenta de gases, es drenada al mar a control de - nivel por el indicador controlador LIC-401. Sobre esta línea se cuenta con una toma de muestras para su análisis, mismo que será testigo de la eficiencia de la desorción.

### 1.3 VARIABLES DE PROCESO Y CONDICIONES DE OPERACION.

Las corrientes de gas de alta y baja presión, se reciben en la plataforma a 6.0 y 1.8 kg/cm<sup>2</sup> a 66 y 66°C respectivamente, el gas de baja se comprime hasta 6.0 kg/cm<sup>2</sup> integrandose al gas de alta para comprimirse ambos a una presión de 84.4 kg/cm<sup>2</sup> al aumento de temperatura provocando por la compresión del gas será reducido a 52°C después de cada etapa de compresión. Del flujo total de gas comprimido, un 6% aproximadamente se endulzará utilizandose como gas combustible para los equipos que requieran de este servicio en la plataforma, el resto será deshidratado para su transporte a tierra.

#### 1.3.1 ENDULZAMIENTO

##### Presión.-

La presión en el contactor es regulada esencialmente por la presión de descarga de los módulos de compresión a 84.4 kg/cm<sup>2</sup> y por el controlador ubicado en la salida de cada planta. De acuerdo con esto, no es de esperarse que ocurran cambios importantes en esta variable. Sin embargo, es conveniente mencionar que una presión por debajo de lo normal, conservando el mismo flujo de gas, ocasiona un aumento en la velocidad de éste a través del contactor con los consi

güentes problemas de espumamiento y pérdidas de DEA por arrastre. Por otra parte, es posible que se presenten incrementos en la caída de presión del contactor ocasionados por la formación de espuma y por la deposición de lodos en los platos de este equipo.

#### Temperatura.-

La temperatura del gas al contactor debe mantenerse en sus valores de diseño 52-54°C a fin de asegurar la eficiencia del endulzamiento. Una temperatura mayor provoca pérdidas excesivas de DEA y disminución en la remoción de compuestos ácidos. Por el contrario temperaturas muy bajas, ocasionan espumamiento y pérdida de eficiencia debido al incremento en la viscosidad de la solución absorbente.

La solución de DEA debe entrar al topo del contactor con una temperatura de 5°C por encima de la temperatura del gas (57-59°C). Un valor menor provoca la condensación de algunos hidrocarburos presentes de éste, dando como resultado la formación de espuma. Por otro lado, un valor mayor puede ocasionar pérdidas de solución.

Las temperaturas de la sección de regeneración son parámetros importantes que deben tenerse bajo control

a fin de asegurar una buena operación de la unidad. En primer término, es necesario mantener la temperatura del aceite de calentamiento al rehervidor en sus valores de diseño. (148-150°C). Valores altos de esta variable en el aceite pueden originar problemas de degradación térmica de la solución.

La temperatura del rehervidor no debe sobrepasar la de diseño (125°C) para evitar la descomposición de la solución y no debe ser menor a fin de asegurar que los compuestos ácidos presentes en la DEA no descendan hasta este equipo ya que pueden provocar una mayor corrosión en él. Además la baja temperatura disminuye la eficiencia de la regeneración.

Por otra parte, la temperatura en la salida del condensador (52°C) debe regularse de tal forma que asegure la condensación de la mayor parte de los vapores de agua, a fin de mantener en sus niveles adecuados el reflujo a la torre regeneradora y minimizar la reposición de agua tratada. Un reflujo reducido afecta adversamente la eficiencia de la desorción. Además, es conveniente que se mantenga un contenido de DEA en el destilado de cuando menos 0.5% en peso, ya que esto contribuye a disminuir la corrosión en esta zona. Debe prestarse especial atención a la inyección

adecuada del inhibidor de corrosión en la línea de salida de gases del regenerador DA-201.

#### Concentración de la solución de DEA.-

La concentración de diseño de amina en la solución es del 30% en peso. Una concentración menor requiere incrementar la recirculación de DEA en el sistema, solución poco apropiada ya que se aumentarían las velocidades de ésta, con los problemas asociados de erosión y corrosión.

Por el contrario, una concentración mayor ocasionaría un incremento en el contenido de gases ácidos en la solución rica, lo que se traduce en temperaturas de regeneración mayores a las de diseño con los inconvenientes ya mencionados.

Para mantener la solución de DEA en sus valores adecuados, es conveniente analizar la solución en forma periódica y ajustar la reposición de agua de acuerdo a estos análisis. Es conveniente recalcar la importancia de emplear agua de alta pureza, a fin de evitar los problemas asociados a la presencia de sales en la solución.

## 1.3.2

## DESHIDRATACION

## Presión.-

Una presión mayor a la de diseño en el contactor ( $84.4 \text{ kg/cm}^2$ ) tiene muy poco efecto en la operación de la unidad, sin embargo, una presión menor, conservando el mismo flujo, incrementa la velocidad del gas en la torre con la consiguiente formación de espuma e incremento en las pérdidas de glicol.

Por otra parte, el incremento en la presión diferencial del contactor es indicativo de algunos problemas en este equipo. Un aumento gradual en el valor de esta variable es síntoma de ensuciamiento en los platos, mientras que un aumento súbito evidencia la formación de espuma.

## Temperatura.-

Temperaturas superiores a las de diseño en el gas alimentado al contactor ( $52^\circ\text{C}$ ) incrementan las pérdidas de glicol, requiriendo además, una mayor concentración de éste, a fin de conservar la especificación de contenido de agua en el gas deshidratado (7 lbs por MMPCS).

Por el contrario, temperaturas muy bajas, ocasionan un aumento en la viscosidad del glicol disminuyéndose la eficiencia de la deshidratación.

Por otra parte, el glicol debe entrar al contactor con una diferencial de 5° a 8°C por encima de la temperatura del gas. Valores mayores provocan pérdidas excesivas de glicol, mientras que valores menores ocasionan condensación de hidrocarburos con la resultante de espumamiento, ensuciamiento y reducción en la absorción de agua.

En cuanto al regenerador, la temperatura más apropiada en el tope de la columna es de 104°C. Arriba de este valor, se incrementan las pérdidas de glicol, en tanto que una temperatura menor, da como consecuencia que el vapor de agua se recondense, inundando la columna y el rehervidor.

La temperatura del rehervidor (150°C) es otra variable importante que debe tenerse bajo control, ya que es el principal factor que determina la concentración del glicol pobre. Una temperatura excesiva provoca la degradación del absorbente, mientras que un valor bajo disminuye la concentración de éste.

### Concentración de glicol.-

La concentración del glicol pobre, para lograr una deshidratación eficiente, es del 99.5% en peso, en tanto que la del glicol rico debe variar entre 2 y 5% por debajo de la de aquél. Como ya se mencionó la concentración del absorbente pobre es función principalmente de la temperatura del rehervidor, aún cuando un valor menor al 99.5% puede ser ocasionado por factores, tales como contaminación, espumamiento inundación u obstrucción del empaque de la columna de regeneración, o fugas en el intercambiador glicol-glicol. Por otra parte, una diferencia muy pequeña entre la concentración del glicol pobre y la del rico es indicativa de una circulación excesiva de absorbente, aún cuando se puede observar el mismo resultado si existe alguna fuga en el intercambiador glicol-glicol o si se tiene una deshidratación deficiente.

Sobre la base de 99.5% de concentración del glicol, la circulación de éste en el sistema debe mantenerse en el rango de 2 a 5 galones por libra de agua removida.



C A P I T U L O    2

DESCRIPCION DE SERVICIOS AUXILIARES

2.1

## ACEITE DE CALENTAMIENTO

( Fig. 2.1 )

La carga térmica requerida para la regeneración de la dietanolamina y del glicol, así como, en el calentamiento del gas combustible, se obtiene del aceite de calentamiento, este aceite es calentado en el horno BA-500 mediante la combustión de gas o diesel.

Circulación de Aceite.- El sistema de aceite de calentamiento forma un circuito cerrado, el que, para efecto de descripción, se considera que principia en el tanque de expansión FA-500. De este tanque se envía el aceite al calentador, mediante la bomba de aceite de calentamiento GA-500/R, el aceite caliente sale del horno para ser distribuido a los diferentes usuarios.

La línea de salida de aceite cuenta con interruptores por alta y baja temperatura que accionan su alarma respectiva y el interruptor por muy alta temperatura para el horno. Asimismo, se tiene interruptor por bajo flujo que manda arrancar la bomba de relevo de recirculación de aceite, y si no se restablece el flujo en un corto tiempo, el retardador FNY-500, enviará señal de paro al calentador, cerrando las válvulas de admisión de combustible.

A fin de absorber las variaciones de flujo que puedan presentarse debido al consumo de los diferentes usuarios, se dispone del FIC-500 el cual acciona la válvula FV-500, que permite recircular una cierta cantidad de aceite, manteniendo así una circulación constante a través del BA-500.

Por otra parte, el control de temperatura del aceite caliente se efectúa por medio del TRC-500, que opera en cascada, tanto con el PIC-501 que regula la presión del gas combustible al calentador, o con el PIC -502 que se encarga de controlar la presión del combustible diesel. La selección del arreglo en cascada TRC-PIC se efectúa mediante el selector manual HS-500.

El aceite, a la temperatura que sale del horno, se alimenta al calentador de gas combustible, a los paquetes de regeneración de glicol y a los paquetes de endulzamiento. Sin embargo la regeneración de la amina requiere un nivel máximo de temperatura de  $150^{\circ}\text{C}$ , para evitar su degradación térmica, por lo cual, se dispone de un circuito semicerrado, manejado por las bombas GA-502 ABC/R, al cual se alimenta un pequeño porcentaje de aceite caliente, por la válvula A del TIC-500, mismo porcentaje que sale del circuito, como aceite frío, por la válvula B del mismo controlador.

El aceite de retorno se une con el de recirculación, formando el cabezal de retorno, que va al tanque de expansión y a la succión de la bomba GA-500/R, cerrando el circuito.

En operación normal de este sistema, no hay flujo a través del tanque de expansión, el cual se mantiene alineado sólo para absorber las variaciones de volumen, provocadas por el calentamiento del aceite.

Para el llenado y reposición de aceite al sistema se tiene la bomba GA-501, que es alimentada por el tanque de almacenamiento de aceite FB-500.

El sistema de paro del calentador incluye, además de los interruptores mencionados, interruptores de baja presión de combustibles y gas a pilotos; interruptor de presión diferencial a través del serpentín; interruptor de alta temperatura en las zonas de radiación, convección y chimenea del calentador; interruptor de falla de flama mediante una fotocelda; interruptor por baja presión de aire de atomización y de combustión; interruptor por bajo nivel en el tanque de expansión.

Por otra parte, el aire de combustión se obtiene -

mediante dos sopladores GB-500/R, en el que uno opera normalmente mientras que el otro permanece de relevo. A falla del primero, el de reserva entra automáticamente. Si el flujo de aire no se restablece, ocurre el paro del calentador. La dosificación del aire de combustión se efectúa mediante una válvula automática accionada por el PIC-501 ó 502 dependiendo del combustible seleccionado.

El sistema de aceite de calentamiento arranca globalmente mediante un botón instalado en el tablero local, realizándose automáticamente una secuencia de encendido, que incluye, entre otras acciones, pre-barrido y post-barrido del hogar del BA-500, mediante el GB-500/R.

## 2.2 GENERACION DE GAS INERTE

( Fig 2.2 )

Se cuenta, entre los servicios auxiliares, con el paquete de generación de gas inerte. Tiene como función la de proporcionar el gas necesario para el agotamiento del agua amarga en la sección de tratamiento de agua aceitosa; proporcionar una atmósfera inerte para algunos equipos, y en general, cubrir los posibles requerimientos de este servicio en la plataforma. Para tal fin, el paquete genera la corriente de gas constituida principalmente por nitrógeno y bióxido de car -

bono, obtenidos por la combustión de gas o diesel -  
procedentes de la red de distribución de gas combus-  
tible o diesel respectivamente. El paquete está cons-  
tituido por las siguientes secciones:

Alimentación de Combustible.- El paquete puede que -  
mar gas o diesel. El sistema de alimentación de gas  
incluye válvulas reductoras de presión, medidor de -  
flujo, válvulas de bloqueo y purga, y dos válvulas -  
reguladoras, la primera de ellas recibe señal direc-  
tamente del ducto de inyección de aire de combustión,  
por lo que establece una regulación aproximada de -  
flujo de gas combustible. La segunda válvula recibe  
señal de un analizador de gas inerte y constituye el  
control fino de la alimentación de gas.

La alimentación de diesel incluye el tanque de carga  
FB-600 con interruptores de alto y bajo nivel que -  
accionan la válvula de admisión de diesel al tanque.  
Asimismo, se dispone de la bomba de engranes GA-600,  
que eleva la presión del diesel lo suficiente para -  
permitir su esparcido en la cámara de combustión. El  
sistema de control de la inyección de diesel a la cá-  
mara es similar al descrito para gas combustible. El  
aire para la combustión lo proporciona el soplador -  
centrífugo GB-601.

Combustión.- Cualquiera que sea el combustible seleccionado, se inyecta a la cámara de combustión del generador de gas inerte BA-600, donde se mezcla con aire en proporción aproximadamente estequiométrica. La ignición se produce mediante el encendido por bujía del piloto, que utiliza gas propano procedente de un cilindro o bien de la red de distribución de gas combustible. El encendido del piloto lo supervisa una fotocelda, constituyendo el permisivo para que continúe la secuencia de ignición. La combustión se efectúa en el quemador cilíndrico vertical instalado en el interior de la cámara de combustión. Los gases calientes salen por la abertura inferior del quemador y ascienden por el exterior del mismo, poniéndose en contacto con varias corrientes de agua esparcida, proveniente del circuito cerrado de enfriamiento. Aquí sufren los gases de combustión una primera disminución de temperatura. Asimismo, el agua enfría las paredes del quemador. De la cámara de combustión, los gases pasan a la cámara de enfriamiento, donde sufren una segunda disminución de temperatura por contacto directo con agua.

Compresión.- El gas, ya frío, sale de la cámara de enfriamiento para alimentarse a continuación a la -

succión del compresor de gas inerte, el GB-600 donde se eleva la presión. El compresor es de tipo recíprocante de dos etapas con interenfriamiento y postenfriamiento. La presión de entrega se controla mediante un sistema de descargadores de válvulas y una válvula reguladora automática. En la descarga de la máquina se tienen las botellas de separación de agua FA-600, FA-601 y el tanque receptor FA-602 para de éste, distribuirse por la red de gas inerte.

Enfriamiento.- El paquete incluye un sistema cerrado de enfriamiento con agua dulce y un sistema abierto con agua de mar. El circuito de agua dulce consta del tanque de agua FB-601, la bomba de circulación de agua GA-601 y la bomba de inyección de solución cáustica GA-602, esto último para evitar que el pH del agua disminuya a niveles corrosivos debido a la presencia de compuestos ácidos en el combustible. El circuito proporciona agua de enfriamiento a los siguientes equipos: cámara de combustión, cámara de enfriamiento, interenfriador y postenfriador de gas, enfriador de aceite de lubricación y cilindros del compresor.

La corriente de agua de mar se encarga de enfriar a



su vez a la corriente de agua dulce, empleando para ello, el intercambiador de agua dulce - agua de mar EA-600, de tipo placas. El agua de mar proviene del sistema de distribución de este servicio.

Una vez comprimido el gas inerte, se distribuye a los equipos usuarios de este servicio en la plataforma.

### 2.3 SUMINISTRO DE AGUA DE MAR Y PRODUCCION DE AGUA POTABLE

( Fig. 2.3 )

Para el suministro de agua de mar, se tienen las bombas GA-700/R de tipo pozo profundo, accionadas por motor eléctrico. En la succión de cada bomba, se dispone de una inyección de hipoclorito de sodio procedente de los paquetes de hipocloración.

El hipoclorito tiene la función de inhibir la formación de colonias orgánicas para evitar taponamientos y corrosión, tanto en succión de las bombas, como en la red de distribución. Dicha inyección se realiza a cada bomba a través de una válvula de corte, que suspende automáticamente el flujo de hipoclorito cuando la bomba sale de operación.

En el cabezal de descarga de las bombas, se tienen los filtros, FG-700/R, uno en operación y otro de relevo, para retener los sólidos contenidos en el agua.

En la salida de los filtros, se tiene una derivación que retorna agua a la camisa de las bombas con el fin de evitar el estancamiento de aquella en las mismas y la consiguiente propagación de materia orgánica.

El agua de mar filtrada, pasa al sistema de distribución alimentando a las tomas de servicio, al enfriador de placas EA-600 del generador de gas inerte, a las plantas potabilizadoras y a los paquetes de hipocloración a control de flujo por medio del FIC-700.

El agua se alimenta a las celdas de electrólisis, donde se produce el hipoclorito de sodio. La solución obtenida pasa a través del tanque desgasificador FB-700, donde es separado el hidrógeno de la reacción.

La producción del hipoclorito es ajustada, mediante el

flujo de corriente eléctrica alimentada a las celdas de electrólisis. El hipoclorito obtenido se envía a las bombas GA-700/R y la succión de las bombas de agua contra incendio.

Para la producción de agua potable, se cuenta con una planta tipo paquete, la cual utiliza el método de termocompresión.

El agua de mar se alimenta como se mencionó anteriormente de la red de distribución de agua de mar al sistema de tratamiento a través de una válvula de alimentación accionada por solenoide. Al agua alimentada se le inyecta ácido para control de ph. Este sistema de inyección incluye el tanque acumulador de ácido FB-751, la bomba de inyección GA-751 y premezclador. Después de la inyección, se tiene el mezclador y el tanque de reacción, así como un potenciómetro para la medición del ph.

Después de la inyección de ácido, el agua de mar pasa al enfriador tipo placas EA-752, donde intercambia calor con el destilado obtenido y con las purgas del evaporador. A continuación se alimenta al deareador para eliminarle los gases disueltos, como el oxígeno

y el bióxido de carbono, mediante una inyección de vapor y venteo continuo.

Una vez eliminados los gases, el agua se alimenta al evaporador EA-750 del tipo de tubos verticales, ascendiendo por el interior de los mismos, donde absorbe calor del vapor comprimido. En la parte superior se separa el vapor generado, el que, después de pasar por una malla, entra a la succión del compresor centrífugo GB-750 a  $101^{\circ}\text{C}$  y  $70\text{ g/cm}^2$  de presión.

El compresor, accionado por motor eléctrico, descarga el vapor a  $105.5^{\circ}\text{C}$  y  $246\text{ g/cm}^2$ , con lo que le añade energía, la cual es aprovechada en el evaporador para el calentamiento del agua alimentada, misma que provoca la condensación del vapor por el exterior de los tubos. Este condensado es extraído por la bomba de destilado GA-752, tipo centrífuga, movida por motor eléctrico, la cual lo envía primero a enfriamiento, contra agua fresca en el enfriador de placas y posteriormente al tanque de almacenamiento FB-750.

La línea de destilado se divide en dos, una va al drenaje y la otra al tanque de almacenamiento; ambos flujos se controlan por válvulas accionadas por solenoide.

Este sistema de solenoides permite alinear el agua de mar y abrir la válvula de purga y la válvula de destilado al drenaje hasta alcanzar una buena pureza, o cerrar la de drenaje y alinear al tanque de almacenamiento, cuando el agua está limpia.

En el deareador se recibe una corriente de venteos del evaporador, lo cual ayuda a eliminar los gases disueltos.

Para reponer las pérdidas de calor en el evaporador se toma una pequeña corriente de destilado y se envía al calentador de inmersión, provisto de una resistencia eléctrica, donde se vaporiza y se alimenta al compresor, pudiendo cumplir la función mencionada o proporcionar el calentamiento inicial para el arranque. Este tanque de inmersión, a control de nivel puede servir también, para recircular condensados al evaporador.

Del tanque de almacenamiento las bombas GA-750/R, envían el agua al tanque presurizado de agua potable FA-750. Este tanque tiene una inyección de aire a presión para mantenerlo presurizado, a control del PIC-750 y las válvulas de presionamiento y venteo

respectivas, asimismo, cuenta con interruptores por alto y bajo nivel que actúan parando y arrancando - respectivamente el motor de las bombas GA-750. Del - tanque presurizado o bien por medio de las bombas de agua potable, se envía el agua a la red de distribución para los equipos usuarios y servicios.

#### 2.4 SUMINISTRO DE AIRE DE INSTRUMENTOS, DE SERVICIO Y PARA ARRANQUE DE TURBOGENERADORES

( Fig. 2.4 )

Para el suministro de aire de instrumentos se cuenta con el compresor GB-800, tipo reciprocante de dos etapas, accionado por motor eléctrico, con interenfria - miento y postenfriamiento a base de sopladores de - aire.

El compresor opera mediante un sistema de descargadores en las válvulas de succión que permite al motor trabajar continuamente, al mismo tiempo que mantiene controlada la presión de descarga. Este sistema comprende un instrumento que contiene internamente interruptores por alta y baja presión. Se tienen además paros por protección a la máquina y al sistema, por medio de los interruptores por alta temperatura de descarga y por bajo nivel de aceite lubricante.

El aire comprimido se alimenta al tanque FA-800 - que cuenta con el interruptor por muy baja presión PSL-800, el cual manda una señal a una válvula de transferencia de 3 vías, que permite alimentar a la red de aire de instrumentos con el compresor de aire de servicios, el GB-801. Todo esto, en la eventualidad de una falla en el suministro de aire de instrumentos.

Del tanque FA-800 el aire pasa al sistema de secadores PA-800 en donde el aire se filtra y se deshidrata por adsorción del agua en alúmina, adecuándolo para su uso.

El aire se distribuye a los instrumentos mediante cabezales instalados en los niveles de la plataforma.

Para el suministro de aire de servicios se cuenta con el compresor GB-801 de características y operación similares al GB-800. El aire proporcionado por el compresor se recibe, en el tanque acumulador de aire de servicios, el FA-801, de donde se distribuirá a las estaciones de servicio a través de cabezales, previo paso por la válvula de transferencia de tres vías, mencionada anteriormente.

Debido a que el arranque de los turbogeneradores es neumático, se dispone para tal efecto de los compresores GB-802/R accionados por motor diesel.

El compresor es de tipo recíprocante, de dos etapas, con enfriamiento en la descarga de cada una de ellas, mediante ventiladores acoplados a la misma flecha del compresor. El principio de operación es el mismo que el del compresor de aire de instrumentos; es decir, controla la presión de descarga, mediante descargadores en las válvulas de succión.

El aire comprimido y frío, se alimenta a los tanques acumuladores de aire de arranque, FA-802 A/B . En la salida del aire de estos tanques, se encuentran los interruptores por alta y baja presión, así como la válvula controladora de presión PCV-802, pasando de aquí, al cabezal de alimentación a los turbogeneradores.

## 2.5

### GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

Para cubrir las necesidades de energía eléctrica se



dispone de tres turbogeneradores, los GE-900 ABC - de 1100 kw, 480 v, 3 fases y 60hz cada uno, accionados por turbina, la cual puede utilizar gas o - diesel.

En condiciones normales de operación, de deben te - ner trabajando dos generadores, mientras que el tercero permanece de relevo. Si falla uno de los que se encuentran operando, envía señal a su turbina, - para aumentar la generación, pudiendo uno solo, sostener la carga necesaria, durante poco tiempo, mientras pueda ponerse en operación, manualmente, el - que está de relevo.

La alimentación de corriente al sistema de distribución, se realiza a través de unas barras de sincronía constituidas por tres secciones, unidas mediante dos eslabones removibles, operados manualmente.

El tablero de control cuenta con un suministro ininterrumpido de corriente por medio de un banco de baterías de respaldo, conectadas al sistema de distribución a través de un transformador y un rectificador, sistema con el cual se mantiene siempre en su carga.

Las líneas alimentadoras de corriente a los módulos de compresión, se utilizarán para el arranque de estos solamente, ya que los compresores son autosuficientes con respecto a este servicio, por lo que, operando normalmente cada módulo de compresión, esas líneas deben estar abiertas. En caso de que falle el generador de un módulo de compresión, automáticamente, se alimenta corriente de los generadores principales.

## 2.6

#### ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE DIESEL ( Fig. 2.5 )

El diesel se recibe en barcos mediante un par de tomas localizadas en el embarcadero de la plataforma. Se almacena en el tanque de recepción de diesel, el FB-1000, previo filtrado en el FG-1000, el cual dispone de un indicador diferencial de presión que permite conocer el grado de ensuciamiento de los elementos filtrantes para su remplazo.

El diesel fluye del FB-1000 a la centrifugadora GF-1000/R, que tiene como función eliminar los sólidos suspendidos y el agua que contenga el combustible adecuándolo para su uso posterior. Para el control de la centrifugadora se cuenta con el inte -

rruptor por bajo nivel LSL-1000 instalado en el FB-1000, y el interruptor por alto nivel LSH-1000, localizado en el FB-1001. Ambos paran la máquina que se encuentre en operación al ocurrir cualquiera de estas eventualidades.

Para la eliminación continua de lodos, se tiene un circuito cerrado de agua, el cual inicia en el tanque de agua de maniobra, de este una bomba se encarga de inyectar el agua a las centrifugadoras, de donde una vez utilizada se envía al tanque intermedio de agua separada y de este se retornará al tanque de agua de maniobra cerrándose así el circuito.

Aunado a los paros de los interruptores antes mencionados, se cuenta también con paros por : baja presión de agua de maniobra, bajo flujo de diesel, alto nivel en los tanques intermedios de agua separada y por el sistema intrínseco de protección de los motores.

Las centrifugadoras descargan el diesel limpio hacia el tanque de almacenamiento FB-1001. La transferencia de diesel hacia los diferentes equipos se realiza mediante las bombas GA-1000/R de desplazamiento positivo.

2.7

## DISTRIBUCION DE GAS DULCE

( Fig. 2.6 )

El sistema de gas combustible tiene como función, proporcionar el gas dulce necesario para la operación de los diferentes equipos de la plataforma que lo requieren. Se dispone de tres plantas de endulzamiento que suministran el gas dulce a la red de distribución, una parte de este gas se envía a las turbinas de los módulos del compresor, mientras que el resto se sobrecalienta en el EA-1100/R con objeto de evitar la formación de hidratos, por la disminución en su presión por medio de la válvula PV-1100.

El EA 1100/R utiliza aceite del sistema de calentamiento, controlando la temperatura del gas mediante el TIC-1100 que gobierna la válvula TV-1100, instalada en la entrada de aceite al sobrecalentador, el gas se distribuye a continuación a los siguientes - equipos :

Turbocompresores

Paquete de generación de gas inerte

Turbogeneradores

Compresor de arranque GB-103

Calentador a fuego directo BA-500

En adición a la PV-1100, se cuenta con la válvula - la PCV-1101, que alivia al desfogue cualquier exceso de presión que pudiera presentarse en la línea.

2.8

#### ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE QUIMICOS

( Fig. 2.7 )

Como uno más de los servicios auxiliares, se tiene el almacenamiento y distribución de químicos. Este servicio tiene como función proporcionar la cantidad necesaria de antiespumante e inhibidor de corrosión a los diversos equipos de la plataforma que así lo requieran, con el fin de evitar altos índices de corrosión e impedir formación de espuma.

Para la inyección de inhibidor de corrosión se tienen dos tanques atmosféricos de almacenamiento; el FB-1200 y el FB-1201, la distribución se realiza por medio de las bombas GA-1200/R y GA-1201/R de tipo pistón respectiva de cada tanque. La primera inyecta este agente a los cabezales de succión de los compresores, mientras que la segunda lo inyecta en la salida de gases amargos de la torre agotadora DA-201.

El agente antiespumante se almacena en el FB-1250 - y es alimentado al domo del contactor de DEA DA-200 por medio de la bomba GA-1250/R de tipo pistón.

## 2.9 ALMACENAMIENTO DE ACEITES DE LUBRICACION

( Fig. 2.7 )

Como otro de los servicios auxiliares con que cuenta la plataforma, está el almacenamiento de los aceites de lubricación, para lo cual se dispone de dos tanques de almacenamiento.

El FB-1300 para aceite mineral del cual se suministra el aceite lubricante para las consolas de lubricación de los módulos de compresión, para las turbinas de los generadores eléctricos y para el sistema de turbocompresor de arranque. Esta distribución la realiza la bomba GA-1300, de desplazamiento positivo, movida por motor eléctrico.

El FB-1350 para almacenamiento del aceite sintético necesario para lubricación de las turbinas de los módulos de compresión. La reposición a la consola de dichas turbinas, se lleva a cabo mediante la bomba GA-1350.

## 2.10 SISTEMA DE DESFOGUE

( Fig 2.8 )

Este servicio tiene como función, recolectar los des

fogues, tanto de alta como de baja presión, separar los condensados para enviarlos a la fosa de recolección o a la plataforma de producción y mandar los gases al quemador.

El sistema se divide en desfogue de alta y desfogue de baja presión; por tal motivo, se dispone de los tanques separadores, de desfogue FA-1400 y FA-1401, de alta y baja presión respectivamente.

Los gases de desfogue de alta presión, se reciben en el FA-1400, por un cabezal común. De aquí los gases son enviados al quemador CB-1400 y los condensados a la fosa de recolección mediante la bomba GA-1400, de tipo centrífuga accionada por motor eléctrico.

Los gases de desfogue de baja presión, se reciben en el tanque FA-401, del cual son enviados al mismo quemador y los condensados separados, se envían a la plataforma de producción, mediante la bomba GA-1401, de tipo centrífuga y accionada por motor eléctrico.

## 2.11

### RECUPERACION DE ACEITE RESIDUAL

( Fig. 2.9 )

A fin de recuperar los hidrocarburos drenados en -

diferentes áreas de la plataforma y evitar al mismo tiempo la contaminación del mar, se dispone de un sistema separador agua-aceite denominado "fosa de recolección". Este equipo FE-1500, recibe los drenes de aceite recuperado de los módulos de compresión y en general, de los drenajes a presión y atmosféricos de la plataforma.

Este sistema está formado de los siguientes componentes, integrados dentro de un tubo de 48":

- Tanque inferior para recepción de aceite
- Tanque superior para recuperación de aceite
- Area superior de mantenimiento
- Sistema de vacío mediante un eyector que utiliza gas como fluido motriz
- Sistema de presionamiento

Los dos primeros tanques se encuentran estacados, uno sobre otro dentro del mismo tubo de soporte - de 48". Ambos recipientes se encuentran ubicados de tal forma, que el domo del tanque superior se encuentra ligeramente abajo del nivel medio del mar.

Al tanque inferior fluyen los drenajes mediante dos líneas. La primera maneja los provenientes de los -



módulos de compresión y del separador trifásico - FA-4601. La segunda está constituida por la unión de cabezales de drenaje atmosférico. Esta última posee un filtro y una válvula de retención a fin de evitar la entrada de gas a dichos cabezales.

En el tanque inferior se separa el agua del aceite por diferencia de densidades. El agua se reintegra al mar y el aceite se recupera enviándose al tanque superior.

El paso de aceite del recipiente inferior al superior se efectúa haciendo vacío en este último, el que una vez lleno, se presiona para enviar el aceite a la plataforma de producción.

Como complemento de los servicios de la plataforma, se tienen : la grúa de pedestal que realiza los movimientos de carga y descarga necesarios; el sistema de acondicionamiento de aire para el cuarto de control, oficina, cuarto de baterías y cuarto de control eléctrico; el sistema de intercomunicación y telecomunicación para la comunicación interna de la plataforma y externa respectivamente; por último de gran importancia el sistema de seguridad compren

dido por detectores de gas y fuego así como una red de distribución de agua contra incendio, sistema de espuma y sistema de halón, aunado a esto las estaciones de alerta y alarmas audibles y visibles con señales por presencia de gas, hombre-al agua, fuego y abandono de plataforma, esto último se realiza por medio de botes salvavidas.

Este sistema de seguridad se encuentra conectado al controlador programable el cual se encarga de ejecutar un paro automático programado de la plataforma.

C A P I T U L O    3

METODOLOGIA DE ARRANQUE

### 3.1 ORGANIZACION

El arranque es considerado como la etapa culminante y más importante de un proyecto industrial, por lo que es necesario constituir una organización competente que se encargue de realizar esta tarea, ya que para tener un arranque exitoso no es suficiente con resolver los problemas cuando éstos se presentan, - debe uno anticiparse a ellos en lo posible, hay que tener en cuenta que, decisiones correctas en un tiempo adecuado, encaminan el trabajo hacia actividades concretas reduciendo retrasos, y esto se logra con - una organización y comunicación eficientes.

La función de organización en un arranque implica la determinación de la estructura jerárquica responsable de coordinar y efectuar las actividades encaminadas a poner en operación una instalación nueva.

Como punto de partida para estructurar una organización de arranque, deben dividirse las instalaciones de la plataforma en subsistemas. Para las plataformas de compresión se proponen tres : a) Módulos de - compresión, incluido el compresor de arranque b) Plantas de Proceso, como son endulzadoras, deshidratadora, sistema de aceite de calentamiento, sistema de trata -

miento de agua amarga y sistema de gas combustible; -  
c) finalmente, los separadores de gas de carga y servicios, tales como bombas contra incendio, compresores de aire, sistemas de almacenamiento y distribución de químicos, diesel, agua, lubricantes, hipocloradores, - potabilizadoras, bombas de agua de mar, sistema de dosificación de aditivos, generación de gas inerte, separación de aguas aceitosas y sistema de recuperación de aceite residual.

De acuerdo con estos subsistemas y con la complejidad y cantidad de equipo a manejarse, se formula la estructura jerárquica tomando en cuenta tanto las funciones de operación como las de mantenimiento, el análisis de las consideraciones anteriores da como resultado la - proposición de una organización como la que se muestra en la figura 3.1.

Para evitar fallas en el entendimiento correcto de la organización, se deben revisar en conjunto la asigna - ción de autoridad, así como la planeación de las actividades de los diferentes grupos involucrados en el - arranque, definiendo las funciones de cada especialidad y la interrelación que tienen entre sí.

Las responsabilidades de los coordinadores de segunda

línea son las de llevar a cabo todas las actividades de arranque en su área de asignación, desde la supervisión de construcción hasta el inicio de operaciones y estabilización de las mismas. Además , de acuerdo con el coordinador general, elaborar los planes y programas mencionados en la función de planeación, así como llevar el control de las actividades de acuerdo a los mismos programas.

El coordinador general tiene las funciones de dirección del arranque y es el responsable de que éste se efectúe de acuerdo a los planes.

Por otra parte, y debido a las interacciones que se tienen entre el grupo operativo, el grupo de construcción y la firma de ingeniería, sobre todo en las fases finales de construcción, se requiere una entidad que se encargue de resolver los problemas producto de estas interacciones. Para ello se propone la formación de un comité de arranque ( fig. 3.2 ) con carácter funcional constituido por el jefe de construcción, el coordinador general y el residente de la firma de ingeniería con carácter exclusivamente de asesoría. Las funciones del comité serían entre otras , la determinación de los circuitos prioritarios, la discusión de desviaciones, modificaciones o adiciones al -

diseño, la asistencia técnica por parte de personal especializado de fabricantes de equipo y de la firma de ingeniería, la revisión del estado de avance de construcción de circuitos y sistemas, la entrega de estas mismas al grupo operativo, etc.

No está por demás redundar en el hecho de que debe haber un espíritu de cooperación y disponibilidad entre los integrantes del comité para tratar de solucionar los problemas que se presenten, sin tener que recurrir en lo posible, a mayores esferas de autoridad.

Cabe destacar la importancia de una comunicación eficiente entre los integrantes del grupo de arranque, - una herramienta útil para lograr ésto son las juntas de revisión en las que se determinan los avances y se analizan las causas de retraso, tomando acciones para corregirlas. En estas juntas también se modifican los programas adaptándolos a la realidad.

Para que las juntas sean efectivas, deben hacerse algunas consideraciones:

- Definir el propósito de la junta, elaborando una agenda de los programas a revisarse, tomando en

consideración que tales juntas deben ser de corta duración.

- Jerarquizar los temas a tratar, iniciando con los más importantes.
- Determinar quiénes deben asistir, considerando la jerarquía de las decisiones que deban tomarse.
- Seleccionar la hora más apropiada y el lugar adecuado.
- Levantar minuta de las decisiones adoptadas .
- Plasmar las modificaciones en los programas y hacerlos del conocimiento de los involucrados.

### 3.2 PLANEACION DEL ARRANQUE

La etapa culminante de todo proyecto industrial se presenta durante el arranque, ya que pone en juego los aspectos de organización, planeación, experiencia, conocimientos teóricos y habilidades que deben tenerse para lograr conjuntamente el éxito.

La planeación involucra la determinación de los recursos humanos, técnicos y materiales necesarios, así como la programación de las actividades que deben realizarse como parte del arranque .

En lo referente a los recursos humanos, deben definir



se los requerimientos de personal técnico y obrero necesario para cubrir las áreas de supervisión de construcción, operación y mantenimiento, incluyendo tanto al personal de base como al suplementario, con todo lo que implica en cuanto a relevos, alojamiento, transporte, etc.

En esta etapa, deben definirse también las políticas de reclutamiento y contratación, así como lo referente a salarios, tiempo extra, horario de trabajo, etc.

A continuación se tratan brevemente los tópicos a considerar para la planeación del arranque.

Planeación de construcción e instalación de equipos.- Se deberá definir qué sistemas y servicios auxiliares son prioritarios durante el arranque, realizando así una planeación adecuada de la construcción e instalación de los equipos de la plataforma, evitando de esta manera retrasos al arranque y gastos innecesarios ocasionados por maniobras de equipos durante construcción y adquisiciones de equipos auxiliares como motocompresores y motogeneradores portátiles.

Procedimientos preliminares.- Como procedimientos -

preliminares nos referiremos a la serie de actividades que se llevan a cabo previamente al inicio del arranque. La mayor precaución y la mejor planeación que se pueda tener, son requisitos necesarios durante esta fase, ambos requisitos ayudan a proteger al personal y equipo, así como a minimizar los retrasos y problemas que comúnmente se presentan durante el arranque, los procedimientos consisten en :

- Revisión general
- Elaboración de listas de faltantes y modificaciones.
- Lavado
- Pruebas hidrostáticas y neumáticas
- Inertizado y prueba de hermeticidad
- Calibración y comprobación inicial de instrumentos y circuitos de control
- Inspección y comprobación de equipo eléctrico

Requerimiento de energéticos, agentes químicos y aditivos.- Hay que tener presente durante la planeación del arranque, la adquisición de la cantidad necesaria de :

- Diesel
- Agua potable
- Dietanolamina
- Dietilenglicol o trietilenglicol
- Aceite de calentamiento
- Hidróxido de sodio
- Acido sulfúrico
- Acido clorhídrico
- Antiespumante
- Inhibidor de corrosión
- Espumante
- Inhibidor de corrosión
- Espumante

Con el objeto de disponer de ellos cuando sea necesaria su utilización.

Actividades de prearranque.- Estas actividades deberán planearse con anticipación y realizarse cuando se hayan completado los procedimientos preliminares del equipo o sistema a arrancar. Tienen como objetivo el preparar al equipo para su operación.

Estas actividades consisten en :

- Calibración final de instrumentos
- Prueba en vacío de motores

- Corrida inicial de bombas
- Secado del calentador y circuito de aceite
- Cargado de reactivos a los diferentes sistemas que lo requieran

Planeación del Arranque.- Como punto de partida para determinar la secuencia de operaciones en el arranque inicial, es necesario elaborar una lista de las actividades requeridas, así como un diagrama secuencial, ya sea de bloques o de flechas, que muestre esquemática - mente la secuencia de operaciones. Este diagrama tiene como base un análisis exhaustivo que comprende, prime - ramente, la consideración de los diferentes subsiste - mas en que se dividió la plataforma y el orden cronoló - gico en que deben arrancarse, seguido de la determina - ción de requerimientos para la puesta en operación de estos subsistemas individuales, sin perder de vista el enfoque global del arranque.

La secuencia la determina generalmente el sentido del flujo, previendo sin embargo, la necesidad de tener - listos todos los subsistemas antes de alimentar, de manera continua la carga a la unidad.

Si se cuenta con experiencia en las actividades especí -

ficas de arranque en instalaciones similares, es conveniente incluir dichos tiempos en la planeación, ya que pueden utilizarse como puntos de referencia o bien proponer tiempos estimados de ejecución para cada actividad.

En la figura No. 3.3 se muestra el diagrama general de arranque utilizado para coordinar las actividades de arranque de una plataforma de compresión de gas.

Por último, hay que tener presente que una programación fija metas, las cuales aseguran que el trabajo de preparación sea realizado. Esta programación se debe realizar en detalle y proyectarse tanto como sea posible, tal que cada persona involucrada en el arranque conozca su participación.

### 3.3

#### PLANEACION DE SERVICIOS DE APOYO AL ARRANQUE

Integración del Centro de Información.- Disponer de un centro de información bien organizado es una herramienta sumamente útil para el arranque. Este centro de información puede formarse desde la utilización de un sistema computarizado hasta un simple sistema organizado en carpetas, lo esencial es que en éste se disponga de la información siguiente:

- Información de ingeniería básica
  - Diagramas de proceso
  - Balance de materia

- Manual de proceso
- Información de ingeniería de detalle
  - Diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares
  - Isométricos de tubería
  - Diagramas eléctricos
  - Hojas de datos de equipos
  - Hojas de especificación de instrumentos
  - Diagramas de circuitos de control
  - Sumario de alarmas y disparos
  - Diagrama de arreglo general
  - Diagramas de plantas y elevaciones
  - Maqueta
  - Diagramas civiles
- Ingeniería de procura
  - Ordenes de compra
  - Requisiciones de materiales
- Instructivos de operación
  - Manual de operación de la plataforma
  - Manual de operación de equipos paquete
  - Manual de operación de equipos varios
- Hojas de lecturas de condiciones de operación
- Hojas de control de inventarios

Laboratorio de Control Analítico.- La planeación de un laboratorio de control, es esencial para el arranque. Los procedimientos a desarrollar deben incluir la determinación de las corrientes a ser muestreadas, frecuencia de muestreo, métodos analíticos y procedimientos de cálculo. Los análisis efectuados tendrán como objetivo verificar que las plantas operen bajo las condiciones de diseño, siendo además de gran ayuda para la solución de problemas.

Requerimientos de Equipos de Comunicación Interna y Externa.- Otro punto a planear desde un principio son las necesidades de comunicación, definiendo la cantidad de equipos tales como :- altavoces, sistema de intercomunicación telefónica, radios portátiles transmisor-receptor de varios canales, radios de onda corta, comunicación por microondas etc.

Programa de Capacitación.- El entrenamiento del personal es otra de las actividades a planear para efectuar un buen arranque, ya que el mejor equipo resulta ineficiente si no es usado con propiedad. El programa de capacitación debe ser completo y detallado, impartiendo clases con ayuda

de maquetas, diagramas, simuladores e instrucciones escritas por ingenieros con experiencia, y consolidar toda esta preparación con entrenamiento en plantas similares capacitando así al personal para su nuevo trabajo.

**Programa de Mantenimiento.**- El programa de mantenimiento debe realizarse con anticipación al arranque, éste debe incluir las pruebas de rutina, períodos de inspección y el ajuste para cada pieza de equipo o circuito de control, así como listar los requerimientos de partes de repuesto y cantidades de lubricantes. Hay que recordar que la continuidad en la operación depende en gran parte de la regularidad y eficiencia del mantenimiento.

**Programa de Seguridad.**- El arranque inicial es una de las situaciones más riesgosas por las que tiene que pasar una planta, lo cual se agrava debido a la localización por demas riesgosa de una plataforma. Se pueden reducir considerablemente los riesgos si se está mejor preparado. Por lo que debe implementarse un programa de seguridad que cubra los aspectos generales y de emergencia para capacitar al personal.



Este programa debe indicar las acciones a seguir ante descontroles del proceso, situaciones de emergencia y determinar las áreas peligrosas así como indicar las consecuencias de distracciones, juegos y realizar actividades de larga duración con personal cansado.

El programa de seguridad debe incluir la simulación - programada de emergencias y evaluar las acciones tomadas, eficiencia y comportamiento del personal.

Se debe capacitar al personal en el uso del equipo de protección personal, equipos contra incendio y uso de botes salvavidas e instruir a conciencia al personal sobre los riesgos causados por una mala operación de equipos y manejo inadecuado de los elementos utilizados en la plataforma, indicando su toxicidad, flamabilidad, corrosividad, etc. y las acciones a tomar en caso de contacto con ellos.

#### 3.4 PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES

Como procedimientos preliminares nos referiremos a la serie de actividades que se llevan a cabo como inicio del arranque de cualquier plataforma.

## 3.4.1

**Revisión General.-** Tendrá como objetivo comprobar que las instalaciones estén completamente terminadas y que en su construcción se hayan cumplido todas las especificaciones del proyecto. Se verificará también, la aplicación de los cambios y modificaciones acordadas y que no existan faltantes en equipos, líneas, sistemas, etc. para que en su oportunidad se encuentren disponibles.

La revisión general comprenderá a los equipos y sistemas estáticos como son:

Tanques

Recipientes a presión

Cambiadores de calor

Lanzador de esferas

Circuitos de tubería

Circuitos de control

Sistema eléctrico

Equipos paquete

Sistemas de seguridad

Además de los equipos rotatorios tales como :

Bombas

Compresores

Centrifugadoras

Motores eléctricos

Turbinas

Motores de combustión

Generadores

De la revisión efectuada deberán elaborarse - listas de faltantes y listas de modificaciones. Las primeras tendrán como objetivo expedir - la adquisición de faltantes para su instala - ción evitando así retrasos al arranque. Las se - gundas son una aportación de retroalimentación valiosa para efectuar la actualización de dia - gramas y para el mejoramiento del diseño origi - nal.

#### 3.4.2

Lavado.- Todas las líneas y recipientes se de - ben de lavar perfectamente para eliminar la - suciedad, residuos metálicos, restos de solda - dura y otros materiales extraños. La velocidad del flujo de lavado, deberá ser lo suficiente - mente elevado para asegurar que las líneas que - den realmente limpias y que los residuos que - existan en equipos y líneas no pasen simplemen - te a otra.

El lavado se efectuará dividiendo las instalaciones en circuitos. Se introducirá agua potable con presión suficiente por los puntos altos y se drenará por los puntos bajos con bridas suficientemente separadas o válvulas totalmente abiertas.

Antes del lavado, es necesario abrir los venteos del domo de todos los recipientes y torres y al mismo tiempo desconectar las líneas de succión de bombas, cubriendo sus boquillas de entrada y salida con piezas de lámina o juntas ciegas para evitar que entren a ellas materiales extraños.

Para llevar a cabo el lavado, deben llenarse las columnas y recipientes con agua y lavar con ella las tuberías conectadas a tales equipos. Todas las líneas que no puedan limpiarse por drenado de recipientes, deberán lavarse individualmente mediante mangueras conectadas a sus válvulas de venteo o dren.

Siempre que sea posible, es conveniente utilizar las bombas de la propia instalación, para mover el agua de lavado, teniendo la precau -

ción de haber limpiado previamente las líneas de succión y de haber colocado en éstas, coladeras de malla fina para detener materiales extraños. Antes de efectuar el drenado, verificar que se encuentren abiertos los venteos de los mismos, para evitar su colapso por condiciones de vacío.

A continuación se dan los procedimientos generales para efectuar el lavado de recipientes y líneas .

- Desmontar las válvulas de control o en su defecto, desbridarse del lado de la tubería que se va a lavar, cubriendo su propia brida con una pieza de lámina. Cuando se haya comprobado que la tubería antes de la automática ya está limpia, conectar nuevamente la válvula y proseguir el lavado corriente abajo de ésta. Igual procedimiento deberá seguirse para cambiadores de calor.
- Todas las placas de orificios deberán retirarse de las tuberías.
- Las líneas de instrumentos deben cerrarse o desconectarse.

- Sustituir las coladeras especificadas por coladeras de malla fina.
- Si es necesario, colocar soportes temporales con el fin de evitar sobreesfuerzos en la tubería.
- Efectuar el lavado de preferencia hacia los puntos bajos o en forma horizontal.
- Lavar inicialmente los cabezales principales y después los subcabezales y líneas laterales.
- Después de haber efectuado el lavado de las diferentes instalaciones de la plataforma, debe drenarse perfectamente el equipo, retirar las coladeras de malla fina, colocando las especificadas y reinstalar las placas de orificio, válvulas de control y demás aditamentos de tubería.

### 3.4.3

Lavado Químico.- El lavado químico se aplica concretamente a líneas de succión de Compresores y paquetes de endulzamiento, cuando a estos módulos no se les haya efectuado este tipo de limpieza en la fábrica, tiene por objeto eliminar aceites residuales, grasas y escamas metá-

licas dejadas por los procedimientos de construcción o por la exposición prolongada de las líneas a la intemperie.

Lavado químico de líneas de succión de compresores.- Para este lavado se deberá emplear agua potable para preparar una solución al 5% de hidróxido de sodio (NaOH), 5% de fosfato trisódico ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) y 1% de un agente humectante como sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Todos los porcentajes son en peso. Calentar la solución a  $75^\circ\text{C}$ , para lo cual deberá implementarse un serpentín alimentado con aceite de calentamiento, mediante conexiones provisionales preparadas con anticipación. El serpentín deberá colocarse en un tanque, recomendándose que se utilice alguno de los que se emplean para la inyección de aditivos, haciéndose los arreglos necesarios, de tuberías provisionales. Se deberá circular la solución preparada por las líneas que se van a limpiar, durante el tiempo suficiente para eliminar residuos, grasas y aceites.

Inmediatamente después, el sistema deberá lavarse con agua limpia a temperatura ambiente hasta que la descarga sea prácticamente neutra.

A continuación, y con objeto de pasivar la tubería, es necesario circular una solución al 10% de ácido sulfámico inhibido ( $\text{HSO}_3\text{NH}_2$ ), circulación que deberá mantenerse a  $70^\circ\text{C}$  durante un tiempo semejante al empleado en la circulación alcalina. Finalmente el sistema deberá lavarse con agua limpia a temperatura ambiente hasta que se haya eliminado todo el ácido, soplándose a continuación con aire seco hasta eliminar la humedad.

Lavado químico de la sección de endulzamiento.- -  
Cargar el sistema de endulzamiento a través de una conexión apropiada, con una solución al 2% de sosa cáustica y establecer niveles operacionales de líquido. El filtro deberá bloquearse, utilizando el directo para permitir la circulación.

Empezar a calentar , con aceite de calentamiento - el rehervidor EA-201.

Cuando los niveles de operación han sido establecidos, presionar el sistema suficientemente, para asegurar el flujo de líquido en el sentido adecuado y comenzar la circulación de sosa. Estabilizada la circulación, ajustar el nivel si es necesario.



Calentar el rehervidor de la regeneradora, - aumentando la temperatura hasta alcanzar la de ebullición. Permitir el flujo de vapores a través del condensador y de aquí al FA-202 para remover grasas y aceites del equipo.

Poner en operación el soloaire EC-201 y aumentar el calentamiento en el rehervidor hasta - que la entrada al enfriador EC-201 llegue a - 100°C.

Tan pronto como se tenga suficiente nivel en el acumulador de reflujo, poner en operación la bomba de alimentación a la torre absorbe-  
dora y aumentar el calentamiento en el reher-  
vidor hasta tener un flujo estable.

Ajustar hasta tener un mínimo de 65.5°C en el sistema, recircular a esas condiciones - durante 4 horas, abriendo periódicamente los drenes de los recipientes y purgar de 1 a 2 minutos cada media hora. Añadir la cantidad requerida de solución para mantener los nive-  
les normales de operación.

Al completar el ciclo de lavado, parar el ca

lentamiento y continuar circulando la solución - mientras que se drenan los tanques y demás equipo. Cuando la solución remanente es insuficiente para recircular, parar todas las bombas y terminar el drenado.

A continuación llenar el sistema con agua de alta pureza ( como agua potable ). Poner en operación - el rehervidor y calentar el agua a 65°C como mínimo mientras esté recirculando. Mantener la circulación por cuatro horas, añadiendo el agua necesaria.

3.4.4 Prueba hidrostática de equipos y sistemas.- Las - pruebas hidrostáticas tienen por objeto comprobar la resistencia de materiales y soldaduras así como descubrir fugas entre bridas y conexiones.

En términos generales los lineamientos que se deben seguir para realizar las pruebas hidrostáticas son los siguientes:

- Las pruebas de presión se llevarán a cabo dividiendo las instalaciones de la plataforma -

en circuitos, entendiendo por circuito de - prueba el conjunto de líneas y equipos que es tén diseñados para trabajar a las mismas con diciones de operación, es decir en presión y temperatura.

- Antes de la prueba deben limpiarse todas las líneas y equipos de los desechos lavando con agua o soplando con aire según sea lo apropiado.
- Las válvulas de relevo y discos de ruptura - deberán retirarse o aislarse antes de la - prueba. Asimismo deben removerse los inter - nos de los tanques que no fueron diseñados - para la prueba de presión, tales como flota - dores.
- Es de suma importancia llevar un registro o control de las juntas ciegas que se coloquen, para poder controlar su remoción al finalizar las pruebas, esto con el fin de evitar presio - namientos en la eventualidad de que se olvide quitar alguna de ellas.
- Deben bloquearse los manómetros en donde la - presión de prueba sea superior a su rango, co -

locar juntas ciegas en donde existan válvulas de seguridad, las que deberán revisarse y calibrarse antes de reinstalarlas.

- Las tuberías que no esten diseñadas para manejar líquidos, deberán estar adecuadamente soportadas, usando apoyos adicionales en forma temporal donde sean necesarios y quitarlos al terminar. Cuando la tubería esté soportada con resortes, éstos deberán desconectarse, fijando la tubería para evitar sobreesfuerzos en dichos resortes, los que serán reinstalados después que la tubería haya sido drenada.
- Llenar completamente con agua el circuito o sistema a probar, asegurando que todas las bolsas de agua sean removidas por los puntos altos de venteo, tomar medidas para prevenir y/o relevar el exceso de presión que pueda ser originado por expansión térmica del agua durante las pruebas cuando éstas se prolonguen por varias horas.
- Todas las pruebas hidrostáticas deben ser hechas con agua potable, en otros casos el agua

de mar puede ser usada, siempre y cuando sea el fluido normal de operación.

- Una vez lleno el sistema y sin bolsas de aire incrementar la presión hasta el valor de presión de prueba, ésto generalmente se lleva a cabo con una bomba de tipo reciprocante capaz de levantar y mantener la presión que se desee.
- La presión de prueba de un sistema separado, deberá basarse en las presiones de prueba máximas y mínimas que marque el fabricante.
- Para tuberías la mínima presión de prueba deberá ser 1.5 veces la presión de diseño.
- Para recipientes, la presión de prueba será la especificada por el fabricante.
- Nunca deberá utilizarse para las pruebas agua con una temperatura menor de 15°C.
- La presión de prueba debe mantenerse 10 minutos como mínimo.
- Para los sistemas de agua de mar, agua potable y aire de instrumentos y servicios, las pruebas pueden efectuarse con los fluidos de tra--

bajo normales.

- La tubería de instrumentos debe probarse al mismo tiempo que el sistema de tuberías hasta la válvula de bloqueo del instrumento.
- Una vez realizadas las pruebas se deberá asegurar un venteo apropiado cuando se drene un sistema lleno con agua. Un venteo inadecuado provocará condiciones de vacío con el probable colapso de tanques, que no estén diseñados para resistir vacío.

3.4.5 Prueba neumática de equipos y sistemas.- Cuando la prueba hidrostática no puede llevarse a cabo por impráctica o porque los recipientes no pueden llenarse en forma segura, puede realizarse una prueba neumática.

La prueba neumática representa un peligro debido al posible relevo de energía almacenada en el gas comprimido, por lo tanto debe tenerse un cuidado especial para minimizar la posibilidad de una falla de fragilidad de los metales.

Cualquier prueba neumática, debe incluir primero una prueba preliminar a no más de  $1.75 \text{ Kg/cm}^2$  - man. para localizar fugas. Luego la presión se incrementará gradualmente a fin de permitir que la tubería iguale deformaciones y se mantendrá el tiempo suficiente para permitir la inspección de las líneas .

La presión de prueba neumática deberá ser 1.25 veces la presión máxima de trabajo indicada en la placa del recipiente.

3.4.6 Inertizado.- Este procedimiento tiene el propósito de eliminar el aire presente en tuberías y equipos, y debe aplicarse a todas las secciones cuyos equipos y líneas manejen gas amargo, gas dulce, condensados y combustibles, para tal efecto, se debe realizar el inertizado utilizando el paquete de generación de gas inerte, el cual que mará inicialmente diesel por no disponerse de gas dulce en esta etapa.

Antes de comenzar el inertizado es conveniente dividir la plataforma en circuitos y secciones, seleccionando puntos de venteo en cada circuito.

Al efectuar el inertizado deberán observarse los siguientes lineamientos:

- El aire desplazado por el gas inerte se debe ventear a la atmósfera por los puntos altos y finales de un circuito y drenar el agua acumulada por los puntos bajos de los equipos.
- Es necesario hacer pruebas repetidamente en los puntos de venteo para vigilar la eliminación gradual de oxígeno, hasta asegurar una concentración de este gas no mayor de 0.2 % mol.
- Se recomienda no elevar la presión del sistema a inertizarse por encima de 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>. Cuando una de las secciones ya se le haya eliminado el aire y se haya cerrado su venteo, se le podrá elevar la presión hasta 3.0 Kg/cm<sup>2</sup>, con el fin de contar con presión suficiente para continuar el barrido de la sección subsecuente.



- Una vez realizado el inertizado de todas las secciones y sistemas, se debe dejar solo una pequeña presión positiva de gas en ellas, venteando el exceso a la atmósfera.

#### 3.4.7

**Prueba de Hermeticidad.**- La finalidad de esta prueba es la de verificar el apriete adecuado de todas las bridas que no estuvieron sujetas a la prueba hidrostática, en virtud de haber servido como elementos iniciales o finales en un circuito de prueba determinado.

Deberán comprobarse también los estoperos de válvulas automáticas y manuales, las conexiones de manómetros que fueron bloqueados durante las pruebas y las bridas de asiento de las válvulas de seguridad.

Es conveniente realizar estas pruebas durante el inertizado y continuarlas repetidamente durante el presionamiento de los diferentes sistemas hasta que se alcancen las condiciones de diseño. Se recomienda verificar que las pérdidas de presión en las secciones en que -

se maneja gas, no excedan de  $0.2 \text{ Kg/cm}^2$  durante un período de 6 horas.

El procedimiento que generalmente se utiliza para detectar fugas, es el de emplear cinta adhesiva que se coloca alrededor de las bridas, practicando a continuación un pequeño orificio en la parte superior de la cinta. La aplicación de jabonadura en la perforación, permitirá observar la existencia de fugas a través del empaque de las bridas. Un procedimiento alternativo consiste en emplear un equipo de aspersion manual portátil del tipo que se utiliza para la aplicación de insecticidas. El tanque del mismo se llena con solución jabonosa y mediante la boquilla se aplica dicha solución, vigilándose la aparición de burbujas alrededor de las bridas.

#### 3.4.8

Calibración y Comprobación Inicial de Instrumentos y Circuitos de Control. - Un circuito de control comprende todos aquellos elementos que están involucrados para el control de una variable, bien sea ésta de flujo, presión, temperatura, etc. Si bien la instrumentación ha

sido calibrada por el fabricante, es necesario que el personal encargado del arranque verifique su ajuste, para lo cual, cada circuito de control se simulará, procediendo a calibrar cualquier variación.

La calibración y comprobación de instrumentos y circuitos implica:

- Que las conexiones al proceso estén completas. Esto incluye termopares, placas de orificio, líneas de instrumentos, etc.
- Calibrar y probar los elementos de cada circuito para su funcionamiento adecuado.
- Que el ajuste de los modos de control se encuentre en valores adecuados.
- Verificar la continuidad de los circuitos de control , del cuarto de control al campo y viceversa.
- Verificar los movimientos de las válvulas por sus controladores y de éstos por sus elementos sensores.
- Verificar que la acción del controlador (directo o inversa ) sea la especificada.
- Que la acción de la válvula de control a falla de aire sea la especificada.
- Verificar que el operador manual de válvulas trabaje libremente.
- Que todos los dispositivos de alarmas y

disparos estén ajustados a los valores requeridos para lograr una adecuada protección a equipos y sistemas.

- Probar y ajustar todas las válvulas de relevo de presión dentro de un período que no exceda 30 días antes de la operación.
- Comprobar que no existan fugas de aire en los instrumentos, en el controlador, en la válvula de control o en las tuberías de conexión.
- Las válvulas solenoides deben energizar se para revisar su funcionamiento.
- Colocar un registro por cada instrumento con los siguientes datos: número de identificación, fecha y datos de calibración.

#### 3.4.9

**Inspección y Comprobación de Equipo Eléctrico.-**  
Este procedimiento tiene la finalidad de comprobar que todos los sistemas eléctricos de la plataforma se encuentre terminados y en condiciones de operar. Para tal fin se procederá a realizar la inspección de transformadores, motores, arrancadores y sistema de control de la plataforma tomando en cuenta las precauciones del caso. Debiendo efectuarse esta inspección, por personal especializado.

La inspección de los equipos eléctricos, se realiza para asegurar la concordancia con las especificaciones y requerimientos del proyecto. En general esta inspección debe asegurar conexiones satisfactorias y continuidad en todos los conductores, alineamiento adecuado y niveles de aislamiento aceptables y siempre que sea posible, es necesario efectuar una prueba justo antes de energizar el equipo al voltaje de operación. El equipo que no se requiera en servicio o que no se energiza, debe ser adecuadamente aislado.

#### Centro de Control de Motores.-

- Realizar prueba de aislamiento de barras
- Revisión de conexiones de barras
- Revisar que se encuentren en buenas condiciones de operación, tanto mecánicas, como eléctricas los contactores e interruptores.
- Revisión de alambrado.
- Prueba de control de motores.
- Revisión y calibración de relevadores.

#### Transformadores.-

- Prueba de aislamiento, debe asegurarse un nivel de aislamiento adecuado entre alambrado de alto y bajo voltaje y entre alambrado y tierra.
- Determinación del factor de potencia en ..

los devanados de alta y baja tensión.

- Prueba de relación de transformación

#### Motores.-

- Prueba de aislamiento en el devanado.
- Revisión de la conexión del motor de acuerdo con la tensión de trabajo.
- Probar el arrancador y paro del motor tanto localmente como desde la estación a control remoto.

#### Alimentadores.-

- Prueba de aislamiento a cables alimentadores en baja y alta tensión.
- Prueba del sistema de alumbrado.

Debe revisarse que la instalación de conexiones a tierra se encuentre en perfectas condiciones para protección contra corto circuito, descargas eléctricas y/o acumulación de cargas electrostáticas.

### 3.5 ACTIVIDADES DE PREARRANQUE

3.5.1 Calibración Final de Instrumentos y Circuitos de Control.- Antes del arranque de un sistema es necesario efectuar una revisión final de todos los circuitos de control, certificando la correcta calibración de los instrumentos y el ajuste apropiado de los dispositivos de protección, así como los elementos restantes del circuito para estar seguros de su correcto funcionamiento, teniendo de esta manera preparados y listos estos elementos para el arranque del sistema.

### 3.5.2 Prueba en Vacío de Motores.-

- Lubricar los rodamientos a baleros
- Revisar por medio de un megóhmetro ( megger) la resistencia del aislamiento del devanado, que debe ser mayor a 0.5 megahóhms, si es menor se deberá secar el motor.
- Comprobar amperaje de cada fase revisando se obtenga la misma lectura.
- Revisar vibraciones y ruidos.
- Comprobar la acción correcta de sistemas de paro.
- Confirmar que la velocidad de la flecha esté de acuerdo con los datos del motor.

- Acoplar el accionador para realizar la -  
corrida inicial de la bomba.

### 3.5.3

Corrida Inicial de Bombas.- Las bombas y sus accionadores deben correrse inicialmente con el máximo de cuidados. Generalmente, la primera corrida se hace manejando agua con ellas, tal como ocurre al efectuar el lavado de equipos y tuberías. Durante esta etapa se deben - instalar filtros provisionales en la succión de las bombas, estas coladeras pueden causar restricción al flujo, debido a los materiales extraños que se retienen en ellas. En este caso, se debe limitar el flujo de las bombas - centrífugas estrangulando la descarga de las mismas, pero no en forma exagerada, para evitar que una recirculación interna excesiva - genere demasiado calor que pueda dañar las - bombas. De cualquier manera, es necesario limpiar las coladeras cuando así se requiera. No debe permitirse que las bombas pierdan succión.

Los accionadores de bombas centrífugas que - manejan fluidos más ligeros que el agua, pueden sobrecargarse durante las operaciones de lavado de líneas y equipos . Para evitar esta



situación, es necesario restringir el flujo del agua a través de la bomba, estrangulando la válvula de descarga. Esta práctica no debe aplicarse a bombas de desplazamiento positivo. En general, deben seguirse las instrucciones del fabricante.

Durante esta corrida inicial deberá revisarse:

- Que la bomba y el accionador estén alineadas apropiadamente.
- Que la dirección de rotación con referencia a la bomba es la correcta.
- El funcionamiento de los sistemas de enfriamiento y lubricación de la bomba trabajen adecuadamente.
- Al arrancar la bomba observar la presión de descarga. Si no alcanza la presión cuando la bomba está en su máxima velocidad, pararla e investigar la causa antes de reanudar la operación.
- Inspeccionar y limpiar los filtros de la succión durante las primeras horas de operación.

#### 3.5.4

Secado del Calentador y Circuito de Aceite.- Deberán seguirse estrictamente las instrucciones del fabricante. De no existir puede emplearse el siguiente procedimiento :

Cuando se haya concluido el lavado y la prueba hidrostática del circuito de aceite de calentamiento, drenar el agua por los puntos bajos y soplar con aire las tuberías y equipos el tiempo suficiente para eliminar la humedad.

Una vez que se haya secado lo más posible, iniciar el llenado del sistema de aceite mediante la bomba GA- 501 . Eliminar el aire abriendo venteos en los puntos altos, especialmente en intercambiadores y el tanque de expansión FA- 500.

Abrir los bloqueos de las derivaciones (bypass ) de válvulas automáticas, con el fin de eliminar bolsas de aire.

Llenar el circuito hasta alcanzar un 30% de nivel en el tanque de expansión. Es importante no rebasar este valor para permitir la expansión libre del aceite, el que una vez caliente, alcanzará un nivel del 75% aproximadamente.

Cuando el sistema se encuentre empacado y esencialmente libre de bolsas de aire, cerrar los venteos con excepción de el del tanque de balance y arrancar la bomba GA-500 para iniciar la circulación. A continuación arrancar el calentador BA-500 alimentándole diesel como combustible, elevar la temperatura de aceite de calentamiento a razón de 25°C por hora, ajustando la flama a fuego lento hasta llegar a 95°C, esto con el objeto de secar lentamente el refractario y el sistema de distribución.

Mantener la temperatura mencionada en el aceite circulante el tiempo suficiente para eliminar la humedad que haya quedado, a través del venteo del FA-500. Durante este proceso, deberá alinearse el flujo para que todo el aceite pase a través del tanque de expansión, para lo cual la válvula de "by-pass" del mismo deberá permanecer cerrada.

Cuando ya no se observe salida de vapor por el venteo del FA-500, aumentar la temperatura a 100°C, manteniendo estas condiciones durante un cierto tiempo, hasta asegurar que el sistema quede completamente libre de agua. Una vez confirmado lo anterior, cerrar el

venteo del tanque, abrir la válvula de "by - pass" del tanque de expansión y bloquear la - válvula de entrada para cortar el flujo de - aceite a dicho tanque, quedando como amortiguador.

Se continuará entonces con el secado del refractario del calentador, para lo cual se elevará - lentamente la temperatura hasta 150°C, manteniendo esta durante ocho horas. Una vez transcurrido este período aumentar la temperatura a razón de 25°C por hora hasta alcanzar 200°C. Mantener - estas condiciones por un mínimo de 24 horas, posteriormente descender la temperatura a razón de 25°C por hora hasta alcanzar 150°C. Apagar el - horno y permitir que se enfríe en forma natural.

La eliminación de agua que debe efectuarse en la etapa de calentamiento hasta 150°C, ocasiona que la temperatura exterior de la pared del horno - alcance una temperatura del orden de 100°C. Una disminución rápida de ésta será indicio de la total eliminación de la humedad en el refractario.

### 3.5.5

Carga de Reactivos.-

Agua.- Para realizar el lavado y prueba hi -

drostática se deberán cargar con agua potable todos los equipos y líneas que lo requieran, para esto se obtendrá agua de la plataforma de producción, previendo además el suministro mediante barco.

Diesel.- Ya que en un principio no se dispondrá de gas dulce y por lo tanto se carecerá de energía eléctrica para accionar las centrifugadoras, se deberá solicitar el suministro de diesel limpio, mediante barco, cargándolo en los tanques FB-1000, FB-1001 y tanque de día FB-1003. Solicitar además suministro en tambores para los generadores y compresores portátiles así como para cargar los tanques del compresor de aire de arranque y bombas de agua contra incendio.

Dietanolamina.- La DEA será suministrada en tambores a la plataforma. Puesto que a temperatura ambiente se dificulta su manejo, se recomienda diluirla al 50% en la fosa FE-200.

La dilución se lleva a cabo, vaciando 500 l. de DEA a la fosa y llenándola con agua, transfiriendo esta solución al tanque de balance FA-203 mediante la bomba GA-202/R. Esta opera

ción se repite ocho veces. Cuando se tenga nivel suficiente en el tanque de balance, - mandar la solución hacia el contactor por medio de la GA-200.

Una vez efectuado lo anterior , establecer la circulación en la planta a fin de homogeneizar la solución, operación que toma dos horas aproximadamente. Verificar continuamente la concentración de la solución a fin de lograr 30%. Hacer los ajustes necesarios añadiendo agua o DEA según sea el caso.

Estabilizar los niveles en todos los equipos y poner en servicio los filtros, asegurándose que éstos se encuentren completamente llenos, para lo cual deben abrirse los venteos respectivos.

Glicol.- El glicol recibido en tambores se vaciará a la fosa FE-300, de donde la bomba GA-301 lo enviará a la planta de deshidratación, recibiendo en el tanque FA-301, de donde se tomará para empacar las tuberías de la planta y establecer niveles en los tanques, asegurando llenar completamente los filtros.

Aceite de Calentamiento.- El aceite recibido en tambores se vaciará al tanque FB-500 de donde la bomba BA-501 lo enviará al tanque de balance FA-500 para el empacado del circuito tal como se describe en el inciso 3.5.4.

Los agentes quimicos, aditivos y lubricantes, se deberán tener en el área de almacenamiento para cargar los tanques respectivos en el momento requerido.

### 3.6 SECUENCIA DE ARRANQUE

Este procedimiento se aplica al arranque inicial de la plataforma. En el diagrama secuencial de arranque (fig. 3.4 ) se muestra la sucesión de actividades que se recomienda seguir para la puesta en marcha; en las páginas siguientes se hace una descripción de las actividades que aparecen en el citado diagrama.

#### 3.6.1 REVISION GENERAL

Tendrá como objetivo comprobar que las instalaciones estén completamente terminadas y que en su construcción se hayan cumplido todas -

las especificaciones del proyecto. Se verificará también, la aplicación de los cambios y modificaciones acordadas y que no existan faltantes en equipos, líneas, sistemas, etc. Esta actividad aparece indicada en el diagrama secuencial de arranque con la clave AA.

## 3.6.2

CARGADO DE DIESEL, LUBRICANTES, AGUA POTABLE, ETC.

Después de que se ha realizado la revisión - final cargar agua potable hasta nivel máximo, en el tanque de almacenamiento FB-750, utilizando la conexión a barco ( actividad AO ), - tomando en consideración que también se va a utilizar agua potable para efectuar el lavado de tuberías y equipos. Con este mismo propósito, cargar del tanque anterior agua potable - al tanque de almacenamiento de DEA FB-200, utilizando la línea que llega a la descarga de la bomba GA- 750 /R ( actividad AH ). Di - cha bomba será movida por la corriente de uno de los generadores portátiles de la compañía constructora, mientras se pone en operación un turbogenerador de la plataforma. Será necesi-



rio recargar los dos tanques en varias ocasiones dependiendo del grado de ensuciamiento de tuberías y equipos.

Paralelamente como se muestra en el diagrama secuencial, será necesario cargar los tanques de diesel con la cantidad suficiente de dicho combustible, para permitir la operación inicial de los diferentes equipos de la plataforma; aún cuando las bombas de agua contra incendio y el compresor de aire de arranque, se pueden cargar directamente de tambores. Es necesario contar con 8 m<sup>3</sup> aproximadamente, de diesel centrifugado, a fin de llenar el tanque de día de los turbogeneradores, teniendo la precaución de verificar que dicho tanque se encuentre limpio, así como de "gasolear" la línea que se va a utilizar para su llenado, corriendo un poco de diesel por ella y desconectándola en su unión al tanque. Por otra parte, si existe disponibilidad suficiente de diesel centrifugado, llenar el FB-1001, de lo contrario cargar con combustible no centrifugado únicamente el FB-1000 (actividad AE).

Es conveniente aclarar que el llenado del tan

que de día de turbogeneradores, debe efectuarse con las bombas de transferencia de diesel GA-1000/R, las cuales junto con las centrifugadoras, recibirán corriente eléctrica de uno de los generadores portátiles de la compañía constructora.

Como se mencionó anteriormente, utilizando tambores, cargar con diesel centrifugado los depósitos de los compresores de aire de arranque y poner en operación uno de dichos compresores, barriendo todo el sistema, incluyendo la alimentación de aire a las bombas contra incendio, hasta eliminar todas las impurezas contenidas en esas líneas ( actividad AG ).

Por otra parte se deberán recargar las baterías de los turbogeneradores y del compresor de arranque, utilizando para ello un generador portátil ( actividad AC ), y una vez cargados los tanques de aire de las bombas contra incendio proceder a ponerlas en operación ( actividad AI ).

## 3.6.3

CALIBRACION PREVIA DE INSTRUMENTOS Y REVISION  
GENERAL DEL SISTEMA ELECTRICO

Como se mencionó en el apartado 3.4.8, aquellos instrumentos que no requieran aire para su revisión deberán calibrarse previamente - empleando los bancos de baterías y un generador portátil ( el mismo empleado para recargar las baterías de los turbogeneradores y - del compresor de arranque ). Esta actividad deberá realizarse lo más anticipadamente posible al arranque propiamente dicho, a fin de alistar la instrumentación evitándose así retrasos en la puesta en marcha de la plataforma ( actividad AF ). Asimismo proceder con aquellas revisiones del sistema eléctrico que no requiera alimentación de corriente procedente de los turbogeneradores y que son indispensables de revisar antes de arrancar estos equipos ( actividad AB ).

## 3.6.4

## ARRANQUE DE TURBOGENERADORES

Una vez cargado el tanque de día y operando el compresor de aire de arranque y las bombas

de agua contra incendio, poner en operación el turbogenerador de acuerdo con las instrucciones del fabricante ( actividad AJ ). Cuando el equipo de generación se encuentre operando, poner en servicio los sistemas eléctricos de la plataforma, haciendo una revisión final de su funcionamiento, tal como se delineó en el apartado 3.4.9. A continuación - cambiar la alimentación de corriente a las - centrifugadoras de diesel y a las bombas de transferencia del mismo y proceder a gasolear el sistema de distribución ( actividad AK ). También se deben poner en operación los sistemas de alumbrado y las bombas de agua de mar ( actividad AL ), a fin de verificar su funcionamiento antes de proseguir con el arranque.

En esta etapa ya se está en condiciones de abastecer de aceites lubricantes las consolas del compresor de arranque y módulos de compresión; para lo cual, se deben cargar los tanques de almacenamiento FB-1300 y FB-1350 con la cantidad suficiente y enviarlo a las consolas mencionadas, por medio de las bombas respectivas ( actividad AM ), teniendo la precaución de que tanto los sistemas de sumi

nistro como los de lubricación, se hayan limpiado adecuadamente. Debe observarse que en la operación inicial de los turbogeneradores, el aceite lubricante necesario sea alimentado directamente de tambores, a sus respectivas consolas y cuando se disponga de corriente, dicho suministro se efectuará de los tanques de almacenamiento mencionados.

### 3.6.5

#### LAVADO Y SOPLADO

Cuando se disponga de energía eléctrica, alimentar al paquete de agua potable, cargar los reactivos necesarios y proporcionarle aire para instrumentos ya sea del compresor de aire de arranque o del del aire de instrumentos, con el fin de poner en operación la potabilizadora ( actividad AN ), alimentando agua salada de las bombas de agua de mar. A continuación poner en servicio la red de distribución correspondiente, abriendo en forma secuencial, por niveles, todas las válvulas . Circular hasta asegurar la limpieza de las líneas. Una vez limpia la red de distribución, proceder a arrancar los hipocloradores ( actividad AP ).

Mediante mangueras comenzar a llenar líneas y equipos con el fin de lavarlos, siguiendo los procedimientos dados en el apartado 3.4.2 ( actividad AQ ). Simultáneamente, arrancar el compresor de aire de plantas ( actividad AO ) y abrir en secuencia las válvulas de servicio, con el objeto de barrer la red de distribución de aire. Cuando ésta se encuentre limpia, inyectar por medio de mangueras, aire a presión a las líneas que por sus diámetros, se considere impráctico lavar con agua potable, a fin de eliminar las impurezas contenidas en ellas ( actividad AR ).

La realización de esta operación dependerá de la disponibilidad de agua dulce para lavado. Seguir en términos generales, los lineamientos dados en el apartado 3.4.2, adaptándolas al uso de aire. Se recomienda limpiar utilizando los mismos circuitos que se fijan para la prueba hidrostática.

### 3.6.6

#### PRUEBAS HIDROSTATICAS

Una vez que se hayan lavado líneas y equipos, deberán dejarse cargados con el fin de aprovechar

char el agua de enjuague contenida en ellos, para efectuar las pruebas hidrostáticas (actividad AU ) con este fin, es necesario disponer de una bomba portátil tipo reciprocante, con presión de descarga suficientemente alta para cubrir el rango de presiones que se manejen en la plataforma. Deberán seguirse los procedimientos dados en el apartado 3.4.4.

### 3.6.7

#### LAVADO QUIMICO

Lavado químico a líneas de succión de compresores.- Después de que se hayan realizado las pruebas de presión y en forma simultánea al calentamiento del circuito de aceite, proceder con la aplicación de los lineamientos dados en el apartado 3.4.3, a las líneas de succión de compresores que requieran lavado químico, así como a la succión del GB-100 , - procedente del separador de baja presión FA - 100 , (actividad BI ).

Lavado químico a las plantas de DEA.- Para el lavado químico de los paquetes de endulzamiento ( actividad BJ ), se deberán seguir -

las instrucciones dadas en el apartado 3.4.3. Antes de proceder con esta actividad, el paquete se debe encontrar inertizado, tal como se muestra en el diagrama secuencial, dejando presionado el contactor a  $3.0 \text{ kg/cm}^2$  con el mismo gas inerte. Admitir gas combustible procedente de la endulzadora de la plataforma de producción en el FA-202, a través de la PCV, a fin de presionar la sección de regeneración. A continuación alimentar el agua para lavado, mediante la bomba GA-202, que la toma del tanque FB-200 o mediante la línea de agua de servicio, al tanque de balance FA-203. Una vez que se tenga nivel suficiente en el tanque de balance, arrancar una de las bombas GA-200 para iniciar la alimentación al contactor y hacer nivel en dicho equipo. A continuación, vaciar y diluir 250 kg. aproximadamente, de sosa en escamas o una cantidad equivalente de solución de sosa al 50% en el tanque de antiespumante e inyectarla al paquete mediante la bomba dosificadora correspondiente o bien, diluirla en tambores y vaciarla directamente en mangueras al tanque de balance.



Presionar la torre contactora con gas combustible de  $14 \text{ kg/cm}^2$ , proveniente de la plataforma de producción, o bien con aire o gas inerte en caso de no contar con gas combustible. Este presionamiento es con el fin de establecer el flujo de la solución de lavado en el sentido necesario. Recircular hasta que se homogenice la solución, comprobando que se tenga una concentración en la planta, del 2%. Proseguir de acuerdo con las instrucciones dadas en el apartado 4.3.3. Es importante hacer notar que esta actividad debe ser simultánea al arranque del sistema de aceite de calentamiento, a fin de disponer de este servicio para llevar a cabo el lavado químico del primer paquete de endulzamiento.

Una vez terminado el lavado y si el agua de enjuague no está muy sucia, se puede dejar cargada la planta, con objeto de aprovechar el agua mencionada para preparar la solución de DEA, de acuerdo al procedimiento que se describirá más adelante.

## 3.6.8

## CALIBRACION FINAL Y PRUEBA DE CIRCUITOS DE CONTROL

Al mismo tiempo que se inician las labores de lavado y soplado de líneas, poner en servicio el compresor de aire de instrumentos ( actividad AS ), soplando exhaustivamente los cabezales de distribución y líneas a instrumentos, - por lo que se deben desconectar éstas, antes de los filtrorreguladores, con el fin de eliminar los residuos e impurezas, contenidos en ellas. Posteriormente conectar nuevamente y - proceder a comprobar el funcionamiento de toda aquella instrumentación que no había sido revisada y calibrada previamente ( actividad AT ).

## 3.6.9

## ARRANQUE DEL SISTEMA DE ACEITE DE CALENTAMIENTO

Una vez realizadas las pruebas en el sistema de aceite, se procederá al secado del calentador y del circuito ( actividad AU ) según el procedimiento dado en el apartado 3.5.4, - una vez concluido, se procederá al encendido del horno ( actividad AV ) utilizando como - combustible diesel o bien gas dulce si éste es proporcionado desde la plataforma de pro - ducción.

## 3.6.10

## INERTIZADO Y PRUEBA DE HERMETICIDAD

De acuerdo al orden indicado en el diagrama, arrancar el paquete generador de gas inerte, alimentándolo con diesel y siguiendo las instrucciones del fabricante ( actividad AX ). Una vez operando el paquete, soplar la red de distribución, para posteriormente, mediante -mangueras, inyectar el gas a los sistemas que se van a inertizar, procediendo de acuerdo a los lineamientos dados en el apartado 3.4.6.

Las secciones de la plataforma que se deben inertizar, son las siguientes:

- Separador de baja presión, FA- 100 -  
( actividad AY )
- Separadores de alta presión, FA -101A-C  
( actividad AZ )
- Cabezales de succión y descarga de compresores ( actividad BA )
- Plantas de DEA ( actividad BB )
- Sistemas de gas combustible ( actividad BC )
- Sistemas de desfogue ( actividad BD )

- Planta deshidratadora ( actividad BE )
- Sistema de recuperación de aceite residual ( actividad BF )
- Sistema de tratamiento de agua aceitosa ( actividad BG )

Una vez realizado el inertizado se efectuarán las pruebas de hermeticidad, de acuerdo a los lineamientos descritos en el apartado 3.4.7.

### 3.6.11

#### OPERACION DEL COMPRESOR DE ARRANQUE

En caso de contar con suministro de gas dulce de la plataforma de producción adyacente, se alimentará entonces a la red de distribución de gas combustible (actividad BH ), si dicha conexión no existe, entonces encender los pilotos del quemador elevado por medio de gas proporcionado de un tanque estacionario ( actividad BK ).

Al mismo tiempo que se realizan los preparativos para operar el compresor de arranque, presionar con gas combustible el sistema de recuperación de aceite, para que pueda recibir los drenajes y cumplir con su función - (actividad BL ).

A continuación proceder con la admisión de gas - amargo proveniente de la plataforma de producción, en los separadores de alta presión FA-101 A-C, hasta alcanzar la presión de operación de estos equipos ( actividad BM ), poner entonces en automático el PIC-101.

Dependiendo de la existencia de gas combustible en la plataforma, se procederá a encender el compresor de arranque con dicho gas o bien con diesel (actividad BN), siguiendo las instrucciones del fabricante, trabajar el compresor a su mínima velocidad de operación, mandando al desfogue el gas de descarga. En esta etapa se deben coordinar las acciones con el personal de la plataforma de producción, para evitar que al compresor le pueda faltar presión de succión o que se vayan a presionar los separadores de alta.

Como una alternativa para el compresor de arranque, se puede alimentar gas amargo en sentido contrario, con la presión del gasoducto a tierra desde la plataforma de enlace (actividad BO) el cual puede servir de carga a cualquiera de las endulzadoras, operando la PV -300 por manual o por directo y usando el "by-pass" de la deshidratadora. Dicho gas endulzado tiene la presión suficiente para alimentarse a la

red de gas combustible de alta presión, con lo que se puede poner en operación uno de los módulos de - compresión.

## 3.6.12

## ARRANQUE DE LA SECCION DE ENDULZAMIENTO

Antes de proceder al arranque de la planta, se deberá preparar la solución de DEA y establecer los niveles normales de operación en los equipos (actividad BP), de acuerdo a lo indicado en el apartado 3.5.5.

Inicialmente se arrancará una planta endulzadora para tal fin, presionar el contactor DA-200 lentamente hasta la presión de operación, con gas procedente de la descarga del compresor de arranque (o de la plataforma de enlace). Fijar la presión deseada en el PIC-200 y alinear la válvula de tres vías para enviar el gas hacia desfogue, en tanto se alcanza la pureza - requerida, continuar la recirculación de amina en la planta. Iniciar la operación del rehervidor EA-201 hasta llevar la torre de regeneración a reflujo total. Poner en servicio la bomba GA-201 , una vez que se tenga nivel suficiente en el tanque FA-202. Cuando la recirculación se ha estabilizado en toda la planta, operar en automático los controladores para observar su comportamiento.

Simultáneamente al arranque de la planta endulzadora, elevar la temperatura del sistema de aceite de calentamiento a su valor de diseño (actividad BQ) - vigilar la operación de los diferentes instrumentos de este sistema, así como la posible aparición de fugas para tomar las medidas tendientes a eliminarlas. Se debe prestar especial atención al nivel del tanque de expansión FA-500.

Cuando el aceite se encuentre a la temperatura de operación y se haya estabilizado la torre regeneradora DA-201, iniciar el flujo de gas por medio del FRC-200.

Alcanzada la presión normal del contactor, aumentar el flujo de gas a esta torre en forma paulatina, hasta llegar al 60% del valor de diseño; en ese momento operar en automático el FRC-200. Continuar enviando al desfogue el gas tratado, efectuando pruebas repetidas del gas para conocer el contenido del ácido sulfhídrico. Cuando se tenga menos de 10 ppm de  $H_2S$  en el producto y se haya estabilizado todo el paquete, alinear el gas dulce al sistema de gas combustible (actividad BV), barriendo el cabezal de distribución de este servicio, con el objeto de limpiar las líneas que hayan tenido gas amargo. Las actividades de arranque y estabilización de la sección de endulzamiento se identifican con la clave BT.

Una vez que se tenga gas dulce en el sistema de gas combustible, cambiar por éste, la alimentación a la turbina del compresor de arranque y del turbogenerador, así como a los hornos de aceite de calentamiento y generación de gas inerte, si es que operan con diesel.

Al mismo tiempo que se hacen los preparativos para la operación de la endulzadora e inmediatamente después de poner en operación el compresor de arranque, poner en operación el sistema de recuperación de aceite, alineando todas las entradas y salidas y siguiendo las - instrucciones del fabricante ( actividad BW ).

### 3.6.13

#### ARRANQUE DE LA SECCION DE DESHIDRATAACION

Durante la etapa final del lavado de esta sección iniciar el vaciado de tambores de glicol en el tanque de almacenamiento FB- 300 y al terminar las dos actividades anteriores, cargar el glicol a la planta deshidratadora desde el tanque de almacenamiento, mediante la bomba - GA -301/R, descargando en el tanque FA-300 - hasta el nivel normal.



Admitir gas procedente del compresor de arranque (o de la plataforma de enlace), en la torre deshidratadora DA-300, elevando lentamente la presión hasta  $6 \text{ kg/cm}^2$  y por el directo de la LV-300, presionar el tanque FA-300, a fin de establecer el flujo de glicol hacia el resto de los equipos de la sección de regeneración llenando el cambiador de calor glicol/glicol EA-302, los filtros FG-300 y FG-301, a los cuales se les debe eliminar el aire, abriendo sus venteos respectivos y alimentar el glicol a la torre de regeneración.

El regulador de presión PCV-300, del tanque FA-300, debe alinearse y ajustarse al valor normal de operación; asimismo debe alinearse el gas combustible de agotamiento.

Cuando se tenga un buen nivel en el tanque de balance, poner en operación la bomba GA-300, para establecer nivel normal en la torre contactora, reponiendo el glicol necesario, hasta tener todo el sistema empacado ( actividad BR ).

Poner la planta a reflujo total y operar en -

automático los controladores de nivel LIC - 300 y LC -301 , bloqueando además los directos de las válvulas correspondientes.

Si se dispone de gas en cantidad suficiente, ya sea del compresor de arranque o de algún módulo de compresión, incrementar la presión de la torre contactora, hasta la de operación normal, alineando la PV-300 e iniciar el calentamiento en el rehervidor de glicol EA-301 , con aceite de calentamiento y llevar el gas de agotamiento a su flujo de diseño - con  $0.3 \text{ kg/cm}^2$  de presión en la PCV- 301 , en viándolo a la atmósfera por la torre de regeneración ( actividad BS ).

Establecer comunicación con plataformas de producción y de enlace, a fin de que se coordinen los movimientos necesarios para la recepción y envío de gas a tierra.

Continuar elevando la temperatura en el rehervidor, hasta la de diseño y vigilar el contenido de humedad en el gas que sale del contactor, hasta alcanzar una operación estable (ac tividad BU ).

## 3.6.14

## PRUEBA Y ARRANQUE DE MODULOS DE COMPRESION

Como se mencionó en secciones anteriores, ya debe estar inertizada la sección de tratamiento de agua ácida, por lo cual, establecer flujo de gas inerte a través de la torre DA- 400 enviándolo al desfogue mediante la PV - 401 , a fin de mantener lista la sección para recibir los condensados obtenidos en los módulos de compresión.

Una vez efectuado lo anterior, disponiendo de gas dulce y preparada la sección de deshidratación, iniciar las pruebas de módulos . Ponerlos en operación uno por uno, de acuerdo a las instrucciones del fabricante ( actividad BX ).

Los condensados obtenidos en los tanques separadores de los módulos de compresión, se alimentan al tanque de balance de aguas aceitosas FA - 400 . Cuando dicho tanque alcance el nivel normal, poner en operación la bomba de agua GA-400/R, descargando en la torre DA- 400 . En este momento poner en operación el relacionador de flujos FFIC- 400 , ajustándolo de -

acuerdo a la acidez residual del agua retorna-  
da al mar. Estabilizar la sección y poner en  
automático todos los controladores. Esta acti-  
vidad se identifica en el diagrama secuencial  
como BY.

Una vez alcanzada la presión normal en la des-  
carga del módulo, alimentar el gas a la torre  
deshidratadora, enviando la mayor parte al des-  
fogue por la válvula SDV-300 en caso de que no  
se quiera alinear el gas hacia la plataforma de  
enlace, cuando se obtenga seco, controlando la  
presión con el PIC-300.

Paralelamente al envío de gas a plataforma de -  
enlace, vigilar la operación del FE-1500 a fin  
de asegurarse de que el aceite recuperado se -  
envíe a plataforma de producción. Asimismo se  
debe observar el nivel de los tanques de desfo-  
gue, para que al llegar a niveles normales se  
ponga en operación la bomba correspondiente, -  
descargando también en la plataforma de produc-  
ción adyacente.

### 3.7 GUIA PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DURANTE ARRANQUE Y OPERACION

Un problema o una emergencia casi siempre va precedida por advertencias tales como vibraciones, fugas, cambios anormales de flujos, temperaturas y presiones, etc.

Las emergencias deben detectarse e identificarse para actuar de inmediato en forma apropiada. Un rápido reconocimiento de ellas y una acción correctiva adecuada, puede evitar un paro o hacerlo más ordenado.

Sería imposible enumerar todos los tipos de problemas y emergencias que pueden ocurrir, motivadas por muchos factores, entre los que se cuentan: fallas mecánicas, fallas en la construcción, fallas de instrumentos y aun errores operacionales.

En cualquier emergencia se deberá hacer un examen rápido de la situación, evitando un paro total, hasta donde sea posible, siempre y cuando no esté en juego la seguridad del personal y del equipo.

#### 3.7.1 FALLA DE AIRE DE INSTRUMENTOS

En caso de falla de aire de instrumentos, las válvulas de control de la plataforma tomarán la acción correspondiente a esta eventualidad, se cerrarán las válvulas de alimentación a los módulos de compresión, lo cual implica un paro total de la plataforma, por lo que se mencionarán algunos de los pasos más importantes a realizar, por secciones para un paro ordenado, sin que esto implique que se deba seguir esta secuencia.

#### Compresión.

- Avisar inmediatamente a las plataformas de producción para que se preparen a enviar el gas hacia sus quemadores.
- Bloquear las entradas y salida de gas de la plataforma.
- Dependiendo del problema podrán desfogarse o no las diferentes secciones de la plataforma.
- Asegurarse que la secuencia de paro de los módulos de compresión se efectúe automática y normalmente.

#### Deshidratación.-

- Cortar el suministro de aceite de calentamiento

al rehervidor EA-301.

- Continuar la recirculación del glicol, para su enfriamiento, operando por los directos de las válvulas de control.
- Bloquear la entrada de gas de arrastre al rehervidor y tratar de mantener los niveles en los equipos.

#### Endulzamiento.-

- Parar las bombas de aceite de calentamiento GA-502 AC/R.
- Bloquear las válvulas controladoras de nivel que envían gas a desfogue.
- Mantener presionada la torre DA-200
- Parar las bombas de amina al contactor y las de reflujo, tratando de mantener niveles.

#### Tratamiento de agua aceitosa.-

- Asegurarse que cerraron las válvulas de entrada y salida del tanque trifásico FA-400.
- Parar la bomba GA-400/R y cerrar las válvulas PV-400 y PV-401, para mantener la presión en el tanque FA-400 y en la torre DA-400.

- Cortar la entrada de gas inerte a la DA-400 cerrando la válvula FV-400.

#### Gas inerte.

- Bloquear manualmente las alimentaciones de combustible al paquete generador de gas inerte.
- Oprimir el botón de paro y ver que se desarrolle normalmente la secuencia automática de paro.
- Cortar la alimentación de agua de mar al enfriador EA-602.

#### Aceite de calentamiento.

- Bloquear manualmente las alimentaciones de combustible, para evitar una posible explosión.
- Si las condiciones de la falla lo permiten, continuar operando la bomba recirculadora de aceite al horno, a través de la válvula de recirculación FV-500, para permitir un enfriamiento gradual del horno y tenerlo listo para el rearranque.
- Parar el horno BA-500, oprimiendo el botón de paro correspondiente.

#### Turbogeneradores.

- Asegurarse que por lo menos uno de los módulos



de generación haya quedado trabajando con diesel y si no es así, ponerlo a operar con dicho-combustible.

- Sacar de operación el equipo eléctrico que no se requiera.

Otros servicios.

- La bomba de agua de mar continúa operando aunque no haya hipoclorito.
- Parar la inyección de agentes químicos.

### 3.7.2

#### FALLA DE ACEITE DE CALENTAMIENTO

La falla de aceite de calentamiento puede presentarse de dos formas diferentes:

- a) Si el calentador de aceite se apaga, pero continúa operando la bomba GA-500 de recirculación de aceite, tratar de encender el horno lo más pronto posible. Si esto no se logra en un tiempo razonablemente corto, tomar las precauciones necesarias para llevar a cabo un paro total de la plataforma de manera ordenada.

Mientras se intenta restablecer la operación del calentador de aceite, mantener una estrecha vigi

lancia en las secciones de deshidratación y en la de endulzamiento principalmente, ya que el determinante del paro, será el contenido de ácido sulfhídrico en el gas combustible, pues las turbinas de los módulos de compresión y de los generadores, en ningún momento deben operar con gas amargo, por lo que tanto el contenido de humedad, como el de  $H_2S$  en el gas, deben observarse continuamente.

- b) Si se apaga el calentador y sale de operación la bomba de recirculación de aceite de calentamiento GA-500, poner manualmente en operación la bomba de relevo.

En caso de que se restablezca la recirculación del aceite a través del horno, se llega al primer tipo de falla y por lo tanto se deben seguir los procedimientos indicados en el inciso a).

Si por el contrario, no se puede recircular el aceite y consecuentemente, no se puede elevar el calentamiento del horno en un tiempo razonablemente corto, tendrá que efectuarse un paro total de la plataforma, con objeto de evitar la contaminación de gas combustible además proteger las turbinas, llevando a cabo los siguientes pasos.

### Compresión.

- Avisar a las plataformas de producción que se van a parar los módulos de compresión, para que se preparen a enviar el gas hacia los quemadores.
- Parar los módulos de compresión, vigilando que se desarrolle adecuadamente la secuencia automática de paro.
- Bloquear las entradas y salida de gas de la plata forma.
- Mantener presionados los sistemas, de modo que es tén listos para el re arranque.

### Deshidratación.

- Tratar de mantener presionada la deshidratadora, para no retrasar el re arranque.
- Cortar el aceite de calentamiento a la sección de regeneración, con el TIC-300, para que al rea nudarse el flujo de aceite caliente, se evite un calentamiento brusco en el rehervidor.
- Parar la bomba GA-300.
- Bloquear la entrada de gas combustible al rehervi dor.
- Mantener niveles en toda la sección.

### Endulzamiento.

- Cuando se tenga una alta concentración de  $H_2S$  en el gas combustible, alinear el flujo de éste hacia el desfogue para no contaminar la red de distribución.
- Tratar de mantener presionada la torre contactora DA-200.
- Parar las bombas de amina al contactor y las de reflujo, tratando de mantener niveles.
- Parar las bombas de aceite de calentamiento GA-502 de los paquetes que estén operando.

### Tratamiento de agua aceitosa.

- Al parar los módulos de compresión, el tanque separador trifásico FA-400, se queda sin carga, por lo cual, hay que parar la bomba GA-400.
- Continuar alimentando gas inerte a la torre agotadora para mantenerla disponible en el rearranque. Esto es posible si el generador de gas inerte queda operando con diesel.

### Gas inerte.

Si la falla de aceite de calentamiento es crítica y se tiene que sacar de operación la sección de endulzamiento, cambiar a diesel, el combustible del generador de gas inerte BA-600, para mantenerlo en operación normal.

Turbogeneradores.

Si la falla del sistema de aceite de calentamiento implica el paro de la plataforma, una de las actividades más importantes que se debe efectuar, es cambiar a diesel el combustible del generador de corriente que vaya a quedar operando antes de parar los compresores.

### 3.7.3

#### FALLA DE ENERGIA ELECTRICA

La falla de corriente por quedar fuera de servicio los turbogeneradores, conduce al paro de todas las bombas, compresores, soloaires y ventiladores, pero el sistema de fuerza ininterrumpible (UPS) aporta corriente de emergencia para alimentar al tablero principal de control, a los circuitos de control que la requieran, al sistema de intercomunicación, al alumbrado de emergencia y al tablero de seguridad.

La falla de turbogeneradores trae consigo la falla de aire de instrumentos, por lo que debe alinearse inmediatamente a este sistema el compresor de aire de arranque, el cual, junto con el UPS permitirá efectuar un paro de emergencia llevando a cabo los siguientes movimientos:

### Compresión.

Parar los módulos de compresión para evitar que se les alimente gas combustible contaminado, previendo además que al agotarse las baterías cerrarán las válvulas de corte de entradas y salida de gas de la plataforma. Seguir en términos generales las indicaciones dadas en el apartado 3.7.1.

### Deshidratación

Esta sección queda totalmente fuera de operación ya que no tiene carga de gas ni glicol. Si se dispone de gas combustible procedente de la plataforma de producción, mantener el barrido con gas de agotamiento y bloquear la llegada de aceite rehervidor.

### Endulzamiento.

- Esta sección también queda fuera de operación y es conveniente bloquear la entrada de aceite al rehervidor para protección de la DEA.
- Cerrar entradas y salida de gas y mantener presionado el sistema a fin de tenerlo disponible para el rearranque.
- Mantener niveles en los equipos.

Tratamiento de agua aceitosa.

- Vigilar el nivel en el tanque trifásico FA-400,
- Cerrar entradas y salida de agua amarga del FA-400.
- Cortar alimentación de gas inerte a la torre DA-400, dejándola presionada para su arranque posterior.

Aceite de calentamiento.

- Bloquear las alimentaciones de combustibles.
- Pasar el botón selector "arranque-paro" a la posición "off", para que cuando se restablezca la corriente, no entre en operación automáticamente el horno.

Gas inerte.

Queda totalmente fuera de operación, y sólo por seguridad conviene cerrar la alimentación de gas combustible.

Aire de instrumentos.

Poner en operación los compresores de aire de arranque de turbogeneradores, con el propósito de alimentar al

sistema de aire de instrumentos, en tanto se restablece la corriente eléctrica.

## 3.7.4

## PROBLEMAS MAS COMUNES EN LAS ENDULZADORAS

A continuación se lista una serie de los problemas mas comunes durante la operación de las endulzadoras, indicando su probable causa y solución.

PROBLEMA	CAUSA PROBABLE Y SOLUCION
Endulzamiento deficiente.	a) Concentración insuficiente de amina. Revisar la concentración de la solución de amina. b) Insuficiente circulación de <u>ami</u> na. Incrementar la circulación de amina. c) Espumamiento de amina. Ver <u>cau</u> sas de espumamiento de amina. d) Regeneración ineficiente de <u>ami</u> na. Incrementar flujo de <u>acei</u> te de calentamiento en el <u>reher</u> vidor.
Mala regeneración de amina	a) Flujo insuciente de aceite de calentamiento al rehervidor. Incrementar flujo de aceite de calentamiento.



- b) Rotura de tubos en el intercambiador DEA-DEA. Reparar intercambiador.
- Espumamiento de amina
- a) Filtración insuficiente. Cambiar elementos del filtro.
- b) Presencia de hidrocarburos líquidos. Revisar el nivel en el último separador de módulos de compresión; incrementar flujo al filtro de carbón.
- c) Baja temperatura de amina alimentada al contactor. Incrementar la temperatura de la amina 5°C por arriba de la temperatura del gas.
- d) Adición insuficiente de antiespumante. Verificar la adición de antiespumante.
- Baja concentración de amina
- a) Fuga en válvula de agua de reposición. Reparar válvula.
- b) Baja concentración de amina de reposición. Revisar la concentración de la solución de amina en el tanque de almacenamiento.
- Alta corrosión
- a) Alta degradación de amina. Ana

lizar amina y reemplazar si es necesario.

- b) Alta concentración de sólidos disueltos en el agua de reposición. Revisar la potabilización de agua de mar.
- c) Insuficiente filtración de amina. Revisar elementos del filtro.
- d) Ineficiente regeneración de amina. Ver causas probables de mala regeneración de amina.

Alta degradación  
de amina

- a) Alta temperatura y flujo de aceite de calentamiento al rehervidor. Ajustar flujo y temperatura.
- b) Oxidación de la amina de reposición. Verificar el recubrimiento de kerosina en el tanque de almacenamiento.

### 3.7.5

#### PROBLEMAS MAS COMUNES EN LAS DESHIDRATADORAS

A continuación se lista una serie de los problemas mas comunes durante la operación de las deshidratadoras, indicando su probable causa y solución.

## PROBLEMA

## CAUSA PROBABLE Y SOLUCION

- |   |  |
|---|--|
| Alto contenido de agua en el gas deshidratado | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Baja circulación de glicol.<br/>Verificar el estado de las <u>bom</u>bas dosificadoras de glicol.</li> <li>b) Baja regeneración de glicol.<br/>Incrementar temperatura en el rehervidor.</li> <li>c) Formación de espuma. Ver causas de espumamiento.</li> <li>d) Fugas en el intercambiador <u>gli</u>col-glicol. Reparar intercambiador.</li> <li>e) Degradación del glicol Ver <u>cau</u>sas de degradación.</li> </ul> |
| Baja circulación de glicol                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Bombeo ineficiente. Verificar la operación de las bombas dosificadoras de glicol.</li> <li>b) La bomba funciona sin bombear. Revisar las <u>válvulas</u> de seguridad para ver si asientan apropiadamente.</li> <li>c) Obstrucción de los filtros. <u>Re</u>visar si existe obstrucción en los filtros de succión de la bomba.</li> </ul>  |

Degradación de  
glicol

- d) Gas atrapado. Abrir la válvula de venteo para eliminar el gas atrapado.
- e) Bajo nivel en el tanque de balance. Revisar el nivel.
- a) Temperatura excesiva en el rehervidor. Bajar temperatura en el rehervidor.
- b) Bajo pH del glicol. Neutralizar adicionando dietanolamina.
- c) Presencia de lodos. Cambiar cartuchos del filtro.
- d) Alta degradación del glicol. Analizar glicol y reemplazar si es necesario.

Espumamiento

- a) Filtración ineficiente. Revisar los elementos de filtración.
- b) Presencia de hidrocarburos líquidos. Revisar el nivel del último separador de los compresores; incrementar flujo al filtro de carbón activado, revisar el estado del carbón y reemplazar si es necesario, ajustar la temperatura de entrada del glicol al contactor 5°C por encima de la del gas, checar pH.

- c) Degradación del glicol. Ver causas de degradación.
- d) Deposición de sólidos en los platos del contactor.  
Realizar limpieza.
- e) Alta velocidad de gases a través del contactor. Disminuir velocidad; aumentar presión en el contactor.

f) Adicionar antiespumante.

Pérdidas de  
glicol

- a) Espumamiento. Ver causas de es  
pumamiento.
- b) Alta temperatura en el rehervidor. Ajustar temperatura.
- c) Alta temperatura en el domo del regenerador. Ajustar flujo de glicol al enfriador del domo.
- d) Alta temperatura en el domo del contactor. Ajustar mediante el "by pass" de glicol rico del in  
tercambiador glicol-glicol.

3.7.6

PAROS DE EMERGENCIA

Con objeto de brindar una mayor protección tanto al equipo, como al personal de la plataforma, se proporcionan dos sistemas de paro automático por proceso y por seguridad, los cuales se ejecutan mediante un con

trolador programable. Los sistemas de paro están im  
plementados en el programador en forma de diagrama e  
léctrico de escalera, que puede ser modificado aun  
cuando esto no se puede realizar en operación normal.  
Este sistema analiza las señales recibidas y ejecuta  
ordenadamente las acciones de paro, de modo que se  
lleven a cabo secuencialmente.

#### Paro total por proceso.

Este paro sólo se puede llevar a cabo por acción ma-  
nual del botón de paro total instalado en el tablero  
principal de control. Al ser accionado este botón,  
se envía señal al microprocesador provocando un paro  
total de la plataforma, ejecutándose en forma automá-  
tica las siguientes actividades.

- Cierran las válvulas de corte de entradas y sali-  
da de gas de la plataforma.
- Acciona el sistema de paro de cada uno de los mó-  
dulos de compresión.
- Acciona el sistema de paro del horno de aceite de  
calentamiento.
- Acciona el paro automático de los turbogenerado-  
res.
- Se desfogan los sistemas de la plataforma.

Al efectuar el paro mencionado anteriormente, lo primero que debe hacer el ingeniero de operación, es analizar las causas que condujeron a él, para determinar el tiempo de duración y si a su juicio, el paro no reviste características que impliquen riesgos por tener los sistemas eléctricos energizados, se podrán arrancar manualmente los turbogeneradores, empleando diesel como combustible.

Paro parcial por proceso.

Además del paro total ya mencionado, el controlador programable puede ejecutar un paro parcial de la plataforma por proceso, en el cual sólo se mantienen operando los turbogeneradores ya que sus sistemas de control efectúan automáticamente el cambio a combustible diesel, si se mantienen en la posición de "auto" de lo contrario, se puede efectuar el cambio manualmente.

Dicho paro parcial lo ejecuta el controlador programable por acción de cualesquiera de los siguientes eventos:

- Alta o baja presión ( $90-60 \text{ Kg/cm}^2$ ), en la línea de salida de gas a la plataforma de enlace.
- Alta o baja presión ( $8.0 - 2.5 \text{ kg/cm}^2$ ), en la línea de recibo de gas de alta presión procedente de la plataforma de producción.
- Alta o baja presión ( $3.5 - 0.5 \text{ Kg/cm}^2$ ), en la línea de alimentación de gas de baja presión procedente de la plataforma de producción.
- Acción manual del botón de paro parcial localizado en el tablero principal de control.

En este tipo de paro, el controlador programable ejecuta las mismas acciones que en el paro total, a excepción de que los turbogeneradores se mantienen operando con diesel.

Paro por seguridad.

Para efectos de protección contra incendio, gas combustible y gas tóxico, la plataforma ha sido dividida en zonas de fuego, instalándose en cada zona dos o más detectores de las situaciones de peligro mencionadas. Cada zona emite una señal, generada por los detectores, activando tanto las alarmas correspondientes distribuidas en los diferentes niveles de la plataforma, como al tablero de seguridad, el cual envía dicha señal al microprocesador conduciendo al paro total de la plataforma.



C O N C L U S I O N E S

Las plataformas de compresión existentes en México, cuentan con flexibilidad en su proceso para evitar en lo posible un paro total. Se tiene así, por ejemplo; cuatro módulos de compresión, de los cuales trabajan normalmente tres, manteniendo uno de relevo, además del compresor de arranque el cual puede también ser utilizado cuando se requiera comprimir una mayor cantidad de gas; tres plantas de endulzamiento, las cuales trabajan a baja capacidad, para que en caso de paro de una de ellas, las restantes puedan proporcionar el gas combustible requerido en la plataforma; cuatro plantas de regeneración de glicol, estas trabajan al 70% de su capacidad y al igual que las de endulzamiento a falla de alguna, las restantes tienen la capacidad suficiente para deshidratar la totalidad del gas enviado a tierra.

También los servicios auxiliares tienen la flexibilidad suficiente para proporcionar un suministro continuo tales como generación de energía eléctrica, suministro de aire de instrumentos, etc. Aún así y a pesar de cuan cuidadosamente haya sido diseñada y construída una plataforma, cuando se pone en marcha por vez primera siempre existen problemas originados por inexperiencia, fallas mecánicas, errores de diseño, fallas ..

de instrumentos, planeación inadecuada, etc. Estos - problemas ocasionan aumento en el costo y retrasan el tiempo de recuperación del gas que se quema en las - plataformas de producción.

El objetivo de cualquier arranque, es poner en operación los equipos de las instalaciones para obtener el o los productos deseados en las cantidades y dentro - de las especificaciones indicadas de diseño, utilizando los insumos estimados. Los factores que conducen a un arranque exitoso son:

- Una organización adecuada para establecer los - canales de comunicación y mando, para evitar - confusiones y duplicidad de órdenes.
- Una planeación minuciosa que indique el camino a seguir y las acciones a tomar, evitando de - esta manera demoras.
- El conocimiento global de la operación de las - plataformas del area, manteniendo estrecho contacto con éstas durante el arranque.
- El conocimiento del proceso y servicios auxiliares por parte del personal del grupo de arranque así como el control del mismo y los procedimien-

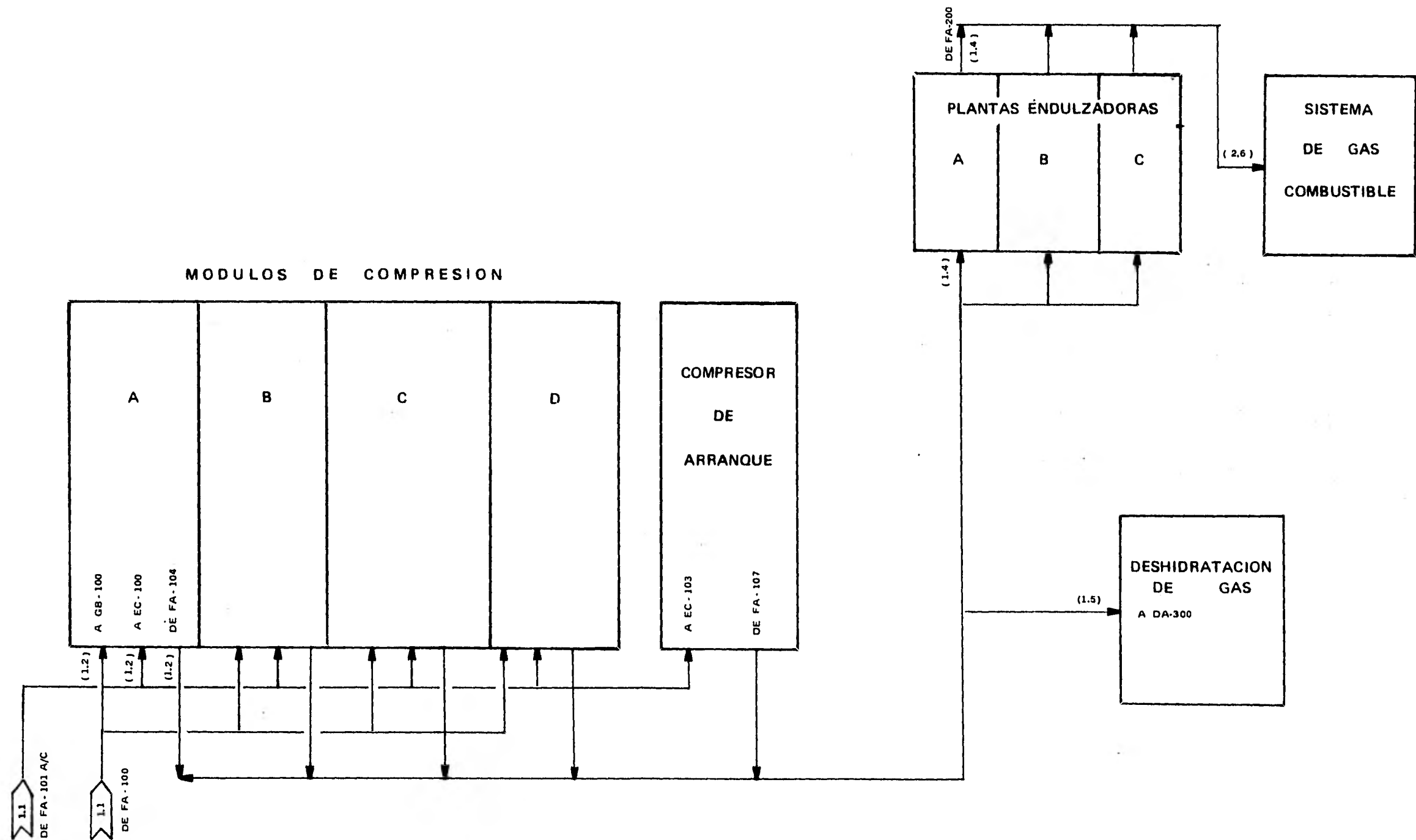
tos a seguir en caso de emergencias.

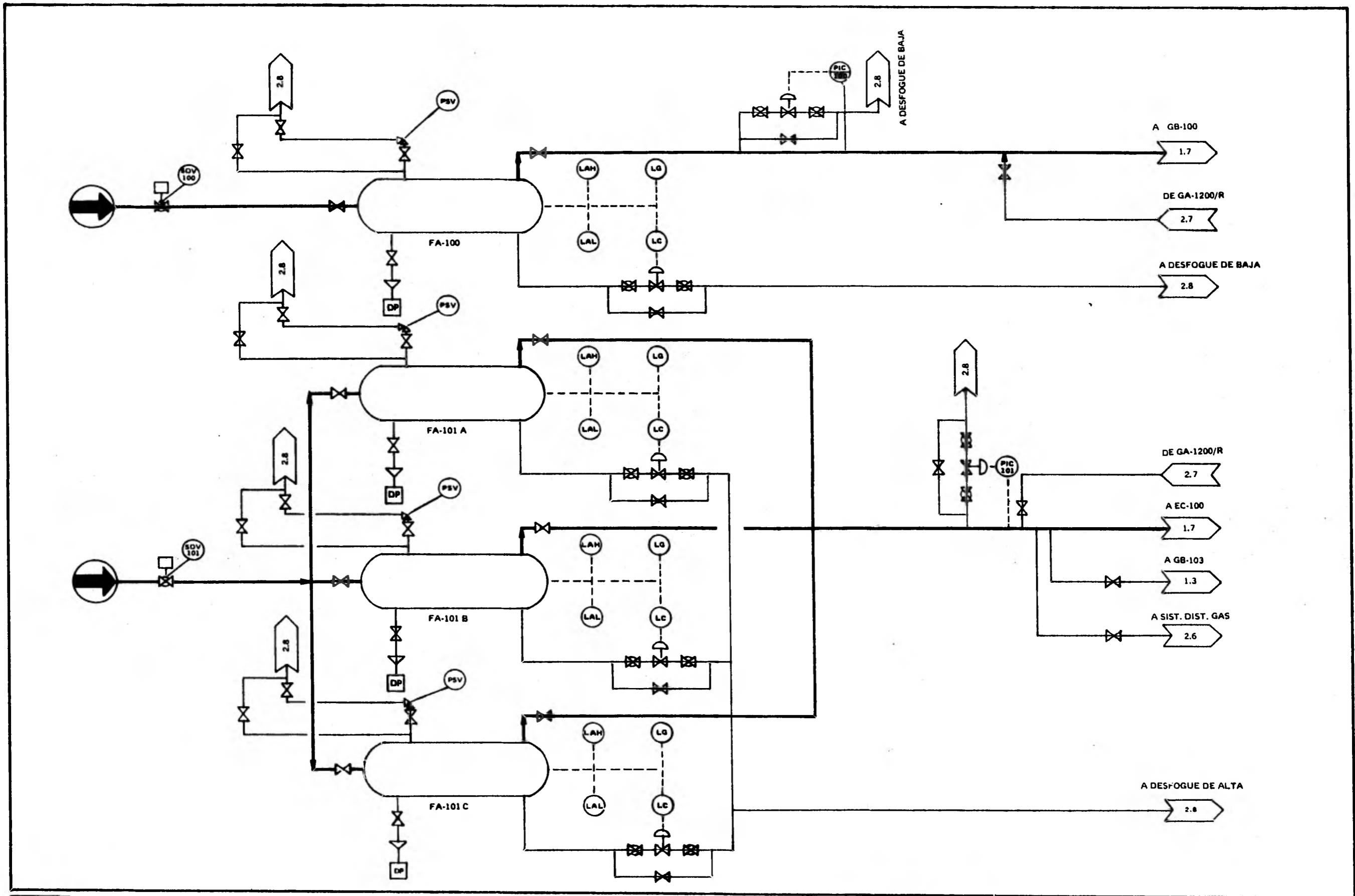
- Contar con el personal adecuado y necesario durante el período de arranque.

Visto como un reto el arranque constituye una experiencia que pone a prueba las cualidades y conocimientos de ingenieros, personal técnico y operadores, participantes del arranque.

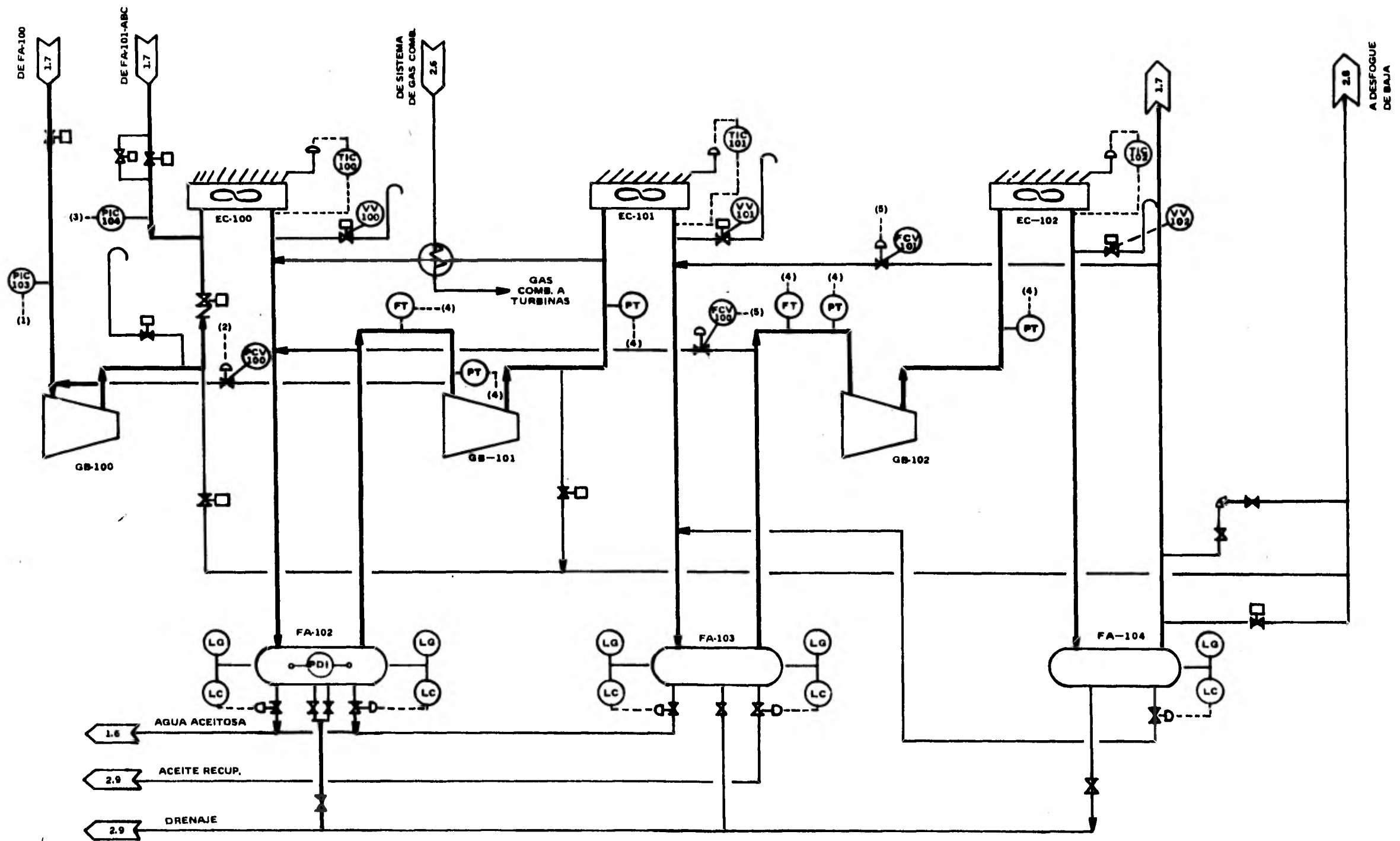
El trabajo presentado muestra los lineamientos generales a seguir para el arranque de una plataforma de compresión de gas, sin que lo aquí plasmado cubra los detalles particulares de cualquier arranque, los cuales deben resolverse en campo conforme se presenten, aun así este trabajo da una idea de los procedimientos y actividades a desarrollar al personal que por primera vez se enfrenta al arranque de una plataforma de compresión de gas.

A P E N D I C E





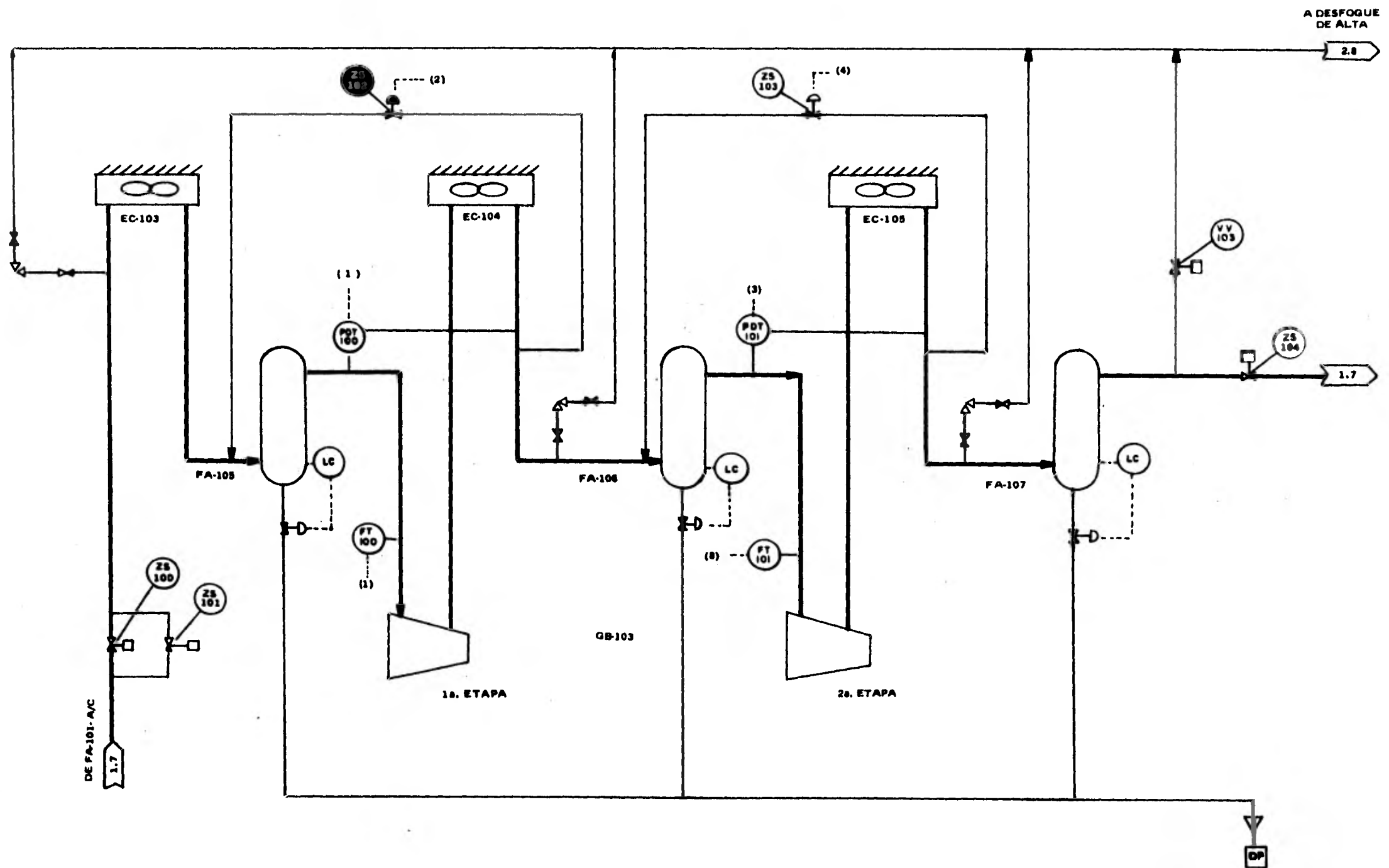
RECEPCION DE GAS



NOTAS:

- (1) A CONTROL DE VELOCIDAD DE TURBINA GB-102
- (2) DE CONTROL DE VELOCIDAD DE TURBINA GB-102
- (3) A CONTROL DE VELOCIDAD DE TURBINA GB-101
- (4) AL SISTEMA DE INESTABILIDAD
- (5) DEL SISTEMA DE INESTABILIDAD





NOTAS:

- 1.- AL SISTEMA DE CONTROL DE INESTABILIDAD DE LA 1a. ETAPA
- 2.- DEL SISTEMA DE CONTROL DE INESTABILIDAD DE LA 1b. ETAPA
- 3.- AL SISTEMA DE CONTROL DE INESTABILIDAD DE LA 1a. ETAPA
- 4.- DEL SISTEMA DE CONTROL DE INESTABILIDAD DE LA 1b. ETAPA

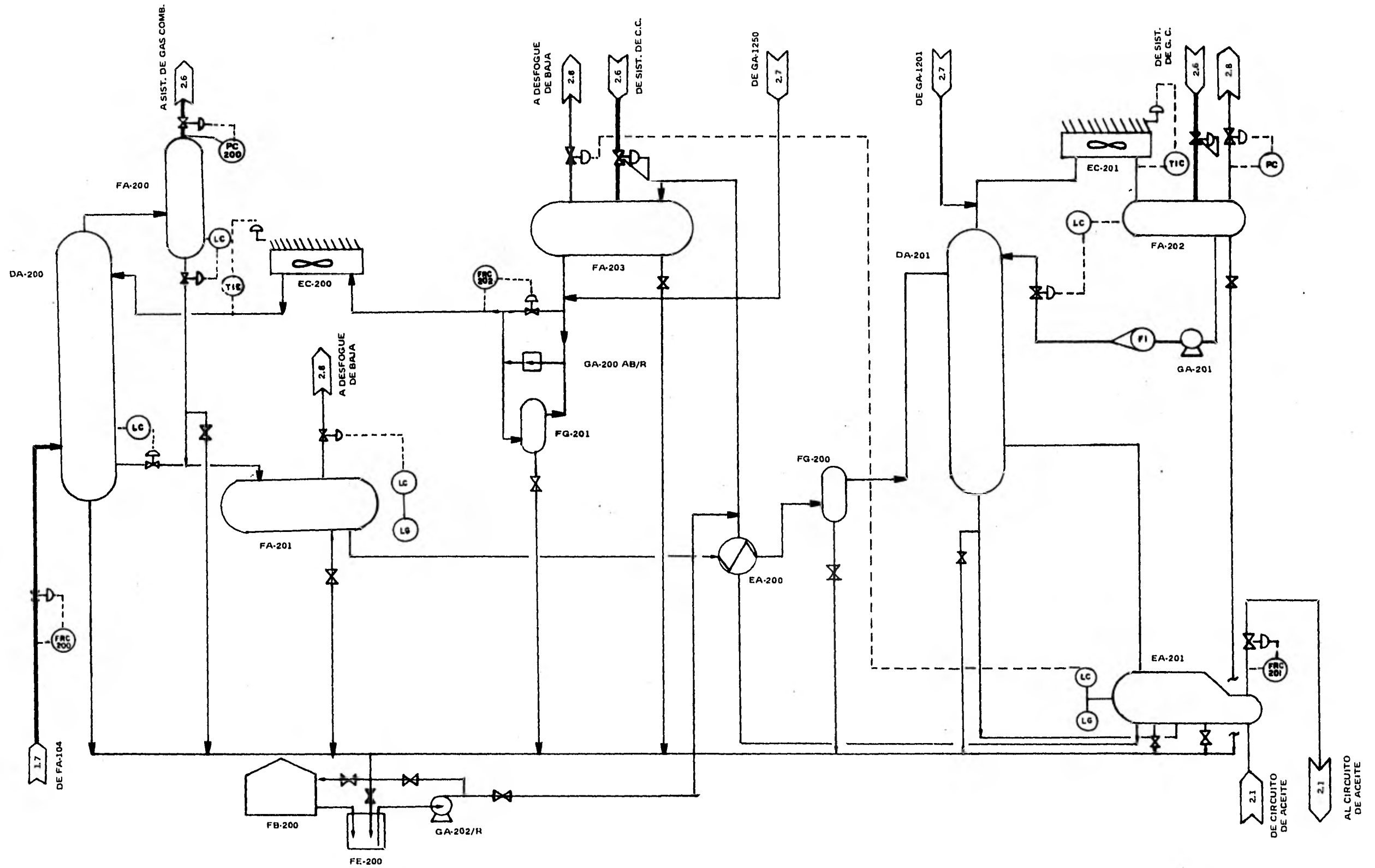
COMPRESOR DE ARRANQUE

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL

1.3



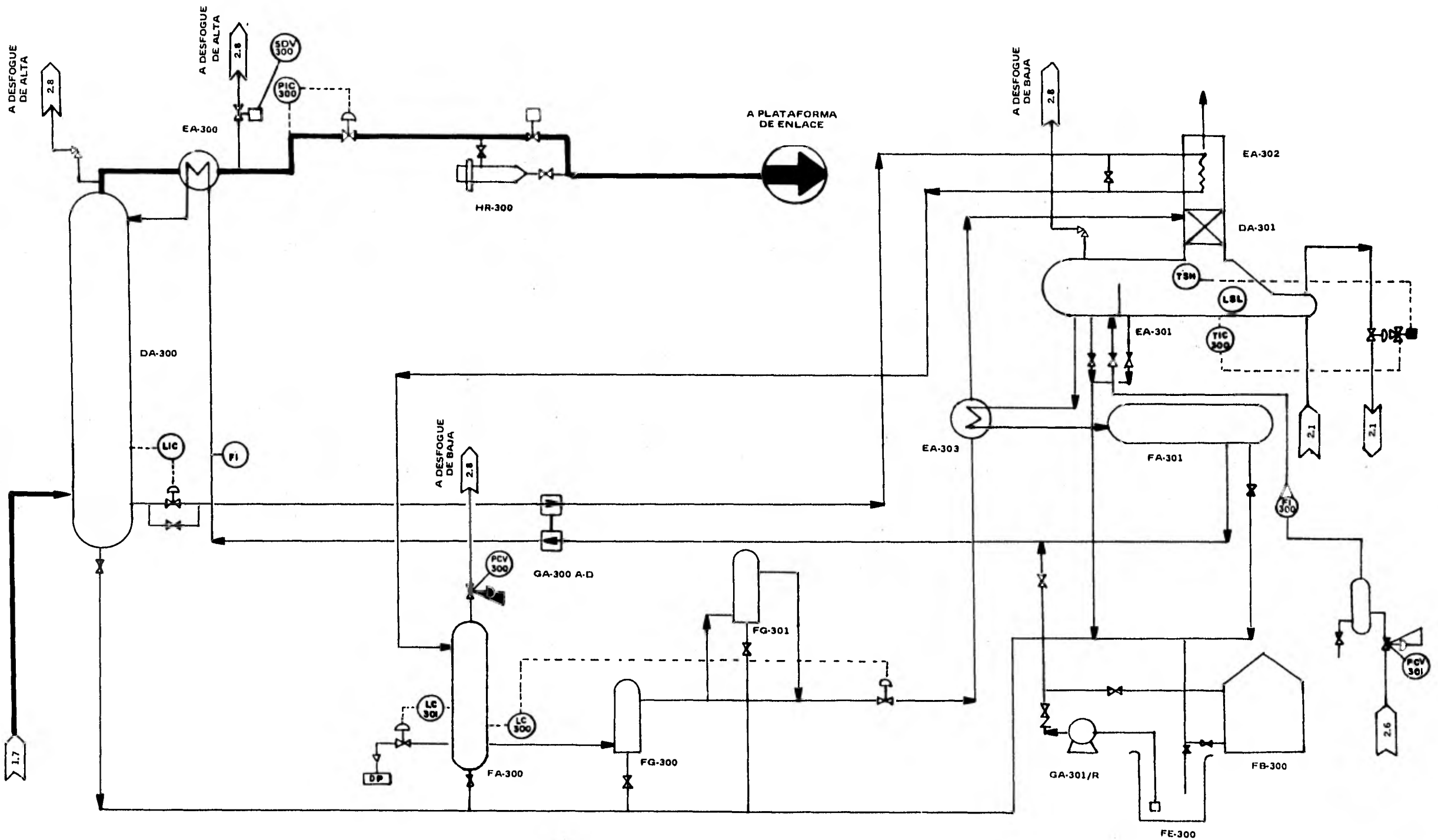
SECCION DE ENDULZAMIENTO DE GAS

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL

1.4

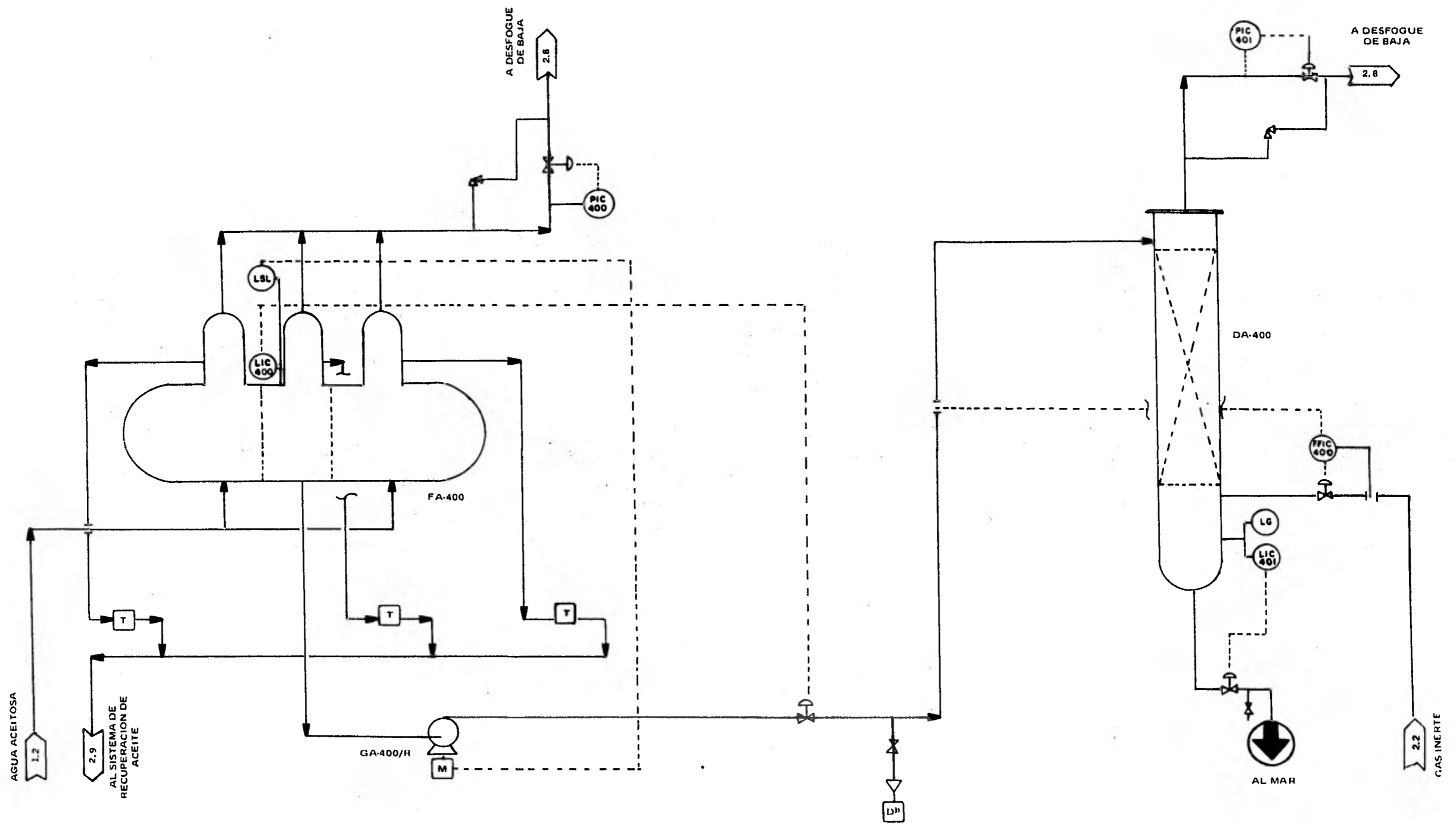


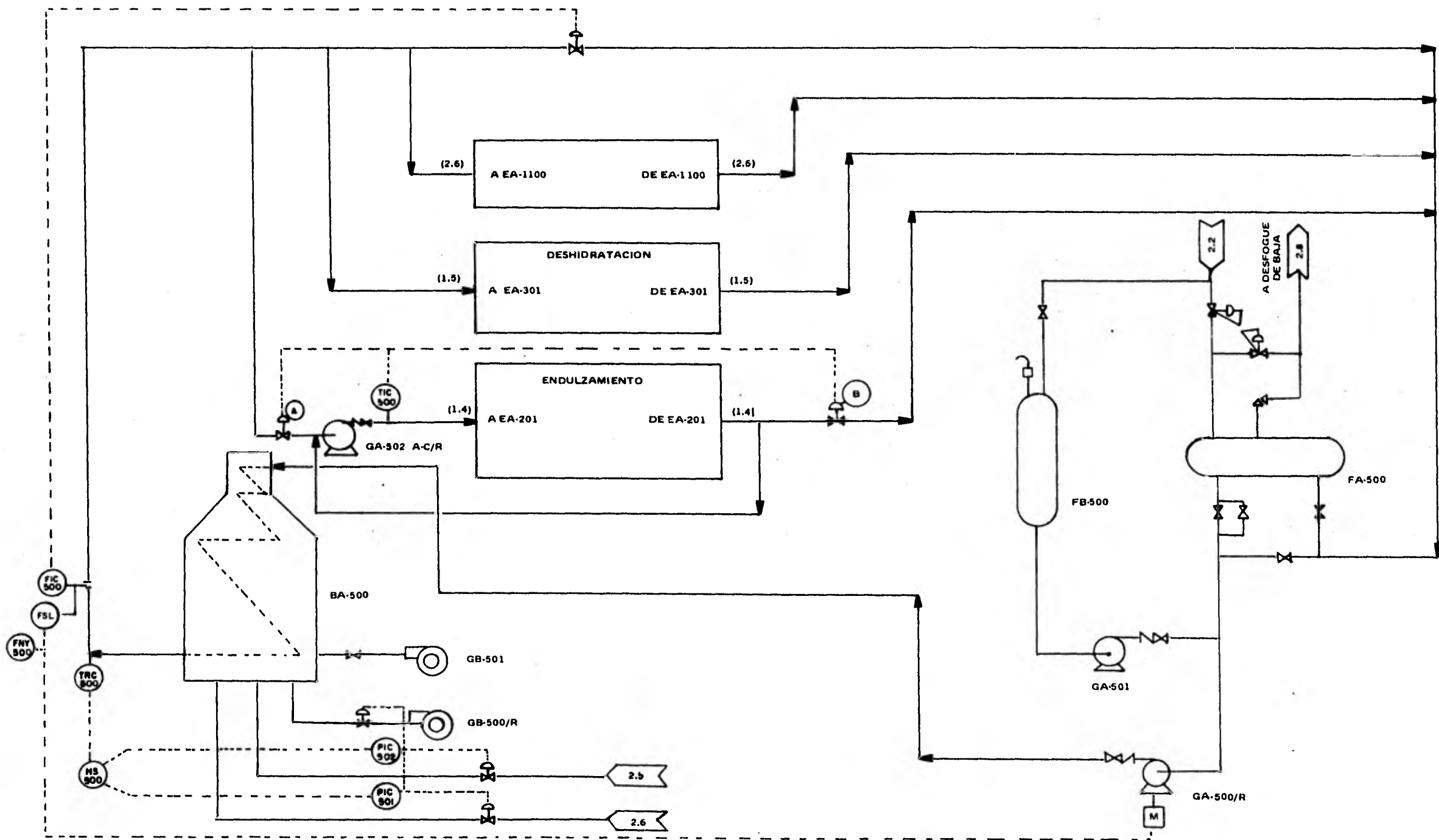
SECCION DE DESHIDRATACION

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL





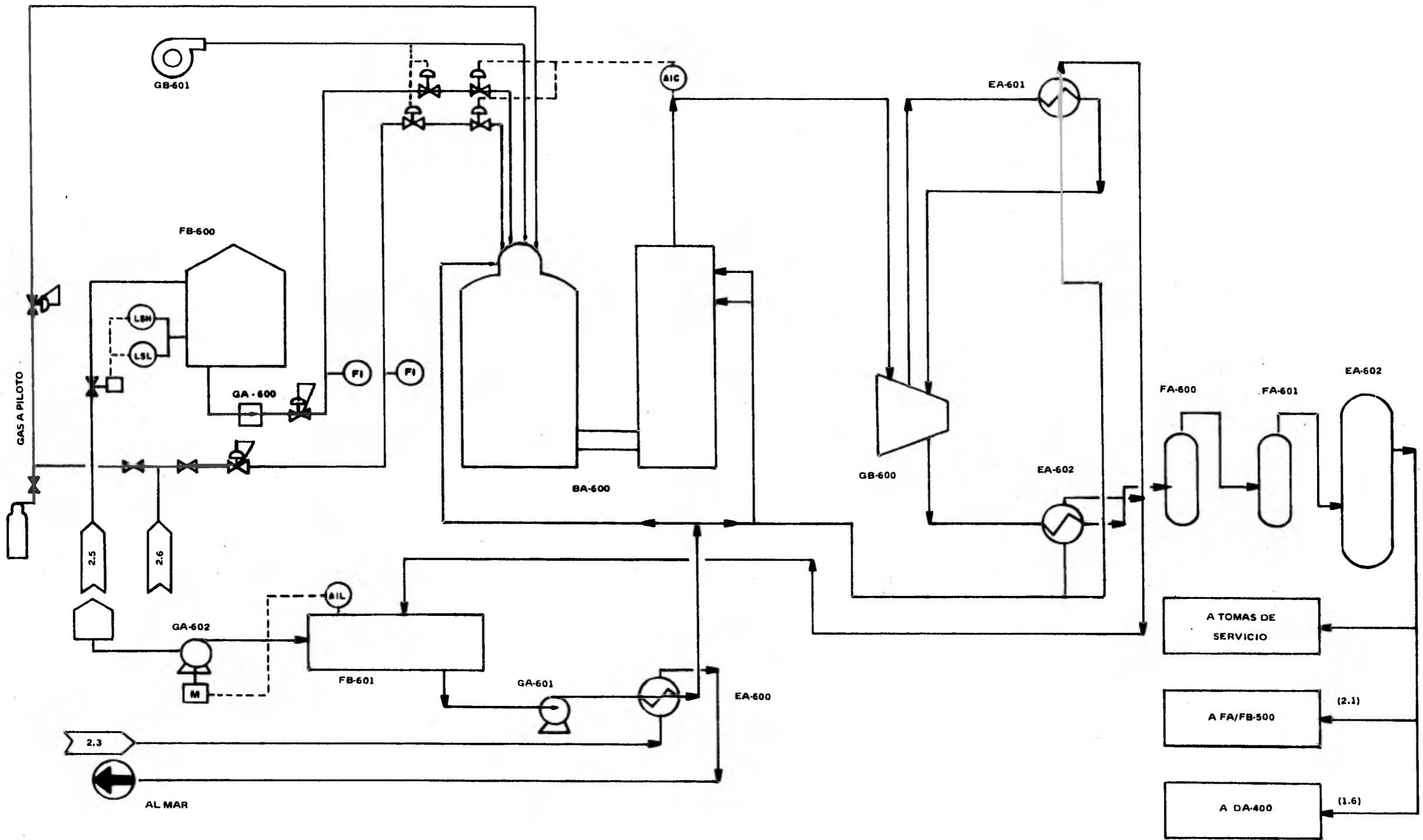
SISTEMA DE ACEITE DE CALENTAMIENTO

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL

2.1

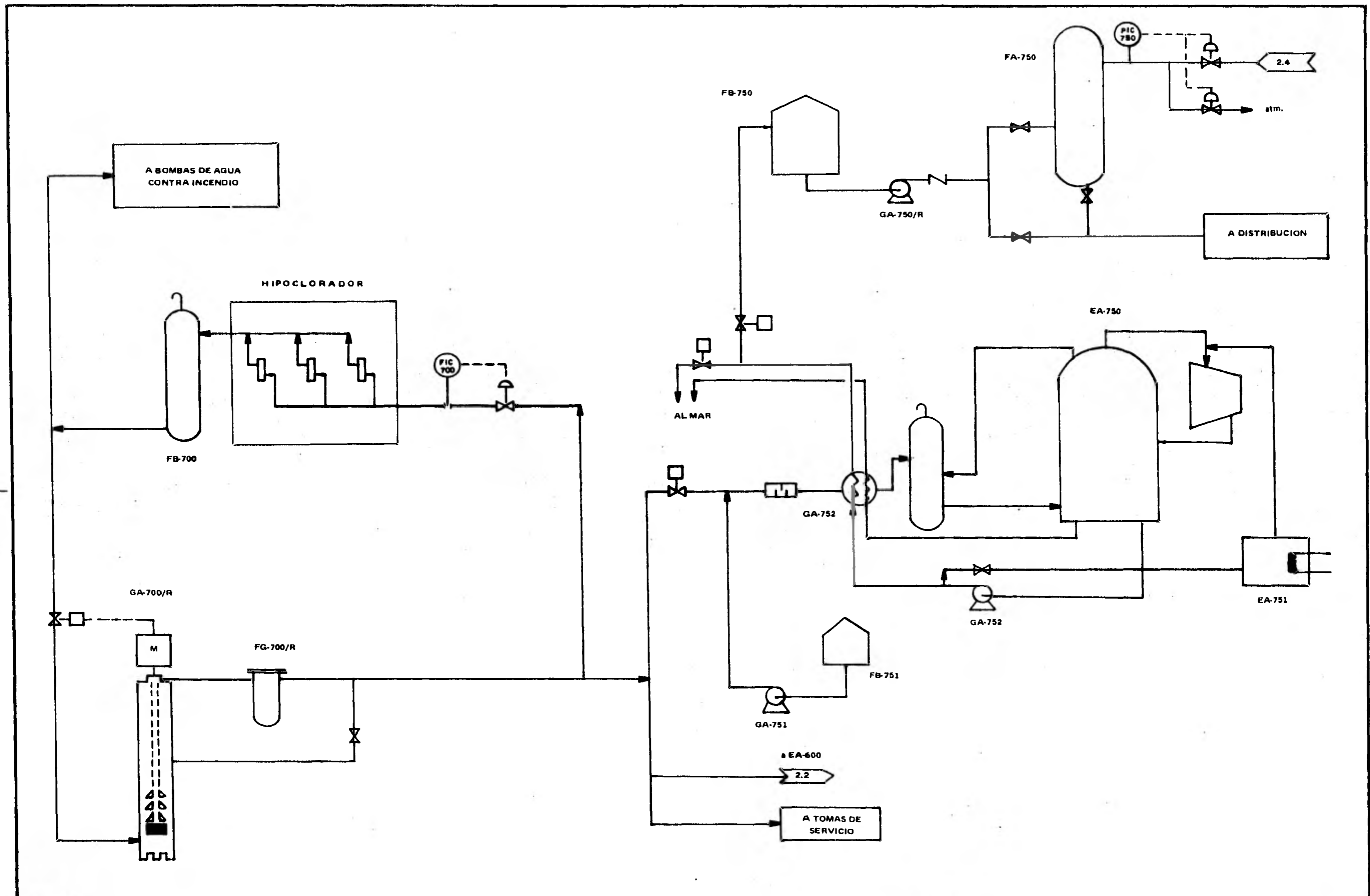


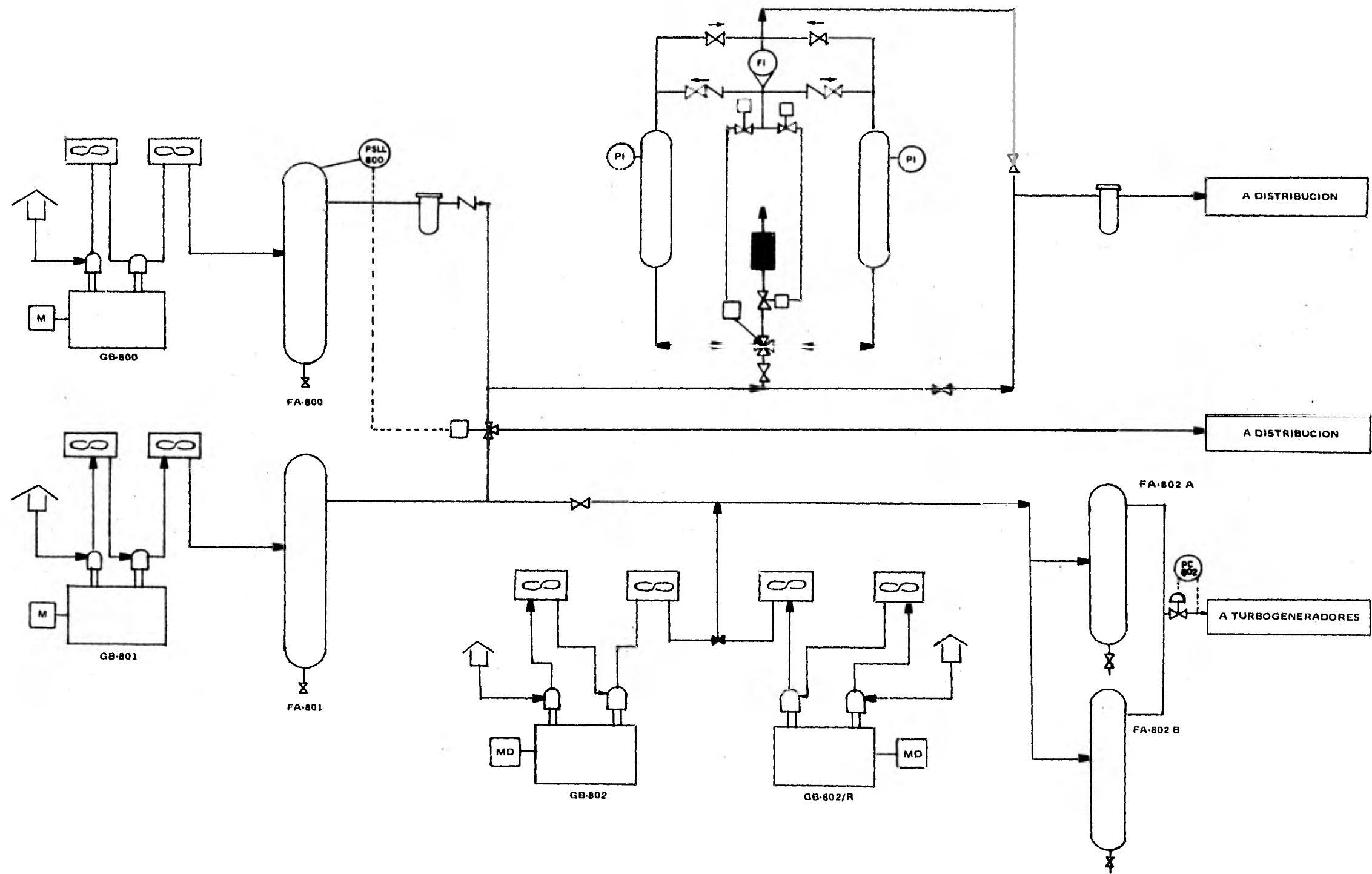
GENERACION DE GAS INERTE

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL





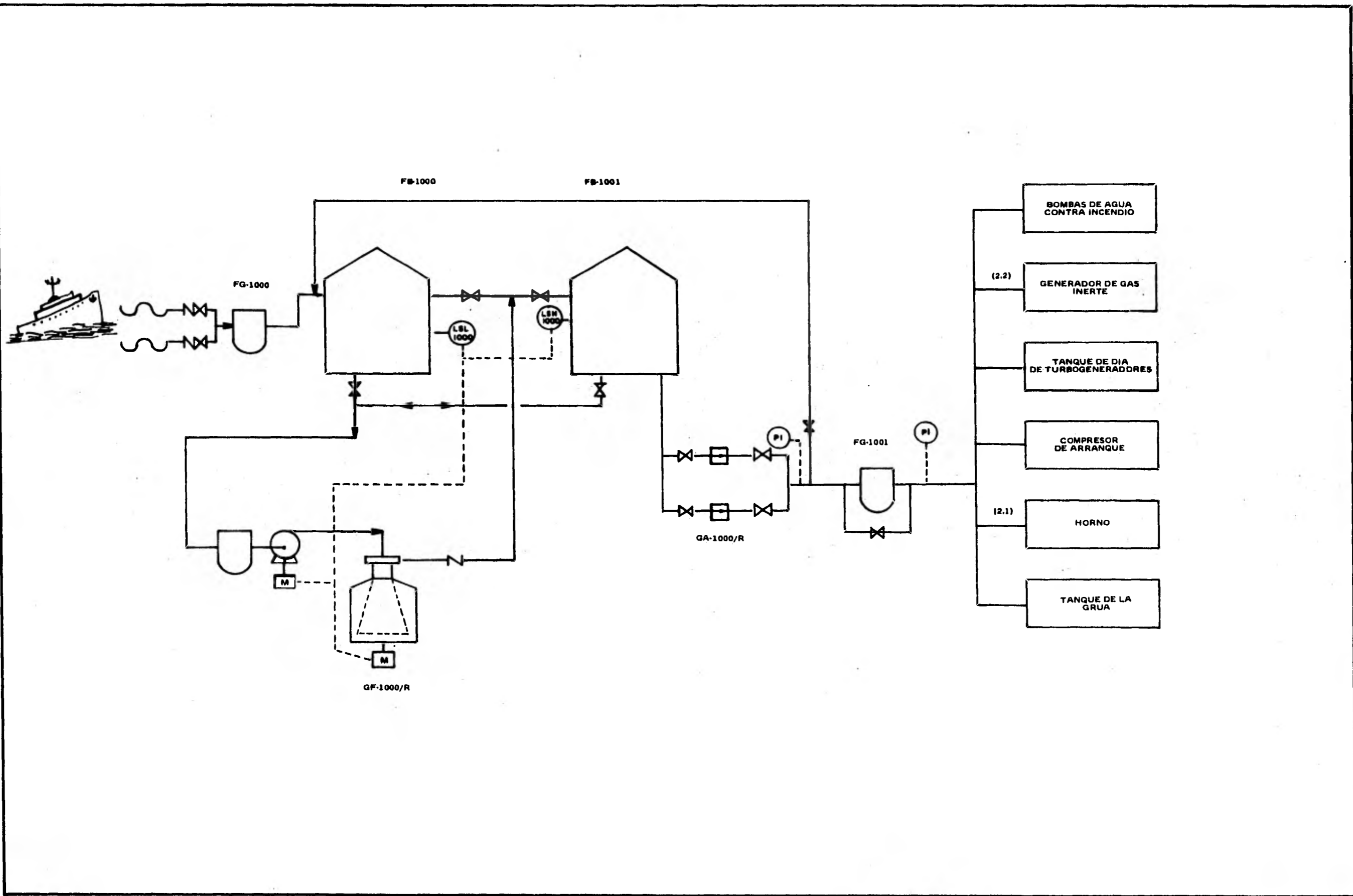
SUMINISTRO DE AIRE

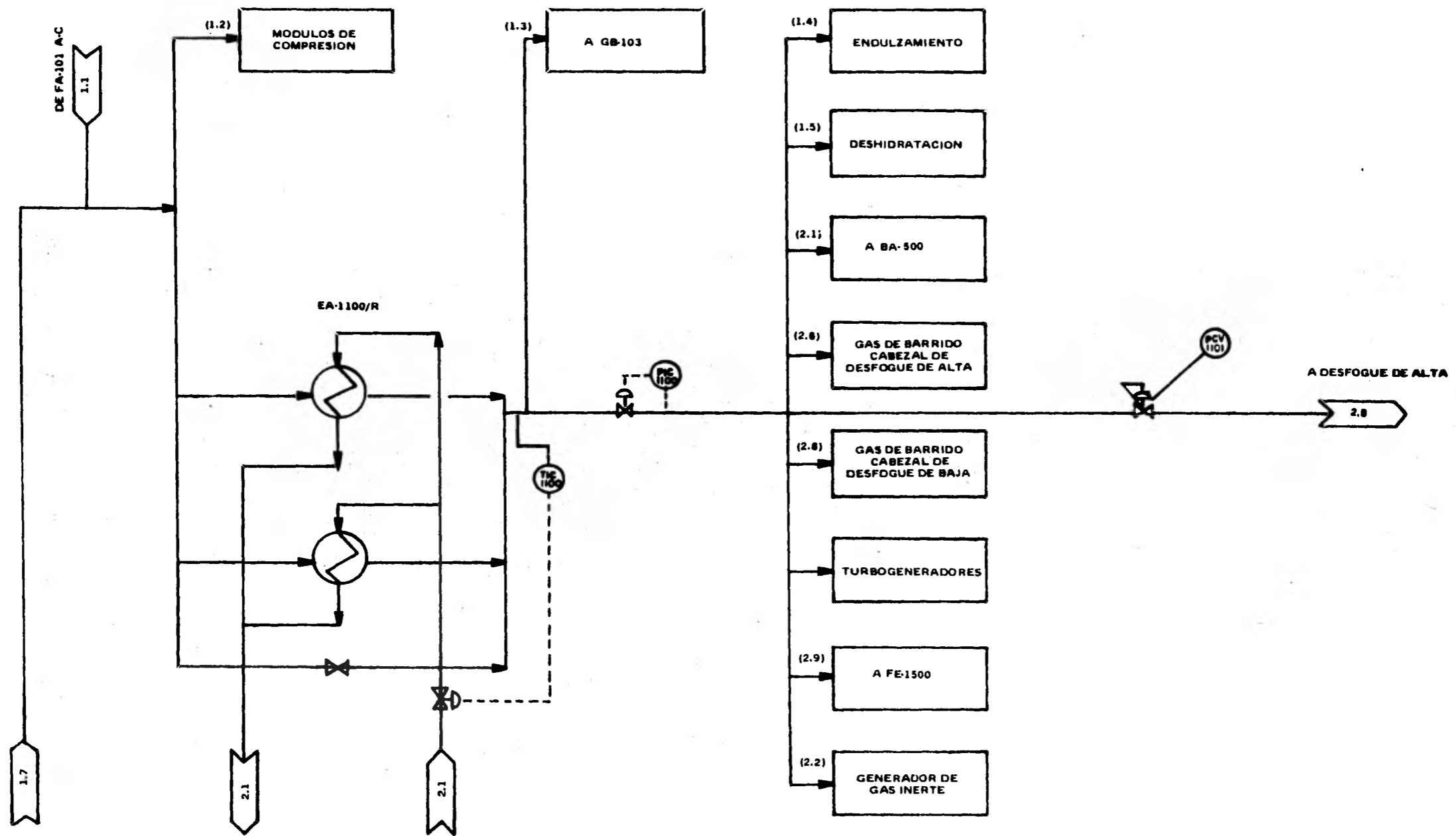
E  
A  
C  
G

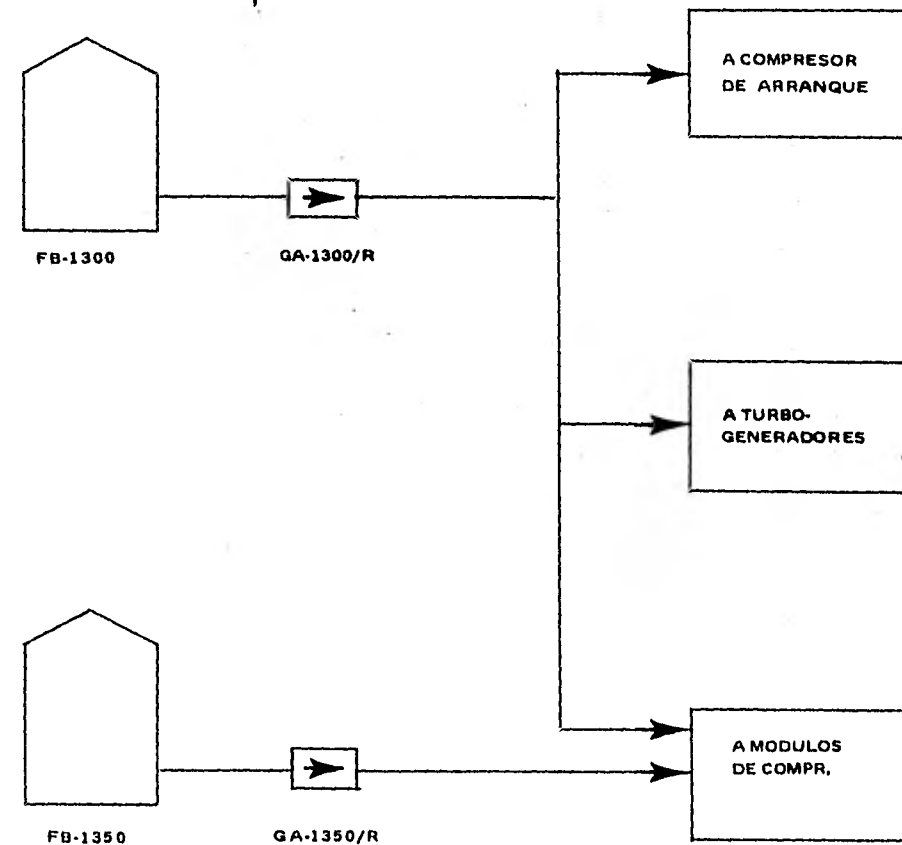
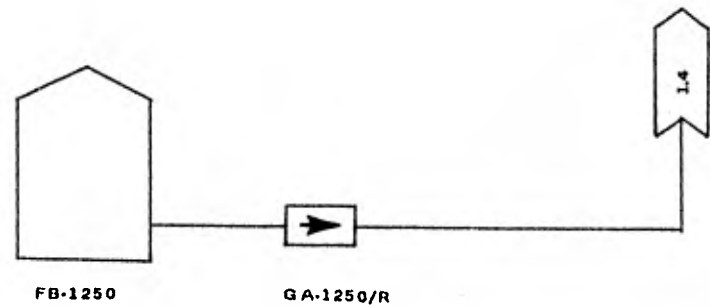
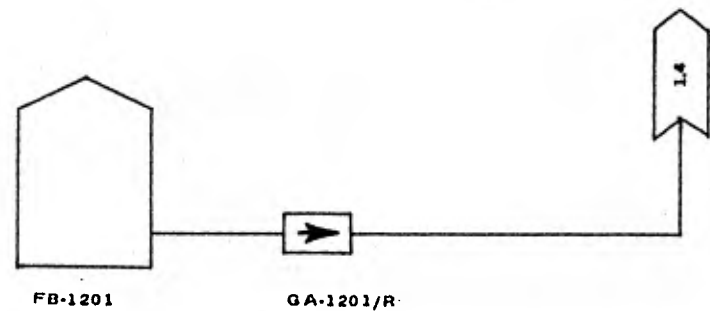
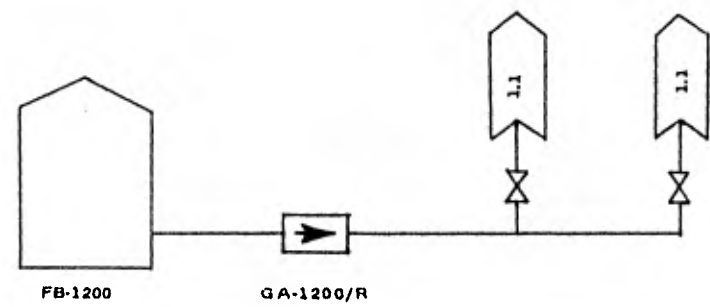
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

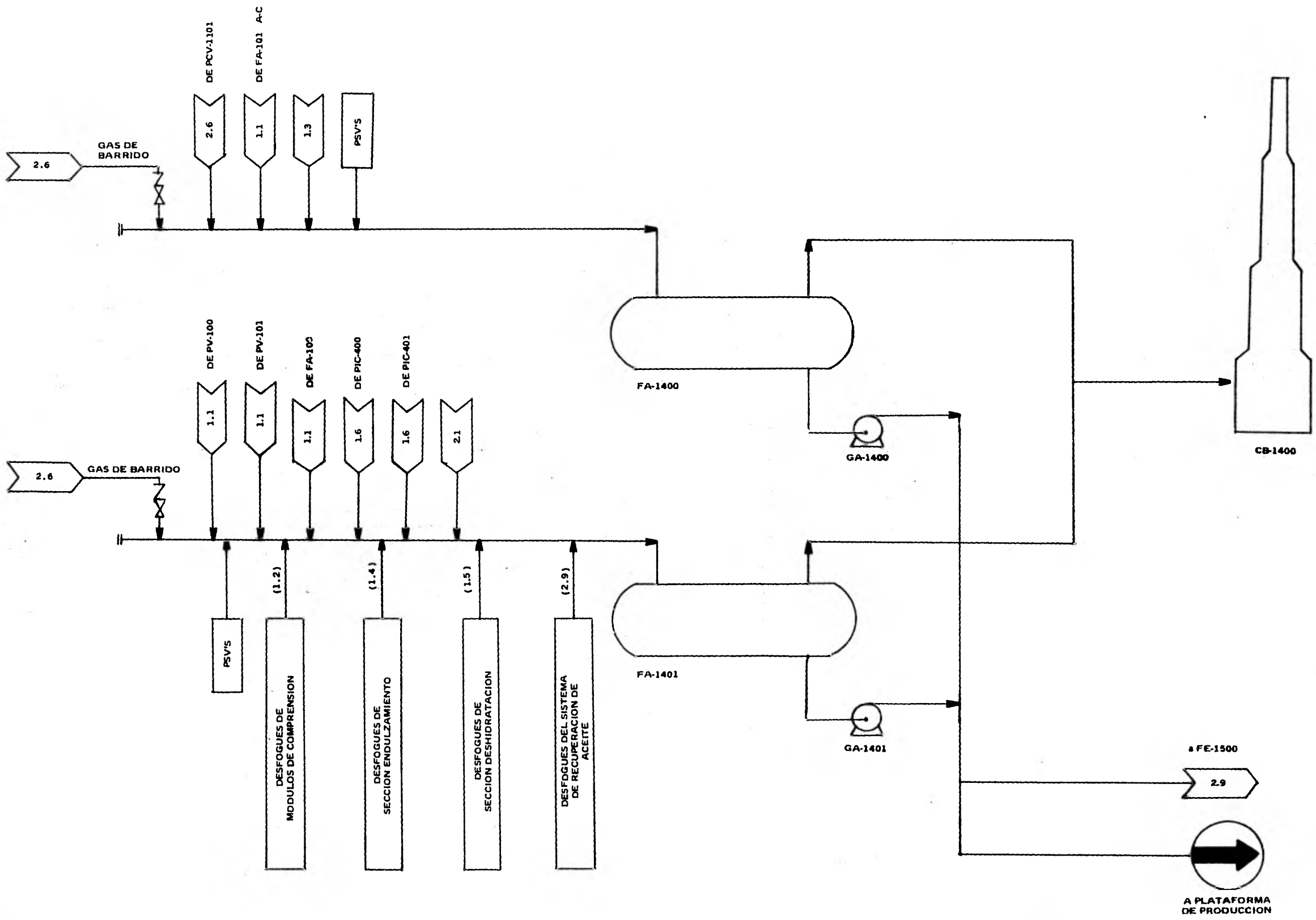
TESIS PROFESIONAL











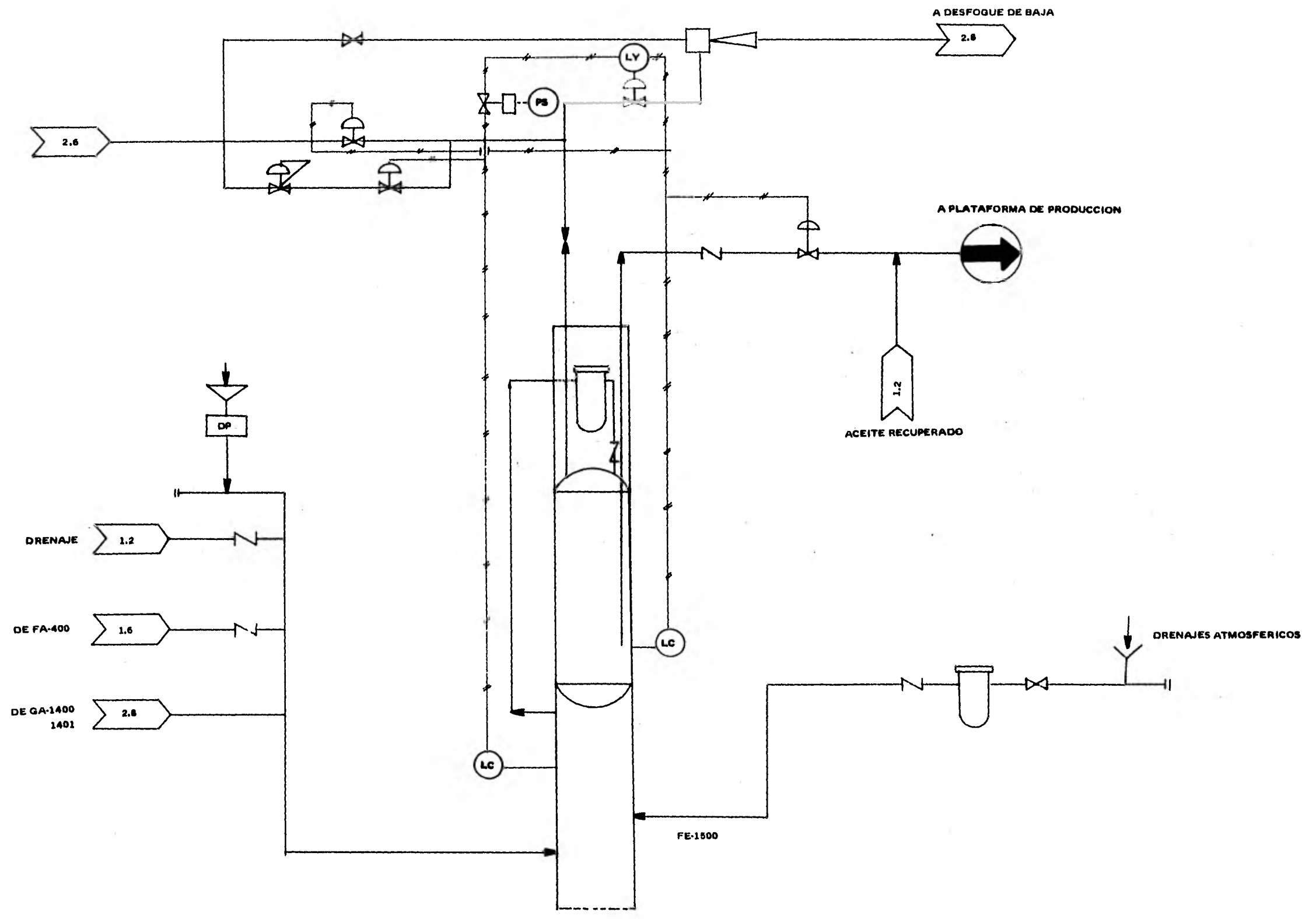
SISTEMA DE DESFOGUE

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

\_\_\_\_\_

TESIS PROFESIONAL



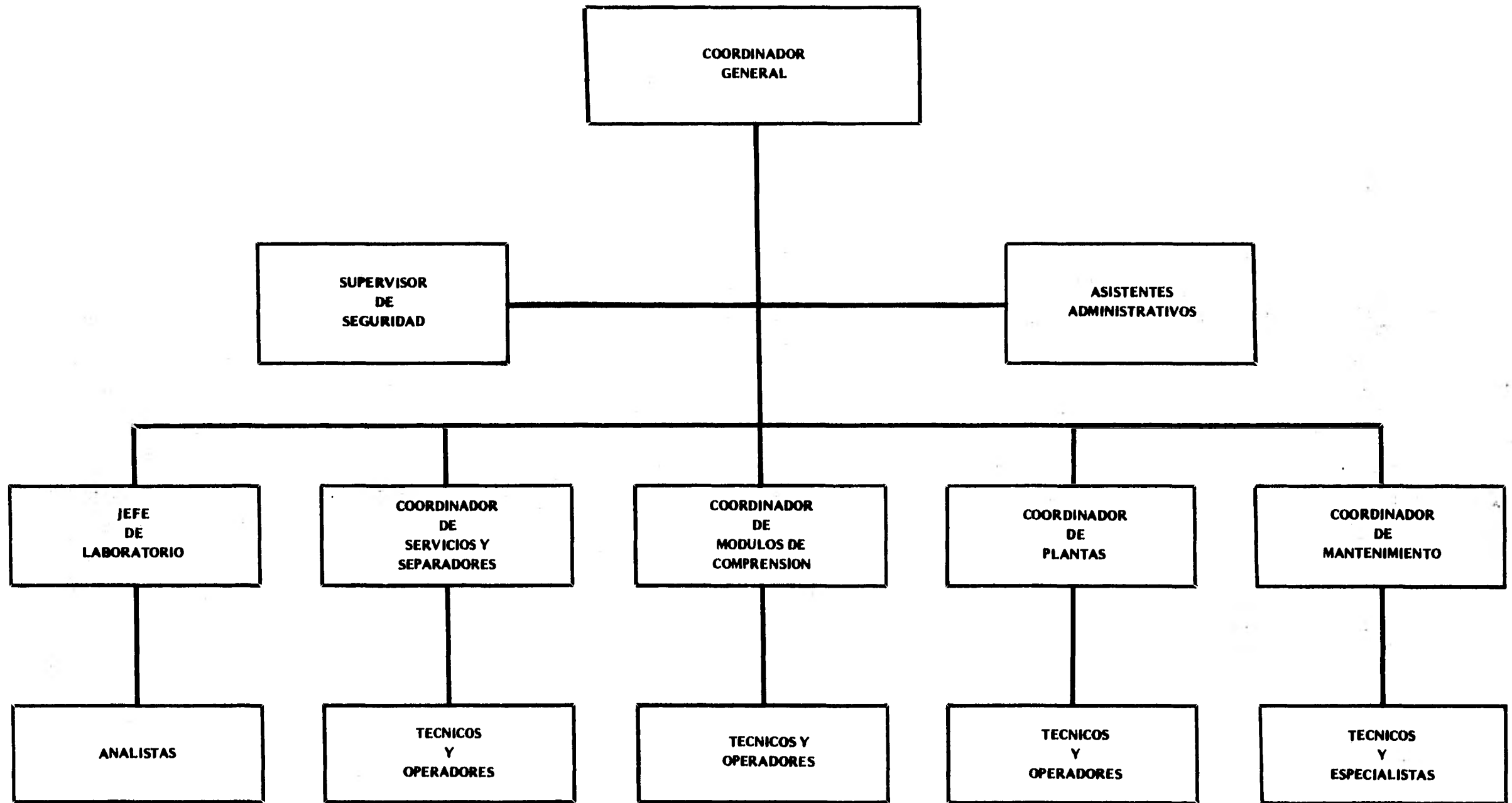
RECUPERACION DE ACEITE RESIDUAL

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL

2.8

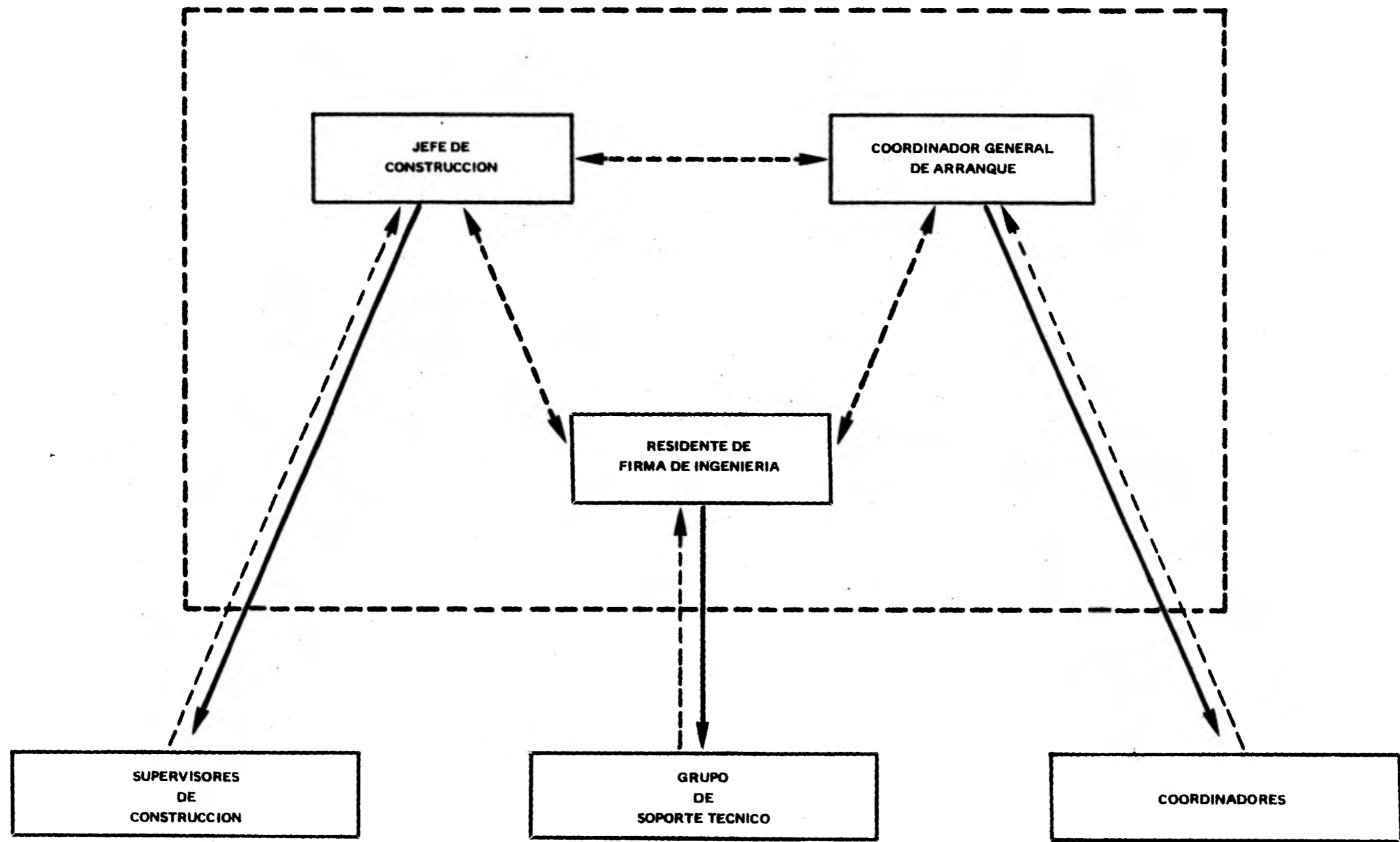


ORGANOGRAMA DURANTE ARRANQUE

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL



← - - - - - → LINEAS DE . .  
 COMUNICACION  
 ———— → AUTORIDAD

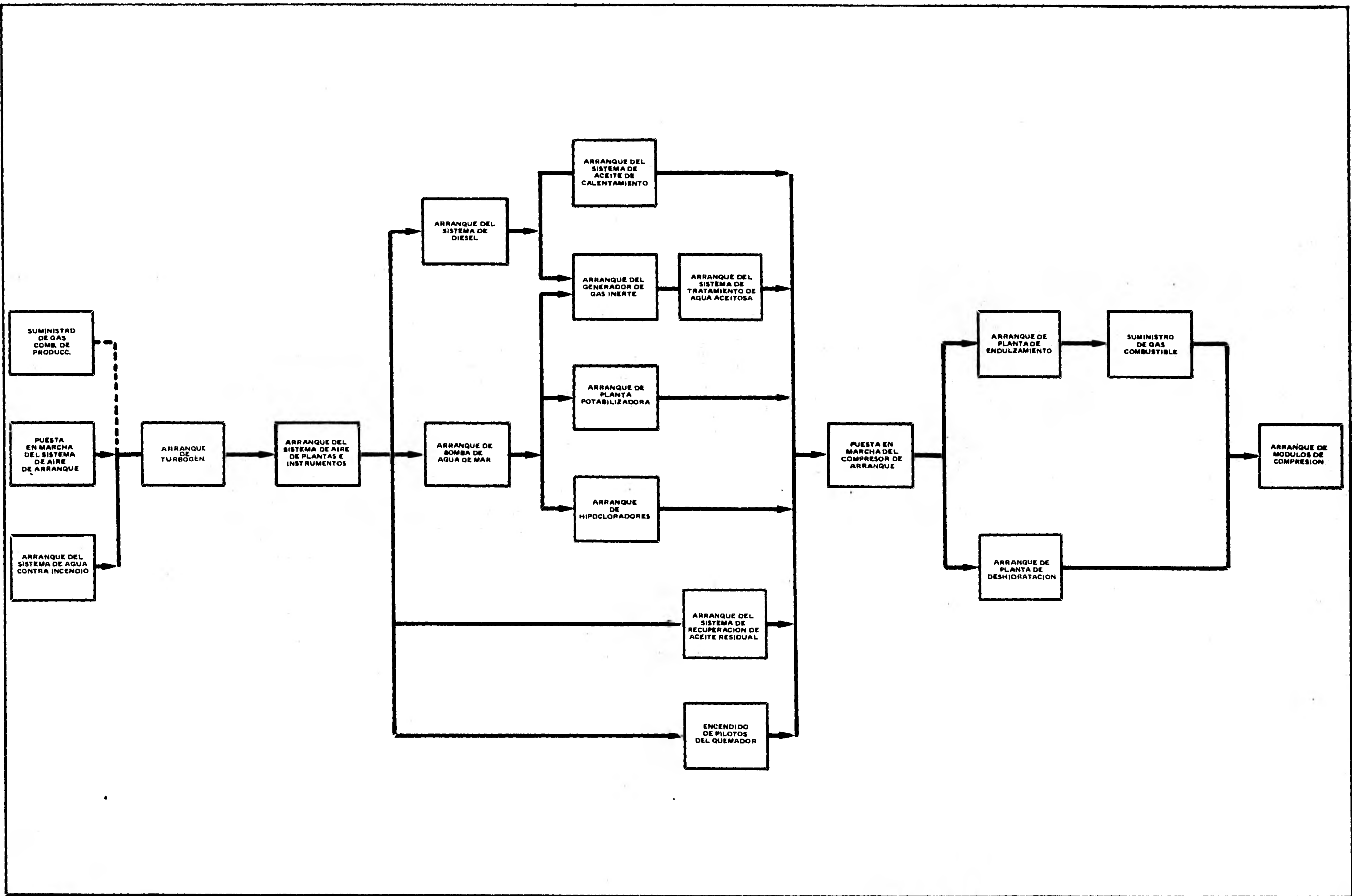


DIAGRAMA GENERAL DE ARRANQUE

E  
A  
C  
G

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL



APARTADO	ACTIVIDAD
3.6.1	REVISION GENERAL
3.6.2	AA.- Revisión General CARGADO DE LUBRICANTES, AGUA, ETC. AD.- Carga de agua potable a tanque PD-750 AH.- Carga de agua potable a tanque PD-800 AE.- Carga de diesel centrifugado AF.- Poner en operación el compresor de aire de arranque AI.- Arranque de bombas de agua contra incendio AC.- Carga de baterías de turbogeneradores
3.6.3	CALIBRACION PREVIA DE INSTRUMENTOS Y REVISION GENERAL DEL SISTEMA ELECTRICO AP.- Presetización de instrumentos AS.- Revisión general del sistema eléctrico
3.6.4	ARRANQUE DE TURBOGENERADORES AJ.- Arranque de un turbogenerador y puesta en servicio del sistema eléctrico AK.- Arranque del sistema de diesel AL.- En servicio bomba de agua de mar y alumbrado AM.- Carga de aceites lubricantes
3.6.5	LAVADO Y SOPLADO AN.- Arranque de polimerizadores AR.- Arranque de hipocloradores AQ.- Lavado de equipo AO.- Arranque compresor aire de planta AR.- Soplar con aire a líneas de diámetros mayores
3.6	PRUEBAS HIDROSTATICAS AU.- Pruebas hidrostáticas de equipos y sistemas
3.6.7	LAVADO QUIMICO BI.- Lavado químico a líneas de succion de camarcas. BJ.- Lavado químico a plantas endulzadoras.
3.6.8	CALIBRACION FINAL Y PRUEBA DE CIRCUITOS DE CONTROL AS.- Arranque del compresor de aire de instrumentos. AT.- Calibración de instrumentos
3.6.9	ARRANQUE DEL SISTEMA DE ACEITE DE CALENTAMIENTO AV.- Carga de aceite y encendido del horno y circuito. AW.- Encendido del horno
3.6.10	INERTIZADO Y PRUEBA DE HERMETICIDAD AX.- Arranque del generador de gas inerte AY.- Inertizado y Prueba de Hermeticidad al separador de baja presión AZ.- Inertizado y Prueba de Hermeticidad a separadores de alta presión. BA.- Inertizado y prueba de hermeticidad a cabezales de succion y descarga. BB.- Inertizado y prueba de hermeticidad a endulzadores BC.- Inertizado y prueba de hermeticidad al sistema de gas combustible BD.- Inertizado y prueba de hermeticidad al sistema de desfogos BE.- Inertizado y prueba de hermeticidad a deshidradores BF.- Inertizado y prueba de hermeticidad al sistema de recuperación de aceite residual BG.- Inertizado y prueba de hermeticidad al sistema de tratamiento de agua efluentes
3.6.11	OPERACION DEL COMPRESOR DE ARRANQUE BH.- Alimentación de gas dulce de plataforma de producción (opcional) BK.- Encendido del quemador BL.- Preparación del sistema de recuperación de aceite residual. BM.- Alimentación de gas empuje a separadores. BN.- Arranque y estabilización del compresor de arranque BO.- Alimentación de gas empuje en sentido contrario desde plataforma de empuje.
3.6.12	ARRANQUE DE LA SECCION DE ENDULZAMIENTO BP.- Preparación de la sección de DEA BQ.- Elevación de temperatura en horno BR.- Arranque y estabilización de la endulzadora. BS.- Suministro de gas combustible BT.- Arranque del sistema de recuperación de aceite.
3.6.13	ARRANQUE DE LA SECCION DE DESHIDRATAACION BU.- Presionado y carga de gases a planta deshidratadora BV.- Deshidratadora a refugio total BW.- Estabilización de la deshidratadora
3.6.14	PRUEBA Y ARRANQUE DE MODULOS DE COMPRESION BX.- Arranque de módulos de compresión BY.- Arranque de la sección del sistema de recuperación de aceite residual.

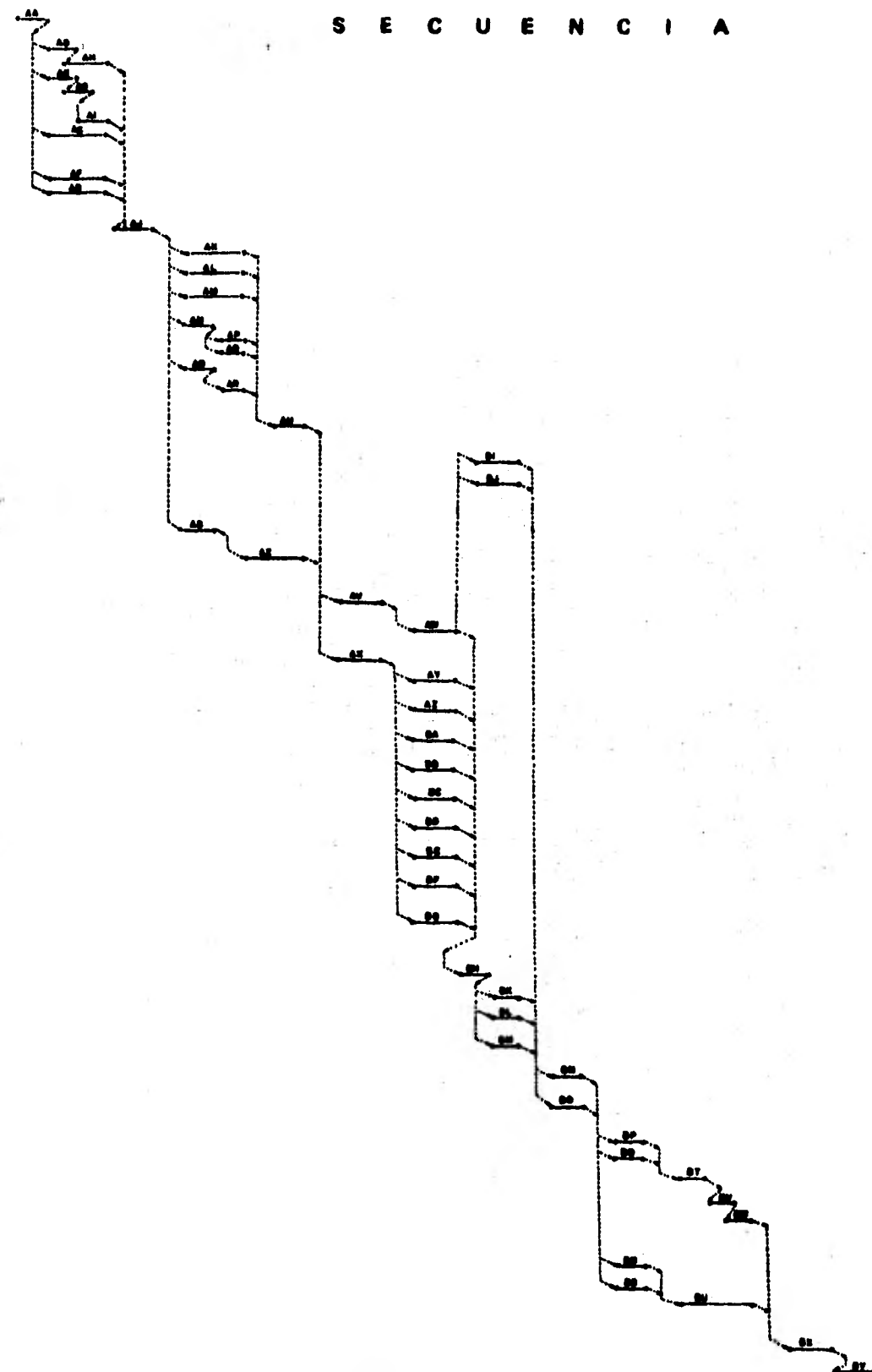


DIAGRAMA SECUENCIAL DE ARRANQUE

**B I B L I O G R A F I A**

## B I B L I O G R A F I A

Hansen, C.A.  
Startup & Shutdown Procedures  
Chemical Engineering, Agosto 24, 1959

Troyan, J.E.  
Getting the Plant on Stream  
Chemical Engineering, Septiembre 5, 1960

Ballard, Don  
How to Operate an Amine Plant  
Hydrocarbon Processing, Vol. 45 No. 4, Abril 1966

Matley, Jay  
Keys to Successful Plant Startups  
Chemical Engineering, Septiembre 8, 1969

Feldman, Richard P.  
Economics of Plant Startups  
Chemical Engineering, Noviembre 3, 1969

Andrews W.G., Baccheli Bruno, Bianco Ettore, Murphey J.L.  
& Wright R.J.  
Startups Made Easier  
Hydrocarbon Processing, Diciembre 1971

Parsons, R.H.  
Guidelines for Plant Startup  
Chemical Engineering Progress Vol. 67 No. 12, Diciembre 1971

Clark, Daturast & Steamley  
Aches & Pains of Plant Startup  
Chemical Engineering Program Vol. 67 No. 12, 1971

Ryan, G.T.  
Managing the Project Startup  
Chemical Engineering Progress Vol. 68 No. 12 Diciembre 1971

Godard, K.E.  
Gas Plant Startup Problems  
Hydrocarbon Processing , Septiembre 1973

Gans Manfred  
The A to Z of Plant Start Up  
Chemical Engineering , Marzo 15,1976

Pearson  
When it's Time for Startup  
Hydrocarbon Processing Vol. 58, No. 8, 1977

Malina, Marshall A.  
Upgrading Predictions of Startup Costs  
Chemical Engineering, Agosto 11,1980

Meli, Guerra E.  
Apuntes de Curso de Recepción de Plantas C.P.Q La  
Cangrejera - Agosto 1980

Center for Professional Advancement  
Notes of Course Process Plant Start Up  
Diciembre 1981

The Dow Chemical Company  
Gas Conditioning Fact Book, 1962

ASME Section VIII Division 1 & 2  
1968 Edition, Nov. 15

W.F. Seifert Dr. L.L. Jackson  
American Institute of Chemical Engineers  
Design & Operational Consideration for High Temperature  
Organic Heat Transfer Systems  
Febrero 22,1972