

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUÍMICA

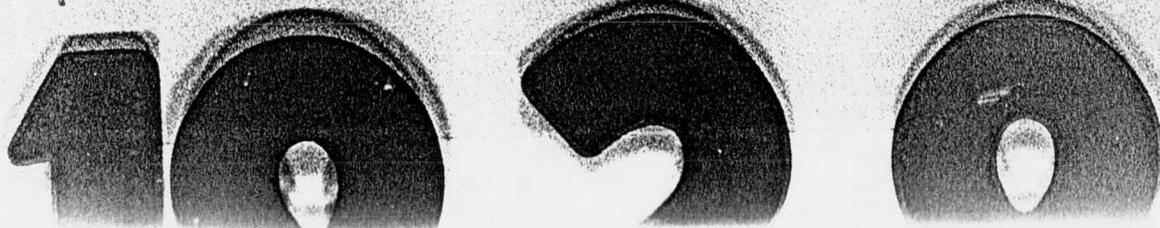


**Pruebas Efectuadas en Equipo y Tubería e
Inicio de Operación de una Planta de Desin-
tegración Catalítica tipo FCC.**

T E S I S
Que Para Obtener el Título de:
INGENIERO QUÍMICO
P r e s e n t a

Humberto Francisco López Anda

1 9 7 8





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Tesis 1978

ADD H.t. 251

PEMA _____

PROG _____

I N D I C E

	PAG.
CAPITULO I	
INTRODUCCION.....	
CAPITULO II	
DESCRIPCION DEL PROCESO	
CAPITULO III	
DESCRIPCION GENERAL DE PRUEBAS Y LAS EFECTUA- DAS EN UNA PLANTA CATALITICA.....	
CAPITULO IV	
PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES PARA EL INICIO -- DE OPERACION DE UNA PLANTA CATALITICA.	
CAPITULO V	
INICIO DE OPERACION	
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES	
CAPITULO VII	
APENDICE	
CAPITULO VIII	
BIBLIOGRAFIA	

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

En nuestro país, de todas las industrias básicas, una de las más importantes en la actualidad es la del petróleo, ya que una gran mayoría de las materias primas y productos que emplea la industria en general, son derivados de éste.

Dentro de la industria petrolera, la Refinación ocupa una de sus ramas más importantes, y a su vez está constituida por los siguientes procesos:

1).- Procesos de Separación por destilación de los componentes del petróleo crudo.

2).- Procesos de Conversión de los componentes pesados del petróleo para transformarlos en gas licuado, gasolina, combustóleo, etc., entre éstos procesos tenemos: desintegración, reformación y pirólisis.

3).- Procesos de purificación de los diferentes productos, para que su calidad corresponda a las normas establecidas.

De éstos procesos se obtienen productos que debido a sus características, son utilizados como:

a).- Combustible en transporte, en agricultura, en la industria y en uso doméstico.

b).- Lubricantes para automóviles, camiones y equipo móvil industrial.

c).- Materias primas para la industria Petroquímica.

Una de las causas que influyen en la construcción de nuevas plantas, es la gran demanda de productos derivados del petróleo, -- originada por el acelerado crecimiento del sector industrial. Otra causa importante que influyó, fue el incremento en la reserva de -- petróleo crudo debido al descubrimiento de nuevos yacimientos petrolíferos en el sureste del País.

Gracias a estos yacimientos, en 1977 se está produciendo más de un millón de barriles diarios de crudo, de los cuales el 50% viene de la zona recién descubierta.

Nos referimos a la Refinería de Tula, Hgo., que fue proyectada para procesar 150,000 barriles por día, de crudo que recibirá directamente de los campos de la zona Sureste en general, en su primera etapa. Esta Refinería consta de las siguientes plantas:

1).- Planta de Destilación Combinada.

Su objeto es la obtención de productos básicos por destilación fraccionada atmosférica y de vacío. Los productos obtenidos son: Gasolina, Turbosina, Kerosina, Diesel, Gasóleo ligero de vacío, Gasóleo pesado de vacío y residuo de vacío. Esta planta consta de dos secciones, -- una de destilación atmosférica con capacidad de 150,000 barriles por día y otra de destilación al vacío con capacidad de 69,000 barriles por día.

2).- Planta Reductora de Viscosidad.

Su objetivo es abatir la viscosidad del residuo obtenido de la planta de destilación al vacío, para la producción de combustóleo con el ahorro consiguiente de di---

luentes, por medio de una leve desintegración térmica-efectuada en dos hornos tubulares de reacción. Durante el proceso, parte de la carga se desintegra, produciendo gas, gasolina y gasóleos. La capacidad de ésta planta es de 41,000 barriles por día.

3).- Planta de Desintegración Catalítica Fluida tipo Ortho-flow.

El objeto de esta planta es desintegrar por medio de alta temperatura y un catalizador, el gasóleo de vacío y gasóleo pesado primario que son compuestos de alto peso molecular, para obtener productos más ligeros y por lo tanto más valiosos como: Gas seco, Propano-Propileno, Butano-Butileno, Gasolina estabilizada de Alto Octano y Aceite Cíclico ligero. El residuo de este proceso es de aceite cíclico pesado que se utiliza como diluyente en el combustóleo. La capacidad de esta planta es de 40,000 barriles por día.

4).- Planta Hidrodesulfuradora de Gasolinas.

Tiene como finalidad eliminar los compuestos de azufre, mediante una reacción catalítica en presencia de hidrógeno, sobre la gasolina primaria de la Planta Combinada, y acondicionarla para posteriormente ser procesada en la Planta Reformadora. Esta Planta tiene una capacidad de 36,000 barriles por día.

5).- Plantas Hidrodesulfuradoras de Destilados Intermedios.

El objeto de estas dos plantas es eliminar los compuestos de azufre de la turbosina, diáfano y diesel por medio de una reacción catalítica con hidrogeno. La carga proviene de la Planta Combinada y se obtienen productos dentro de especificaciones. La capacidad de estas plantas es de 25,000 barriles por día cada una.

6).- Planta Reformadora de Gasolina.

El objeto de esta planta es obtener gasolina de alto octano mediante una reformación molecular catalítica, sobre la gasolina desulfurada, formando hidrocarburos cíclicos. La capacidad de esta planta es de 30,000 barriles por día.

7).- Planta de Tratamiento y Fraccionamiento de Hidrocarburos.

Esta planta consta de dos secciones:

La sección de tratamiento tiene como objetivo eliminar el ácido sulfhídrico de las corrientes de hidrocarburos provenientes de las Plantas Hidrodesulfuradoras. La capacidad de esta sección es de 9.23 millones de pies cúbicos estandar por día.

La sección de fraccionamiento, consta de dos trenes de torres de destilación, cuya finalidad es separar en uno, productos ligeros, obteniendo gas combustible, propano, isobutano y butano normal. El otro tren separa hidrocarburos pesados, obteniendo isopentano, pentano, isohexano, gasolvente, gasnafta y gasolina incolora. La capa--

cidad de esta planta es de 12,000 barriles por día.

8).- Planta Recuperadora de Azufre.

El objetivo de esta planta es transformar el ácido sulfúrico, contenido en las corrientes gaseosas provenientes de la Planta Fraccionadora y Tratadora de Hidrocarburos y de la Desintegradora Catalítica en azufre. La capacidad de esta planta es de 100 toneladas por día.

9).- Planta de Servicios Auxiliares.

Esta planta suministrará todos los servicios requeridos para que operen las demás plantas anteriormente descritas.

Estos servicios en forma general, son los siguientes:

Sistema de agua para su tratamiento selectivo según el uso que vaya a tener.

Generación de Energía Eléctrica para fuerza y alumbrado. Sistema de generación de vapor de alta presión y vapor de proceso.

Sistema de aire para los servicios de instrumentos y planta.

En los capítulos siguientes nos referiremos específicamente a la planta de Desintegración Catalítica F.C.C., por ser el lugar donde se desarrolló el presente tema.

C A P I T U L O I I

D E S C R I P C I O N D E L P R O C E S O

C A P I T U L O I I

DESCRIPCION DEL PROCESO

La Unidad de Desintegración Catalítica Tipo Fluida F.C.C. -- (Fluid Catalytic Cracking), tiene capacidad de procesar 40,000 barriles/día de gasóleo virgen y obtener como productos, gas seco desulfurizado para gas combustible, gas ácido para recuperación de azufre, propano-propileno, gas licuado, butano-butileno, gasolina debutanizada, aceite cíclico ligero y aceite decantado.

Esta planta cuenta con un sistema convertidor catalítico-- fraccionador, una sección de recuperación de vapores, una sección de endulzamiento con dietanol-amina para eliminar de las corrientes de gas seco y gas licuado, el ácido sulfhídrico, una unidad de extracción de mercaptanos para la corriente de gases licuados y una unidad de endulzamiento MEROX para gasolina.

Esta planta fue diseñada también para procesar gas amargo y gasolina amarga proveniente de una Planta Reductora de Viscosidad.

La sección de Desintegración Catalítica, consta de:

Un reactor vertical de lecho fluidizado, una cámara de separación, un agotador de catalizador, una sección de regeneración de catalizador de dos etapas.

Como equipo auxiliar cuenta con dos silos de almacenamiento de catalizador, uno para catalizador fresco, y otro para el catalizador gastado, un soplador de aire (1J), un calentador de aire (1B), una cámara de orificios (2L) para los gases de salida del regenerador, dos tanques de sellos de agua (3L) y una caldera para quemar --

el monóxido de carbono (1U).

Esta planta está diseñada para operar en dos diferentes estados, los cuales son:

1).- Producción máxima de gasolina, con una conversión de 82.5% en volumen de la carga, y una recirculación de 5% en volumen, que consta de aceite cíclico pesado y fondos de la fraccionadora.

2).- Máxima producción de destilados intermedios con 63% en volumen de conversión y recirculación de 30% en volumen y que consta de 25% de aceite cíclico pesado y 5% de fondos de la fraccionadora. También son posibles las operaciones intermedias entre estos dos casos límites.

Este proceso utiliza un catalizador zeolítico, con el cual el régimen de desintegración de las parafinas y los naftenos es muy rápido, a la vez que la selectividad para producir gasolina es excelente. En cambio, el régimen de desintegración de los aromáticos, es lento y la selectividad hacia la gasolina es pobre.

Los catalizadores zeolíticos tienen buena estabilidad a temperaturas altas pero sufren una notable pérdida de actividad si llegan a acumularse depósitos capaces de impedir el acceso de la carga hacia el núcleo de las zeolitas.

Entre otros tipos de procesos de desintegración catalítica, existen el Houdry, que usa un lecho fijo de catalizador, y el T.C.C. (Thermofor Catalytic Cracking), que emplea un lecho fluido de esferas. En ambos procesos los catalizadores son silicatos de aluminio, y producen gasolina de alta calidad.

DESCRIPCION DEL FLUJO

La alimentación de gasóleo fresco de carga entra a la planta a 188°C procedente de una planta de Destilación Combinada, o a 66°C de unos tanques de almacenamiento. Esta corriente se bombea a través de una serie de cambiadores de calor (6C, 29C, 8C) y un calentador a fuego directo (2B) para obtener la temperatura de 360°C requerida en la alimentación al reactor (1D). En el tren de cambiadores, el calor se recupera de las corrientes de aceite decantado (6C), aceite cíclico pesado (29C) y lodos recirculados (8C) provenientes de la fraccionadora principal (1E).

La carga calentada se une con la recirculación y fluye hacia un reactor. En la operación de producción de máxima gasolina, el líquido recirculado es una corriente pequeña (5% de la carga en volumen) la cual tiene como finalidad retornar el catalizador del asentador de la fraccionadora al reactor, y es una mezcla de fondos de la fraccionadora y aceite cíclico pesado.

En la operación de máximos destilados intermedios, el líquido recirculado es una corriente considerable (35% en volumen de la carga) y está formada principalmente por el aceite cíclico pesado para aumentar el rendimiento en destilados intermedios.

En la parte inferior del reactor, la carga se mezcla con vapor de dispersión y se inyecta a través de un juego de seis boquillas localizadas perimetralmente en el reactor. Se tienen dos sistemas de inyección de carga, el superior deberá usarse normalmente. El inferior se ha diseñado para cargas bajas y deberá usarse cuan--

do las cargas sean inferiores al 80% de la carga de diseño (menores de 32,000 barriles por día).

En el reactor se une con catalizador regenerado caliente el cual vaporiza la carga, la calienta a la temperatura de reacción y proporciona el calor necesario para la desintegración.

La temperatura de salida del reactor es controlada por la -- admisión de catalizador regenerado, mediante una válvula tapón. Esta temperatura deberá ser de 547°C para la operación de máxima gasolina y de 477°C para la operación de máximos Destilados Intermedios.

La mezcla de catalizador y vapores fluye en forma ascendente en el reactor, y la reacción se efectúa, tomando en cuenta que la desintegración procede rápidamente, el diámetro del reactor va aumentando para manejar el volumen creciente y proporcionar el tiempo de residencia necesario para la conversión, la mezcla fluye en el tramo vertical restante, pasa a la sección horizontal y finalmente desciende hasta la cámara de separación. Los cambios de dirección se realizan en codos especiales diseñados para permitir altas velocidades en la corriente, la cual fluye sobre una capa estacionaria de catalizador en vez de las paredes del reactor, de ahí la mezcla pasa a la cámara de separación. En este lugar ocurre una separación burda del catalizador y de los vapores mediante un separador ranurado. La mayor parte de los vapores fluyen horizontalmente por las ventanas del separador en tanto que el catalizador fluye hacia abajo, al fondo abierto, el cual está sumergido en catalizador.

Los vapores de los hidrocarburos desintegrados, los inertes,

el vapor de dispersión y el vapor del Agotador de catalizador fluyen hacia arriba en la Cámara de Separación y salen a través de cuatro juegos de ciclones de dos pasos.

En los ciclones los vapores de hidrocarburos y los polvos de catalizador entran tangencialmente por la parte superior y reciben un movimiento giratorio conforme entran a la cámara de los ciclones, la velocidad tangencial de los polvos del catalizador tiende a desplazarlos hacia la periferia. El movimiento espiral del fluido, da como resultado cierta aceleración radial de los polvos del catalizador hacia adentro mientras que simultáneamente, la fuerza de gravedad le imparte una aceleración hacia abajo, dando como resultado una trayectoria espiral hacia abajo con radio creciente, hasta que la partícula alcanza las paredes del ciclón, descendiendo, y los vapores libres de catalizador ascienden por el núcleo central. El catalizador separado se va al fondo de la Cámara de Separación y los vapores fluyen de ésta a la fraccionadora principal (1E).

El catalizador (que contiene una capa de carbón o coke, formada durante la reacción de desintegración) pasa hacia abajo a través del Agotador de catalizador gastado. El agotador se localiza directamente abajo de la Cámara de Separación y cuenta con discos y mamparos atornillados para asegurar el contacto eficiente del catalizador descendente con el vapor de agotamiento que fluye hacia arriba. El propósito del agotamiento es el de eliminar los hidrocarburos que han quedado atrapados en el catalizador descendente.

Del agotador, el catalizador fluye en fase densa descendente

por un tubo a través de una válvula de tapón y cae dentro de un pozo de distribución de catalizador gastado. La válvula de tapón controla el nivel de la cama del catalizador. Distribuidas a lo largo de la bajante hay ocho boquillas de areación con vapor para asegurar un flujo uniforme del catalizador descendente.

El catalizador agotado sube a través del pozo y es distribuido por tres brazos al primer paso de regeneración.

En el regenerador, el coke depositado durante la desintegración se oxida para eliminarlo del catalizador. Se usan dos pasos de regeneración para alcanzar un contenido muy bajo de carbón en el catalizador regenerado.

En el primer paso se oxida el 80% del carbón. Dependiendo de la operación, se esperan temperaturas de 607 a 641°C. El aire necesario para la oxidación llega al primer paso a través de un anillo que proporciona distribución eficiente de aire a través del paso. El catalizador del primer paso fluye a través de ranuras en una capa de contención hacia el segundo paso.

El resto del carbón se oxida en el segundo paso a temperaturas más elevadas, de 627 a 677°C, dependiendo de la operación. Se inyecta aire al segundo paso a través de un distribuidor tubular que se ha diseñado para proporcionar distribución uniforme de aire y permitir el ajuste a bajos flujos.

El gas efluente de la combustión de coke, monóxido de carbono, atraviesa la cama fluidizada y asciende a la fase diluida donde seis juegos de ciclones de dos pasos se retorna a la cama el catali-

zador que arrastran los gases. El efluente de los ciclones fluye -- a la Cámara Plena y de ahí a la línea de salida. En esta línea una válvula deslizante restringe el paso del gas efluente y controla -- la presión del Regenerador. De la válvula deslizante el gas fluye - a la Cámara de orificios en donde la presión se reduce al valor requerido por una Caldera, que aprovecha el calor de combustión y el calor sensible del monóxido de carbono para producir vapor de alta presión.

Los vapores efluentes del convertidor, que consisten en una mezcla de hidrocarburos desintegrados, vapor de agua y gases inertes, pasan al fondo de la fraccionadora (1E) y fluyen a través de -- cinco baffles y un plato de lavado, en los cuales entran en contac-- to con una corriente recirculada de los fondos de la fraccionadora -- provocándose la condensación de vapores sobrecalentados, y dando -- como resultado la producción de aceite decantado.

El plato de lavado se utiliza para eliminar aceite y catalizador arrastrados por la corriente de vapores ascendentes, el lí-- quido de lavado es una mezcla de aceite de sellos recirculada y --- aceite pesado.

El calor ganado por los fondos recirculados se utiliza para -- calentar la carga fresca en un intercambiador de calor (8C), para -- calentar los fondos de la torre debutanizadora en su rehervidor --- (14C) y para generar vapor de media presión en una caldereta (2C).

La instrumentación se ha dispuesto de manera que pueda va--- riarse el calor dado por los fondos recirculados a la caldereta, --

por lo tanto, se puede controlar la temperatura de retorno de esta corriente a la fraccionadora.

En el fondo de la Fraccionadora se ha incorporado un asentador de fondos, los fondos escurren de la Fraccionadora al asentador. La corriente que escurre consta de fondos recirculados y aceite decantado. El catalizador remanente en la corriente que llega a la Fraccionadora se deposita en el fondo del asentador y de aquí se extrae como un residuo espeso el cual se diluye con aceite cíclico pesado y constituye la corriente recirculada al reactor. El aceite decantado se extrae de la parte superior del asentador y se bombea al límite de batería, después de hacerlo ceder calor a la carga fresca en un intercambiador de calor (6C) y enfriarlo en un soloaire (7C).

En el plato No. 8 de la Fraccionadora (1E) se hace una extracción de la cual se derivan dos corrientes, una se utiliza como aceite de absorción pobre y va a un agotador secundario (4E), y la otra se manda a un agotador de aceite cíclico ligero (2E) en donde se agota con vapor de media presión, la corriente de fondos de la torre (2E) consiste en aceite cíclico ligero (producto) que a su vez éste aceite se divide en dos corrientes, una de las cuales se utiliza como aceite de sellos en bombas y la otra se manda a almacenamiento. Los vapores obtenidos en el domo del agotador secundario (2E) se recirculan a la Fraccionadora un plato arriba de donde se realizó la extracción (plato No. 7).

Los vapores de hidrocarburos obtenidos en el domo de la Frac

cionadora (1E) fluyen por un tren de condensadores (1C), de ahí a un tanque acumulador-separador (3F), la corriente que sale de los condensadores consiste en vapores de hidrocarburos, hidrocarburos líquidos y agua amarga.

SECCION DE RECUPERACION DE VAPORES

Los vapores de hidrocarburos provenientes del acumulador-separador (3F) fluyen a un compresor centrífugo (2J) de dos pasos, en la descarga del primer paso de compresión se le une una corriente de vapores de hidrocarburos ligeros, provenientes de una planta Reductora de Viscosidad, una vez unidas estas corrientes se les adiciona agua de lavado, con el fin de eliminar las sales solubles y parte del ácido sulfhídrico, con el fin de evitar incrustaciones en los enfriadores del primer paso de compresión (27), de ahí la mezcla de agua o hidrocarburos pasa a un tanque separador del primer paso de compresión (15F), en donde se separan los hidrocarburos líquidos, vapores de hidrocarburos y agua amarga. Los vapores de hidrocarburos del tanque separador pasan a un tanque de balance en el segundo paso de compresión (17F) y son comprimidos nuevamente, a la salida del segundo paso de compresión se le inyecta agua de lavado con el mismo fin que en el primer paso, se enfria y se recibe la mezcla en un tanque separador (4F). Los hidrocarburos líquidos del separador del primer paso de compresión (15F) se bombean al tanque separador del segundo paso de compresión (4F), de ahí los hidrocarburos líquidos y los gases son mandados a una Torre absorbadora-agotadora (3E). En si esta torre son dos secciones individuales montada una sobre otra;

una sección es de agotamiento, y la otra de absorción, a la sección de agotamiento llegan los hidrocarburos líquidos del tanque separador del segundo paso de compresión (4F), esta sección tiene como fin controlar la cantidad de Etano-Etileno contenido en el gas licuado. El producto obtenido por el domo se recircula al separador del segundo paso de compresión (4F) y los fondos que consisten en gasolina son enviados a una Torre Debutanizadora (5E).

En la sección de absorción se ponen en contacto primeramente los hidrocarburos en fase gas, provenientes del tanque separador del segundo paso de compresión (4F) con gasolina debutanizada que se utiliza como líquido de absorción, además en el plato NO. 4 se adiciona una mezcla de hidrocarburos líquidos del tanque acumulador-separador (3F) y gasolina de la Planta Reductora de Viscosidad, esta sección tiene como fin recuperar la mayor parte de los Propano-Butanos de los gases provenientes del (4F). La corriente del domo se manda a un agotador secundario (4E) en donde los gases se ponen en contacto con el aceite pobre de absorción proveniente de la Fraccionadora (1E), con el fin de absorber los hidrocarburos y retornarlos a la Fraccionadora (1E). La corriente que retorna a la Fraccionadora es la de los fondos y consta de aceite rico de absorción, la corriente del domo del absorbedor secundario (4E) consta de gases amargos los cuales se mandan a tratamiento de Endulzamiento con Dietanol-Amina.

Los fondos de la sección de agotamiento de la Torre Agotadora-Absorbedora (3E) se envía a una Torre Debutanizadora (5E) en donde la gasolina es agotada obteniéndose en los fondos gasolina --

debutanizada, la cual se divide en dos corrientes, una de ellas se manda a la Torre agotadora-absorbadora a la sección de absorción, y se utiliza como líquido de absorción pobre, la otra corriente se envía a Tratamiento en la sección MEROX.

Por el domo de la Torre (5E) se obtiene gas licuado amargo, el cual después de tratarlo con Dietanol-Amina y hacerle una extracción de mercaptanos se envían a una Torre Depropanizadora.

En una Torre Depropanizadora (6E) se efectúa la separación de propano-propileno por el domo y butano-butileno por el fondo, de acuerdo a las especificaciones de estos productos. El reflujo al domo y el producto del domo, se condensan totalmente y el producto propano-propileno fluye al almacenamiento pasando previamente por un enfriador. Se usa vapor como agente de recalentamiento de la Depropanizadora. El butano-butileno, producto del fondo, fluye a almacenamiento, enfriándose previamente.

DESCRIPCION DEL FLUJO

a).- Tratamiento al gas amargo con solución de DEA.

El gas combustible amargo proveniente del absorbedor secundario (4E) pasa un tanque separador (14F) en donde se eliminan el aceite de absorción que pudiera haber arrastrado el gas, de ahí a la torre Desulfuradora de gas combustible (9E) en donde se pone en contacto con una solución DEA al 20% en peso, obteniéndose por el domo gas combustible dulce el cual se manda a límite de batería. Los fondos de la Torre consiste en DEA rica la cual se manda al separador de DEA-Hidrocarburos, (11F) gas licuado (LPG) con DEA.

b).- Tratamiento de gas licuado (LPG) con DEA.

Los gases licuados (LPG) provenientes de la Torre Debutanizadora (5E) son enviados a la Torre Contractora DEA gas licuado (7E) en donde los gases licuados se ponen en contacto con una solución de DEA pobre, la corriente del domo consiste en gas licuado (LPG) dulce y DEA arrastrada, pasan al tanque separador de DEA gas licuado (7F), de donde los gases licuados son enviados a tratamiento Mexox, la DEA separada en este tanque se envía al recipiente-separador de DEA-Hidrocarburos (11F), este recipiente opera a baja presión para vaporizar los gases licuados que hayan sido arrastrados, además en la superficie de la Amina se forma una nata de hidrocarburos, estos hidrocarburos pesados son eliminados al pasar la solución de DEA, a través de un filtro (Filtro de Amina 5L), del filtro la solución de DEA rica pasa a un calentador (23C) en el cual como medio de calentamiento se utilizan los fondos de la Torre Reactiva-

dora (8E) en donde la solución de DEA es agotada obteniéndose en el domo gas ácido (H_2S) y DEA evaporada, esta corriente pasa a unos -- enfriadores (26C) en donde condensa la DEA evaporada y se enfría el gas ácido (H_2S), de ahí se envían al tanque de balance de reflujo -- de la Torre Reactivadora (8E) en donde se separa la DEA y el gas -- ácido, el cual se manda como alimentación a la Planta Recuperadora de Azufre.

Los fondos de la Torre Reactivadora (8E) consistentes en DEA pobre, después de haber servido como medio calentante de la DEA rica, se enfrían en (24C) y se bombean a las Torres (7E) (desulfurizadora de gases (LPG) y (9E) (desulfurizadora de Gas combustible).

C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION GENERAL DE PRUEBAS Y LAS
EFECTUADAS EN UNA PLANTA DE DESINTE-
GRACION CATALITICA.

C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION GENERAL DE PRUEBAS Y LAS EFECTUADAS EN UNA PLANTA DE DESINTEGRACION CATALITICA.

IMPORTANCIA.

En toda planta es indispensable antes del inicio de operación, haber realizado pruebas adecuadas en equipo y tubería para verificar su hermeticidad y resistencia mecánica, así como para garantizar la seguridad y buen funcionamiento de la misma.

GENERALIDADES.

Las pruebas pueden clasificarse en destructivas y no destructivas, siendo las primeras aquellas pruebas que se ejecutan afectando la capacidad de los materiales, piezas ó equipos para seguir prestando sus servicios. Por lo tanto las pruebas no destructivas son aquellas en las cuales no se dañan los mencionados materiales, piezas ó equipos.

Como ejemplos podemos dar los siguientes:

I.- PRUEBAS DESTRUCTIVAS.

a).- Medición de espesores hechos con calibradores mecánicos a través de perforaciones en tuberías y recipientes.

b).- Exámenes metalográficos efectuados en unas muestras obtenidas de la pieza ó equipo.

c).- Prueba de tensión efectuada sobre una probeta maquinada del material, pieza ó equipo.

II.- PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

a).- Pruebas de presión.

- b).- Radiografía de soldaduras.
- c).- Líquidos penetrantes.
- d).- Detección de fallas con partículas magnéticas.

En particular nos referimos a las pruebas no destructivas, ya que éstas son las que se realizaron en la planta.

a).- PRUEBAS DE PRESION.

Existen dos clases principales de pruebas de presión debido al tipo de fluido utilizando: Pruebas Hidrostáticas y Pruebas Neumáticas.

Pruebas Hidrostáticas.- Normalmente el fluido para esta prueba de presión es agua dulce y limpia.

Cuando no es aconsejable el uso de agua, puede emplearse algún otro líquido. Si es el caso de un líquido inflamable, su punto de inflamación no debe ser menos de 48.9°C (120°F) y se deben de tomar las precauciones necesarias.

El agua se eliminará como fluido de prueba cuando existe la posibilidad de congelación, de afectación del fluido que se va a procesar o daño del material de la tubería o equipo.

Para prevenir daños por corrosión, no debe usarse agua salada en los siguientes casos: tubería de alimentación de agua de calderas, succión de compresoras ó sistemas de tuberías de acero inoxidable. En este último caso, cuando no se cuenta con agua de bajo contenido de cloro, agua desmineralizada o algún líquido apropiado, la prueba se podrá hacer con aire seco. También se puede probar con agua que contenga más de 40 ppm de cloro, si posteriormente se hace un lavado con agua desmineralizada ó algún otro líquido libre de

cloro.

La presión mínima de prueba para equipo y tubería será de --
1 1/2 veces la presión de diseño. Para temperatura de operación su-
periores a 344°C, la presión mínima de prueba deberá determinarse --
por medio de la ecuación siguiente:

$$P_{p \text{ min}} = \frac{1.5 \times S_1 \times XP}{S_2}$$

$P_{p \text{ Min}}$ = Presión mínima de prueba (psig).

S_1 = Esfuerzo admisible a 344°C (PS1).

S_2 = Esfuerzo Admisible a la temperatura de operación (PS1).

P = Presión de operación (Psig).

No se aplicará esta fórmula en los casos que el fabricante--
especifique la presión de prueba.

PRUEBAS NEUMATICAS.- Normalmente se efectua en aquellos sis-
temas en los cuales resulta impráctica la realización de la. Prueba
Hidrostática. Por ejemplo: en líneas que no estén diseñadas para so-
portar el peso del agua, en recipientes y tuberías con recubrimien-
tos interior, con material secante o catalizador que pueda ser daña-
do por el agua.

Para esta prueba el aire debe de ser seco. Cuando no sea re-
comendable el empleo de aire, se selecciona algún gas que resulte -
apropiado, como por ejemplo: Nitrógeno, Anhídrido Carbónico u otro-
gas inerte.

Deben de tomarse todas las precauciones necesarias para pre--

venir daños personales y materiales, debido al riesgo que representa la prueba neumática.

Para la localización de fugas en este tipo de pruebas se emplea una solución de jabón, sobre todas las juntas soldadas, rosca-
das y bridadas, cubriendo estas últimas con cinta engomada (Mas-
king Tape) y haciendo una pequeña perforación a dicha cinta para
localizar la fuga.

La presión de prueba será la que marque el fabricante.

b).- RADIOGRAFIAS INDUSTRIALES.

Las radiografías como una prueba más en soldadura de tubería y equipo es importante desde el punto de vista inspección y seguridad, ya que facilita la localización y especifica los defectos que en ella existen.

El criterio para tomar radiografías es:

Para tubería de aleación que maneja fluido corrosivo y altas temperaturas, radiografiar soldaduras de campo al 100%.

En tubería de acero al carbón, radiografiar soldaduras al 10% en algunos casos, por especificación del fabricante se toman radiografías al 100% en cédula mayor de la 40.

Por lo general en las radiografías de soldaduras tomadas en campo, las fuentes más usadas son los isótopos radiactivos.

En el campo se deben de localizar las soldaduras que se van a radiografiar y se llevará un control de las placas tomadas.

c).- LIQUIDOS PENETRANTES.

Los líquidos penetrantes es una prueba para la inspección -

visual de grietas y defectos en equipo y tubería.

El procedimiento a seguir para esta prueba es.

En primer lugar una limpieza de la superficie del objeto. A continuación se aplica el penetrante con brocha o rocío. Después se deja penetrar de 1 a 5 minutos, se elimina el exceso lavando con agua o con algún solvente. Después se agrega el revelador sobre la superficie, que al contacto se seca, tomando un aspecto blanco calizo. Gracias a su género absorbente, el revelador extrae el tinte de las fallas, manchándose éste, definiendo así la magnitud y dimensiones de cualquier defecto.

d).- DETECCION DE FALLAS CON PARTICULAS MAGNETICAS.

La inspección con partículas magnéticas es una prueba que se hace para detectar defectos en soldadura de tubería y equipo.

Este método consiste básicamente en magnetizar la pieza, sujeto de prueba, haciendo que aparezcan campos locales de dispersión, es mediante la aplicación de finas limaduras de hierro.

Este método es aplicable sólo a materiales magnéticos.

PRUEBAS EFECTUADAS EN UNA PLANTA DE DESINTEGRACION CATALITICA

Para las pruebas de presión que se efectúan en la planta se procede de la siguiente manera:

Se marcan en los diagramas de tubería e instrumentación los circuitos de prueba, procurando que resulten lo más grande posible o sea incluyendo un máximo de tubería y equipo de acuerdo con la presión de prueba requerida.

PRUEBAS DE TUBERIA:

Antes de proceder a la prueba de presión se verifica que -- los circuitos de tubería estén totalmente terminados dentro de especificaciones, las líneas no deben estar distorsionadas y deben estar bien soportadas para evitar sobrefatiga al aplicar el fluido de prueba.

Las radiografías y el revelado de esfuerzos que necesitan las juntas soldables de las tuberías, deberán realizarse antes de que se efectúe la prueba de presión.

REVELADO DE ESFUERZOS.- El objetivo de este tratamiento -- térmico es homogenizar las propiedades de la soldadura con las --- del material de la tubería ó recipiente, evitando así los esfuer-- zos internos de los materiales.

Usualmente el relevado se hace por especificación del fabri cante y en tubería de aleación en todos sus diámetros por corrosión y altas temperaturas.

En algunos casos se especifica que debe relevarse la tube--

ría de acero al carbón de cédula mayor a la 40 de acuerdo a las propiedades del fluido que se maneje. Debe tomarse en cuenta que el relevado de esfuerzos se efectúa cuando ya se ha radiografiado y corregido los defectos localizados en las soldaduras.

Los pasos a seguir para el relevado de esfuerzos son.

Colocar la bobina o resistencia abarcando toda la junta, forrándose ésta con tela de asbesto o aislante; se conecta a la fuente de energía, la cual cuenta con un registrador de temperatura, se aumenta gradualmente esta por 300°F por hora hasta alcanzar 1350°F máximo. Se mantiene en esta temperatura durante 3 horas, después de esto se disminuye en la misma forma como se aumentó. Terminando el relevado se analiza la dureza de la soldadura, en caso de no estar dentro de lo especificado, se repite este procedimiento aumentando el tiempo en la temperatura máxima.

Toda la tubería deberá limpiarse antes de la prueba de presión, empleando el método que se considere apropiado según el caso:

- a).- Circulación de Agua a Presión.
- b).- Soplado con Aire.
- c).- Mecánico.

Durante la operación de limpieza deberán mantenerse bloqueados el equipo, las válvulas de control, válvulas de seguridad, tomas de instrumentos y demás accesorios que se considere conveniente.

La prueba de presión se efectúa con los empaques normales de operación en cada una de las juntas. Para bloquear los sistemas de tubería se instalan bridas o juntas cigas, tapones cachucha ó macho roscados, según se requiera.

Cuando la prueba de presión se vaya a mantener por un tiempo grande y el fluido de prueba esté sujeto a expansión térmica, -- deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar exceso de presión.

Por lo general para la prueba se usan dos indicadores de -- presión, uno de los manómetros se localiza próximo a la bomba de -- prueba y el otro, en un lugar distante, para evitar descalibración por vibración o flujo pulsante, antes de su instalación se comprueba su exactitud.

La presión de prueba deberá mantenerse en todos los casos, -- con cualquier fluido, el tiempo suficiente para que se realice una inspección de todas las juntas bridadas y soldadas. El tiempo de -- prueba será por lo menos de 1.5 hrs.

PRUEBAS EN CAMBIADORES DE CALOR.

En los cambiadores de calor se prueban por separado, la co-
raza y el haz de tubos.

Entre los tipos de cambiadores que se encuentran en la planta,
figuran los de

- a).- Un espejo fijo con cabezal flotante.
- b).- Dos espejos fijos.
- c).- Un espejo con tubos en "U".
- d).- Doble tubo.
- e).- Solo aire.

Para ejemplificar la prueba en los cambiadores, describire-
mos la efectuada en el cambiador tipo A.

En estos cambiadores se efectúan tres pruebas

1a. PRUEBA (CORAZA).- Para esta prueba se baja la concha de la coraza, la cubierta de cabezal flotante y la tapa del carrete. Se coloca el anillo de prueba entre el espejo del cabezal flotante y la coraza, se bloquean las boquillas y las conexiones bridadas. Se presiona, manteniendo la presión el tiempo suficiente para revisar juntas bridadas, soldadas y el rol entre los tubos y el espejo.

2a. PRUEBA (HAZ DE TUBOS).- Para efectuar esta prueba, se sube la cabeza del cabezal flotante y la tapa del carrete; se bloquean bridas y conexiones roscadas del carrete. Se presiona y se inspecciona que no haya fugas.

3a. PRUEBA (CORAZA INTEGRAL).- En esta prueba se monta la concha de la coraza, se presiona esta sección y se revisa el sello de los empaques.

PRUEBAS DE TANQUES ATMOSFERICOS SOLDADOS.

En estos tanques se realizan tres pruebas, que son por orden:

PRUEBA DE FONDO.- Esta prueba tiene como finalidad asegurar que las juntas soldables del fondo no fuguen, además de verificar la estabilidad del tanque.

Para realizarla se construye un dique de tabique alrededor del tanque, con apoyo en la saliente del anillo de cimentación. Sobre el dique se vierte agua hasta alcanzar un nivel aproximado de 15 centímetros arriba de la placa del fondo. Dentro del tanque en el centro, se hace una conexión para la inyección de aire entre la placa del fondo y el firme del terreno, las fugas se detectan me---

diante la aplicación de jabonadura ó aceite de linaza u otro material adecuado. La presión del aire no debe exceder de 6 pulgadas de agua.

PRUEBA DEL CUERPO.- El objetivo de esta prueba es la hermeticidad del tanque.

Previamente se inspecciona visualmente interna y externamente, revisando que las conexiones estén bien soldadas, que no falten boquillas, ni coples, y que se encuentren los materiales dentro de las especificaciones correspondientes. Se efectúa una limpieza interior y se procede al llenado con agua, teniendo la precaución de contar con suficiente venteo. Durante la operación de llenado, se inspeccionarán las soldaduras, las conexiones y se vigilará el asentamiento. Cuando se presente un asentamiento brusco, se suspenderá el llenado y se revisará la cimentación. Para tanques cerrados, el llenado será hasta un nivel de 5 centímetros arriba de la parte superior del último anillo de placas. Para tanques abiertos, el nivel de llenado será hasta la parte superior del último anillo ó hasta la parte inferior de algún rebosadero que limite la altura de llenado. El tanque lleno de agua, se mantiene en esas condiciones, un mínimo de 5 horas, para su inspección.

Cuando no se tiene agua suficiente para la prueba, se podrá efectuar cualquiera de los procedimientos siguientes:

A).- Aplicación de alguna pintura o aceite, altamente penetrante a las juntas soldadas interiores y examinarlas cuidadosamente por el exterior.

- B).- Aplicación de vacío a las juntas soldadas.
- C).- Mediante una prueba neumática.
- D).- Alguna combinación de los procedimientos anteriores.

PRUEBA DEL TECHO O CUPULA.- Esta prueba se efectúa --- una vez que se ha terminado y aceptado la prueba del cuerpo.

Se fija el nivel del agua hasta aproximadamente 50 centímetros abajo de la parte superior del último anillo de placas y se inyecta aire por alguna de las conexiones del techo. Se mantiene una presión no mayor de 6 pulgadas de agua y se detectan las fugas mediante la aplicación de jabonadura.

PRUEBAS EN RECIPIENTES:

Todos los recipientes se prueban una vez instalados, aún -- cuando hayan sido probados en fábrica, excepto, cuando se indique diferente.

Su prueba se puede hacer dentro del circuito de tubería ó -- por separado.

Deberán incluirse en la prueba hidrostática o aquellos recipientes que se les pueda dañar sus partes internas por acción del fluido de prueba. En estos casos considerarse la posibilidad de -- prueba neumática.

Antes de la aplicación de la presión deberá efectuarse una inspección minuciosa del equipo, checando que el material del ---- cuerpo sea el adecuado y que esté libre de golpeaduras, fisuras y otros defectos causados durante la construcción. Las boquillas son

partes propensas a recibir mal trato durante la construcción. Por lo cual debe revisarse cuidadosamente, también se checará estén alineadas sus bridas compañeras. Las vigas y estructura interior deben estar rígidas, niveladas y fijadas firmemente.

El recipiente debe contar con las conexiones de venteo necesarias para la eliminación de aire.

Luego de haber inspeccionado bien el recipiente se procede a hacer la limpieza del equipo.

Para ejemplificar mas detalladamente las pruebas anteriores describiremos las efectuadas en el convertidor, el cual se probó en diferentes secciones como se observa en el dibujo No. 1

A).- REGENERADOR, CAMARA PLENA Y CALENTADOR DE AIRE.

Esta sección se probó hidrostáticamente utilizando agua desmineralizada con un límite máximo de 40 ppm de cloruros.

Para aislar la sección, se soldaron placas de prueba en los asientos de las válvulas tapón y en la línea de salida de los gases de combustión del regenerador, además de bloquear todas las boquillas con juntas ciegas.

Para eliminar el aire se colocó un venteo en la línea de los gases de combustión del regenerador.

El llenado y la presurización se efectuó por una conexión provisional colocada en la brida inferior del calentador del aire.

La presión aplicada fue de 7kg/cm^2 medidos en la parte superior del regenerador, manteniendose la presión durante cuatro horas, suficientes para inspeccionar detenidamente esta sección.

B).- SEPARADOR, AGOTADOR Y BAJANTE.

Esta sección también se probó hidrostáticamente, utilizando agua desmineralizada de las mismas características que la anterior.

Se aisló esta sección bloqueando la entrada del reactor vertical al separador y la salida de vapores a la Fraccionadora en el asiento de la válvula tapón del primer paso de regeneración, se colocó una brida y una válvula de 3"Ø para la introducción de fluido y la aplicación de presión.

La presión de prueba aplicada fue de 7kg/cm^2 medidos en la boquilla de entrada de vapor al agotador.

C).- REACTOR VERTICAL.

Para realizar esta prueba se bloquearon todas las boquillas se soldaron placas de prueba en el asiento de la válvula tapón del segundo paso de regeneración y en la entrada del reactor al separador.

Esta prueba fué neumática, presionándose a 4kg/cm^2 durante 24 hrs. debido a la rigurosa inspección a que se sujetó esta sección, pues es un equipo crítico.

D).- CAMARA DE ORIFICIOS Y LINEA DE GASES DE COMBUSTION A LA CALDERA DE CO.

Se probó esta sección neumáticamente. Para aislar esta sección, se soldaron placas de prueba en las líneas de salida de gases de combustión del regenerador y en la llegada a la caldera de CO.

La presión de prueba fué de 3.5kg/cm^2 manteniéndose esta presión durante 24 horas.

E).- LINEA DE VAPORES DEL SEPARADOR A TORRE FRACCIONADORA.

Para probar la línea se colocó una placa de prueba en la salida del separador y una junta ciega en la brida de llegada a la Fraccionadora.

La prueba se efectuó neumáticamente, la presión aplicada fué de 3.5 kg/cm^2 manteniéndose durante 12 horas.

F).- CICLONES DEL SEPARADOR.

Estos ciclones se probaron simultáneamente, para que se llevara a cabo de esta manera, se soldó una placa de prueba en la salida de los vapores a la Fraccionadora y se sellaron los ciclones como se muestra en el dibujo. 2

La presión aplicada fué de 0.1 kg/cm^2 , esta presión fué mantenida al controlar la válvula situada entre el sistema de prueba y el suministro de aire, hasta que las burbujas de aire pasaron lentamente a través del agua (ver dibujo).

Se mantuvo la presión el tiempo necesario para su inspección.

G).- CICLONES DEL REGENERADOR.

Para la prueba de estos ciclones (seis de dos pasos), se colocó una placa de prueba en la línea de salida de gases de combustión del regenerador. El procedimiento de prueba seguido fué similar a los anteriores.

C A P I T U L O I V

PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES PARA EL INICIO
DE OPERACION DE UNA PLANTA CATALITICA

C A P I T U L O I V

PROCEDIMIENTO PRELIMINARES PARA EL INICIO DE OPERACION DE UNA PLANTA CATALITICA

En este capítulo se describirá brevemente la preparación -- del equipo para su puesta en servicio. La mayoría de estos procedimientos, se efectuaron solo una vez, al terminar la construcción y antes de la puesta en operación de la planta. Algunas actividades se repetirán sólo en caso de una reparación mayor, alteración o sustitución del equipo.

Los procedimientos preliminares llevados a cabo en la planta fueron los siguientes:

- 1.- INSPECCION FINAL DEL EQUIPO.
- 2.- INTRODUCCION DE SERVICIOS.
- 3.- CORRIDA DE PRUEBA DE BOMBAS.
- 4.- PUESTA EN SERVICIO DE LOS SISTEMAS DE VACIO.
- 5.- LAVADO QUIMICO DE TUBERIAS.
- 6.- CORRIDA DE PRUEBA DEL SOPLADOR Y DEL COMPRESOR.
- 7.- LAVADO QUIMICO DE CALDERETAS.
- 8.- SECADO DEL REFRACTARIO EN EL CONVERTIDOR Y CALENTADOR DE CARGA.
- 9.- MONTAJE Y CALIBRACION DE INSTRUMENTOS Y CIRCUITOS DE CONTROL.
- 10.- CARGA DE REACTIVOS QUIMICOS Y CATALIZADORES.
- 11.- LIMPIEZA DEL SISTEMA DE AMINA.

1.- INSPECCION FINAL DEL EQUIPO.

Esta inspección se efectuó para asegurar que el equipo se encontrara en condiciones adecuadas para su operación de manera segura y eficiente, evitando fallas inesperadas, que resultaran peligrosas, además de ocasionar pérdidas de tiempo y dinero.

Los recipientes se revisaron interiormente para verificar la instalación de mamparas, eliminadores de neblina, eliminadores de vórtice, placas deflectoras y tubos distribuidores. Una vez terminada la colocación y armado de los interiores, se limpiaron y se cerraron definitivamente.

En las torres se inspeccionó el armado y las dimensiones de los platos, los tubos distribuidores y la correcta instalación de los termopozos. En el caso de columnas empacadas, se revisaron los soportes del empaque. Después de empacar las torres, se cerraron definitivamente.

2.- INTRODUCCION DE SERVICIOS AUXILIARES.

Energía Eléctrica.

Ya que la energía eléctrica se requiere para la operación de los demás servicios, este sistema fue el primero que entró en operación. La preparación para el arranque principió con la revisión final de continuidad de circuitos, tomas de carga de los equipos eléctricos, rodamientos de motores eléctricos desacoplados, secado de motores y comprobación de sistemas de paro y arranque.

Se hizo incapié en que para esta etapa de preparación y arranque ya no habría instalaciones eléctricas provisionales y

cuando ello fuera estrictamente necesario, éstas estuvieron perfectamente localizadas y se reportó por escrito su naturaleza y las medidas de precaución que se tomaron para evitar accidentes personales o daños al equipo. Se incluyeron en el sistema eléctrico los circuitos, desde la acometida a la subestación eléctrica principal, la subestación eléctrica misma, los circuitos de fuerza en alta y baja, tensión, el centro de control de motores, el sistema de tierras y apartarrayos y el sistema de alumbrado.

SISTEMA DE AGUA.

Este sistema consiste en lo siguiente:

A).- Agua de enfriamiento, que incluye la torre de enfriamiento, red de agua de enfriamiento, sistema de adición de reactivos a la torre.

Los trabajos de preparación de arranque fueron los siguientes:

Torre de Enfriamiento: Limpieza y prueba de la fosa, la cual se llenó con agua limpia y una vez que estuvo llena se tomaron lecturas cada doce horas, de la altura de la fosa para comprobar de esta forma que no hubo fugas, éstas se hicieron durante siete días consecutivos.

A continuación se procedió a la revisión de los motores eléctricos de los abanicos, para verificar que tuvieran un índice correcto de polarización, se corrieron en vacío durante ocho horas. Se procedió también a la limpieza e inspección de los abanicos, alineamiento de las transmisiones y después se calibró el ángulo --

de trabajo de las aspas. Después de haber hecho estas revisiones, se pusieron en marcha los abanicos.

Una vez que se hizo el chequeo físico del empaque de la torre, se arrancaron las bombas de recirculación de agua, las cuales habían sido checadas tanto mecánica como eléctricamente, recirculando agua a la torre para hacer limpieza de cabezales y de circuitos de enfriamiento en general con los ventiladores fuera de servicio, posteriormente se fueron poniendo en operación los ventiladores y checando las cargas, tomadas por el motor.

Cuando la lectura de la carga fue mayor que la especificada en la placa del motor, se procedió a corregir los ángulos de las aspas del ventilador.

B).- AGUA DE SERVICIO.

Este sistema es abastecido del sistema de agua cruda al cual están conectadas las estaciones de servicio.

C).- AGUA CONTRA INCENDIO.

Por ser parte importante de las instalaciones de seguridad de la planta, éste sistema fue preparado cuidadosamente para el arranque, comprobando el funcionamiento del equipo de bombeo, dejando en buenas condiciones de operación instantánea el motor de combustión interna. Este sistema está dotado de monitores de contra incendio, los cuales se revisaron y se comprobó su correcta operación.

Sistema de Vapor.

Antes de poner en operación éste sistema, la tubería fue --

soplada, empleando para este fin el mismo flujo del vapor. Cualquiera que sea el nivel de presión del vapor que fluya dentro del circuito; la tubería se fue calentando gradualmente, por tal motivo la válvula de límite de batería se abrió lentamente. El soplado se hizo abriendo y cerrando la válvula con el fin de que el vapor salga de golpe y arrastre todas las materias extrañas. Durante el calentamiento se observó cuidadosamente el crecimiento de las líneas para ver como fundionaban las expansiones y soportes; el condensado se eliminó por las válvulas de purga bloqueando las trampas.

Sistema de Aire.

El sistema de aire de una planta en general está dividida en:

Aire de Plantas.

El aire de plantas una vez que se probó hidrostáticamente todo el sistema, se procedió a hacer el soplado con el mismo aire para eliminarle toda el agua que quedaba en la línea hasta que quedó totalmente limpia, drenando el agua por las partes bajas. Cuando se tuvo la certeza de que ya no había líquidos, se dejó en operación el sistema.

Aire de Instrumentos.

El aire de instrumentos a diferencia del aire de plantas, no debe contener humedad, ya que ésta puede ocasionar lecturas incorrectas además de dañar los aparatos, para eliminar la humedad del aire se emplea un secador de aire, a éste sistema se le hizo prueba neumática.

Sistema de Drenaje.

Los drenajes se clasifican en los siguientes sistemas:

Drenaje Sanitario.

Lo constituye un sistema de alcantarillado, para aguas negras dentro del cual no se permitirán desechos de otros que no sean sanitarios.

Drenaje Pluvial.

Este drenaje se utiliza para recolectar el agua de lluvia que cae dentro del área de la planta y tanques, agua de lavado no-contaminada y agua de enfriamiento cuando no se hace retornar.

Drenaje Aceitoso

Sirve para recolectar todos los desechos de procesos no corrosivos que van a ser drenados periódicamente: tanques, torres, intercambiadores, bombas, compresoras y líneas; usando campanas de purga de extremo abierto localizados adyacentes al equipo erguido. Este drenaje deberá de llevarse a un separador agua-aceite antes de hacer cualquier conexión al drenaje pluvial.

Drenaje Acido.

Este drenaje sirve para coleccionar únicamente desechos químicos de procesos corrosivos que ocurran como: Derrames, escapes y desfuegos de válvulas en equipos de procesos y bombas, pero también se deberá incluir el agua de lavado de las áreas ácidas.

Sistemas de desfuegos.

Una vez que se probó la tubería neumáticamente, se procedió a hacer la conexión al quemador de campo, el cual ya estaba encen-

dido.

3.- CORRIDA DE PRUEBA DE BOMBAS.

El objetivo de la corrida de prueba fue verificar que las bombas operaran correctamente.

Antes de correr las bombas, el departamento eléctrico, corrió los motores desacoplados y el departamento mecánico revisó las bombas y las turbinas. En esta corrida previa, se observó el sentido de giro, si se produjo calentamiento excesivo. En los motores y a las turbinas se les calibró el disparo por sobrevelocidad.

Después, las bombas se alinearon, acoplando, e hicieron las conexiones auxiliares para los sellos, enfriamiento, lubricación, e instrumentación. También se colocaron filtros en la succión.

Para la observación del funcionamiento de las bombas durante periodos relativamente largos, se establecieron circuitos de recirculación a través de los equipos, tratando de que fueran lo más extensos posibles. En casos necesarios se instalaron tuberías provisionales con objeto de cerrar los circuitos para que la operación de las bombas fuera continua.

La secuencia de las corridas fue la siguiente:

- a).- Se hizo nivel suficiente en el recipiente de alimentación.
- b).- Se alineó el circuito.
- c).- Se comprobó que la unidad motor-bomba ó turbina-bomba, girara libremente.
- d).- Se revisó que los servicios de aceite de lubricación,

sellos, agua de enfriamiento, estuvieron en operación.

e).- Se arrancó la bomba.

f).- Se observó cuidadosamente el funcionamiento mecánico y eléctrico, en caso de existir ruidos, vibraciones, desplazamiento anormal, se paró la bomba para su revisión.

4.- PUESTA EN SERVICIO DE LOS SISTEMAS DE VACIO.

La planta cuenta con varios sistemas de vacío, los cuales se utilizan para:

a).- Descargar catalizador.

b).- El sistema de agua helada.

c).- En los condensadores de las turbinas del soplador y del compresor.

a.- Sistema de descarga de catalizador.

El catalizador se descarga produciendo vacío en los silos, el cual induce una corriente de aire que arrastra el catalizador desde los carros tolva. El vacío se logra por medio de un eyector accionado por vapor de media presión.

Para establecer vacío, previamente se presionaron los silos con aire a 1 Kg/cm², para verificar hermeticidad. Después se purgó el condensado de la línea de vapor, el eyector, se alineó al sistema y se introdujo vapor hasta alcanzar las condiciones normales de operación.

b.- Sistema de agua helada.

El sistema de agua helada se utiliza para obtener agua a una temperatura menor que el agua de enfriamiento que opera en la

planta. El vacío tiene como finalidad evaporar y por consiguiente enfriar el agua.

El funcionamiento del sistema es el siguiente: El agua es evaporada en un tanque mediante dos eyectores, pasando los vapores a un condensador de superficie, de donde los incondensables son extraídos por dos pares de eyectores. El agua helada del tanque evaporativo se recircula con una bomba a través del enfriador de gasolina de absorción.

c.- Sistemas de vacío en los condensadores de las turbinas del soplador.

El vacío se realiza para extraer los incondensables y obtener una buena eficiencia de los condensadores.

5.- LAVADO QUIMICO DE TUBERIAS.

El lavado químico de tuberías es un procedimiento que se realizó al terminar la construcción y antes del inicio de operación en los sistemas de aceite de lubricación y de sellos de los equipos móviles mecánicos. Se efectuó con el fin de eliminar la cascarilla y el herrumbe de las paredes interiores de la tubería, que de no efectuarse el lavado se desprenderían en operación, ocasionando abrasión y desgaste en las paredes interiores de los equipos.

Este lavado se hace mediante el empleo de soluciones de reactivos. Por lo general se empieza circulando una solución ácida, que sirve para que se desprenda la cascarilla, y la suciedad, des-

pués se lava con agua, y se neutraliza con una solución caústica, lavando de nuevo con agua y terminando con la circulación de una solución inhibidora.

Para llevar a cabo la circulación de los reactivos se empleó una pequeña bomba y se estableció un circuito cerrado con conexiones provisionales.

PROCEDIMIENTO.

a).- Se circuló una solución de ácido clorhídrico con un pH=2, durante 6 horas.

b).- Se lavó con agua, hasta un pH=6, observando que al final el agua saliera limpia.

c).- Posteriormente se circuló una solución de sosa caústica con un pH=14, aproximadamente por 6 horas.

d).- Se efectuó un lavado con agua hasta un pH=7-8.

e).- Para finalizar se realizó una circulación con una solución inhibidora de trifosfato sódico.

Al terminar se lavó con bastante agua, drenándose para posteriormente iniciar la circulación de aceite.

6.- CORRIDA DE PRUEBA DEL SOPLADOR Y DEL COMPRESOR.

Antes de realizar la corrida de prueba en el soplador y el compresor se revisaron internamente con el fin de verificar el buen estado de sus componentes. Así mismo se pusieron en servicio los sistemas auxiliares como son:

Sistema de Lubricación, de Condensación de la Turbina, de -

Condensación del Vapor de Sellos.

Los pasos que se siguieron para llevar a cabo la corrida de prueba fueron los siguientes:

- a).- Calentamiento y Circulación del aceite de lubricación.
- b).- Se arrancaron los sistemas de vacío de los condensadores.
- c).- Se introdujo vapor de sellos.
- d).- Se estableció nivel con agua desmineralizada en el pozo caliente del condensador de la turbina para asegurar la succión de las bombas de condensado.
- e).- Se introdujo vapor de alta presión a las turbinas; simultáneamente se arrancaron las bombas de condensado.

7.- LIMPIEZA QUIMICA DE CALDERETAS.

Todas las calderetas nuevas, de ponerse en operación, se limpiaron por el lado del cuerpo, haciendo hervir una solución de reactivos químicos, originando un ataque químico en la superficie interior de la caldereta, con el fin de eliminar grasa, suciedad y cascarilla metálica.

Algunas de las concentraciones de reactivos recomendadas son:

a).- Trifosfato sódico	2600	ppm
Metasilicato sódico	800	ppm
Sosa Caústica	125	ppm

b).- Trifosfato sódico	4400	ppm
Sosa caústica	300	ppm
c).- Sosa caústica	2500	ppm
Carbonato sódico	2500	ppm

La adición de reactivos se efectuó en forma de solución.

Dentro de la Planta, el rehervido se efectuó en forma simultánea en la caldera de lodos (2 C) y en la caldera de aceite cíclico pesado (5C).

PROCEDIMIENTO

Las calderetas se inspeccionaron y libraron de escombros interiores, después se desmontaron o bloquearon los instrumentos que se pudieran dañar durante el rehervido.

La solución utilizada tuvo una concentración aproximada de 4000 PPM de trifosfato sódico y 400 ppm de sosa caústica, disolviéndose con agua desmineralizada.

Se utilizó como medio de calentamiento vapor de baja presión por el lado de los tubos.

Cada 4 horas se efectuaron purgas de la cuarta parte de la solución total, restituyendo la concentración original de los reactivos. El período de hervido fué de 48 horas.

Al finalizar el hervido se dejaron enfriar los equipos, purgándose la solución completamente, y lavando con agua desmineralizada.

Para terminar se añadió una solución de sulfito de sodio con una concentración de 15 ppm para inhibir la reacción origina-

da, quedando listas las calderetas para su operación.

8.- SECADO DEL REFRACTARIO EN EL CONVERTIDOR Y EN EL CALENTADOR DE CARGA.

Antes de poner en operación el convertidor, el material refractario debe secarse bajo un programa, con el objeto de eliminar la humedad remanente, pero evitando la liberación súbita de agua, que a temperaturas elevadas fragmentaría o desconcharía el material refractario.

SECAO DEL REFRACTARIO DEL CONVERTIDOR

Previamente al secado, se inspeccionó el interior del convertidor, para verificar la completa instalación del refractario, la limpieza y colocación de los termopares requeridos para el control de las temperaturas.

El secado se efectuó mediante aire forzado proveniente del soplador (I-J), utilizando el calentador de aire para aumentar la temperatura.

PRECAUCIONES DURANTE EL SECADO.

Las temperaturas se observaron constantemente para prevenir algún sobrecalentamiento del equipo. Las siguientes temperaturas no debían excederse bajo ninguna circunstancia durante el secado y operaciones subsecuentes.

En el calentador de aire	620°C
En el cuerpo del convertidor	121°C Máximo
En las juntas de expansión	343°C Máximo
En los anillos de aire de combustión	648°C Máximo

Se operaron las válvulas tapón de catalizador agotado y regenerado (PV-1 y PV-2) una a la vez, en cada incremento de temperatura de 55°C, para asegurar que no se presentara atoramiento o mal funcionamiento. Las válvulas PV-1 y PV-2, se mantuvieron abiertas para evitar sobre presión de sus resortes de compresión.

PROCEDIMIENTO DE SECADO.

1.- Se curó el material refractario atmosféricamente duran-

te 48 horas mínimo.

II.- Alinear el equipo.

a).- Se aisló la fraccionadora del convertidor con junta ciega en la línea de vapores.

b).- Se abrieron las válvulas deslizantes de la cámara de orificios.

c).- Se abrió las válvulas de venteo del convertidor un cuarto de su carrera aproximadamente.

d).- Se abrieron a la mitad de su carrera las válvulas tapón PV-1 y PV-2.

e).- Se abrió el drene de la línea de vapores del convertidor a la fraccionadora.

f).- Se introdujo aire de purga temporalmente a conexiones de instrumentos, a las aereaciones, a las válvulas tapón y deslizantes, a las juntas de expansión y los puntos de fluidización.

III.- Establecer el flujo de aire de calentamiento.

a).- Se arrancó el soplador de aire.

b).- Se establecieron flujos de aire cercanos a los de operación normal a la primera etapa y segunda etapa de las secciones de regeneración del convertidor.

c).- Se mantuvo las temperaturas del convertidor al nivel de la temperatura de descarga del soplador de aire (calor de compresión) aproximadamente a 150°C.

d).- Se ajustó la apertura de las válvulas de venteo y tapón para que el aumento de temperatura fuera uniforme en la cámara de -

separación, reactor vertical, y línea de vapores a la fraccionadora, simultaneamente con el calentamiento en el regenerador.

e).- Se mantuvo la temperatura a 150°C por 12 horas.

IV.- Prender el calentador de aire.

a).- Se minimizó el flujo de aire a través del calentador, -- se encendió el piloto y el quemador principal.

b).- Se incrementó el flujo de aire a través del calentador-- a un nivel cerca al de operación normal.

c).- Se minimizó el flujo de aire a la segunda etapa del re-- generador.

d).- Se ajustó el incremento de la temperatura de salida de-- calentador a una razón de 55°C por hora, hasta alcanzar de 315 a --- 345°C.

e).- Se mantuvieron las temperaturas del convertidor cerca -- de 315°C. y se calibraron las válvulas de venteo y tapón para que -- el calentamiento fuera uniforme.

f).- Se sostuvo la temperatura de 315°C por 4 horas.

V.- Incrementar las temperaturas del convertidor a condiciones-- cercanas a las de operación normal.

a).- Se aumentó la temperatura de salida del calentador a ra-- zón de 100 a 150°C por hora, hasta alcanzar 595°C como máximo.

b).- Se controló la temperatura del separador entre 425 a - 450°C ajustando las válvulas de venteo y tapón.

c).- Se mantuvo la temperatura del regenerador a 535°C aproximadamente, durante 6 horas.

d).- Al termino del periodo de 6 horas se consideró por terminado el secado.

VI.- ENFRIAMIENTO

a).- Se enfrió el convertidor a una velocidad de $150^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

b).- Al alcanzar una temperatura de 380°C aproximadamente se apagó el calentador de aire.

c).- Al alcanzar entre $150-200^{\circ}\text{C}$, se paró el soplador.

d).- Se abrieron los registros de hombre para enfriar por tiro natural.

Después de la inspección del interior, y verificar que está en condiciones apropiadas para la operación, se procede a cerrar definitivamente los registros de hombre con empaques definitivos.

SECADO DEL REFRACTARIO DEL CALENTADOR DE CARGA.

Antes del inicio del secado, se realizaron inspecciones del interior del calentador (zonas de radiación y convección), para asegurar que la instalación del refractario estuviera completa, así como la limpieza interior terminada, ya que los desechos como tablas, papeles, pueden no solo interferir con el flujo normal de los gases de combustión, sino que también, se incendiarían causando sobrecalentamiento en el material refractario.

Para el control de las temperaturas se verificó la localización y operación correcta de los termopares, así como el funcionamiento mecánico de los quemadores y las compuertas de la chimenea. Al terminar lo anterior se procedió a cerrar el calentador.

Durante el secado, los quemadores se encendieron bajo un patrón simétrico y espaciado uniformemente, además, se alternó el en-

cendido cada 4 horas verificando que todos los quemadores funcionaban correctamente, todo esto para garantizar una distribución uniforme del calor.

El ajuste de las llamas se realizó de tal forma que no hubiera una incidencia directa sobre los tubos o el refractario del horno. Si la flama incidía directamente, se retiraba el quemador de servicio, corrigiendo la falla, limpiando las espesas o alineando el quemador correctamente.

Se necesitó un gran tiro de aire a través del horno, con el fin de arrastrar (hacia la chimenea), la humedad evaporada que se eliminó del refractario. Para esto se abrieron las puertas de las ventanillas de observación, registros de quemadores fuera de servicio, con el objeto de admitir el aire suficiente.

El diagrama de bloques del secado del calentador, se muestra en el dibujo No. 3.

9.- MONTAJE Y CALIBRACION DE INSTRUMENTOS Y CIRCUITOS DE CONTROL.

Después de haberse efectuado las pruebas de presión y la limpieza en tubería y equipo, se instalaron los instrumentos. Además de montar instrumentos de medición, se colocaron los elementos primarios de los circuitos de control como placas de orificio, flotadores y termopares. También se instalaron los orificios de restricción en los sistemas de tubería perteneciente al reactor.

Los controladores, las válvulas de control, y las válvulas de seguridad se calibraron en el taller o en el campo.

Se conectaron los circuitos de control, probándose en ope--

ración manual. Posteriormente se hicieron los ajustes finales hasta dejar en operación automática a todos los controladores.

10.- CARGA DE CATALIZADORES Y REACTIVOS QUIMICOS.

Para mantener una operación continua durante un período razonable en la planta se cargaron y almacenaron las cantidades suficientes de dietanol-amina, sosa caústica, metanol y catalizadores.

11.- LIMPIEZA DEL SISTEMA DE DIETANOLAMINA.

La sección de tratamiento con DEA se limpió perfectamente para eliminar restos de aceite, grasa, herrumbre y cualquier otro material extraño. Después del lavado con agua, la sección se lavó con una solución limpiadora al 0.5% en peso de dietanolamina en caliente. Se prefirió utilizar esta solución, por que no solamente desengrasa y limpia, sino que cubre al metal con una capa antioxidante de DEA.

La solución limpiadora se preparó en la fosa de amina, utilizando como disolvente agua desmineralizada o condensado. Posteriormente se bombéo a los recipientes, hasta establecer niveles cercanos a los de operación normal.

Se presionaron con aire las torres contactoras de Amina-LPG y Amina-Gás combustible, para facilitar el paso de la solución de los contactores al reactivador de DEA. Cuando se alcanzó un nivel normal de operación en el reactivador, se llenó el rehervidor por la línea de arranque. Una vez efectuado esto, se alimentó vapor al rehervidor para calentar los fondos a 100°C aproximadamente, se --

inició la circulación entre las torres, continuándose durante 24 horas. Después de la limpieza, se suspendió el rehervido y la circulación, drenándose completamente el equipo. Al terminar se llenó y circuló agua desmineralizada, hasta que el purgado salió limpio. Finalmente todo el sistema se volvió a llenar con agua desmineralizada para evitar entrada de aire.

CAPITULO V

INICIO DE OPERACION

CAPITULO V

INICIO DE OPERACION.

Para efectuar el inicio de operación de una planta, se requieren varios factores básicos, sin los cuales no se llevaría a cabo satisfactoriamente esta fase, como fueron: Organización, la elaboración de un Programa, la presencia de personal con experiencia, el entrenamiento de operadores y la comunicación entre los diferentes departamentos que intervinieron.

A continuación se describirá la secuencia del arranque para esta Planta.

- 1.- Prueba de fugas y purgado en equipo y tubería.
- 2.- Remoción de la junta ciega colocada en la línea de vapor del separador a la Fraccionadora.
- 3.- Preparación del sistema de destilados ligeros de la Fraccionadora.
- 4.- Calentamiento del convertidor.
- 5.- Purgado del convertidor con vapor
- 6.- Carga de catalizador al regenerador y cambio de vapor del separador a la fraccionadora.
- 7.- Establecimiento de las circulaciones y calentamiento de aceite para arrancar la Fraccionadora.
- 8.- Preparación del sistema de circulación de arranque en sección de recuperación de vapores.
- 9.- Calentamiento del regulador con aceite combustible e inicio de circulación de catalizador.

- 10.- Recirculación de lodos al reactor vertical y alimentación de carga fresca.
- 11.- Ajustes en la Fraccionadora.
- 12.- Arranque de la Sección de Recuperación de vapores.
- 13.- Sección de Tratamiento con DEA.
- 14.- Puesta en operación del despropanizador.
- 15.- Aumento de volumen de alimentación al reactor vertical.

1.- PRUEBA DE FUGAS Y PURGADO EN EQUIPO Y TUBERIA.

Prueba de Hermeticidad y Purgado del Convertidor.

Primero se verificó que todas las juntas ciegas temporales fueron removidas, con excepción de la que se encontraba en la línea de vapores del separador a la Fraccionadora (1E). Como norma no debe usarse vapor en ningún servicio de purga en equipo que pueda contener o estar expuesto posteriormente a catalizador, a menos que se haya rebasado la temperatura de condensación del vapor. Por este motivo en esta sección se utilizó al principio aire seco y después se hizo el cambio a vapor.

En la prueba de fugas en el convertidor se usó el soplador (1-J) como fuente de presión, se abrieron a la mitad de su carrera las válvulas tapón de catalizador agotado (PV1) y catalizador regenerado, (PV2), y totalmente las válvulas deslizantes a la salida de los gases del regeador y las válvulas de venteo a la atmósfera de la línea de salida de vapores del separador. Una vez que se estabilizó la operación del soplador, se procedió a cerrar parcialmente las válvulas deslizantes y las válvulas de venteo a la atmós

fera, hasta alcanzar la presión de 1.7 kg/cm^2 . Entonces, se sellaron con cinta engomada todas las bridas, conexiones y registros de hombre, y se hizo una pequeña horadación, aplicandosele jabonadura, detectándose las fugas y eliminandolas.

PRUEBA DE HERMETICIDAD DE LA FRACCIONADORA Y EL CIRCUITO DE CARGA.

El procedimiento seguido fué el siguiente:

Se cerró el agua de enfriamiento a los condensadores de la fraccionadora (1-C), y se purgó toda el agua. Este procedimiento se repitió en todos los condensadores y enfriadores del sistema. Se bloqueó el compresor de gas (2-J).

Se abrieron los venteos de los puntos más altos, las purgas de los puntos más bajos y se introdujo vapor en la fraccionadora, en el agotador de aceite cíclico ligero, en el tanque de balance de carga y en el circuito de carga. Todo el condensado se drenó por los puntos bajos. Después de que todo el equipo y tubería estuvieron lo suficientemente caliente, (ésto se comprobó por la cantidad de condensado que salía por las purgas) se realizó la prueba de hermeticidad cerrando parcialmente purgas y venteos, hasta que el sistema quedó presionado a 1 Kg/cm^2 , una vez localizadas las fugas y eliminadas, se mantuvo la vaporización.

Prueba de hermeticidad y purgada de la sección de recuperación de vapores.

Las torres y acumuladores de esta sección se sometieron a -

la prueba de hermeticidad en la misma forma que las secciones anteriores, una vez realizada la prueba se redujo el flujo de vapor, y se cerraron totalmente los venteos y parcialmente las purgas, entonces se inyectó gas combustible, simultáneamente se suprimió el vapor, se cerraron totalmente las purgas y se presionó esta sección. Con gas combustible a 0.35 Kg/cm^2 .

SECCIÓN DE TRATAMIENTO CON AMINA.

Anteriormente en los preparativos para el arranque:

Esta sección se limpió y se mantuvo llena con agua desmineralizada.

Las torres contactoras de Amina-LPG y Amina-Gas, no se probaron con vapor pues se podía deformar el empaque de las torres, debido a esto se aislaron del resto de la sección y se probaron presionando con aire las torres llenas de agua. Después los contactos se volvieron a llenar con agua hasta ventear todo el aire. El resto del sistema se probó idénticamente a las secciones anteriores a una presión de $.35 \text{ Kg/cm}^2$ después se presionaron los contactos con gas y se drenó el agua lentamente, teniendo cuidado de no hacer vacío. La sección quedó entonces lista para efectuar la circulación de amina.

2.- REMOCION DE LA JUNTA CIEGA COLOCADA EN LA LINEA DE VAPORES DEL SEPARADOR A LA FRACCIONADORA.

Una vez probada la hermeticidad de la fraccionadora y del convertidor, para remover la junta ciega se necesito depresionar -

tanto el convertidor interrumpiendo el flujo de aire, como la fraccionadora, reduciendo el vaporizado y abriendo purgas y venteos, - terminada esta operación se quitó la junta ciega y se reanudó el vaporizado en la fraccionadora y el flujo de aire al convertidor.- El paso siguiente fué ajustar la presión entre el convertidor y la fraccionadora de manera que hubieran desfoques alternados de aire y vapor por el venteo a la atmósfera de la línea de vapores del separador (vapor de la fraccionadora y aire del convertidor).

3.- PREPARACION DEL SISTEMA DE DESTILADOS LIGEROS DE LA FRACCIONADORA.

Después de haber hecho la prueba de hermeticidad y removido la junta ciega, los pasos que se siguieron para la preparación de esta sección fueron:

1).- Se cerró totalmente el venteo del domo de la fraccionadora y parcialmente la purga instalada en la línea de los condensadores al tanque acumulador (3-F).

2).- Se cerró totalmente el venteo del domo y parcialmente la purga del acumulador (3-F).

3).- Lentamente se admitió gas combustible y se disminuyó la vaporización del acumulador (3-F).

4).- Se suspendió el vaporizado y se cerró la purga del acumulador (3-F).

5).- Se introdujo lentamente agua de enfriamiento a los condensadores (1-C) para condensar el vapor de agua proveniente --

de la Fraccionadora (1E).

6).- Se ajustó la purga de la línea que va de los condensadores (1-C) al acumulador (3-F) de manera de drenar el condensado y -- eviatar el escape de gas combustible.

7).- Se reguló la introducción de gas combustible en el acumu-- lador (3-F) para que el balance de presión se mantuviera entre la -- fraccionadora y el separador para permitir el relevo alterno de va-- por y aire.

8).- Se ajustó la presión del convertidor por medio de las--- valvulas deslizantes y las válvulas tapón para permitir el relevo -- alterno de fraccionadora-convertidor.

Estas operaciones se efectuaron con precaución pues bajo nin-- guna circunstancia debia permitirse que existiera vacío en la fraccio-- nadora.

4.- CALENTAMIENTO DEL CONVERTIDOR.

La temperatura a la que descarga el soplador es aproximada -- mente de 150°C, por lo que el calentamiento en el regenerador es -- casi nulo hasta que se enciende el calentador de aire. Para encen-- der éste, fue necesario reducir al mínimo el flujo de aire, esto se logró abriendo el venteo a la atmósfera en la descarga del soplador, se ajustó la presión del regenerador a 0.2 Kg/cm² y se abrieron las válvulas tapón. Realizado ésto, se encendió y se aumentó el flujo -- de aire, controlando que la temperatura a la salida del calentador-- aumentara de 55°C/Hr., hasta un máximo de 595°C una vez alcanzada -- esta temperatura se reguló la presión en el regenerador para seguir

con los desfoques alternados.

El calentamiento en las diferentes secciones del reactor se controló con la posición de las válvulas tapón, estas válvulas se abrieron periódicamente para compensar la expansión interna del tubo y evitar cualquier sobrepresión en los resortes de compresión de las válvulas, también se accionaron totalmente cada 55°C para verificar que no hubiera atoramiento o mal funcionamiento.

Se continuó el calentamiento hasta alcanzar aproximadamente 371°C, en el regenerador y de 205 a 260°C en el separador; agotador y elevador.

5.- PURGADO DEL CONVERTIDOR CON VAPOR.

Purgado del separador, agotador y elevador.

Una vez que se alcanzó la temperatura de 205°C-260°C se introdujo vapor al reactor por las líneas de vapor de emergencia y vapor de dispersión, y se cerraron las válvulas tapón.

Después se reguló el venteo a la atmósfera hasta mantener una presión de 150 g/cm² arriba de la presión del regenerador. Posteriormente se disminuyó la presión del aire en el regenerador a 200 gr/cm² controlando con la válvula deslizante, esto disminuyó las posibilidades de escape de aire del regenerador a las demás secciones y facilitó la carga de catalizador al regenerador.

6.- CARGA DE CATALIZADOR AL REGENERADOR Y CAMBIO DE VAPOR DEL SEPARADOR A LA FRACCIONADORA.

Se fluidizó el catalizador en el silo y se presionó éste --

con el soplador, la presión de descarga del soplador fue un poco mayor que la presión del regenerador, ya que por medio de esta diferencial de presión se cargó el catalizador al regenerador. Se recomendó utilizar una diferencial de presión de 0.5 Kg/cm^2 . Se cargó catalizador hasta un nivel suficiente para sellar las válvulas tapón y las piernas descendentes de los ciclones de la primera etapa. El catalizador se cargo a una velocidad tal que la temperatura en el regenerador no disminuyera de 315°C . Al terminar, de cargar catalizador se cerró el venteo del separador enviando el vapor a la fraccionadora, drenando el condensado por los puntos bajos. Para continuar con los pasos subsecuentes de arranque en esta sección se necesitó una temperatura de cuando menos 370°C en el regenerador.

7.- ESTABLECIMIENTO DE LAS CIRCULACIONES Y CALENTAMIENTO DEL ACEITE PARA ARRANCAR LA FRACCIONADORA.

El paso siguiente fue interrumpir la vaporización en el tanque de balance de carga (12-F), drenando totalmente el agua, luego se cargo el 12-F con aceite y se arrancó la bomba de alimentación (3-J), dirigiendose el flujo a la fraccionadora (1-E) por una línea de arranque, pasando por el tren de cambiadores de precalentamiento (6-C, 29-C y 8-C) y el calentador de carga (2-B). Se continuó vaporizando la fraccionadora y el agotador de aceite cíclico ligero (2-E). Con la circulación de aceite se estableció nivel en el plato de aceite cíclico pesado. Estableciendo después la recir

culación del aceite ciclico pesado a través de la caldereta de ---
 aceite ciclico pesado (5C) y el cambiador 29C, con la bomba 7-J. --
 Posteriormente se hizo nivel en el fondo de la fraccionadora, y --
 se arrancó la bomba de recirculación de fondos (9J) en circuito --
 cerrado a la fraccionadora pasando por la Caldereta (2C) el rehervi
 dor de la debunizadora (14C) y el precalentador de carga 8C. Una -
 vez realizado esto, se puso en operación la bomba de lodos (11-J),
 por la línea de arranque a la fraccionadora. También se puso en --
 recirculación la bomba de aceite decantado (10-J), pasando a tra--
 vés del precalentador de carga 6-C y el enfriador de aceite decan-
 do (7-C), llegando el 12-F por una línea de arranque. En seguida -
 se arrancó la bomba de aceite cíclico ligero (5-J) que circuló ---
 aceite a través del enfriador 4-C hacía el 12-F.

Una vez realizadas estas operaciones, se regularon los fu--
 jos como sigue:

Circuito de carga	17 000	BPSD	
Reflujo de aceite cíclico pesado	20 000	BPSD	
Aceite cíclico ligero al tanque de balance	13 000	BPSD	
Circulación de aceite decantado	4 000	BPSD	
Reflujo de lodos	25 000	8 BSD	

Después de mantener los fujos requeridos, se procedió a ca-
 lentar la fraccionadora, para esto se alimentó vapor al cuerpo de-
 las calderetas 2-C y 5-C, para purgar el aire. Entonces se encen--
 dió el calentador, (2B) aumentando la temperatura de salida a ra--

zón de 50°F por hora aproximadamente, y se pusieron en operación los soloaires 4-C y 7C, manteniendo estas corrientes entra 125 a 150°F, retornándolas al tanque 12-F.

Cuando se alcanzó una temperatura de 250 a 300°F en la salida del calentador 2-B, se cortó el vapor a las calderetas 2-C y 5-C, y se inició el suministro de agua de alimentación a calderas, entrando así en operación normal, se continuo con el calentamiento hasta tener una temperatura de 400-450°F a la salida del calentador 2B.

8.- PREPARACION DEL SISTEMA DE CIRCULACION DE ARRANQUE EN LA SECCION DE RECUPERACION DE VAPORES.

SECCION DE RECUPERACION DE VAPORES!

Después de haber presionado esta sección con gas combustible, se inició la circulación con algún producto procedente del exterior de la planta.

Se comenzó por alimentar gasolina de tanques de almacenamiento a la succión de la bomba de gasolina de absorción (26-J), mandando el flujo al absorbedor primario (3-E), hasta lograr un buen nivel, entonces con el controlador de nivel en operación, la gasolina se envió al separador de alta presión (4-F). Con el nivel suficiente en el 4-F se circuló con la bomba de carga al agotador (13-J) hacia la sección de agotamiento de la torre 3-E. Luego de establecido el nivel en esta sección, con la bomba 13-JA y utilizando la línea de arranque que comunican a la torre desbutanizado-

ra (5-E), se hizo nivel en ésta. Y se reguló y estabilizó el flujo de la bomba 26-J a 8 000 BPSD suspendiéndose el suministro de gasolina de tanques.

9.- CALENTAMIENTO DEL REGENERADOR CON ACEITE COMBUSTIBLE E INICIO DE CIRCULACION DE CATALIZADOR.

Teniendo ya en recirculación el circuito de carga y la sección de recuperación de vapor y alcanzada la temperatura de 371°C - por lo menos en el regenerador, se procedió a la inyección de aceite combustible para elevar la temperatura de la cama hasta aproximadamente 537°C, simultáneamente a la introducción de aceite se redujo lentamente el flujo de gas combustible al calentador de aire hasta apagarlo, entonces se inició la circulación de catalizador al reactor vertical, para lograr esto se aumentó la presión en el regenerador, se cerró la válvula tapón de catalizador agotado, y se abrió la válvula tapón de catalizador regenerado, iniciándose así la circulación, al mismo tiempo que se reguló la presión en el regenerador para mantener la diferencial de presión en la válvula tapón, se inyectó vapor de emergencia y de dispersión al reactor vertical, regulándose la circulación de catalizador para tener una temperatura de 537°C en el regenerador, y de 454-482°C a la salida del reactor vertical.

10.- RECIRCULACION DE LODOS AL REACTOR VERTICAL Y ALIMENTACION DE CARGA FRESCA.

Después de haber realizado los pasos anteriores teniendo una

temperatura de cuando menos 232°C en los fondos de la fraccionadora, se inició un flujo reducido de los lodos, con la bomba (11-J) al reactor vertical, incrementandose tan rápido como fue posible para acercarlo al normal, y se bloqueó la recirculación de lodos a la fraccionadora, al realizar esta operación, empezó a bajar el nivel en el fondo de la fraccionadora, para contrarestar esto, se redujo el flujo de aceite decantado hacia el tanque de balance de carga fresca (12F).

Para iniciar la carga fresca al reactor vertical, fue necesario operar varias válvulas en secuencia casi simultánea, los pasos que se siguieron fueron:

a).- Se abrió la línea de descarga del precalentador de carga a flujo directo al reactor vertical.

b).- Se bloqueó la línea de arranque a la fraccionadora y se incrementó la temperatura hasta aproximadamente 315°C en la salida del precalentador.

c).- Se redujo la recirculación de arranque de aceite ciclico pesado hacia el tanque de balance de carga fresca (12 F), y se alimentó hacia la fraccionadora (1E).

d).- Se introdujo carga fresca de almacenamiento al tanque de balance de carga (12F) y se aumentó la alimentación al reactor vertical hasta un valor cercano al 50% del diseño.

e).- Se ajustó el aire de combustión para mantener una temperatura entre 537-593°F en el regenerador.

f).- Cuando se observó un aumento en el nivel del plato de extracción de aceite cíclico pesado, se estableció una corriente de dilución a los lodos recirculados.

11.- AJUSTES EN LA FRACCIONADORA.

Después de haber realizado los pasos anteriores, se ajustaron los condensadores de la fraccionadora (1C) y se recibieron -- los vapores condensados en el tanque separador-acumulador (3F), -- se purgó el agua hasta que salieron hidrocarburos líquidos, y una vez que se tuvo un nivel razonable se establece el refujo a la -- fraccionadora. Todo el gas que se produjo se mandó al quemador. -- Una vez estabilizada la operación y habiéndose formado una interfase agua-hidrocarburos, se arrancó la bomba (8J), que succionó -- el agua mandandola a la sección de tratamiento de aguas amargas.-- Cuando se logró un buen nivel en el agotador de aceite cíclico -- ligero (2E), se arrancó la bomba (5J) del producto Aceite Cícli-- co Ligero enviándolo al tanque de balance de carga fresca junto -- con el aceitecíclico pesado por la línea de arranque, después se -- interrumpió el flujo de aceite cíclico pesado y se lavó la línea -- con aceite cíclico ligero, una vez lavada la línea hacia el tan-- que de carga se realizó la extracción de aceite cíclico ligero -- producto a almacenamiento; también se inició la extracción de --- aceite decantado al almacenamiento interrumpiendo la recircula--- ción de arranque.

Cuando aumentó el nivel de hidrocarbunos en el tanque se--

parador-acumulador (3F) por encima de las necesidades para el reflujo y se tenía una temperatura entre 126-115°C en el domo de la fraccionadora, se inició el arranque de la sección de recuperación de vapores.

12.- ARRANQUE DE LA SECCION DE RECUPERACION DE VAPORES.

Al introducir hidrocarburos líquidos a la sección de recuperación de vapores, aumentaron las recirculaciones de arranque por lo cual fue necesario iniciar la extracción de la corriente de fondos de la torre desbutanizadora, se pusieron en operación los rehidridores de las torres desbutanizadora (5E), y agotadora-absorbadora (3E) y cuando se tuvo suficiente nivel en el acumulador de la desbutanizadora se inicio el reflujo a la torre, entonces se puso en marcha el compresor (2-J), presionando la torre agotadora-absorbadora (3E) y el absorbedor secundario (4E) a su valor de operación normal lográndose ésto estrangulando un poco la descarga del compresor hacia el quemador. Después se inicio la carga de hidrocarburos a la sección de destilación de la torre agotadora-absorbadora (3E), suspendiéndose la recirculación de arranque que se mantenía con la bomba (13-J), se inicio también el flujo de gas a las torres (3E y 4E), cerrándose poco a poco la desviación de la descarga del compresor al quemador. Simultáneamente se introdujo gasolina pobre a la sección de absorción de la torre (3E) en un 50% su valor de diseño y se inicio la circulación de aceite de absorción al absorbedor secundario (4E), se ajustará todas las temperaturas-

y flujos en el sistema para producir gasolina según las especificaciones.

13.- SECCION DE TRATAMIENTO CON DEA.

Cuando se observó un aumento en el nivel del tanque acumulador de la torre desbutanizadora (5F), se dirigió una corriente al contacto DEA-LPG, se abrió la derivación de arranque al rehervidor del reactivador de DEA y se introdujo vapor hasta elevar la temperatura de los fondos a 121°C aproximadamente, y manteniendo una presión de 10 PSIG, una vez que se tuvo buen nivel en el tanque acumulador, se inició el reflujo. Al mismo tiempo se cerró la derivación en la línea de gas combustible, dirigiendo el gas de la torre absorbadora secundaria (4E), al contactor gas amargo-DEA, se ajustó la presión y se incrementaron los flujos de gas y DEA.

14.- PUESTA EN OPERACION DEL DESPROPANIZADOR.

Una vez puesta en marcha la sección de amina, y teniendo un nivel ascendente en el tanque separador de amina-LPG, se envió una corriente de LPS al tanque de balance de carga de la torre despropanizadora (13F) sin haber pasado por la sección mérox de LPG, se ajustó la presión del tanque a 160 PSIG y se alimentó una corriente de LPG a la torre despropanizadora por medio de la bomba (16J), una vez que se observó un aumento en el nivel de los fondos de la torre se introdujo vapor al rehervidor hasta alcanzar una temperatura de 98°C, posteriormente se comenzó a extraer producto de fon-

dos (butano-butileno), hacia almacenamiento, y se ajustó el agua -- de enfriamiento a los condensadores para mantener una temperatura-- de 44°C en el tanque de reflujo (6F), en este tanque se mantuvo --- abierto el venteo hacia el compresor para eliminar los incondensa-- bles, una vez casi lleno el tanque se cerró el venteo y se inició - el reflujo, ajustandolo según lo permitio la cantidad de LPG, en el tanque de reflujo. Una vez que se estabilizó esta sección se proce-- dió a sacar producto del domo (propano-propileno) a almacenamiento.

Realizadas las operaciones anteriores de arranque de las --- distintas unidades de la planta, se estabilizaron las condiciones-- a una carga de 50% del volumen de diseño al reactor vertical y se - combinó la carga de almacenamiento a la fuente de alimentación nor-- mal.

15.- AUMENTO DE VOLUMEN DE ALIMENTACION AL REACTOR VERTICAL.

Una vez realizado lo anterior se procedio a aumentar el vo-- lumen de carga a su valor de diseño, se recomendó que los incremen-- tos no fueran mayores de 100 barriles/h. Todos los volúmenes de ae-- reación, fluidización, de vapor de emergencia y de vapor de fluidi-- zación normal, se ajustaron de acuerdo con las gráficas (1,2,3,4 y- 5). A medida que la carga se incrementó por arriba del 80% de dise-- ño, se pusieron en servicio las boquillas de carga superiores, ce-- rrandose las inferiores. La presión en el regenerador se incremen-- to hasta su valor de diseño a manera de que se aumentó la carga, -- teniendo en cuenta que las diferenciales de presión en las válvu---

las macho eran más importantes que la presión total en el regenerador, la temperatura a la salida del reactor vertical se ajustó lentamente por incrementos de menos de 3°C, fue necesario dejar pasar tiempo suficiente entre los ajustes de tal manera que la unidad -- volviera a condiciones estables para que los efectos de los ajustes pudieran evaluarse y compensarse.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

CAPITULO VI

CONCLUSIONES.

Como conclusiones del trabajo presentado, tenemos que la importancia de la operación de la Planta de Desintegración Catalítica, radica en el aumento de la capacidad de refinación de Gasóleos, para obtener productos de mayor valor y utilidad que promueven el desarrollo del país.

Por otro lado, la Planta Desintegradora Catalítica fluida -- Orthoflow modelo F, de la Pullman Kellog, es la primera de su tipo que opera en el mundo. Seguirán a la de Tula, en breve plazo, sendas unidades (actualmente en construcción) en Salamanca, Salina -- Cruz y Cadereyta en México y tres en el Brasil. El Proceso Ortho -- flow F, es el resultado de un programa continuo de desarrollo y -- perfeccionamiento que se inició en 1950, con el conocido Proceso -- Orthoflow A.

La importancia del Departamento de Pruebas y Arranque se -- resume en efectuar todo lo necesario para que las instalaciones -- sean entregadas a las diferentes dependencias de Refinación, total -- mente terminadas y probadas, a su vez de servir como lazo de unión entre construcción y operación.

Una de las personas idóneas para desarrollar las funciones -- a las cuales está encaminado el Departamento de Pruebas y Arranque es el ingeniero Químico, debido a que posee un conocimiento general de materiales, instrumentos, equipos mecánicos y eléctricos, y un -- conocimiento detallado de los Procesos.

CAPITULO VII

APENDICE

LISTA DE EQUIPO

CALENTADORES.

1-B Calentador de Aire
 2-B Calentador de Carga

CAMBIADORES

1-C (8) Condensadores de la Fraccionadora
 2-C Generador de Vapor (Fondos del Fraccionador)
 4-C Enfriador de Aceite Cíclico Ligero
 5-C Generador de Vapor (Aceite Cíclico Pesado)
 6-C Cambiador de Carga/ Aceite Decantado
 7-C Enfriador de Aceite Decantado
 8-C (4) Cambiadores de Carga/Fondos de la Fraccionadora
 9-C (4) Condensadores de Alta Presión
 10-C Recalentador del Absorbedor-Agotador
 11-C (2) Cambiadores de Aceite Esponja Pobre/Aceite Esponja Rico
 12-C (2) Enfriadores de Aceite Esponja
 13-C Cambiador Carga Debutanizadora/Fondos de Debutanizadora
 14-C (2) Recalentadores de la Debutanizadora
 15-C (4) Condesnadores de la Debutanizadora
 16-C Cambiador Carga a Depropanizadora Fondos de Debutaniza-
 dora
 17-C (2) Enfriadores de Gasolina Debutanizada
 18-C Recalentador de la Depropanizadora
 19-C (4) Condensadores de la Depropanizadora
 20-C (2) Enfriadores de la C₄ - LPG
 21-C Condensador de Superficie (Soplador)
 22-C Enfriador de C₃- LPG
 23-C (2) Cambiadores DEA Pobre/DEA Rica
 24-C (2) Enfriadores de DEA Pobre
 25-C (2) Recalentadores del Regenerador de DEA
 26-C (2) Condensadores del Regenerador de DEA
 27-C (2) Interenfriadores del Compresor de Proceso
 28-C Enfriador de Aceite Pobre Recirculado
 29-C (2) Cambiadores Carga/Aceite Cíclico Pesado
 30-C (2) Enfriador Gemelo de Aceite (Soplador)
 31-C Condensador del Vapor de Sellos (Soplador)
 32-C Intercondensador (Soplador)
 33-C Postcondensador (Soplador)
 34-C (2) Enfriador Gemelo de Aceite (Compresor)
 35-C Condensador del Vapor de Sellos (Compresor)
 36-C Intercondensador (Compresor)
 37-C Postcondensador (Compresor)
 38-C Condensador de Superficie (Compresor)

39-C	Condensador de Superficie (Sist. Refrig.)
40-C	Intercondensador (Sist. Refrig.)
41-C	Postcondensador (Sist. Refrig.)
44-C (2)	Cambiador Fondos Agotador/Agua Amarga
45-C	Precalentador de Agua Amarga
46-C	Condensador de Agotador
51-C	Recalentador de Redestilación
52-C	Condensador de Redestilación.

REACTOR.

1-D	Convertidor
-----	-------------

TORRES

1-E	Fraccionadora
2-E	Agotadora de Aceite Ciclico Ligero
3-E	Absorbedor-Agotador
4-E	Absorbedor Secundario
5-E	Debutanizadora
6-E	Depropanizadora
7-E	Desulfurizador de LPG
8-E	Regenerador de DEA
9-E	Desulfurizador de Gas Combustible
10-E	Agotador

RECIPIENTES.

1-F	Silo de Catalizador Nuevo
2-F	Silo de Catalizador Gastado
3-F	Acumulador de la Fraccionadora
4-F	Separador de Alta Presión
5-F	Acumulador de la Debutanizadora
6-F	Acumulador de la Depropanizadora
7-F	Separador de Amina/LPG
8-F	Acumulador del Regenerador de DEA
11-F	Separador de Amina/Gas
12-F	Tanque de Balance de Carga Fresca
13-F	Tanque de Balance de Carga de la Depropanizadora
14-F	Separador de Gas Residual
15-F	Separador de Descarga del Primer Paso
16-F	Separador de Succión del Primer Paso
17-F	Separador de Succión del Segundo Paso
18-F	Depósito de Aceite (Soplador)
19-F	Acondicionador de Aceite (Soplador)
20-F	Depósito de Aceite (Compresor)
21-F	Acondicionador de Aceite (Compresor)
22-F	Tanque Evaporativo

29-F	Separador de Desfogues
31-F	Tanque de Purga Presión Media
32-F	Tanque de Purga Presión Baja
33-F	Tanque de Balance Agua Amarga
34-F	Tanque de Purga Atmosférico
35-F	Separador de Agua/Gas Residual
51-F	Acumulador de Redestilado

TANQUES

9-F	Tanque de Almacenamiento de Amina
10-F	Fosa de Preparación de Amina

CICLONES

3-G	Ciclón de Catalizador Agotado
-----	-------------------------------

COMPRESORES

1-J	Soplador de Aire
2-J	Compresor de Proceso

BOMBAS

3-J	(2)	Bombas de Carga Fresca
4-J	(2)	Bombas del Acumulador de la Fraccionadora
5-J	(3)	Bombas de Aceite Cíclico Ligero
6-J	(2)	Bombas de Aceite Esponja
7-J	(3)	Bombas de Aceite Cíclico-Pesado
8-J	(2)	Bombas de Agua Amarga
9-J	(2)	Bombas de Reflujo de Fondos de la Fraccionadora
10-J	(2)	Bombas de Aceite Decantado
11-J	(2)	Bombas de Recirculación de Fondos de la Fraccionadora
13-J	(2)	Bombas de Carga del Agotador
14-J	(2)	Bombas de Condensado Primer Paso de Compresión
15-J	(2)	Bombas de Reflujo de la Debutanizadora
16-J	(2)	Bombas de Carga de la Depropanizadora
17-J	(2)	Bombas de Reflujo de la Depropanizadora
18-J	(2)	Bombas de Circulación de Amina
19-J	(2)	Bombas de Reflujo del Regenerador
20-J	(2)	Bombas del Condensador de Superficie (Soplador)
21-J	(2)	Bombas del Condensador de Superficie (Compresor)
26-J	(2)	Bombas de Gasolina de Absorción
27-J	(2)	Bombas de Agua de Lavado
29-J	(2)	Bombas de Reflujo de la Fraccionadora
30-J	(2)	Bombas de Aceite Principal (Soplador)
31-J		Bomba del Acondicionador de Aceite (Soplador)

32-J	(2)	Bombas de Aceite Principal (Compresor)
33-J		Bomba del Acondicionador de Aceite (Compresor)
34-J	(2)	Bombas de Agua Helada
35-J	(2)	Bombas de Condensado (Sist. Refrig.)
36-J		Bomba del Separador de Succión del Primer Paso
37-J		Bomba del Separador de Desfoques
39-J	(2)	Bombas de Carga al Agotador
40-J		Bomba de Inyección de Antiespumante
41-J		Bomba de Inyección de Antiespumante
42-J		Bomba de Inyección de Inhibidor
43-J	(2)	Bombas de Fondos del Agotador
54-J		Bomba de DEA Redestilada

EQUIPO ESPECIAL

12-J		Eyector de Silos del Catalizador
SP-12		Silenciador
2-L		Cámara de Orificio
3-L	(2)	Tanques de Sello de Agua
5-L		Filtro de Amina
14-L		Filtro de Aire

CALDERAS

1-U	Caldera de CO
-----	---------------

DATOS DE SECADO DEL REFRACTARIO DEL CALENTADOR DE CARGA.

TIEMPO	TEMPERATURA
HORAS	°C
0	34
4	35
8	46
12	46
16	134
20	124
24	150
28	125
32	132
36	132
40	130
44	250
48	226
52	215
56	231
60	216
64	295
68	310
72	316
76	304
80	304
84	312
88	318
92	312
96	254
100	342
104	450
108	440
112	344
116	182