



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**Recepción Previa al Arranque de las Plantas:  
Endulzadora de Gas de 400 MMSPCD y de la  
Recuperadora de Azufre de 360 TMD de Cd.  
Pemex, Tabasco.**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
CARLOS MIGUEL ESPINOSA GONZALEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## INTRODUCCION

La Recepción de una Planta Petroquímica abarca distintos aspectos entre los cuáles tenemos:

Recepción de Equipo Mecánico Estático. Drenaje, circuitos tanto de proceso como de servicio, Redes de Contra Incendio, Válvulas - de Alivio etc.

Esto naturalmente requiere conocer y aplicar las normas y especificaciones de cada proyecto en particular así como también otras normas y códigos de Ingeniería tales como los códigos ASME, Guía de Inspecciones API, etc. que pueden auxiliarnos para una recepción eficiente ya que de esto depende que la Planta Arranque con el menor número posible de problemas y en el menor tiempo posible permitiendo una más rápida recuperación de la Investigación.

También se pone en evidencia la importancia de la recepción ya que los diseños aprobados durante la etapa de proyecto. Ingeniería - Básica y detalle por muchos motivos no son respetados ó interpretados fielmente por los fabricantes o proveedores de equipo, también éstas deficiencias las tienen los constructores de Plantas Petroquímicas razón por la cuál se obliga al personal Técnico de Recepción de Plantas a una verdadera formación en ésta área y adquisición de experiencia para asegurar una operación confiable y eficiente de las instalaciones entregadas a Petroquímica.

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

Debido a los nuevos descubrimientos y explotaciones de los campos petroleros del cretácico en los Estados de Chiapas, Tabasco y la Sonda de Campeche, la producción de Aceite Crudo y Gas Asociado ha aumentado, de manera que Petróleos Mexicanos tiene la necesidad de procesamiento de Gas Amargo y húmedo y así aprovechar en un alto porcentaje la producción de dicha zona.

Puesto que Gas Asociado que se obtiene en ésta zona es Gas Amargo, debido a su contenido de compuestos Acidos, principalmente Acido Sulfhídrico y Bióxido de Carbono que le imparten propiedades altamente Corrosivos, que impiden que se utilice en algún servicio Industrial ó Doméstico, es imperativo la necesidad de Instalar Plantas Endulzadoras para la eliminación de dichos compuestos. Y la transformación en su caso del Acido Sulfhídrico a Azufre en las Plantas Recuperadoras de Azufre.

Por lo anterior se justifica la instalación de las Dos Plantas Endulzadoras de Gas Amargo de 400 MMPCA cada una y sus respectivas Plantas recuperadoras de azufre de 360 ton/día cada una.

El papel del Departamento de "Recepción de Plantas" es de mucha responsabilidad, ya que durante los últimos años el control de calidad se ha deteriorado, tanto en los materiales fabricados, como en el equipo construido.

Gran parte del problema se ha atribuido a los frecuentes cambios en el diseño y en los cambios de precios de los competidores. Como las inspecciones cuentan dinero, se llevan a cabo superficialmente en las épocas de fuerte competencia. Aunado a esto los equipos pueden fallar en sus partes también por averías en el transporte o por mal montaje.

Confirmando ésta a formación Holroyd dice que al iniciar la operación (arrancada) de una planta, 61% de las dificultades fué causada por deficiencias en el equipo, 10% por errores de diseño, 16% por exceso de economía en la construcción y 13% por errores de operación.

De las deficiencias cuasadas por el equipo, el 14% de ellas se atribuyen a los defectos en la construcción. De lo anterior se concluye que un 40% de las dificultades en la arrancada se puede detectar y atacar a tiempo por medio de una supervisión capacitada para prevenir las fallas en la construcción.

Lo ideal es lograr que los defectos de la construcción se encuentren y corrijan antes de que los constructores abandonen la Planta. La detección a tiempo de los problemas, evitará pérdida de tiempo en los arranques.

" RECEPCION PREVIA AL ARRANQUE DE LAS PLANTAS: ENDULZADORAS DE GAS DE 400.000 TPD Y DE LA RECUPARADORA DE AZÚCAR DE 300 TPD DE CD. PEMEX, TABASCO. "

## CAPITULO DEL TEMA:

### INTRODUCCION.

#### I. ANTECEDENTES.

#### II. DESCRIPCION DE LA PLANTA Y PROCESO.

#### III. TECNICA DE RECEPCION Y NORMAS DE REFERENCIA.

##### a). TORRES.

##### b). CAMBIADORES.

##### c). REACTORES.

##### d). CALDERA.

##### e). BOMBAS.

##### f). COMPRESORES.

##### g). SOPLADORES.

##### h). TURBINA.

##### i). TUBERIA.

##### j). EQUIPO ELECTRICO.

##### k). INSTRUMENTOS.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### V. BIBLIOGRAFIA.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION DE LAS PLANTAS Y DE LOS PROCESOS

En base a un arreglo óptimo de localización y economía de superficie, se encontró que la Planta Endulzadora de Gas, se debía localizar dentro de los mismos límites de Batería que la Planta de Recuperación de Azufre. Por lo anterior y en base al Plot-Plan, la Planta se dividió arbitrariamente en áreas que facilitan la Construcción, Supervisión, Inspección y Control de Avance.

A continuación se enumeran las áreas y los respectivos equipos que contienen:

#### AREA I

| <u>TAG</u> | <u>DESCRIPCION</u>                     |
|------------|--|
| 105-EX-1   | Enfriador de Gas Amargo.               |
| 105-EX-2   | Enfriador de Gas Amargo.               |
| 111-V      | Tanque Separador de Condensados.       |
| 103-T      | Filtro para Gas Amargo.                |
| 101-CO2    | Torre Absorbedora.                     |
| 101-PC     | Bomba de Amina al Absorbedor 101-CO2.  |
| 101-PCM    | Motor de la Bomba 101-PC.              |
| 101-PE     | Bomba de Amina al Absorbedor 101-CO-2. |
| 101-PEM    | Motor de la Bomba 101-PE.              |
| 101-PD     | Bomba Amina al Absorbedor 101-CO2.     |
| 101-PAT    | Turbina hidráulica de la Bomba 101-PA. |

#### AREA 2

|         |  |
|---------|--|
| 101-PA  | Bomba de amina al Absorbedor 101-CO1.  |
| 101-PAT | Turbina Hidráulica de la Bomba 101-PA. |
| 101-P   | Bomba de amina al Absorbedor 101-CO1.  |
| 101-PM  | Motor de la Bomba 101-R.               |
| 101-PB  | Bomba de Amina al Absorbedor.          |
| 101-CO1 | Torre Absorbedora.                     |
| 101-V   | Tanque Separador de Hidrocarburos.     |
| 103-CO  | Torre Lavadora de Hidrocarburos.       |
| 111-P   | Bomba Dosificadora de Precapa.         |
| 111-PM  | Motor de la Bomba 111-P.               |
| 111-PA  | Bomba Dosificadora de la Precapa.      |
| 111-PAM | Motor de la Bomba 111-PA.              |

AREA 2

| <u>TAG</u> | <u>DESCRIPCION</u>             |
|------------|--------------------------------|
| 104-P      | Bomba de formación de Precapa. |
| 104-PM     | Motor de la Bomba 104-P.       |
| 104-PA     | Bomba de Formación de Precapa. |
| 104-PAM    | Motor de la Bomba 104-PAM.     |
| 102-L      | Saturado de Vapor.             |

AREA 3

|         |                                       |
|---------|---------------------------------------|
| 101-F1  | Filtro de Hojas.                      |
| 101-F2  | Filtro de Hojas.                      |
| 104-V1  | Tanque de Precapa.                    |
| 101-AG  | Agitador del Tanque de Precapa.       |
| 101-AGM | Motor del Agitador 101-AG.            |
| 102-F1  | Filtro de Carbón Activado.            |
| 102-F2  | Filtro de Carbón Activado.            |
| 102-V   | Tanque de Antiespumante.              |
| 103-AG  | Agitador del Tanque de Antiespumante. |
| 103-AGM | Motor del Agitador 103-AG.            |
| 107-P   | Bomba de Antiespumante.               |
| 107-PM  | Motor de la Bomba 107-P.              |
| 107-PA  | Bomba de Antiespumante.               |
| 107-PAM | Motor de la Bomba 107-PA.             |
| 105-V   | Tanque de Anticorrosivo.              |
| 102-AG  | Agitador del Tanque de Anticorrosivo. |
| 102-AGM | Motor de la Bomba 102-AG.             |
| 108-PM  | Bomba de Anticorrosivo.               |
| 108-PM  | Motor de la Bomba 108-P.              |
| 108-PA  | Bomba de Anticorrosivo.               |
| 108-PAM | Motor de la Bomba 108-PA.             |
| 207-V   | Tanque de Fosfatos.                   |
| 201-AG  | Agitador del Tanque de Fosfatos.      |
| 201-AGM | Motor del Agitador 201-AG.            |
| 203-P   | Bomba de Fosfatos.                    |
| 203-PM  | Motor de la Bomba 203-P.              |
| 204-P   | Bomba de Fosfatos.                    |
| 204-PM  | Motor de la Bomba 204-P.              |

AREA 4

|        |  |
|--------|--|
| 301-H  | Compresor de Aire de Instrumentos.       |
| 301-EX | Post-Enfriador de Aire de Instrumentos.  |
| 301-V  | Tanque Receptor de Aire de Instrumentos. |

AREA 4

| <u>TAG</u> | <u>DESCRIPCION</u>                  |
|------------|-------------------------------------|
| 301-L      | Secador de Aire para Instrumentos.  |
| 302-K      | Compresor de Aire de Plantas.       |
| 302-EX     | Post.Enfriador de Aire de Plantas.  |
| 302-V      | Tanque Receptor de aire de Plantas. |

AREA 5

|          |  |
|----------|--|
| 105-P    | Bomba de Amina de Repuesto.            |
| 105-PM   | Motor de la Bomba 105-P.               |
| 101-L    | Tanque Enterrado de Amina Pura.        |
| 103-V    | Tanque de Amina Pura.                  |
| 102-EX-1 | Enfriador de Amina Pobre.              |
| 102-EX-2 | Enfriador de Amina Pobre.              |
| 102-EX-3 | Enfriador de Amina Pobre.              |
| 102-EX-4 | Enfriador de amina Pobre.              |
| 107-V    | Tanque de Balance de Amina.            |
| 102-P    | Bomba Booster de Amina.                |
| 102-PM   | Motor de la Bomba 102-P                |
| 102-PA   | Bomba Booster de Amina.                |
| 102-PAM  | Motor de la Bomba 102-PA               |
| 102-PB   | Bomba Booster de Amina.                |
| 102-PRM  | Motor de la Bomba 102-PB.              |
| 102-PC   | Bomba Booster de Amina.                |
| 102-PCM  | Motor de la Bomba 102-PC.              |
| 102-PD   | Bomba Booster de Amina.                |
| 102-PDM  | Motor de la Bomba 102-PD.              |
| 101-EX1  | Intercambiador Amina Pobre-Amina Rica. |
| 101-EX2  | Intercambiador Amina Pobre-Amina Rica. |

AREA 6

|         |  |
|---------|--|
| 101-EX3 | Intercambiador Amina Pobre-Amina Rica. |
| 101-EX4 | Intercambiador Amina Pobre-Amina Rica. |
| 104-EX1 | Rehervidor de Amina.                   |
| 109-V   | Tanque de Condensados del 104-EX1.     |
| 104-EX2 | Rehervidor de Amina.                   |
| 110-V   | Tanque de Condensados del 104-EX2.     |
| 102-CO  | Torre Regeneradora de Amina.           |
| 103-EX1 | Condensador de Reflujo.                |
| 103-EX2 | Condensador de Reflujo.                |
| 103-P   | Bomba de Reflujo.                      |
| 103-PM  | Motor de la Bomba 103-P.               |
| 103-PA  | Bomba de reflujo.                      |
| 103-PAM | Motor de la Bomba 103-PA.              |



TAG

## AREA 6

|          |                               |
|----------|-------------------------------|
| 102- V   | Acumulador de Reflujo.        |
| 201- V   | Separador de Gas Acido.       |
| 201- P   | Bomba de Agua Amarga.         |
| 201- PM  | Motor de la Bomba 201- P.     |
| 201- PA  | Bomba de Agua Amarga.         |
| 201- PAM | Motor de la Bomba 201- PA.    |
| 201- K   | Soplador de Aire.             |
| 201- KT  | Turbina del Soplador 201- K.  |
| 201- KA  | Soplador de Aire.             |
| 201- KTA | Turbina del Soplador 201- KA. |

## AREA 7

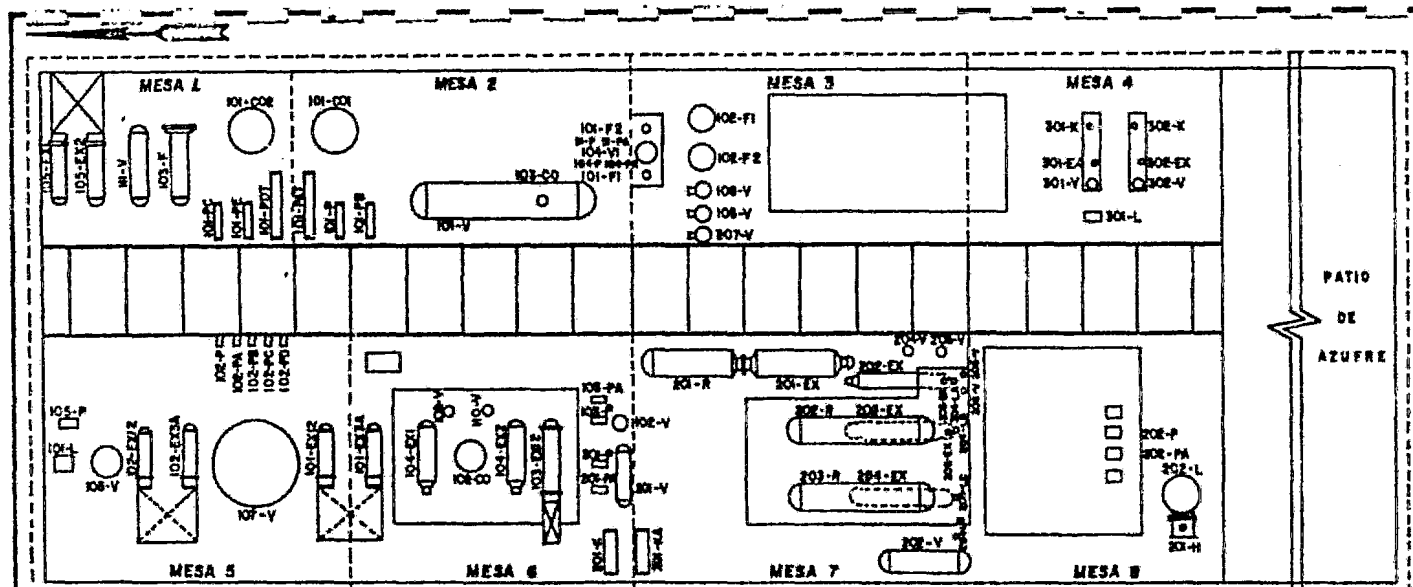
TAGDESCRIPCION

|         |  |
|---------|--|
| 201- R  | Reactor Térmico.                       |
| 201- EX | Caldera de Recuperación.               |
| 202- EX | Condensador de Azufre N°1.             |
| 205- EX | Recalentador de Gas N°1.               |
| 203- EX | Condensador de Azufre N°2.             |
| 206- EX | Recalentador de Gas N°2.               |
| 204- EX | Condensador de Azufre N°3.             |
| 202- R  | Reactor Catalítico N°1.                |
| 203- R  | Reactor Catalítico N°2.                |
| 202- V  | Coalescedor de Azufre.                 |
| 204- L  | Sello de Azufre de la 201- EX.         |
| 204- LA | Sello de Azufre del 202- EX.           |
| 204- LB | Sello de Azufre del 203- EX.           |
| 204- LC | Sello de Azufre del 204- EX.           |
| 204- LA | Sello de Azufre del Coalescedor 202-V. |
| 203- L  | Saturador de Vapor.                    |

## AREA 8

TAGDESCRIPCION

|          |                            |
|----------|----------------------------|
| 201- L   | Fosa de Azufre.            |
| 202- P   | Bomba de Azufre.           |
| 202- PM  | Motor de la Bomba 202- PA. |
| 202- PA  | Bomba de Azufre.           |
| 202- PAM | Motor de la Bomba 202- PA. |
| 201- H   | Incinerador de Gas.        |
| 202- L   | Chimenea del Incinerador.  |



**MESA 1**  
 105-EX1,2 ENFRÍADORES DE GAS AMARILLO  
 111-V TANQUE SEPARADOR DE CONDENSADOS  
 103-P FILTRO PARA GAS AMARILLO  
 101-CO2 TORRE ABSORBEDORA  
 103-PC,POT BOMBAS DE AMONIA AL ABSORBEDOR EX-CO2

**MESA 5**  
 102-R,PA,PL,PC,PL BOMBAS SCOTER DE AMONIA  
 105-P BOMBAS DE AMONIA DE REPUESTO  
 101-L TANQUE DE AMONIA ENTERRADO  
 101-EX1,2 INTERCAMBIADORES DE AMONIA-AM  
 102-EX1,2,3,4 ENFRÍADORES DE AMONIA  
 108-V TANQUE DE AMONIA  
 107-V TANQUE DE BALANCE

**MESA 8**  
 202-R,PA BOMBAS DE AZUFRE  
 208-L CHIMNEA DEL INCUBADOR  
 201-H INCUBADOR DE GAS

**MESA 2**  
 101-R,PA,PS BOMBAS DE AMONIA AL ABSORBEDOR EX-CO2  
 101-CO1 TORRE ABSORBEDORA  
 101-V TANQUE SEPARADOR DE H2O  
 108-CO2 TORRE LAVADORA DE H2O  
 111-R,PA BOMBAS SCOTER DE H2O CAPA  
 104-R,PA BOMBAS DE FORMACION DE PRECAPA

**MESA 6**  
 101-EX1,4 INTERCAMBIADORES DE AMONIA-AM  
 104-EX1,2 RESERVADORES DE AMONIA  
 103-EX1,2 CONDENSADORES DE REPLAZO  
 108-W TANQUE DE CONDENSADOR DEL 104-EX1  
 110-V TANQUE DE CONDENSADOR DEL 104-EX2  
 102-CO2 TORRE REGENERADORA  
 108-S,PA BOMBAS DE REPLAZO  
 204-R,PA BOMBAS DE GAS AMARILLO  
 204-K,KA SOPLOSORES DE AIRE  
 102-H ACHICADOR DE REPLAZO  
 201-V SEPARADOR DE H2O

**MESA 3**  
 101-F1,2 FILTROS DE HOJAS  
 104-V1 TANQUE DE PRECAPA  
 102-F1,2 FILTROS DE CARBON  
 104-V2 TANQUE INTERMEDIANTE  
 104-V TANQUE DE ANTI-CORROSION  
 207-V TANQUE DE FOSFORO

**MESA 7**  
 202-EX CONDENS. DE AZUFRE No.1  
 203-EX CONDENS. DE AZUFRE No.2  
 204-EX CONDENS. DE AZUFRE No.3  
 206-SK RECALENTADOR DE GAS No.1  
 206-SK REACTOR TERMICO  
 201-R CALDERA DE RECUPERACION  
 202-V TANQUE DE CONDENSADOR  
 204-V TANQUE DE PURGAS  
 206-V TANQUE DE COND. DEL 206-EX  
 208-V TANQUE DE COND. DEL 206-EX  
 202-R REACTOR CATALITICO No.1  
 203-R REACTOR CATALITICO No.2  
 104-L,LA,R,C,L,C,L,D SELLOS DE AZUFRE

**MESA 4**  
 301-R COMPRESOR AIRE PARA INSTRUMENTOS  
 308-K COMPRESOR AIRE DE PLANTA  
 301-EX PORTAFRACION AIRE PARA INSTRUMENTOS  
 308-EX PORT. AIRE DE PLANTA  
 308-V TANQUE RECIPIENTE DE 308-K  
 308-V TANQUE RECIPIENTE DE 308-K  
 301-L RECICLADOR AIRE PARA INSTRUMENTOS

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

ARREGLO DE EQUIPO

PLANTA ENDULZADORA No. 1.

FAC CIENCIAS  
QUIMICAS

CARLOS M  
ESPINOZA GLEZ

## DESCRIPCION DE LOS PROCESOS.

### DESCRIPCION DEL PROCESO DE ENDULZAMIENTO DEL GAS AMARGO.

La planta tiene una capacidad para procesar 400 millones de pies cúbicos estandar por día (11.32 Millones de metros cúbicos estandar por día)., a 14.7 Psia. (760 M M 17) y 60°F (15.6°C) de Gas Amargo con la siguiente composición.

| Componen te      | % Mol. |
|------------------|--------|
| C1               | 68.68  |
| C2               | 14.10  |
| C3               | 6.35   |
| C4               | 2.83   |
| C5               | 1.00   |
| C6+              | 1.24   |
| CO <sub>2</sub>  | 3.35   |
| H <sub>2</sub> S | 2.45   |
| T O T A L.       | 100.00 |

Se considera que el Gas está saturado con agua a las condiciones de operación.

El Gas Natural procedente de la Zona de Campeche se recibe en el límite de Baterías a una Temperatura de 115°F y 1000 PSIG. de -- Presión, y pasa a un sistema de enfriamiento (105-EX 1,2), separación (111-V) y Filtración (103-F) donde se le separan los sólidos y líquidos que el Gas pudiera arrastrar.

El Gas libre de sólidos y líquidos pasa a las Torres de Absorción (101-CO 1, 2) donde se pone en contacto con solución de --- Dietcinolamina (DEA) pobre, la cual absorbe el Acido Sulfhídrico y el Dióxido de Carbono contenido en el Gas.

El gas dulce proveniente del domo superior de las dos Abbedoras, entran a las secciones Inferiores de las mismas, en las cuales - se cuenta con mallas eliminadoras de arrastre que permiten recuperar la solución de Dretanolamina arrastrada en el Gas dulce y captarla en caso de un mal funcionamiento del absorbedor. El -- Gas dulce es enviado a límites de Bateria a una Temperatura de - 110°F y una presión de 1090 PSIG.

La DEA Rica del fondo de cada Absorbedor es alimentada a una Turbina Hidráulica que acciona una de las Bombas de DEA Pobre a los Absorbedores, recuperando de esta manera aproximadamente 600 BHP por Turbina.

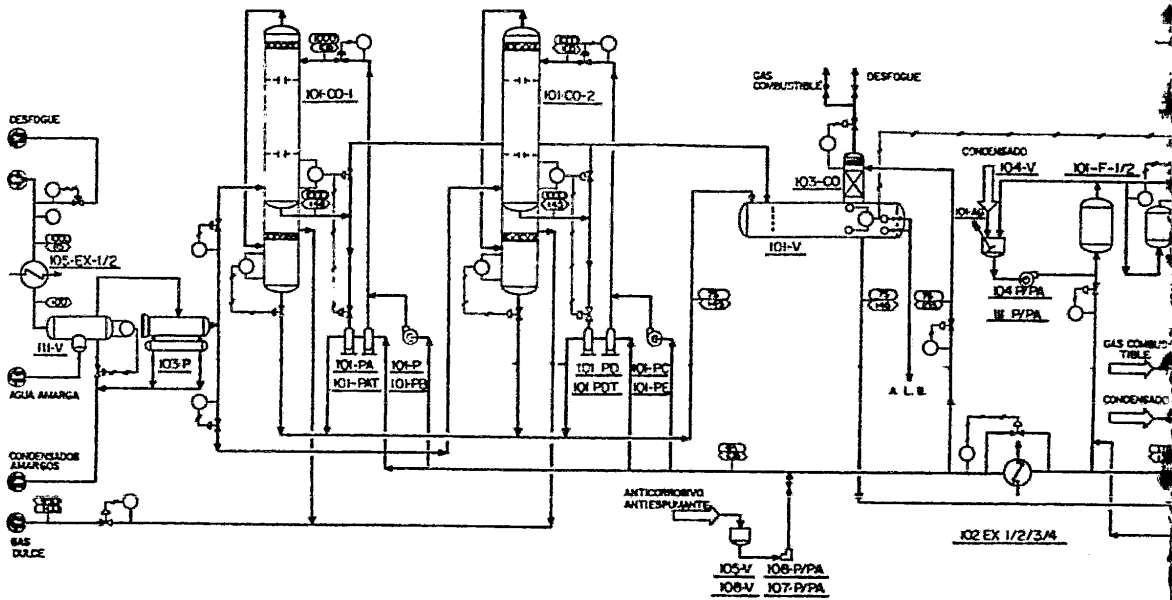
La DEA Rica a la descarga de las dos Turbinas Hidráulicas (101 - PAT, PDT) es enviada a un Tanque Separador (103-CO) a la cual se recircula DEA Pobre con el propósito de endulzar los hidrocarburos antes de ser enviados al sistema de Gas Combustible.

La DEA Rica que fluye del Tanque separador de Hidrocarburos (101-V) se calienta intercambiando calor en los intercambiadores (102-EX -- 1, 2, 3, 4) contra la DEA Pobre proveniente de los fondos de la Torre Regeneradora (102-CO); la DEA Rica Precalentada hasta una Temperatura de 210°F es alimentada a la Torre Regeneradora (102-CO) en el plato 17.

En esta columna se lleva a cabo la regeneración de la DEA. Los Acidos saturados con agua proveniente del domo pasan por los -- Condensadores (103-EX 1, 2), donde son enfriados hasta 115°F, el agua condensada se regresa al Plato 20 para Condensar la DEA evapora da y suministrar reflujo a la Torre.

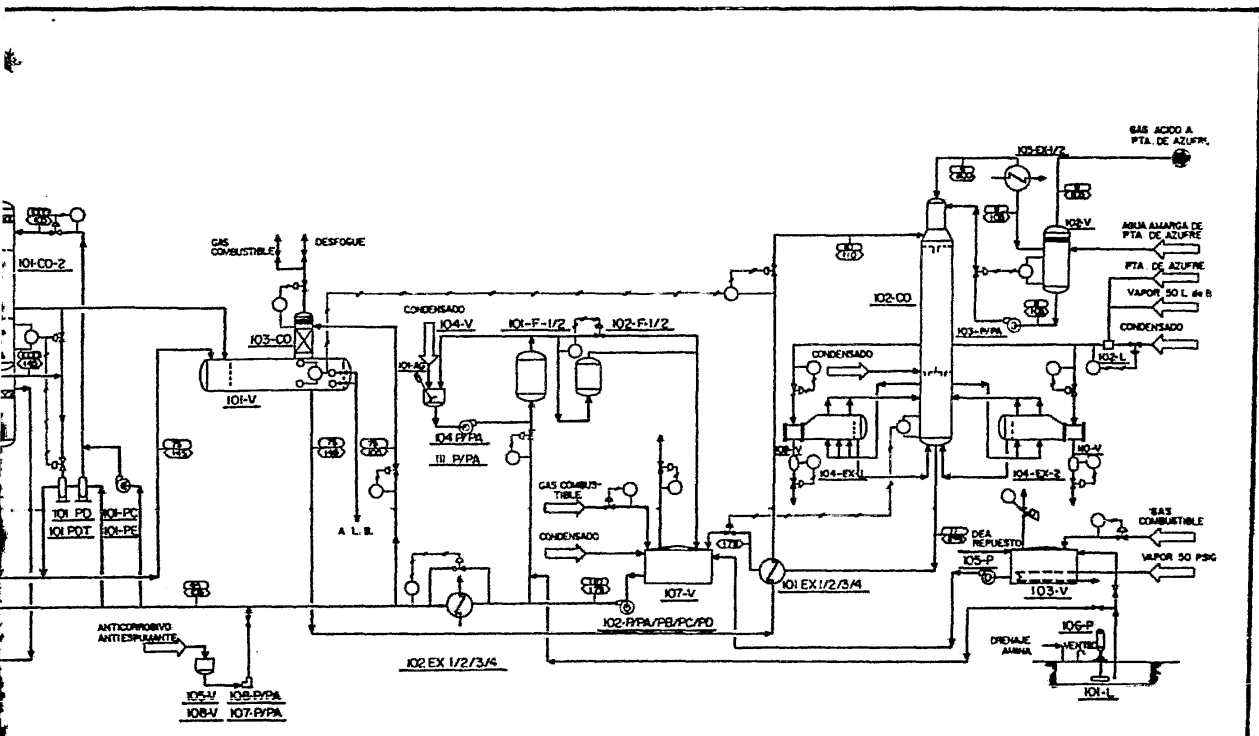
El Gas Acido saturado es enviado a la Planta de Azufre a 8 Psig. El calor necesario para regenerar la solución de Amina se añade en dos rehervidores (104-EX 42) cuales se alimenta Vapor de 50 Psig. La DEA Regenerada es Enfriada por intercambio de Calor contra la -- DEA Rica en los intercambiadores (101-EX 1, 2, 3 y 4), subsecuente mente llevada a su temperatura final de 105°F en los enfriadores -- Agua (102-EX 1, 2, 3, y 4), y enviada al Tanque de Control (107-V), el cual permite un mejor control bajo condiciones variables durante la Operación de la Planta. Las Bombas de Amina (102-P, PA, PB, PC, PD), succionan del Tanque (107-V) y descargan en un cabezal común de 14 de diámetro a 178 Psig. de donde succionan las Bombas de Amina al absorbedor (101-P, PAT, PB, PC, PDT, PE) y envían la solución a las dos Torres Absorbedoras. El 15% de la DEA Pobre es enviada a los filtros de precapa (101-F 1, 2) y Carbón Activado (102-F 1, 2) con el fin de mantener la DEA libre de impurezas que pudieran causar corrosión o formación de espuma en el sistema. El volúmen de Gas Dulce obtenido por el proceso antes descrito es de 376.26 Millones de pies cúbicos estandar por día (10.65 Millones de metros cúbicos estandar por día), a 14.7 Psig. y 60°F con las siguientes especificaciones:

| COMPONENTE       | % MOL. |
|------------------|--------|
| C 1              | 72.72  |
| C 2              | 14.94  |
| C 3 (+)          | 12.12  |
| C 0 2            | 0.08   |
| H <sub>2</sub> O | 0.014  |
| T O T A L.       | 100.00 |



NOTAS

-  TEMPERATURA, °F
-  PRESION PSIG



|                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| <b>U. N. A. M.</b>         |                           |
| <b>TESIS PROFESIONAL</b>   |                           |
| <b>DIAGRAMA DE PROCESO</b> |                           |
| <b>PLANTA ENDULZADORA</b>  |                           |
| FAC CIENCIAS<br>QUIMICAS   | CARLOS M<br>ESPINOZA GLEZ |

DESCRIPCION DEL PROCESO DE LA PLANTA RECUPERADORA DE AZUFRE.

La Planta tiene una capacidad de recuperación de Azufre de 360.9 Ton/día (795784.5 Libras/día) con una pureza de 99.9 % en peso.

El proceso es de tipo de "FLUJO DIRECTO" seguido de dos etapas - de conversión catalítica. Para incrementar la eficiencia global de las dos etapas de conversión, se emplean recalentadores (205-EX, 206-EX) de vapor.

La Planta de Azufre procesa 23,74 Millones de Pies Cúbicos por - día) de Gas Acido a 14.7 Psig. y 60°F, con la siguiente especificación.

| COMPONENTE | % MOL. |
|------------|--------|
| H 2S       | 39.71  |
| H 2O       | 4.65   |
| CH 4       | 1.56   |
| CO 2       | 54.08  |
| T O T A L. | 100.00 |

El Gas Acido proveniente de la Planta Endulzadora llega a QPSIA- de presión y 105°F, a la Planta de Azufre, y lo recibe el separador de Gas Acido (201-V) donde se cuenta con un eliminador de -- niebla o dêmister que permite separar el agua que el gas pudiera arrastrar.

Todo el Gas seco se alimenta a la camara de Combustión (201-R);- en ella se produce por combustión directa azufre elemental en pa se de vapor el cual es enfriado en la caldera de recuperación -- (201-EX) y posteriormente condensado en el condensador N°1 (201-EX).

Ambas unidades producirán vapor de 50 Psig. Para elevar la tempe ratura de la corriente de proceso principal hasta el nivel requere<sup>u</sup>do a la entrada del convertidor N° (202-R) se utiliza un reca lentador (205-EX) con vapor de alta presión. Para este propósi to, emplea vapor de 600 Psig. generado en la casa de calderas -- del Complejo.

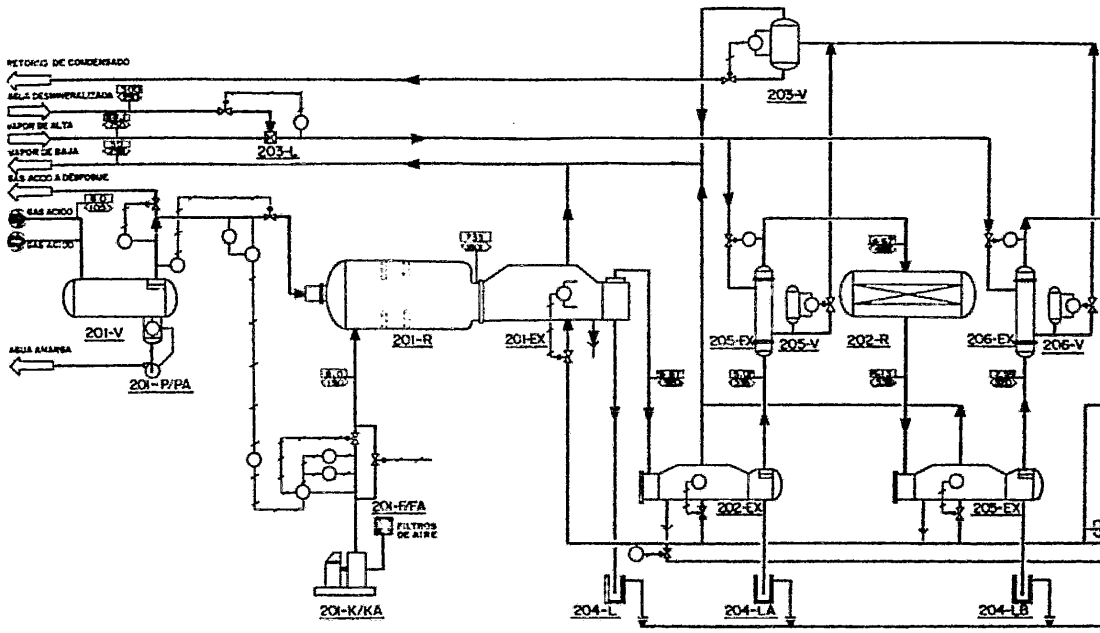
En el convertidor (202-R) se produce una cantidad adicional de - azufre el cual es condensado en el condensador N°2 (203-EX) gene randose vapor de 50 Psig. Al igual que en la caldera de recupe ración -- el condensador N°1. El Azufre condensado en el conden sador N 1 es el producido por "Conversión de flama libre " y con densado a una temperatura de 320°F.

La cantidad de azufre recuperado en el condensador N°2 es el resultado de la relación catalítica de H25 bajo condiciones ideales de 2 moldes de H25 por mol. de 502.

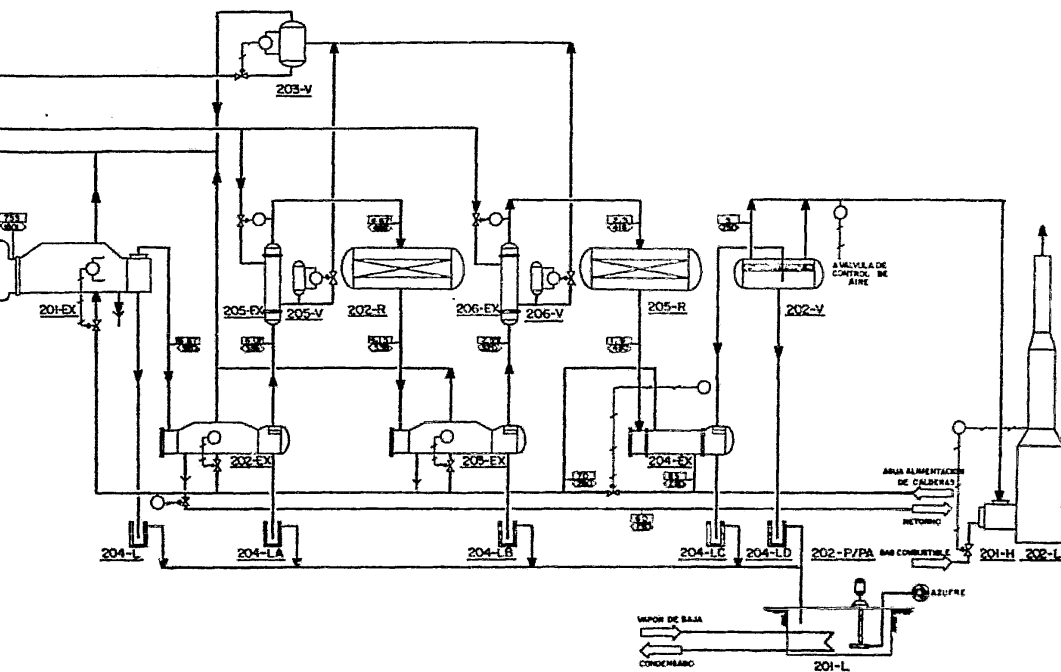
Un segundo recalentador (206-EX) con vapor de alta presión calienta la corriente de alimentación al segundo convertidor (203-R) a una temperatura optima de 412°F, como antes, el azufre producido es condensado en el condensador N°3 (204-EX), sin embargo, en este caso, en lugar de generar vapor de baja presión la unidad es usada como precalentadora del agua de alimentación a calderas de recuperación y condensador N°1 y N°2. Cualquier azufre que pueda ser --arrastrado en la corriente de salida del condensador N°3 es recuperado en un coalescedor (202-V) antes de incinerar los gases de cola.

Por último los gases que salen del incinerador (201-H) son enviados a la atmósfera por medio de una chimenea (202-L) de 150 FT. de altura.





□ TEMPERATURA °F  
 ○ PRESION PSIB.



|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| U. N. A. M.           |                        |
| TESIS PROFESIONAL     |                        |
| DIAGRAMA DE PROCESO   |                        |
| PLANTA DE AZUFRE      |                        |
| FAC CIENCIAS QUÍMICAS | CARLOS M ESPINOZA GLEZ |

## CAPITULO III.

### TECNICA DE RECEPCION Y NORMAS DE REFERENCIA.

Como respuesta al notable incremento de nuevas instalaciones en PEMEX, específicamente en la Gerencia de Petroquímica (G.P.Q.), y las múltiples facetas con que cuenta cada una de ellas, se hace en cada ocasión más patente la importancia de una labor planificada para su recepción y arranque como base de las políticas de trabajo, establecidas con este fin por G.P.Q., está la de formar para la recepción y arranque, un grupo autónomo, integrado por Técnicos que tendrán bajo su responsabilidad desarrollar todas las actividades de inspección necesarias para recibir la Planta, así como la de apostar criterios y experiencias propias de todas y cada una de sus especialidades, para complementar las del constructor y lograr una planta más funcional y operable, coordinación más realista entre las fases finales de construcción y los programas de pre-arranque.

La inspección de la Planta se divide por especialidades de la siguiente manera:

#### 60.- OBRA CIVIL:

- 6.1 Cimentaciones
- 6.2 Drenajes y ductos subterráneas
- 6.3 Pintura y recubrimientos anticorrosivos
- 6.4 Aislamientos Térmicos
- 6.5 Estructuras e Instalaciones
- 6.6 Red de Agua Contra Incendio.

#### 1.0 EQUIPO ESTÁTICO:

- 1.1 Torres
- 1.2 Cambiadores de Calor
- 1.3 Reactores
- 1.4 Calderas
- 1.5 Filtros
- 1.6 Tanques Atmosféricos
- 1.7 Recipientes.

#### 2.0 EQUIPO MECÁNICO MOVIL:

- 2.1 Bombas
- 2.2 Compresores
- 2.2 Sopladores
- 2.3 Turbina

#### 3.0 TUBERÍA:

- 3.1 Circuitos de Proceso y Servicio
- 3.2 Radiografiado de Soldaduras de Campo
- 3.3 Relevado de esfuerzos de Soldaduras de Campo
- 3.4 Especificaciones y Procedimientos de Soldadura.

4.0 OBRA ELECTRICA:

- 4.1 Sistema de Tierras y Para-rayos
- 4.2 Clasificación de Areas
- 4.3 Subestaciones
- 4.4 Motores
- 4.5 Generadores
- 4.6 Líneas de Transmisión
- 4.7 Iluminación
- 4.8 Transformadores y Centros de Control

5.0 INSTRUMENTACION:

- 5.1 Valvulas y Circuitos de Control
- 5.2 Instrumentación Neumática
- 5.3 Instrumentación Neumática
- 5.4 Dispositivos de Relevo de Seguridad

Deberá haber por lo menos un Ingeniero de cada especialidad para cada sección.

Se le dio la total responsabilidad en lo que se refiere a la recepción del equipo mecánico, estático, tuberías, redes contraincendio y drenaje, a un Ingeniero Químico el cual debe conocer y manejar lo siguiente:

- 1.- Conocer los códigos y estándares de Construcción, de Inspección y Pruebas.
- 2.- Conocer las medidas de Seguridad para prevenir accidentes - al personal, a sus órdenes.
- 3.- Conocer los manuales de Instalación y Mantenimiento del equipo bajo su responsabilidad.
- 4.- Conocer la operación del equipo de Inspección necesaria para la recepción.
- 5.- Conocer el proceso de la Planta que se construye.
- 6.- Saber leer e interpretar los dibujos que tengan relación -- con su trabajo bajo su responsabilidad.

Como sabemos es de primordial importancia el contar con información suficiente y organizada, ya que es la base firme de sustentación para el estudio y resolución del resto de los aspectos de recepción, arranque y operación por lo que la primera función -- del Inspector será la de formar un archivo completo que incluya:

- Diagramas de flujo de Proceso
- Diagramas de Tubería e Instrumentación
- Plano de localización General de la Planta
- Diagramas de Integración
- Dibujos y manuales de los Servicios Auxiliares en general
- Isométricos de construcción de tubería
- Índice de líneas
- Índice de Planos
- Normas y especificaciones de diseño y construcción
- Dibujos de accesorios y tubería
- Hojas de especificaciones, dibujos de diseño y de fabricante de equipo
- Catálogos de fabricante
- Manuales de erección
- Ordenes de Compra
- Relación de partes de repuesto
- Manuales de operación
- Dibujos de Obra Civil, Eléctrica, Mecánica
- Dibujos de los Instrumentos Electrónicos
- Dibujos y especificaciones de la Soportería
- Métodos de análisis Químico y Físico de las diferentes corrientes y materias primas
- Reportes de Inspección
- Cálculos de límites de retiro
- Listas de modificaciones al diseño y su justificación
- Lista de las reparaciones al equipo y sus motivos.

Es de vital importancia que el archivo esté lo más actualizado -- posible, con las últimas revisiones de los dibujos de construcción , implementando un sistema para hacerlas llegar al campo a la brevedad posible, con el fin de practicar la modificación ahí asentada.

## NORMAS DE REFERENCIA.

Se debe contar con la última revisión de los siguientes estándares de consulta común en la etapa de la construcción:

### 1.- ESTANDARES ANSI.

Tubería para agua -----(B, 31, 3 ).  
Tubería para aire y gas -----(B, 31, 2 ).  
Tubería para Refinerías de Petróleo -----(B, 31, 3 ).  
Tubería de Transportación de Aceite -----(B, 31, 4 ).  
Tubería de Refrigeración -----(B, 31, 5 ).  
Tubería de Proceso para la Industria Química -----(B, 31, 6 ).  
Tubería de Distribución y Transportación de Gas -----(B, 31, 8 ).

### 2.- CODIGOS DE ASME.

Sección I.- Calderas de Fuerza.

Sección II.- Especificaciones de Materiales.

Parte A- Ferrosos.

Parte B- No Ferrosos.

Sección VIII.- Calificación de Soldaduras.

3.- Tomos A.S.T.M.

Tomo 1

Tomo 2

4.- Guía de Inspección API.

a) Capítulos del I al XX. y un apéndice de Inspección de Soldaduras.

## EQUIPO MECANICO ESTATICO.

Fue necesario para la recepción e Inspección del equipo Estático, dividirlos en grupos, de acuerdo con los códigos y normas de referencia, que regían su diseño y construcción, de la siguiente manera:

- Recipientes de Presión.
- Recipientes Atmosféricos.
- Cambiadores de Calor de Carcaza y Tubos.
- Caldera de Recuperación.
- Incinerador y Chimenea.
- Un Recipiente a Presión es un equipo cerrado que tiene una presión de diseño externa o interna, mayor que 15 lb/in<sup>2</sup> manométrica, la presión externa puede ser causada por un vacío interno o por un fluido encerrado en una chaqueta exterior al recipiente. El Código que rige a estos equipos es el A.S.M.E. - Sección VIII, división I, que es válido para recipientes con presión de diseño hasta 300 Psi (210.9 Kg/m<sup>2</sup>).
- Los recipientes atmosféricos son recipientes cilindricos verticales de fondo plano diseñados para operar a presión atmosférica en el espacio de vapores, pueden ser de cúpula conica, flotante o cubiertos y su función es la de almacenar productos. - El código que gobierna el diseño de este tipo de tanques es el estándar API-650, revisión I de Mayo 15 de 1978.
- Los cambiadores de calor de carcaza y tubos también pueden ser considerados como recipientes a presión que contienen una serie de paredes de contacto para lograr el intercambio de calor, las normas que propiamente rigen su diseño y construcción son las de la asociación de cambiadores de calor de carcaza y tubos ( T.E.M.A.).
- Caldera de recuperación.- Se trata de una caldera de tubos de humo y doma integral el código que rige su diseño y construcción es el ASME Sección I.
- Incinerador y Chimenea.

## "TECNICA DE RECEPCION DE EQUIPO ESTATICO"

Lo primero es comparar planos de diseño del equipo contra planos del fabricante de dicho equipo, si coinciden entonces se procede a vaciar los datos en tablas para facilitar la inspección y recepción de los equipos, esto es general para todos los equipos, ya sean torres, cambiadores, filtros, etc.

Se elaboraron tablas con los datos de pruebas hidrostáticas y/o neumáticas para los equipos que lo requieran, tablas de conexiones internas y externas de todos los equipos, así como de materiales y conexiones externas.



**BALANCE DE EQUIPO PROBADO PLANTA ENDULZADORA Y RECUP. DE AZÚFRE**

**— NOMENCLATURA —**

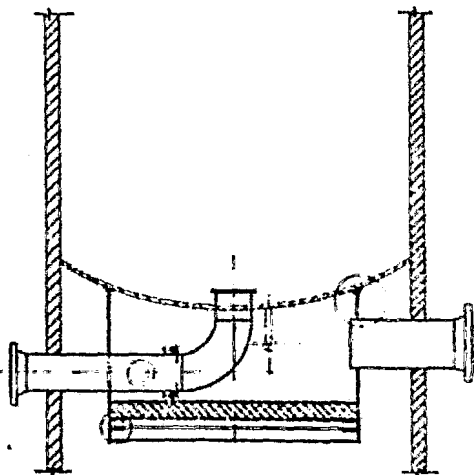
PRESION DISEÑO : \_\_\_\_\_  
 PRESION PRUEBA : \_\_\_\_\_  
 PROBADO : \_\_\_\_\_  
 FECHA : \_\_\_\_\_

| EQUIPO   | PD (PSIG) (Kg/cm <sup>2</sup> ) |       | PP (PSIG) (Kg/cm <sup>2</sup> ) |        |          |        |       |       |
|----------|---------------------------------|-------|---------------------------------|--------|----------|--------|-------|-------|
|          | CUBIERTA                        | TUBOS | CUBIERTA                        |        |          |        | TUBOS |       |
|          |                                 |       | CUERPO CON ANILLO               |        | INTEGRAL |        |       |       |
| 101-EX-1 | 75.0                            | 100.0 | 113.0                           | 7.91   | 113.0    | 7.91   | 150.0 | 10.5  |
| 101-EX-2 | 75.0                            | 100.0 | 113.0                           | 7.91   | 113.0    | 7.91   | 150.0 | 10.5  |
| 101-EX-3 | 75.0                            | 100.0 | 113.0                           | 7.91   | 113.0    | 7.91   | 150.0 | 10.5  |
| 101-EX-4 | 75.0                            | 100.0 | 113.0                           | 7.91   | 113.0    | 7.91   | 150.0 | 10.5  |
| 102-EX-1 | 135.0                           | 75.0  | 203.0                           | 14.21  | 203.0    | 14.21  | 113.0 | 7.91  |
| 102-EX-2 | 135.0                           | 75.0  | 203.0                           | 14.21  | 203.0    | 14.21  | 113.0 | 7.91  |
| 102-EX-3 | 135.0                           | 75.0  | 203.0                           | 14.21  | 203.0    | 14.21  | 113.0 | 7.91  |
| 102-EX-4 | 135.0                           | 75.0  | 203.0                           | 14.21  | 203.0    | 14.21  | 113.0 | 7.91  |
| 103-EX-1 | 75.0                            | 75.0  | 113.0                           | 7.91   | 113.0    | 7.91   | 113.0 | 7.91  |
| 103-EX-2 | 75.0                            | 75.0  | 113.0                           | 7.91   | 113.0    | 7.91   | 113.0 | 7.91  |
| 104-EX-1 | 75.0                            | 75.0  | 113.0                           |        |          | 7.91   | 113.0 | 7.91  |
| 104-EX-2 | 75.0                            | 75.0  | 113.0                           |        |          | 7.91   | 113.0 | 7.91  |
| 105-EX-1 | 1210.0                          | 75.0  | 1815.0                          | 127.65 | 1815.0   | 127.65 | 113.0 | 7.95  |
| 105-EX-2 | 1210.0                          | 75.0  | 1815.0                          | 127.65 | 1815.0   | 127.65 | 113.0 | 7.95  |
| 1-FX     | 75.0                            | 17.0  |                                 | 112.5  |          | 7.87   | 25.5  | 1.78  |
| 202-FX   | 100.0                           | 75.0  | 5.25                            | 150.0  |          | 10.50  | 113.0 | 7.9   |
| 203-FX   | 100.0                           | 75.0  | 5.25                            | 150.0  |          | 10.50  | 113.0 | 7.9   |
| 204-FX   | 100.0                           | 75.0  | 5.25                            | 150.0  |          | 10.50  | 113.0 | 7.9   |
| 205-FX   | 125.0                           | 125.0 | 8.75                            | 205.0  |          | 15.35  | 225.0 | 15.35 |
| 206-FX   | 125.0                           | 125.0 | 8.75                            | 205.0  |          | 15.35  | 225.0 | 15.35 |

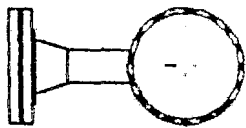
| EQUIPO          | PD (PSIG) (Kg/cm <sup>2</sup> ) |       | PP (PSIG) (Kg/cm <sup>2</sup> ) |          |       |                           |
|-----------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|----------|-------|---------------------------|
|                 | CUBIERTA                        | TUBOS | CUBIERTA                        |          | TUBOS |                           |
|                 |                                 |       | CUERPO CON ANILLO               | INTEGRAL |       |                           |
| ARGENTIN 202-   | 100.0                           | 7.0   | 150.0                           |          |       | 10.55                     |
| ARGENTIN 203-EX | 100.0                           | 7.0   | 150.0                           |          |       | 10.55                     |
| ARGENTIN 204-EX | 100.0                           | 7.0   | 150.0                           |          |       | 10.55                     |
| ARGENTIN 103-V  | 100.0                           | 7.0   | 150.0                           |          |       | 10.55                     |
| 205-EX          | 690.0                           | 75.0  | 1035.0                          | 72.45    |       | 113.0                     |
| 206-EX          | 690.0                           | 75.0  | 1035.0                          | 72.45    |       | 113.0                     |
| 101-V           | 135.0                           | 9.5   | 230.0                           |          |       | 14.25                     |
| 102-V           | 20.0                            | 3.1   | 45.0                            |          |       | 3.1                       |
| 104-VI          | 14.7                            | 1.0   | lleno de H <sub>2</sub> O       |          |       | lleno de H <sub>2</sub> O |
| 107-V           | 74.99                           | 5.27  | 112.4                           |          |       | 7.9                       |
| 108-V           | 74.99                           | 5.27  | 112.4                           |          |       | 7.9                       |
| 111-V           | 1210.0                          | 84.7  | 1815.0                          |          |       | 127.05                    |
| 201-V           | 29.99                           | 2.1   | 35.0                            |          |       | 3.15                      |
| 202-V           | 14.99                           | 1.05  | 22.4                            |          |       | 1.97                      |
| 203-V           | 74.8                            | 5.27  | 112.3                           |          |       | 7.9                       |
| 203-V           | 75.0                            | 5.25  | 112.5                           |          |       | 7.87                      |
| 204-V           | 49.9                            | 3.51  | 74.99                           |          |       | 5.25                      |
| 205-V           | 689.9                           | 49.52 | 1034.85                         |          |       | 72.78                     |
| 206-V           | 689.9                           | 49.52 | 1034.85                         |          |       | 72.78                     |
| 201-V           | 125.0                           | 8.75  | 180.0                           |          |       | 13.10                     |
| 202-V           | 125.0                           | 8.75  | 180.0                           |          |       | 13.10                     |
| 102-V           | 1.0                             | 0.7   | 1.0                             | 1.15     |       | 0.5                       |
| 103-V           | lleno de H <sub>2</sub> O       |       |                                 |          |       | atmosférica               |
| 104-V           | 1.0                             |       |                                 |          |       |                           |
| 105-V           | 1.0                             | 0.7   | 1.0                             | 1.15     |       | 0.5                       |
| 106-V           | lleno de H <sub>2</sub> O       |       |                                 |          |       | atmosférica               |







**NOTA IMPORTANTE**  
BOQUILLA SOLO PARA PRUEBA  
HIDROSTATICA QUITAR BRICA CIE-  
RA CUANDO SE EFECTUE PRUEBA  
HIDROSTATICA, Y COLOCARLA DES-  
PUES DE EFECTUACA



CORTE-X-X

|                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| U. N. A. M.              |                            |
| TESIS PROFESIONAL        |                            |
| <u>DETALLES</u>          |                            |
| TORRE ABSORBEDORA        |                            |
| FAC CIENCIAS<br>QUIMICAS | CARLOS M.<br>ESPINOZA GLEZ |

a). TORRES.

Torre absorbedora 101-C01.

Se consultaron los planos de diseño y se enlistan datos más importantes.

Fluido que manejan: Gas dulce, DEA Rica.

Presión de operación: 77.36 Kg/Cm<sup>2</sup>

Temperatura de operación: 66°C.

Presión de diseño: 85.1 Kg/Cm<sup>2</sup>

Temperatura de Diseño: 93°C.

Prueba Hidrostática: 127.9 Kg/Cm<sup>2</sup> (cabeza superior).

Alivio de esfuerzos: Sí.

Materiales de construcción: cuerpo, cabezas y boquillas fabricadas de -  
placa: A515-70.

Refuerzo en boquilla: A-181-II

Tornillos ó espárragos exteriores: A193-B7 Interiores: A-307-B.

Tuercas exteriores: A-194-2H Interiores: A-307-B

Interiores: A-106B, A-515-70, A-36.

Faldón A: 283-C

Empaques: Flexitalic de acero inoxidable 304 y 600#, diámetro de acuerdo al tubo.

INSPECCION EXTERIOR.

Se hace una tabla de boquillas donde se anota lo más indispensable para realizar la inspección.

TABLA DE BOQUILLAS

BRIDA

| <u>MARCA</u> | <u>CANT.</u> | <u>DIAM.</u> | <u>PROY.</u> | <u>TIPO</u>       | <u>RANGO</u> | <u>CEDULA</u> | <u>SERVICIO</u>                      |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|--------------------------------------|
| A 1 y 2      | 2            | 12"          | 309          | REFUERZO INTEGRAL | 600#         | 80            | ENTRADA GAS AMARGO                   |
| B            | 1            | 16"          | 413          | IDEM.             | 600#         | 80            | SALIDA GAS DULCE                     |
| C            | 1            | 10"          | 305          | IDEM.             | IDEM.        | 80            | ENTRADA DE AMINA                     |
| D            | 1            | 12"          | 305          | IDEM.             | IDEM.        | 80            | SALIDA AMINA RICA                    |
| F 1 y 2      | 2            | 2"           | 1842         | L.W.N.<br>R.F.    |              | 160           | CONTROL DE NIVEL DEL SEPARADOR       |
| G 1 y 2      | 2            | 2"           | 1842         | IDEM.             |              | 160           | CONTROL DE NIVEL DEL ABSORBEDOR      |
| H            | 1            | 3"           | 317          | IDEM.             |              | 160           | SALIDA DEL LIQUIDO SEPARADO          |
| J 1,2,3      | 3            | 24"          | 466          | REFUERZO INTEGRAL |              | 80            | ENTRADA HOMBRE C/BRIDA CIEGA         |
| K            | 1            | 16"          | 355          | IDEM.             |              | 80            | ENTRADA A SEPARADOR                  |
| N 1 y 2      | 2            | 2"           | 1842         | L.W.N.<br>R.F.    |              | 160           | ALARMA E INDICACION NIVEL ABSORBEDOR |
| P            | 1            | 2"           | 1842         | IDEM.             |              | 160           | TRANSMISOR PRESION DIFERENCIAL       |
| r 1 y 2      | 2            | 4"           |              |                   |              | 40            | MANGA PARA BOQUILLAS F1 y R1         |
| R 1 y 2      | 2            | 2"           | 1842         | REFUERZO INTEGRAL |              | 160           | ALARMA E INDICACION NIVEL SEPARADOR  |
| S            | 1            | 16"          | 336          |                   |              | 80            | SALIDA DEL SEPARADOR                 |
| T            | 1            | 18"x24"      |              |                   |              | P125          | ACCESO DE FALDON                     |

TABLA DE BOQUILLAS

| <u>MARCA</u> | <u>CANT.</u> | <u>DIAM.</u> | <u>PROY.</u> | <u>BRIDA</u>   |              | <u>CEDULA</u> | <u>SERVICIO</u>                |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|---------------|--------------------------------|
|              |              |              |              | <u>TIPO</u>    | <u>RANGO</u> |               |                                |
| U            | 1            | 6"           |              |                |              | 40            | MANGA P/BOQUILLA H             |
| V 1-4        | 4            | 4"           |              |                |              | 40            | VENTILAS                       |
| O 1-4        | 4            | 2"           | 1842         | L.W.N.<br>R.F. |              | 160           | TE(01 y 04 CON BRIDA<br>CIEGA. |
| W 1 y 2      | 2            | 2"           |              | IDEM.          |              | 160           | ENTRADA DE VAPOR.              |

El equipo corresponde con los Planos de Diseño.

Las válvulas se encuentran accesibles para su operación.

El equipo se encuentra correctamente iluminado.

Se checó que las boquillas fueran del diámetro especificado, tuvieran la proyección indicada, tuvieran el refuerzo, la orientación y altura especificadas, que el dibujo concéntrico de las bridas R.F. estuvieran en buenas condiciones, que el empaque fuera semimetálico flexitalic de 600# y diámetro de acuerdo a la brida, que los espárragos fueran de A-193 B7 y tuercas A-194 2H, y que tuvieran el apriete adecuado.

Se checó que el soporte del pescante y el pescante se hubieran construido como marca el diseño.

Se checó que los clips para escalera estuvieran instalados en el número, cantidad y elevación que marca el diseño, que la escalera estuviera correctamente atornillada y que tuviera su barandal y ángulo de protección.

Se revisó que la torre tuviera el número de clips indicados y la elevación para instalar las plataformas así como el atornillado de éstos clips a las plataformas.

Se checó que las boquillas para los termopozos estuvieran a la altura especificada, uno en el plato 4 y uno en el plato No. 18.

Se revisó que la torre tuviera las grapas para los soportes de tubería a la altura especificada.

La pintura anticorrosiva que se le aplicó fué de 2.5 milésimas de pulgada de primario de zinc 100% inorgánico RP-4B y 2 manos del acabado RA-22 - vinílico de áltos sólidos a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada, la preparación de la superficie fué con chorro de arena a metal blanco.

La protección contra incendio del faldón fué de una capa de 2" de espesor de cemento Portland C-150 tipo 1, por dentro y por fuera, aplicándosele neumáticamente.

Se verificó que el equipo estuviera anclado y con sus pernos de anclaje completos.

Se checó que la torre estuviera apropiadamente conectada a tierra, contando con su cable de cobre desnudo, semiduro de sección 67 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) y que tuvieran su tornillo y conector.

Se verificó que la instalación del apartarrayos en la cúspide de la torre, y que el cable de cobre desnudo suave, tuviera sus abrazaderas soporte al cuerpo de la torre y que se conectara a la red general de tierras.

Se verificó que ninguna cordón longitudinal de soldadura cayera sobre una boquilla ó clip.

Se checó que las juntas soldadas estuvieran limpias.

## PRUEBA HIDROSTATICA

El agua fresca es el medio de prueba más comúnmente usado para la prueba hidrostática, también es importante la temperatura ya que las pruebas - hidrostáticas con agua no deberán llevarse a cabo cuando la temperatura del agua esté abajo de 60°F (15.5°C), para éstos casos se podrá emplear kerosina, diesel ú otro medio.

Antes de aplicar presión, el equipo a prueba será examinado para ver si está hermético, y que todas las líneas de llenado de baja presión, hayan sido desconectadas, para que no están sujetas a la presión de prueba. Se venteará en los puntos altos del recipiente según la posición en que sea probado, para purgar las posibles bolsas de aire contenidas durante el llenado del recipiente.

La presión mínima para la prueba hidrostática será igual a 1.5 veces la presión de trabajo máxima permisible marcada en el recipiente (para los materiales de que están hechos los recipientes), multiplicada por el - valor mínimo de la relación de la tensión (St) a la temperatura de -- prueba (ambiente) entre el valor de tensión (S) del recipiente a la - temperatura de diseño.

$$P_t = \frac{1.5 P_{St}}{S}$$

Donde:  $P_t$  = Presión hidrostática mínima manométrica  $Lb/in^2$

$P$  = Presión manométrica interna de diseño  $Lb/in^2$ .

$St$  = Esfuerzo permisible a la temperatura de prueba  $Lb/in^2$ .

$S$  = Esfuerzo permisible a la temperatura de diseño  $Lb/in^2$ .

La presión de prueba usada fué de 128  $Kg/Cm^2$  medido en la cabeza superior de la torre.

Como sabemos la torre e absorbidora tiene integrado en el mismo equipo 1 recipiente separador, existiendo como límite entre el separador y el absorbedor, el fondo de éste último, es de suma importancia que al efectuar la prueba hidrostática exista comunicación entre ambos ya que la placa - del fondo del absorbedor es de bajo espesor y puede fracturarse por el - peso de la columna hidrostática. El fabricante ha provisto una boquilla de 3"φ con brida ciega que debe retirarse únicamente para la prueba hidros-tática y colocarla después de efectuarla.

Durante la prueba hidrostática se revisan todas las juntas soldadas, los orificios testigos de las placas de refuerzo de las boquillas y conexiones. Es conveniente contar con registros topográficos para saber si hay asentamientos durante la prueba hidrostática, se empezarán a tomar las 4 lecturas iniciales cuando el recipiente esté vacío, otras 4 al iniciarse el llenado, otras 4 cuando el recipiente está semilleno y las 4 finales cuando está - completamente lleno, se permite una desviación de 2 milésimas de pulgada, las 4 lecturas corresponden a los 4 puntos cardinales.

La duración de la prueba hidrostática debe ser la suficiente para determinar si existen fugas, pero en ningún caso menos de 10 minutos.



## INSPECCION INTERIOR

La torre absorbidora tiene una altura de 70 pies, y un diámetro interno de 10 pies.

La torre consta de 22 platos de acero al carbón calibre 10 con balastras de acero inoxidable. Cuenta con 2 eliminadores de arrastre de malla de acero inoxidable 316 de 6" de espesor, 1 para el domo del absorbedor y otro para la sección inferior que corresponde al separador.

La torre tiene un distribuidor para la amina pobre, un plato de sello y un eliminador de vórtices en el fondo del absorbedor.

Con la información necesaria tomada de los planos del fabricante del - equipo se procede a realizar una inspección preliminar en forma rápida e inmediatamente después que se abren las puertas de visita y consiste en lo siguiente:

1. Desde las puertas de visita se observan y se registran los daños que el equipo pudiera presentar (por ejemplo corrosión interna del cuerpo, fractura de soldaduras, posiblemente un soporte interno caído).

2. Desde las puertas de visita se observa y se registra el grado de ensuciamiento del equipo.

Después se procede a efectuar la supervisión del armado interior de los platos, y al mismo tiempo la revisión final del cuerpo del - equipo, poniendo atención especial en la soldadura del cuerpo y boquillas, es de primordial importancia que el equipo esté limpio para cumplir eficientemente con nuestro objetivo.

Es importante llevar un plan de trabajo para la revisión del equipo, localización de zonas defectuosas y de zonas con corrosión, revisión de zonas que se mantienen en observación, así como llevar un orden para la revisión interior del equipo.

En las torres se recomienda revisar de arriba hacia abajo.

Domo. Se retira el estado físico del cuerpo y casquete del domo en busca de zonas de corrosión registrando la localización y magnitud de dichas zonas.

Se revisan las soldaduras del cuerpo y boquillas para determinar su estado físico (localizar poros, fisuras, etc.).

Se revisa en el tubo distribuidor que tenga el número y tamaño de los orificios que marca el plano del fabricante, que se encuentre bien sujeto con las abrazaderas especificadas, que el tubo sea de la cédula de diseño así como las bridas y que tenga el empaque adecuado.

Malla Eliminadora de Arrastre. Se verifica la limpieza, el material de la malla, el espesor, la ausencia de agujeros y que el armado sea adecuado, para evitar canalizaciones.

Platos. Los platos se revisan de arriba hacia abajo llevando consigo la lista de verificación.

En cada plato se revisa lo siguiente:

- o). Se verifica la orientación de los platos tanto naves como pares, se revisa que el armado de los platos sea el de diseño.

- b). Se verificó que la tornillería empleada para el armado de los platos, rebosaderos y bajantes, se encuentre bien apretada, para ésto se emplea el torquímetro, con ésto se evita que las partes que las integran tengan movimiento que podría ocasionar la caída de una sección y por ende la alteración en las condiciones de operación de la torre.
- c). Que esté en buen estado físico el piso del plato (piso delgado, pandeado, zonas corroídas, agujeros).
- d). El estado físico de las bajantes (agujeros, zonas corroídas, bajante pandeada, etc.). Se debe comprobar que los claros de las bajantes de los platos con respecto al cuerpo de la torre, sea la indicada en los planos, se revisa que tenga la altura especificada, que se encuentre adecuadamente soportada y que cuente con sus placas antivibración.
- e). Se verifica que la altura de los rebosaderos sea la indicada y que los claros entre las bajantes con los rebosaderos sea la adecuada.
- f). Se checó que la altura de plato a plato fuera la de diseño .
- g). Se verifica que todas y cada una de las balastras se encuentren en buenas condiciones mecánicas, que se encuentren completas de acuerdo con el número que aparece en los planos del fabricante, se verifica que no se encuentren atoradas.
- h). Soportería. Se revisan las condiciones mecánicas de la solera soporte soldada al cuerpo de la torre, ángulos, viguetas, soporte del piso de la torre, todo debe verificarse que esté de acuerdo con los planos.
- i). Colectores ó llenaderas. Se revisan las condiciones mecánicas de la lámina, tornillería de su armado y la soportería, se verifica que éste libre de obstrucciones.  
Se checa la hermeticidad del armado.
- j). Se verifica que la tina acumuladora de líquidos ó sello de bajante del plato #1 esté correctamente armada y soportada, se checan los claros entre bajante y sello de la bajante.

Cuerpo. A medida que se van revisando los platos de la torre se verifica lo siguiente:

- a). Placas del cuerpo: Revisar condiciones mecánicas.
- b). Soldaduras del cuerpo y boquillas. Localización de defectos como: poros, zonas de desgaste, fisuras, etc.
- c). Boquillas. Verificar que se encuentren libres de obstrucciones y revisar condiciones mecánicas en su interior.  
Se checa que los termopozos estén instalados en las boquillas  $O_2$  y  $O_3$ , se verifica que el acceso de los termopozos no se vea impedido por alguna parte metálica, lo que ocasiona errores en la medición de la temperatura, dificultando el control de las conducciones de operación de la torre.

Fondo. Se revisa el estado físico del cuerpo y casquete del fondo; localizar zonas con corrosión ó algún defecto.

Revisión de las soldaduras del cuerpo y boquillas para localizar defectos, como poros, fisuras, etc.

Se revisa que el rompedor de turbulencia instalado tenga las medidas de diseño. Se verifica que las boquillas del fondo no tengan obstrucciones. Se checa que las boquillas de los medidores de nivel (LG'S) estén sin obstrucciones, se verifican las distancias entre boquilla y boquilla, entre la línea de soldadura de la cabeza del fondo y la boquilla inferior del medidor de nivel y éstas medidas se comparan con los niveles máximo y mínimo para ver si están correctas las alturas y posiciones de las boquillas.

### INSPECCION ULTRASONICA

Es sumamente importante en la construcción de una planta, confirmar que los equipos hayan sido fabricados con los espesores y materiales especificados.

Para verificar los espesores se usan equipos ultrasónicos que además de medir espesores también pueden detectar fallas internas en el material. El método de inspección ultrasónica usa vibraciones a frecuencias en el rango de 1 a 10 megaciclos. El principio fundamental consiste en enviar una onda uniforme y controlada de energía ultrasónica por medio de un transductor hacia un material de prueba. La energía será transmitida con poca pérdida (ó atenuación), a través de un materia homogéneo. Las ondas se atenúan o se reflejan en fallas ó defectos en la estructura física del material. Esta propiedad nos sirve para inspeccionar espesores o fallas en la tubería.

La inspección ultrasónica es muy importante porque nos permite checar si el material de construcción del equipo cumple con las normas y especificaciones tanto de diseño como de seguridad, porque una falla fuera de norma del material es riesgosa y puede poner en peligro la integridad física de la planta ó ser causa de un incendio ó explosión.

De los planos del fabricante o diseñador se recogen la siguiente información de primera importancia para llevar un control adecuado de análisis de las calibraciones y de ésta manera decidir si se acepta el equipo ó se rechaza.

Espesor del cuerpo: 4.488"

Espesor de la cabeza superior semiesférica: 2.244"

Espesor de la cabeza inferior semiesférica: 2.520"

Espesor de la cabeza toriesférica intermedia: 0.630"

Espesor de la pared de las boquillas de 2"Ø cédula 160: 0.343"

Espesor de pared de las boquillas de 3"Ø cédula 160: 0.423"

Espesor de pared de las boquillas de 4"Ø cédula 40: 0.237"

Espesor de pared de las boquillas de 5"Ø cédula 40: 0.289"

Espesor de pared de las boquillas de 10"Ø cédula 50: 0.493"

Espesor de pared de las boquillas de 12"Ø cédula 50: 0.637"

Espesor de pared de las boquillas de 16"Ø cédula 60: 0.843"

Espesor de pared de las boquillas de 20"Ø cédula 60: 1.049"

Se calibran y registran cada uno de los puntos de calibración en dibujos que sirven para indicar el lugar calibrado, el espesor original del recipiente, el espesor mínimo de aceptación de cada una de las partes del equipo y sus respectivos límites de retiro obtenidos por cálculo con las condiciones de diseño ó bien por medio de las normas A-VIII-4 "Límites de Retiro Absoluto para tuberías que manejan productos peligrosos" de Pemex.

El rango de aceptación del espesor de una tubería o recipiente en sus partes es de un octavo hacia arriba o hacia abajo de su espesor original. Esto se representa en la siguiente ecuación:

$$t_m = t_n (1 \pm 1/8)$$

Donde:

$t_m$  = Espesor aceptable.

$t_n$  = Espesor original o de diseño.

Se aplica la ecuación anterior a cada uno de los espesores tanto de los tubos de las boquillas como del cuerpo y cabezas enlistándose únicamente los valores hacia abajo ya que dichos valores nos dan los espesores mínimos aceptables.

|       |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $t_n$ | 4.488" | 2.244" | 2.520" | 0.630" | 0.343" | 0.438" | 0.237" | 0.280" |
| $t_m$ | 3.927" | 1.963" | 2.205" | 0.522" | 0.300" | 0.383" | 0.207" | 0.245" |
| $t_n$ | 0.593" | 0.687" | 0.843" | 1.218" |        |        |        |        |
| $t_m$ | 0.519" | 0.601" | 0.738" | 1.066" |        |        |        |        |

Se verificó que todos los puntos de calibración estuvieran dentro del rango de espesor aceptable.

#### INSPECCION EXTERIOR DEL RECIPIENTE SEPARADOR INTEGRADO A LA TORRE.

Se revisó que las boquillas de 3" para los medidores de nivel (LG'S), estuvieran a la altura y orientación especificada, lo demás se revisó junto con la torre.

#### PRUEBA HIDROSTATICA

Se realizó junto con la torre.

#### INSPECCION INTERIOR DEL RECIPIENTE SEPARADOR INTEGRADO A LA TORRE.

CASQUETE. El domo superior del separador es el fondo de la torre. Se revisan las soldaduras del casquete y boquillas para detectar poros, fisuras, etc., se revisan los interiores de las boquillas, se verifica que se encuentren libres de obstrucciones y en buenas condiciones. Aquí es bueno hacer notar la importancia de revisar si existe ó no la boquilla de 3" para la prueba hidrostática y verificar sus condiciones y localización.

MALLA SEPARADORA. Se revisa que se encuentre limpia y libre de casca-  
rilla, que no tenga agujeros ni canalizaciones, que se encuentre bien  
armada y sujeta, que el anillo y viga soporte de la malla se encuentren  
armados y atornillados de acuerdo al diseño, también se verifica el -  
espesor de 6" de la malla, el diámetro (0.011") del alambre y material  
respectivo (acero inoxidable 316), de la malla.

CUERPO.

- a). Placas del cuerpo. Localizar algún daño o corrosión de las placas.
- b). Soldaduras del cuerpo y boquillas. Localizar defectos como poros,  
zonas afectadas, fisuras, etc.
- c). Boquillas, Verificar que se encuentren libres de obstrucciones y -  
en buenas condiciones mecánicas.

FONDO. Revisar el rompedor de turbulencia, que exista y se localice en  
el lugar especificado y con las dimensiones de diseño.  
También se revisan las soldaduras de las boquillas al casquete, se ve-  
rifica que las boquillas del fondo y la de los medidores de nivel (LG'S)  
estén libres de obstrucción. A las boquillas de nivel se les checa la  
altura a que se encuentran, la distancia que guardan entre sí, la dis-  
tancia de la soldadura del cuerpo-casquete inferior a la boquilla de  
nivel inferior, se verifican éstas distancias con el plano del fabri-  
cante y con las condiciones de niveles mínimo y máximo en operación.

INSPECCION ULTRASONICA

Se realizó junto con la de la torre.

PRUEBA HIDROSTATICA

Se realizó junto con la de la torre.

PRUEBA DE HERMETICIDAD

Después de la prueba hidrostática y antes de la recepción del armado  
interno de la torre y del recipiente separador, se efectúa una prueba  
neumática para probar la hermeticidad de la junta bridada del fondo  
de la torre.

Se presiona la torre con aire a  $7 \text{ Kg/Cm}^2$  con los siguientes objetivos:

Desde el interior del recipiente separador, se verifica la hermeticidad  
de la junta bridada de la boquilla de 3"Ø del fondo de la torre, es -  
importante que ésta boquilla se encuentre perfectamente sellada, pues  
en operación normal no debe haber comunicación entre la torre y el re-  
cipientes separador por ésta boquilla, ya que ésto ocasionaría cambios  
en las condiciones de operación y pérdidas de amina por arrastre.  
Se prueba el fondo de la torre y la soldadura del fondo de la misma -  
con el cuerpo y boquillas.

Se chequea la hermeticidad de todas las juntas externas bridadas, se revisan las juntas soldadas, se verifica que las válvulas bridadas y soldadas no presenten fugas, ya sea por el medio cuerpo, prensaestopa, etc., se revisan los orificios testigo de las placas de refuerzo, se eliminan las fugas por apriete de espárragos, siendo a veces necesario cambiar el empaque o dar mantenimiento a la válvula.

TORRE REGENERADORA  
102-CO

DATOS DE DISEÑO:

Fluido: Gases ácidos y amina.  
 Presión de operación: 0.77 Kg/Cm<sup>2</sup>.  
 Temperatura de operación: 120°C.  
 Presión de diseño: 2.11 Kg/Cm<sup>2</sup>  
 Temperatura de diseño: 149°C.  
 Prueba Hidrostática: 3.16 Kg/Cm<sup>2</sup>  
 Alivio de Esfuerzos: Sí.

MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Cuerpo, cabezas y boquillas fabricadas con plata: A515-70.  
 Refuerzo en boquillas: A515-70.  
 Tornillos ó espárragos exteriores: A193-B7 Interiores: A307-B  
 Tuercas exteriores: A194-2H Interiores: A307-B  
 Accesorios internos: A106-B, A515-70, A-36.  
 Faldón: A-283-C  
 Aislamiento: Sí requiere.

INSPECCION EXTERIOR

Se elabora la tabla de boquillas siguiente:

TABLA DE BOQUILLAS

| <u>MARCA</u> | <u>CANTIDAD</u> | <u>DIAMETRO</u> | <u>CEDULA</u> | <u>SERVICIO</u>                            |
|--------------|-----------------|-----------------|---------------|--|
| A            | 1               | 16"             | 40            | Entrada DEA Rica.                          |
| B            | 1               | 30"             | PL13          | Salida de gases ácidos y acceso a torre.   |
| C            | 1               | 4"              | 120           | Entrada de reflujo.                        |
| D 1 y 2      | 2               | 24"             | PL13          | Entrada de vapor.                          |
| E 1 y 2      | 2               | 10"             | 60            | Salida de solución de DEA.                 |
| F            | 1               | 18"             | 40            | Servicio salida de DEA regenerada          |
| G 1 y 2      | 2               | 24"             | 60            | Retorno del rehervidor.                    |
| H 1 y 2      | 2               | 1"              | 160           | Transmisor de nivel.                       |
| J            | 1               | 1"              | 160           | Presión deiferencial.                      |
| L            | 1               | 24"             | PL13          | Entrada hombre con brida ciega y pescante. |
| M            | 1               | 30"             | PL13          | Entrada hombre con brida ciega y pescante. |
| N            | 1               | 24"             | PL13          | Manga para boquilla "F".                   |
| O            | 1               | 4"              | 120           | Entrada de agua desmineralizada.           |
| P            | 1               | 1"              | 160           | Termopar.                                  |
| Q 1 y 2      | 2               | 16"             | PL13          | manga para boquillas G 1 y G 2.            |
| V 1 y 4      | 4               | 4"              | 40            | Ventilas.                                  |
| Z            | 1               | 18 x 24"        | PL13          | Acceso del faldón.                         |
| Y            | 1               | 4"              | 40            | Manga para boquilla K <sub>2</sub>         |

Se verifica la orientación, proyección, diámetro, refuerzo y altura de las boquillas, se verificó que las bridas fueran de 150# y el dibujo - del R.F. estuviera en buenas condiciones, se verificó que el empaque de las bridas fuera semimetálico flexitalic de 150#, se verificó que los espárragos y tuercas fueran de 193-B7 y 194-2H respectivamente.

Se verifica la ubicación del soporte y pescante.

Se checa que los clips para escalera estén completos y en la elevación y orientación correcta.

La escalera estaba correctamente construída e instalada.

Se verificó que la torre tuviera completos los clips para plataforma. Se

checó que la plataforma estuviera correctamente instalada y construída.

Se verificó que la torre tuviera los clips para colocar el aislamiento.

Se checó que la torre tuviera las grapas para soportes de tubería a la altura y orientación de diseño.

Se limpiaron las áreas dañadas y se retocaron usando la misma pintura - anticorrosiva aplicada en taller. Como acabado se aplicó una capa de pintura vinil acrílica especificación RA-25 a un espesor de película seca - de 2milésimas de pulgada.

las válvulas se encuentran accesibles para operarlas.

El equipo se encuentra adecuadamente iluminado.

Para protección anticorrosiva del faldón se usó lo mismo que para el cuerpo sólo que en el faldón se pinta también el interior.

La protección contraincendio del faldón, fué de 1 capa de 2" de espesor de cemento Portland C-150 Tipo 1 por dentro y por fuera, aplicándosele - neumáticamente.

Se verificó que estuviera adecuadamente anclado y con la cimentación adecuada.

Se verificó que la boquilla del termopozo estuviera a la altura especificada (en el plato #10), y la boquilla para la toma del Pdt. estuviera a - la altura correcta y abajo del plato #1.

Se verificó la conexión a tierra de la torre y la instalación del apartarayos.

Se verificó que ningún cordón longitudinal de soldadura cayera sobre una boquilla ó clip.

El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material dieléctrico de - tela de fibra de vidrio almidonada. Las juntas traslapadas de la lámina de aluminio de acabado, lo mismo que en los cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar la entrada de humedad.

#### INSPECCIÓN INTERIOR

Diámetro interno de la primera sección 14' 6".

Diámetro interno de la segunda sección 9' 11 1/4".

La torre consta de 20 platos de acero al carbón calibre 10 con balastras de acero inoxidable.

Cuenta con dos distribuidores, uno para la alimentación de amina rica y otro para el reflujo de agua anarga, un plato de sello y una tina receptora.



Tiene 2 boquillas de suministro de vapor y 2 boquillas de salida de DEA a los rehervidores.

Con la información tomada de los planos del fabricante, se procede a -inspeccionar la torre.

Con las puertas de visita abiertas y desde ellas se efectúa un chequeo rápido que consiste en lo siguiente:

Se observa y registra los daños que el equipo pudiera haber sufrido, tales como corrosión interna, fracturas ó poros de las soldaduras, soportes caídos o faltantes.

Posteriormente se revisa la supervisión de el armado de los platos, - y revisión de soldaduras y detalles del cuerpo.

Se revisa de arriba hacia abajo como a continuación se enlista:

DOMO. Se revica el estado físico del cuerpo y cacquete del domo, se - verifica el diámetro interno de la parte cilíndrica superior de la torre. Se revisan las soldaduras del cuerpo y boquillas para verificar su estado físico (localizar poros, fisuras, etc.).

Se checa que el tubo distribuidor tenga el número y tamaño de los orificios que marca el plano del fabricante, que se encuentre bien sujeto con el apriete adecuado de los tornillos, que el tubo tenga el diámetro y cédula de diseño.

Se checó que las bridas fueran las especificadas, con el empaque y -- apriete adecuados.

PLATOS. Se van revisando de arriba hacia abajo llevando una lista de verificación.

la inspección se divide en dos partes, ya que los platos 19 y 20 son especiales.

En cada plato se revizó lo siguiente:

- a). Se verificó la orientación de los platos nones y pares, se revisa que el armado sea de diseño.
- b). Que la tornillería empleada para el armado de los platos, rebozaderos y bajantes, se encuentren bien apretados, empleando el torquímetro.
- c). Se verifica que la placa del piso del plato, esté en buenas condiciones físicas, lo mismo que las bajantes.
- d). Se verifica que tengan una sola bajante los platos 19 y 20, y cuntro los restantes 18, se puso cuidado en observar que los nones tienen dos bajantes en el primer tercio y dos en el segundo tercio. Los platos pares tienen dos bajantes laterales y dos centrales.
- e). Se verifica la distancia de la línea de soldadura a el distribuidor superior, la distancia de la línea de soldadura al plato 20 y la distancia del distribuidor al plato 20. Se midió la distancia entre el plato 19 y plato 20.
- f). Se chocan los claros de las bajantes de los platos con respecto al cuerpo de la torre, se verifica que tenga la altura especificada, que se encuentre bien suportada y que cuente con sus placas anti-vibración.

- g). Se verifica la altura de los rebozaderos, el claro entre bajantes y el claro entre rebozaderos.
- h). Se checa la distancia entre platos, recordando que la segunda sección de la torre, empieza en el plato 18, siendo importante la distancia entre el plato 18 y 19, la distancia entre el plato 18 y el distribuidor de alimentación y la distancia entre el plato 18 y la charola receptora de agua amarga, colocada arriba de éste.
- i). Se verificó que las balastras estuvieran en buenas condiciones, fueran de acero inoxidable 304, se encontraran completas y sin obstrucciones que impidan su libre funcionamiento.
- j). Soportería. Se verificó que la solera soporte de los platos, los ángulos y viguetas estuvieran en buenas condiciones y de acuerdo al plan.
- k). Colectores o llenaderas. Se verifica las condiciones mecánicas de la lámina, tornillería del armado y soportería. Se verifica que esté libre de obstrucciones.  
Se verifica la hermeticidad del armado.
- l). Se verifica que la tina acumuladora de líquidos ó sello de bajante del plato 19, esté correctamente armada y soportada.  
Se verifica los claros entre bajante y sello de la bajante, y las dimensiones de la tina.  
Es importante comprobar la hermeticidad del armado, ya que de esto depende un buen sello que evite que se arrastren vapores de amina con el gas ácido que sale del domo de la torre.  
Se comprueba que la tina de sello de la bajante del plato 1 y la tina colectora de amina hacia los rehedvidores tenga las dimensiones especificadas, estén bien soportadas. Se verifican los claros entre la tina de sello y la tina colectora, su altura y orientación.  
Se verifica que el armado de ambas sea hermético.

CUERPO. Se va revisando al mismo tiempo que los platos:

- a). Se revisan las condiciones mecánicas de las placas del cuerpo.
- b). Se revisan las soldaduras del cuerpo y boquillas, en busca de defectos como son: poros, zonas de desgaste, fisuras, etc.
- c). Boquillas. Se revisa que no estén obstruidas y que se encuentren en buenas condiciones mecánicas.  
Se checó que el termopozo que va dentro de la boquilla "P" no esté en contacto con ninguna parte metálica del plato, y que el acceso del termopozo no se impida por ningún soporte o bajante del plato.

FONDO. Revisión del estado físico del cuerpo y casquete en busca de cualquier desperfecto. Se revisan las soldaduras del cuerpo y boquillas buscando poros, fisuras, etc.

El rompedor de turbulencia corresponde con las medidas y ubicacion de diseño.  
 Se verifica que las boquillas del fondo no estén obstruidas.  
 Se checa que las boquillas de los medidores de nivel estén en la orientación y altura especificadas.

#### PRUEBA HIDROSTATICA

El medio de prueba fué agua fresca a una temperatura mayor de 16°C.  
 Se prepara el equipo poniendo bridas ciegas y cerrando las válvulas, para presionar únicamente el equipo.  
 Durante el llenado se ventea en los puntos altos del recipiente para purgar las bolsas de aire.  
 La presión de prueba usada fué de:  $3.16 \text{ kg/Cm}^2$  medido en la cabeza inferior.  
 Durante la prueba hidrostática se revisaron todas las juntas soldadas, orificios testigo de las placas de refuerzo de las boquillas.  
 Se tomaron registros topográficos observando asentamientos aceptables.  
 El tiempo de prueba fué el suficiente para efectuar la inspección.

#### INSPECCION ULTRASONICA

De los planos de diseño se sacan los datos siguientes:

Espesor de la primera sección: 0.500"  
 Espesor de la segunda sección: 0.375"  
 Espesor de la sección cónica: 0.500"  
 Espesor de la cabeza superior: 0.375"  
 Espesor de la cabeza inferior: 0.437"  
 Espesor de pared de las boquillas de 1"Ø cédula 160: 0.250"  
 Espesor de pared de las boquillas de 4"Ø cédula 120: 0.439"  
 Espesor de pared de las boquillas de 10"Ø cédula 60: 0.500"  
 Espesor de pared de las boquillas de 12"Ø cédula 60: 0.562"  
 Espesor de pared de las boquillas de 16"Ø cédula 40: 0.656"  
 Espesor de pared de las boquillas de 16"Ø fabricadas con placa: 0.512"  
 Espesor de pared de las boquillas de 18"Ø cédula 40: 0.562"  
 Espesor de pared de las boquillas de 24"Ø fabricadas con placa: 0.512"  
 Espesor de pared de las boquillas de 30"Ø fabricadas con placa: 0.512"

Se calibran y registran cada uno de los puntos de calibración en dibujos con toda la información necesaria.  
 Se enlistan los espesores originales y los mínimos aceptables de acuerdo a la ecuación explicada anteriormente:

|            |        |        |        |        |        |        |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| tn= 0.250" | 0.375" | 0.437" | 0.439" | 0.500" | 0.512" | 0.562" | 0.656" |
| tn= 0.219" | 0.328" | 0.382" | 0.393" | 0.439" | 0.448" | 0.492" | 0.574" |

Se comprobó que los valores de las calibraciones estuvieran dentro del - rango aceptable, es decir arriba del espesor mínimo requerido tm.

**TORRE LAVADORA DE HIDROCARBUROS**  
**103-CO**

---

La torre está integrada, por medio de soldaduras y una placa de refuerzo al tanque separador de hidrocarburos (101-V).

La torre sirve para endulzar los hidrocarburos ligeros que hubiera podido arrastrar la amina rica, que llega al tanque separador, e integrarlos a la red de gas combustible.

La función de ésta torre es de gran importancia, ya que de no eliminarse éstos hidrocarburos ligeros pasarían hasta la sección de recuperación de azufre dónde serían quemados ocasionado hollín que se depositaría en el catalizador de los convertidores de azufre, envenenándolo y reduciendo - su vida útil.

**DATOS DE DISEÑO.**

Fluido: DEA pobre - gas combustible.

Presión de operación: 5.27 Kg/Cm<sup>2</sup>

Temperatura de operación: 66°C

Presión de diseño: 9.5 Kg/Cm<sup>2</sup>

Temperatura de diseño: 93°C

Prueba hidrostática: 14.2 Kg/Cm<sup>2</sup>

Alivio de esfuerzos: Sí requiere.

**MATERIALES DE CONSTRUCCION:**

Cuerpo: A-515-70

Tapa: A-515-70

Refuerzo en boquillas: A-515-70

Espárragos exteriores: A-193-B7

Interiores: A-307-B

Tuercas exteriores: A-194-2H

Interiores: A-307-B

Interiores: A-285-C, A-36

**INSPECCION EXTERIOR**

Se toman los datos de las boquillas de la torre para verificar diámetros, cédulas y demás condiciones de diseño.

| <u>MARCA</u> | <u>CANTIDAD</u> | <u>DIAMETRO</u> | <u>CEDULA</u> | <u>SERVICIO</u>                  |
|--------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------------------------|
| K            | 1               | 6"              | PL13          | Entrada de mano con brida ciega. |
| L            | 1               | 1"              | 160           | Transmisor de nivel              |
| M            | 1               | 4"              | 120           | Salida de gas combustible        |
| N            | 1               | 4"              | 120           | Entrada DEA pobre                |
| R            | 1               | 12"             | XS            | Entrada de mano con brida ciega  |

El equipo corresponde con los planos de diseño.

Se verifica la orientación, proyección, diámetro y altura de las boquillas, se verificó que las bridas fueran de 150# R.F. y su empaque fuera semimetálico flexitalic 150#. Se checó que los espárragos y tuercas estuvieran completos y apretados.

El pescante y soporte se encuentran correctos.

Los clips para plataforma y escalera, están completos. La escalera y plataforma están bien construidas y soportadas, de acuerdo a los planos.

La protección anticorrosiva consistió en la aplicación de un primario 100% inorgánico de zinc RP-4B a un espesor de película seca de 2.5 milésimas de pulgada y un acabado RA-22 vinílico de átomos sólidos a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada.

Se constató que ninguna soldadura longitudinal cayera sobre una boquilla ó clip.

Se verificó que todas las válvulas fueran accesibles para operarias.

#### INSPECCION INTERIOR

Longitud de la torre: 12 pies

Diámetro interno: 4 pies

La torre lavadora tiene una altura de empaque de 2.489 metros de anillos de 1" de polipropileno, soportada por una parrilla soporte de acero inoxidable. Tiene una malla eliminadora de arrastre de 6" de espesor de alambre de acero inoxidable de 316.

Cuenta con distribuidor de alimentación de DEA pobre.

Se verificó el diámetro interior y la longitud de la torre.

Se revisa el estado físico del cuerpo y del casquete bridado.

Se revisan las soldaduras del cuerpo y boquillas para verificar su estado físico, y también para localizar fallas, poros o fisuras.

DISTRIBUIDOR. Se checan los diámetros del cabezal y sus ramales, así como el número, medidas, cantidad y distribución de los orificios distribuidores. La soportería es adecuada con sus abrazaderas completas y bien apretadas a los cartabones del cuerpo.

MALLA ELIMINADORA DE ARRANSTRE. Se confirma el material del alambre de la malla, espesor y armado.

SOPORTERIA. Se verifica el estado físico de la solera soporte, anillos y ángulos así como la altura y distribución de dicha soportería.

Se verifica el material, dimensiones, armado y apriete de la tornillería sin pasar por alto el número y dimensiones de los orificios ovalados que tiene la parrilla para permitir la comunicación entre el fondo de la torre y el recipiente separador de hidrocarburos.

Después de la revisión y armado de el demister, distribuidor y parrilla soporte se coloca el empaque definitivo a la cabeza superior de 48"Ø de la torre.

Se empezó a llenar la torre con el empaque de anillos Rasching de polipropileno a través de la boquilla R de 12"Ø hasta la altura de diseño, señalada por la posición de un anillo tope provisto por el fabricante - para indicarnos el límite superior del empaque.

#### PRUEBA HIDROSTATICA

Se probó hidrostáticamente a 14.2 Kg/Cm<sup>2</sup> junto con el recipiente separador.

A todas las boquillas de la torre se les puso brida ciega ó válvula para aislar el equipo de las líneas de tubería. Se puso el manómetro en la parte inferior donde se midió la presión.

Durante el llenado se venteeó por la boquilla del domo, cerrando la válvula instalada ahí cuando saliera agua en abundancia, indicando el desalojo de la totalidad de las bolsas de aire.

Mientras estuvo presionando el equipo se revisaron las soldaduras del cuerpo y boquillas, en busca de fugas de agua, que nos indica la presencia de fracturas o poros en las soldaduras.

Se revizó que el testigo de la placa de refuerzo estuviera seco.

El tiempo de prueba fué suficiente para permitir la inspección, posteriormente se venteeó la presión por la parte superior.

El vaciado se efectúa después que el recipiente no tiene presión y se abre también el dren manteniéndolo abierto el venteo para evitar que el recipiente se colapse por la fección de vacío.

#### INSPECCION ULTRASONICA

De los planos del diseñador se sacan los datos siguientes:

Espesor del cuerpo: 0.375"

Espesor de la cabeza superior: 0.453"

Espesor de la tubería de 1"Ø cédula 160: 0.250"

Espesor de la tubería de 4"Ø cédula 120: 0.438"

Espesor de la tubería de 6"Ø fabricada de placa: 0.512"

Espesor de la tubería de 12"Ø cédula XS: 0.500"

Se calibran y registran cada uno de los puntos de calibración en dibujos que se sirven como antecedente estadístico del equipo.

Se enlistan los espesores originales (tn) en la hilera superior y en la hilera inferior los espesores mínimos de aceptación (tm)

tn= 0.250"   0.375"   0.438"   0.453"   0.500"   0.512"

tm= 0.219"   0.328"   0.383"   0.396"   0.428"   0.448"

Se verificó que todos los espesores tanto del cuerpo de la torre como de las boquillas, estuvieran dentro del rango aceptable.

## b). CAMBIADORES DE CALOR.

En las plantas industriales, existe la necesidad de modificar la temperatura de los flujos de proceso en diferentes puntos de éste.

Una forma efectiva y factible de realizar mecánicamente la transferencia de calor de un fluido a otro a través de una superficie sólida, consiste en arreglar una serie de tubos y forzar a los fluidos de tal manera que el que vaya por el exterior de los tubos, fluya en forma transversal, a éstos mediante la utilización de mamparas que ocasionan turbulencia, mayor tiempo de residencia y mejor intercambio de calor.

Partes principales de los cambiadores:

Tubos.  
Espejos  
Envolvente  
Boquillas  
Canales  
Cabezales  
Tapa de los canales  
Placas divisoras de pasos.  
mamparas

La nomenclatura que se utilizó para enumerar las características de cada cambiador, fué la del TEMA. Dicha asociación de fabricantes de cambiadores de calor, del tipo carcaza y tubos, a desarrollado un método a base de tres letras, las cuáles describen las características mecánicas principales de un cambiador.

La primer letra del grupo de tres, nos indica el tipo de cabezal estacionario anterior, se entiende por cabezal anterior el que tiene la entrada y salida del fluido de los tubos, la letra intermedia nos describe el tipo de carcaza y la tercera y última, nos indica el tipo de cabezal posterior.

De acuerdo al tipo de cabezal fijo anterior, la primer letra puede ser una de las cuatro siguientes:

- A. Cabezal fijo anterior con canal y tapa removible.
- B Cabezal fijo anterior tipo bonete (tapa integrada).
- C Cabezal fijo anterior con el canal integrado al espejo y tapa removible.

Este grupo se divide en dos:

Exclusivamente removible el haz de tubos

Y

Exclusivamente removible el espejo.

D Cabezal fijo anterior con cierre especial para alta presión.

De acuerdo al tipo de cubierta la letra intermedia puede ser una de las seis siguientes:

E Un paso por la cubierta.

F Dos pasos por la cubierta con baffle longitudinal.

G "SPLIT FLOW"

H DOBLE "SPLIT FLOW"

J Flujo dividido.

K Kettle tipo rehervidor.

De acuerdo al tipo de cabezal posterior la última letra puede ser una de las siguientes ocho:

L Cabezal posterior con espejo fijo tal como en el cabezal estacionario tipo "A".

M Cabezal posterior con espejo fijo tal como el cabezal estacionario -- tipo "B"

N Cabezal posterior con espejo fijo tal como el cabezal estacionario - tipo "C"

P Cabezal posterior tipo flotante con empaque externo.

S Cabezal posterior del lado de la cubierta y cabezal flotante con dispositivo de retroceso.

T Cabezal posterior del lado de la cubierta y cabezal flotante tipo -- "PULL THROUGH" de lado de los tubos.

U Cabezal posterior con ahz de tubos en U.

W Cabezal posterior con espejo flotante con empaquetadura y anillo de - cierre.



INTERCAMBIADOR AMINA RICA-AMINA POBRE

101-EX-1,2,3,4.

CONDICIONES DE DISEÑO:

Tipo: AES

Unidades al área de transferencia: 23972 pies<sup>2</sup>

Calor intercambiado: 85.24 MM BTU/Hr

Presión de diseño de la coraza: 75 psig

Presión de diseño de los tubos: 100 psig

Temperatura de diseño de la coraza: 300°F

Temperatura de diseño de los tubos: 300°F

Presión de prueba de la coraza: 113 psig

Presión de prueba de los tubos: 150 psig

Relevado de esfuerzos: Sí requiere.

MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Cuerpo, bonete y cabezal: A-515-70

Tubos: A-179

INSPECCION EXTERIOR

Se elabora una tabla con los datos de diseño más importante.

| <u>MARCA</u> | <u>CANTIDAD</u> | <u>DIAMETRO</u> | <u>CEDULA</u> | <u>SERVICIO</u>             |
|--------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| B 1          | 1               | 10"             | XS            | Entrada amina rica:         |
| B 2          | 2               | 10"             | XS            | Interconexión amina rica.   |
| B 3          | 1               | 10"             | XS            | Salida amina rica           |
| B 4          | 1               | 12"             | XS            | Entrada amina pobre         |
| B 5          | 2               | 12"             | XS            | Interconexión amina pobre - |
| B 6          | 1               | 12"             | XS            | Salida DEA pobre            |
| B 7          | 2               | 1 1/2"          | XXS           | Venteo                      |
| B 8          | 2               | 1 1/2"          | XXS           | Drenaje                     |
| C-1          | 3               | 3/4" NPT        | COPLES        | Conexión de presión         |
| C-2          | 3               | 3/4" NPT        | 6000#         | Conexión de temperatura     |

Se trata de un grupo de cuatro cambiadores, formando dos trenes de dos, uno arriba de otro, por ésta razón sólo los cambiadores que están abajo tienen cimentación y conexión a tierra.

La orientación de los cambiadores es la adecuada, el equipo corresponde con los diagramas de diseño.

Las boquillas están completas y tienen la orientación adecuada, ninguna boquilla o soporte cae en alguna soldadura del equipo.

Las silletas soporte tienen orificios ovalados en la parte móvil y redondos en la fija, se cuidó que las tuercas de las anclas de los soportes móviles se encontraran un poco flojos para permitir a la unidad la libertad de movimiento o expansión, la fricción durante esos movimientos se evitó colocando placas de teflón, precisamente abajo de los soportes móviles.

La conexión a tierra se encuentra instalada con el cable de cobre desnudo completo y bien sujeto.

Se revizó el estado físico del cambiador, en busca de daños por golpe, - cosa frecuente durante el transporte de éste tipo de equipos.

Se revisan todas y cada una de las soldaduras del cuerpo y boquillas en busca de defectos como poros, zonas con desgaste, fisuras, etc.

CASQUETE Y CABEZAL. Se revisan las soldaduras de unión y las de las boquillas en busca de defectos.

Las áreas dañadas se limpiaron y retocaron con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller. Además se le aplicó una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP-4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada, sin pintura de acabado.

El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material dieléctrico de fibra de vidrio almidonado. En las juntas traslapadas de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar la entrada de humedad.

Se verificó que los cambiadores contaran con claros para desmantelarlos para mantenimiento.

#### INSPECCION INTERIOR

Al quitar la tapa del carrete se revisan las soldaduras de las boquillas y de las placas divisoras, se observa el espejo y el haz de tubos buscando algún defecto.

Se revisa que los tubos, espejo y carrete estén limpios.

Se verifica la instalación de los ánodos de magnesio en el cabezal del lado de los tubos.

Después que se quita el casquete, se verifican las condiciones del cabezal flotante y de su tornillería.

Posteriormente se retira la tapa del cabezal flotante y se observa que los tubos y espejo estén limpios.

#### PRUEBA HIDROSTATICA

Este tipo de cambiador requiere tres tipos de pruebas, por el cuerpo, por los tubos e integral. Estas pruebas tienen por objeto probar la resistencia de materiales y soldaduras así como para localizar fugas entre bridas y conexiones.

La primer prueba efectuada es por el cuerpo a 113 psig y como es evidente las partes más delicadas son los tubos y especialmente las uniones tubo-espejo, las cuáles resultan ser las más frágiles, puesto que se requieren espesores mínimos en las paredes de los tubos para hacer más efectiva la transmisión térmica.

Por ésta razón, es de esperar que la mayoría de las fugas que suelen presentarse en un intercambiador de calor, ocurran en los tubos.

Este cambiador es de cabezal flotante, por eso, para efectuar la prueba se quita la tapa del carrete, la tapa de la cubierta y la tapa del cabezal flotante y se instala el anillo de prueba con sus respectivos empques y retenes.

Se verifica la hermeticidad del recipiente conforme se va llenando con agua, una vez lleno se aplica presión a la cubierta hasta llegar a la presión de prueba (113 psig).

Se revisan las soldaduras del cuerpo en busca de fugas, se revisa en ambos espejos todas y cada una de las juntas roladas tubo-espejo tratando de localizar fugas, los tubos rotos también se pueden descubrir por la presencia de goteo y agua dentro del tubo.

Cuando se presenta una fuga en una junta tubo-espejo, es posible eliminarla expandiendo el tubo por medio de un rolador; sin embargo, debe tenerse cuidado de no sobrerolar, pues podría adelgazarse demasiado o romperse la pared del tubo.

Si después de rolado un tubo, persiste la fuga, no debe insistirse en el rolado, ya que puede dañarse el espejo. Lo mejor será adoptar una medida de emergencia y con carácter de provisional, taponeándose el tubo que ha presentado la fuga.

Pero no es conveniente taponear muchos tubos, pues se provocará una caída de presión excesiva, incrementando peligrosamente la presión de operación.

También se revisan todas y cada una de las soldaduras del cuerpo, los oficios testigo de las placas de refuerzo y todas las juntas bridadas. Una vez que se ha revisado todo el equipo y verificado que se encuentre en buenas condiciones se depresiona y vacía.

La siguiente prueba es por los tubos, se hacen los preparativos para dicha prueba atornillando la tapa del carrete y la tapa del cabezal - flotante y demás partes bridadas. Después de colocados los cabezales del lado de los tubos, se llena el espacio con agua y se presiona hasta 150 psig, para detectar fugas en las uniones bridadas, en el cabezal, en los tubos y en el carrete.

Si no puede mantenerse la presión y no se observan fugas externas, el problema estará en los tubos, y el agua estará fluyendo hacia el cuerpo. Si en la prueba del cuerpo no se detectó ninguna fuga, entonces deberán rerolarse los tubos.

Después de la prueba se depresiona y vacía el equipo por el lado de los tubos.

La tercer prueba y última es la integral, y se efectúa después que se coloca el bonete del lado de la carcasa. El objeto de ésta prueba es verificar que no existan fugas precisamente en las uniones bridadas situadas en el bonete y en la unión bonete-cuerpo.

Se presiona el equipo por el cuerpo a la presión de prueba de 113 psig y se revisa lo anteriormente dicho.

Las uniones bridadas, cabezal flotante-espejo, carrete y su tapa durante la prueba por los tubos, y la unión bonete-cuerpo durante la prueba - integral usaron el empaque definitivo, metálico de 1/8" de espesor.

## INSPECCION ULTRASONICA

De planos de diseño se sacan los siguientes datos:

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Espesor de la tapa del carrete: | 4.500" |
| Espesor del cuerpo:             | 0.500" |
| Espesor del carrete:            | 0.500" |
| Espesor del bonete:             | 0.500" |

|   |        |
|---|--------|
| Espesor de la tubería de 1y2" $\emptyset$ ced. xxs: | 0.294" |
| Espesor de la tubería de 10" $\emptyset$ ced. xs:   | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 12" $\emptyset$ ced. xs:   | 0.500" |

Se calibraron y registraron los puntos de calibración en dibujos que son el antecedente estadístico del equipo.

A continuación se enlistan los espesores originales en la hilera superior y en la inferior los espesores mínimos aceptables.

|    |        |                   |        |
|----|--------|-------------------|--------|
| Tn | 0.294" | 0.500"            | 4.500" |
| Tm | 0.257" | $\emptyset$ .438" | 3.938" |

Se verificó que todos los puntos calibrados estuvieran dentro — del rango de aceptación.

Lo último que se hace es aislar el equipo.

Se verificó que el espesor del aislamiento 1.5" fuera respetado.

ENFRIADOR DE AMINA

102 - EX - 1,2,3,4.

CONDICIONES DE DISEÑO.

TIPO: AES.

Unidades al área de transferencia: 20 072 Pies<sup>2</sup>  
Calor intercambiado: 89.06 MM BTU/Hr.  
Presión de diseño de la coraza: 135 Psig.  
Presión de diseño de los tubos: 75 Psig.  
Presión de prueba de la coraza: 203 Psig.  
Presión de prueba de los tubos: 113 Psig.

Temperatura de diseño de la coraza y tubos: 230 °F  
Material del cuerpo, bonete y cabezal: A - 515 - 70.  
Material de los tubos: A - 179.

Inspeccion exterior:  
Tabla de boquillas.

| Marca | cantidad | diámetro | cédula | Servicio                               |
|-------|----------|----------|--------|--|
| B1    | 1        | 16"      | xs     | Entrada de agua al HAZ.                |
| B2    | 2        | 16"      | xs     | Interconexión de agua de enfriamiento. |
| B3    | 1        | 16"      | xs     | Salida de agua del HAZ.                |
| B4    | 1        | 10"      | xs     | Entrada de agua a la cubierta.         |
| B5    | 2        | 10"      | xs     | Interconexión de DEA.                  |
| B6    | 1        | 10"      | xs     | Salida de DEA.                         |
| B7    | 1        | 1 1/2"   | xxs    | Drenaje.                               |
| B8    | 1        | 1 1/2"   | xxs    | Venteo.                                |
| C1    | 6        | 3/4"NPT  | Cople  | Conexión de temperatura.               |
| C2    | 6        | 3/4"NPT  | 6000#  | Conexión de presión.                   |

## INSPECCION EXTERIOR

Son 4 cambiadores, agrupados en dos trenes de dos, uno arriba -- del otro. La orientación de los cambiadores es la correcta.

El equipo corresponde con los diagramas de diseño, las boquillas se reportan completas y con la orientación adecuada.

Se verificó que las silletas soportes tuvieran orificios ovalados en la parte móvil y redondos en la parte fija. Las tuercas -- de las anclas de la parte móvil se dejaron un poco flojas para -- permitir la libertad de movimiento, las placas de teflón se encuentran completas y bien colocadas.

La conexión a tierra se encuentra instalada, el alambre de cobre está completo y bien sujeto.

Se verificó el estado físico del cambiador. Se revisaron las soldaduras del cuerpo y boquillas en busca de defectos como poros, -- fisuras, zonas con desgaste, se checó lo mismo en el casquete y -- cabezal.

Se verificó que ninguna boquilla o soporte cayera sobre un cordón longitudinal de soldadura.

Los cambiadores cuentan con el área necesaria para desmantelar-- los para darles mantenimiento.

Se verificó que todas las válvulas de este equipo fueran accesibles para operarlas, para las elevadas se pidieron operadores de cadena.

La instalación de los termopozos es la adecuada. Las áreas dañadas se retocaron con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller. Además se le aplicó una capa de primario de zinc 10090 -- inorgánica Rp-4b a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada.

El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material dieléctrico de fibra de vidrio almidonada. En las juntas traslapadas de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los -- cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar -- la entrada de humedad.

## INSPECCION INTERIOR

Se quita la tapa del carrete y se revisan las soldaduras de las boquillas y placas divisoras, se observa el espejo del haz de tu bus buscando algún defecto.

Se verifica que las boquillas no presenten obstrucciones.

Después que se quita el bonete se verifican las condiciones del cabezal, se observa la limpieza de los tubos y del espejo. El nú mero y distribución de los anodos de magnesio por el lado de los tubos donde circula el agua de enfriamiento es la adecuada.

## PRUEVA HIDROSTATICA

Este tipo de cambiadores requiere tres pruebas.

Se prueba el cuerpo a 203 psig; colocando el anillo de prueba del lado del cabezal flotante y se observa el rolado de los tubos en ambos espejos.

Se deben revisar con mucha atención las uniones tubo - espejo ya que es más frecuente que una fuga se presente aquí. También se revisaron las soldaduras del cuerpo y boquillas sin pasar por -- alto los orificios Testigo de las placas de refuerzo.

A continuación se prueban los tubos a 113 Psig., previa colocación de los cabezales necesarios.

Cuando se alcanza la presión de prueba se revisan las uniones -- bridadas, las soldaduras del cabezal flotante y del carrete, el empaque usado fue el definitivo.

Prueba Integral.- Se presiona el cuerpo a la presión de prueba y se verifica que todas las juntas bridadas del lado del cuerpo es ten bien apretadas y no presenten fugas.

## INSPECCION ULTRASONICA

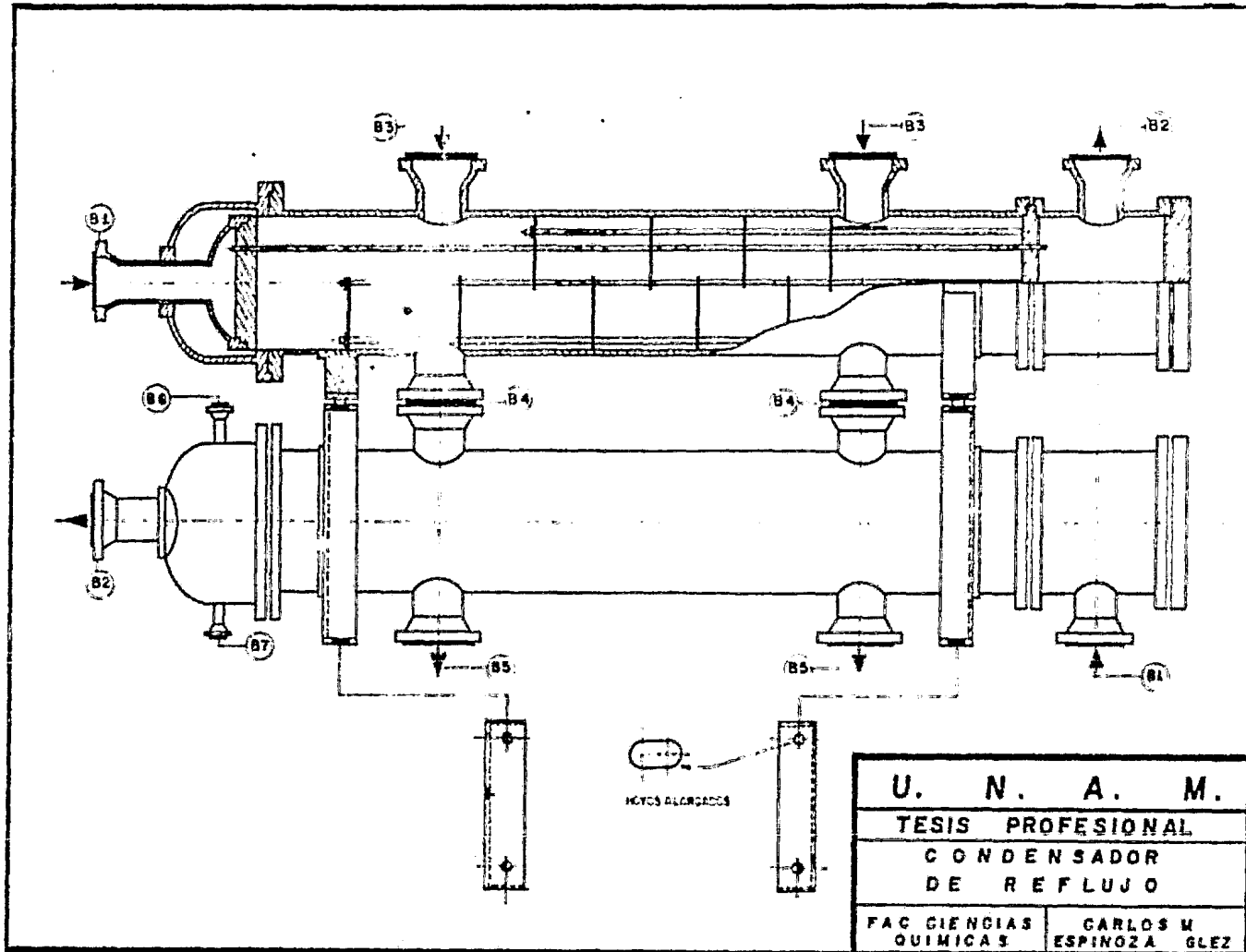
Datos del plano de diseño.

|   |        |
|---|--------|
| Espesor de la tapa del carrete:                     | 3.562" |
| Espesor del Carrete:                                | 0.500" |
| Espesor del Bonete:                                 | 0.500" |
| Espesor del cuerpo:                                 | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 1y2" $\emptyset$ ced. xxs: | 0.294" |
| Espesor de la tubería de 10" $\emptyset$ ced. xs:   | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 16" $\emptyset$ ced. xs:   | 0.500" |

Todos los puntos de calibración se registraron en dibujos que forman un antecedente estadístico.

Se enlistan los espesores originales con sus respectivos espesores originales con sus respectivos espesores mínimos aceptables en la hilera inferior.

|    |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|
| Tn | 0.294" | 0.500" | 3.562" |
| Tm | 0.257" | 0.436" | 3.117" |





CONDENSADOR DE REFLUJO

103- EX - 1, 2.

CONDICIONES DE DISEÑO

tipo: AHS.

Unidades al área de transferencia: 12850 Pies<sup>2</sup>

Calor intercambiado: 71.824 MM BTU/Hr.

Presión de diseño de la coraza: 75 Psig.

Presión de diseño de los tubos: 75 Psig.

Temperatura de diseño de la coraza: 260 °F

Temperatura de diseño de los tubos: 260 °F.

Presión de prueba de la coraza y tubos: 113 Psig.

Material del cuerpo, bonete y cabezal: A 515 - 70.

Material de los tubos A - 179.

INSPECCION EXTERIOR

TABLA DE BOQUILLAS.

| Marca | cantidad | díametro | cédula | servicio.                                |
|-------|----------|----------|--------|--|
| B1    | 2        | 20"      | xs     | Entrada de agua.                         |
| B2    | 2        | 20"      | xs     | Salida de agua.                          |
| B3    | 2        | 28"      | xs     | Entrada de vapores y gas ácido.          |
| B4    | 4        | 28"      | xs     | Interconexión de vapores y gas ácido.    |
| B5    | 2        | 28"      | xs     | Salida de condensado amargo y gas ácido. |
| B6    | 2        | 1y2"     | xxs    | Venteo.                                  |
| B7    | 2        | 1y2"     | xxs    | DREN.                                    |
| C1    | 9        | 3/4"NPT  | cople  | Conexión de temperatura.                 |
| C2    | 9        | 3/8"NPT  | 0000#  | Conexión de presión                      |

Los cambiadores se encuentran arreglados uno arriba del otro, -- formando un tren de dos cambiadores.

La orientación de los cambiadores es la correcta, el equipo corresponde con los diagramas de diseño, las boquillas se encuentran completas y con la orientación adecuada.

Las áreas dañadas se limpiaron y retocaron con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller. Además se le aplicó una capa de primario de zinc 100% inorgánico Rp - 4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada.

El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material dieléctrico de fibra de vidrio almidonada. En las juntas traslapadas de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los -- cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar -- la entrada de humedad.

La parte móvil de los soportes se encuentra correcta y cuenta -- con sus placas de teflón.

La conexión a tierra se encuentra correctamente instalada, y sujeta, el cable se encuentra en buenas condiciones.

Se revisan los soldaduras del cuerpo y boquillas buscando defectos . Se verifica que ninguna soldadura longitudinal cayara so bre algún soporte o boquilla.

El espacio para darle mantenimiento fue el adecuado.

Las válvulas del cambiador son accesibles y las que no, se pidió operadores de cadena..

Se verificó la instalación de los termopozos y tomas de presión.

### INSPECCION INTERIOR

Se retira la tapa del carrete y se revisan las soldaduras de las boquillas y placas de divisoras. Se observa el espejo y el haz -- de tubos para localizar algún defecto.

Se verifica que las boquillas no presenten obstrucciones.

Después que se retira la tapa de la cubierta se verifica que la junta de expansión integrada al cabezal flotante esté en buenas -- condiciones lo mismo que su retén o espárragos tope.

La parte más delicada de éste equipo la constituyen precisamente la junta de expansión y su retén, se deben ajustar todos los espárragos a una misma longitud para que la junta de expansión no sea sometida a esfuerzos dispares, durante sus desplazamientos -- de expansión y compresión, que le puedan ocasionar daños e inclu sive fracturas, situación que puede evitarse poniendo atención y cuidado en esta recomendación. Se retira también el cabezal flotante y ahora si ya se pueden observar los dos espejos, se revisa el espejo y el rolado de los tubos así como la limpieza de ambos. Los anodos de magnesio están completos y bien instalados.

### PRUEBA HIDROSTATICA

Este tipo de cambiadores requiere 3 pruebas, por los tubos, por el cuerpo e integral.

El cuerpo se probó a 113 Psig. colocando el anillo de prueba del lado del cabezal flotante, posibilitando la inspección de los tubos y espejos, para detectar una posible fuga.

Se revisó con mucha atención las uniones tubo ; espejo.

Se revisaron todas las juntas soldadas y los testigos de las placas de refuerzo de las boquillas.

cuando concluye la prueba se depresiona y vacía el equipo.

### PRUEBA POR LOS TUBOS

Se acoplan los cabezales del lado de los tubos y se presiona a --- 113 Psig. Se verificó que las juntas bridadas tuvieran el empa--- que definitivo.

Se revisaron las juntas bridadas, las soldaduras del carrete y - cabezal flotante en busca de fugas.

### PRUEBA INTEGRAL

Se colocan los empaques definitivos al bonete y demás juntas -- bridadas que se encuentran del lado del cuerpo y se presiona el cuerpo, revisándose la hermeticidad de dichas juntas.

Después de que termina esta última prueba se depresiona el equipo y vacía.

### INSPECCION ULTRASONICA

De los planos de diseño se sacan los siguientes datos:

|  |         |
|--|---------|
| Espesor de la tapa del carrete:          | 4.250 " |
| Espesor del cuerpo:                      | 0.500 " |
| Espesor del carrete:                     | 0.500 " |
| Espesor del bonete:                      | 0.500 " |
| Espesor de la tubería de 1y2" ø ced. xs: | 0.294 " |
| Espesor de la tubería de 20" ø ced. xs:  | 0.500 " |
| Espesor de la tubería de 28" ø ced. xs:  | 0.500 " |

Se calibraron y registraron los puntos de calibración en dibujos que con el antecedente estadístico del equipo. A continuación se enlistan las espesores originales en la hilera superior y en la inferior los espesores mínimos aceptables.

|    |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|
| Tn | 0.294 " | 0.500 " | 4.250 " |
| Tm | 0.257 " | 0.438 " | 3.719 " |

Se verificó que todos los puntos calibrados estuvieran dentro -- del rango de aceptación.

REHEVERVIDOR DE AMINA  
104 - EX - 1,2.

CONDICIONES DE DISEÑO  
TIPO: AKU

Unidades al área de transferencia: 17 444 Pies<sup>2</sup>  
 Calor intercambiado: 174.432 MM BTU/Hr.  
 Presión de diseño de la coraza: 75 Psig.  
 Presión de diseño de los tubos: 75 Psig.  
 Presión de prueba de la coraza: 113 Psig.  
 Presión de prueba de los tubos: 113 Psig.  
 Temperatura de diseño de la carcasa: 300 °F.  
 Temperatura de diseño de los tubos: 350 °F.  
 Materiales de construcción.  
 Material del cuerpo, bonete y cabezal: A 515- 70.  
 Material de los tubos: A -179.

INSPECCION EXTERIOR  
TABLA DE BOQUILLAS.

| Marca | cantidad | diámetro | cédula | ser vicio                    |
|-------|----------|----------|--------|------------------------------|
| B1    | 1        | 18"      | xs     | Entrada de vapor.            |
| B2    | 1        | 6"       | 80     | Salida de Condensado.        |
| B3    | 1        | 8"       | 80     | Entrada de amina.            |
| B4    | 1        | 8"       | 80     | Entrada de amina.            |
| B5    | 1        | 8"       | 80     | Entrada de amina.            |
| B6    | 1        | 16"      | 40     | Salidas de vapores de amina. |
| B7    | 1        | 16"      | 40     | Salidas de vapores de amina. |
| B8    | 1        | 14"      | xs     | Salida de amina.             |
| B9    | 1        | 1y2"     | xxs    | DREN.                        |
| B10   | 1        | 1y2"     | xxs    | Venteo.                      |
| B11   | 1        | 1"       | 160    | Medidor de nivel.            |
| B12   | 1        | 1"       | 160    | Medidor de nivel.            |
| C1    | 8        | 3/4"     | cofle  | Conexión para temperatura.   |
| C2    | 8        | 5/8"     | 6000#  | Conexión de presión.         |

Estos rehervidores se encuentran situados a ambos lados de la torre regeneradora.

Las áreas dañadas se limpiaron y retocaron con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller. Además se le aplicó una capa de primario de zinc 100% inorgánico Rp-4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada.

La orientación y elevación de los cambiadores es la correcta.

El equipo corresponde con los diagramas de diseño, las boquillas se encuentran completas y con la orientación adecuada. La Parte-móvil de los soportes se encuentran correcta y cuenta con sus -- placas de teflón.

La conexión a tierra se encuentra correctamente instalado y sujeta, el cable se encuentra en buenas condiciones.

Se revisaron las soldaduras del cuerpo y boquillas para localizar defectos.

Se verificó que ninguna soldadura longitudinal cayera sobre algún soporte o boquilla. El espacio para darle mantenimiento al rehervidor fue respetado.

Las válvulas de los rehervidores son accesibles y en algunos casos se pidieron operadores de cadena para las que están muy elevadas.

La instalación de los termopozos y tomas de presión fue la adecuada. El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material dieléctrico de fibra de vidrio almidonada. En las juntas -- traslapadas de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar la entrada de humedad.

#### INSPECCION INTERIOR

La inspeccion se hace de acuerdo a las características de estos equipos, que son: Rehervidor Tipo Kette con tubos en "U" y un solo espejo. Después que se quita la tapa del carrete se revisan -- las soldaduras de las boquillas y placas divisoras.

Se observa el espejo y el ralado de los tubos para localizar defectos. Se verificó que las boquillas no presenten obstrucciones.-- Se supervisó la instalación de los anodos de magnesio.

### PRUEBA HIDROSTATICA.

De acuerdo a las características de estos rehervidores, un solo espejo y tubos en "U" solo se necesitan dos pruebas, prueba por los tubos y prueba por el cuerpo.

En la prueba por el lado del cuerpo se llena con agua el cuerpo y se presiona hasta 113 Psig.

Se debe revisar el extremo de los tubos, es decir el rolado, las uniones bridadas entre espejo y brida del cuerpo y las partes -- del lado del cuerpo, como son las uniones bridadas de las boquillas, las soldaduras del cuerpo y los orificios testigo de las placas de refuerzo de las boquillas y silletas soporte.

Es Después que se termina la prueba se depresiona y vacía el equipo.

### PRUEBA POR LOS TUBOS

Se atornilla la tapa removible al cabezal y se llena con agua el espacio y se presiona para detectar fugas en la unión bridada, - en el cabezal, en los tubos y en la parte posterior del espejo. Se cuidó que se usara el empaque definitivo en la unión carrete-tapa del carrete.

### INSPECCION ULTRASONICA

De los planos de diseño se sacan los datos necesarios.

|  |        |
|--|--------|
| Espesor de la tapa del carrete:                  | 4.375" |
| Espesor del Carrete:                             | 0.500" |
| Espesor del cuerpo:                              | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 1" $\phi$ ced. 160:     | 0.250" |
| Espesor de la tubería de 1 1/2" $\phi$ ced. xxs: | 0.294" |
| Espesor de la tubería de 6" $\phi$ ced. 80:      | 0.432" |
| Espesor de la tubería de 8" $\phi$ ced. 80:      | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 14" $\phi$ ced. xs:     | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 16" $\phi$ ced. 40:     | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 18" $\phi$ ced. xs:     | 0.500" |

Se registran los puntos de calibración en dibujos que forman parte del antecedente estadístico del equipo.

Se enlistan a continuación los espesores originales en la millera superior y en la inferior los espesores mínimos aceptables.

|    |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tn | 0.250" | 0.294" | 0.432" | 0.500" | 4.375" |
| Tm | 0.219" | 0.257" | 0.377" | 0.438" | 3.823" |

Se cuidó que todas las calibraciones estuvieran dentro de el rango aceptable.

ENFRIADOR DE GAS AMARGO  
105 - EX - 1, 2.

CONDICIONES DE DISEÑO  
TIPO: ASS.

Unidades al área de transferencia: 650.4 m<sup>2</sup>  
 Calor intercambiado: 13.33947 MMBTU/Hr.  
 Presión de diseño de la coraza: 85.10 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Presión de diseño de los tubos: 5.30 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Presión de prueba de la coraza: 127.65 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Presión de prueba de los tubos: 7.95 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Temperatura de diseño de la coraza: 110 °C  
 Temperatura de diseño de los tubos: 110 °C  
 Materiales de construcción.  
 Material del cuerpo, bonete y cabezal: A 516 - 70  
 Material de los tubos A - 179

INSPECCION EXTERIOR  
TABLA DE BOQUILLAS

| Marca | cantidad | diámetro  | cédula         | servicio                 |
|-------|----------|-----------|----------------|--------------------------|
| A     | 1        | 12"       | 100            | Entrada de gas amargo    |
| B     | 1        | 12"       | 100            | Salida de gas amargo     |
| C     | 1        | 10"365    | 40             | Entrada de agua.         |
| D     | 1        | 10"365    | 40             | Salida de agua.          |
| E     | 1        | 1 1/2"400 | xxs            | Drenaje.                 |
| F     | 1        | 1 1/2"    | xxs            | Venteo.                  |
| G1    | 1        | 1 1/2"    | xxs            | Limpieza química         |
| G2    | 1        | 1 1/2"    | xxs            | Limpieza química         |
| G3    | 1        | 1 1/2"281 | 160            | Limpieza química         |
| G4    | 1        | 1 1/2"    | 160            | Limpieza química         |
| HL-4  | 4        | 3/4"NPT   | Cople<br>6000# | Conexión de temperatura. |

Estos enfriadores trabajan en paralelos cada uno con la mitad de la carga de gas amargo.

Se verificaron o revisaron las condiciones mecánicas de la cimentación (placas soporte, pernos de anclaje y concreto de cimentación). Se revisa que la conexión a tierra esté correcta, el cable debe estar completo y bien sujeto.

La orientación de los cambiadores es la correcta.

El equipo corresponde con los diagramas de diseño. Las boquillas están completas y con la orientación de diseño.

Las silletas soporte tienen orificios redondos en la parte fija y ovalados en la parte móvil.

Las tuercas de las anch anclas de la parte móvil se encuentran ligeramente flojas y con sus placas de teflón.

Se revisó el estado físico del cambiador, en busca de daños que pudieran haber sufrido durante el transporte, montaje etc.

Se revisaron las juntas soldadas del cuerpo y boquillas en busca de defectos.

Casquete y cabezal. Se revisaron las soldaduras de unión y las de las boquillas. Se checó que ninguna boquilla o soporte cayera sobre un cordón longitudinal de soldadura.

Se verifica que las válvulas sean accesibles. La instalación de los termopozos y tomas de presión fue la adecuada.

El equipo se encuentra adecuadamente iluminado. Se verificó que los cambiadores contaran con claros para darles mantenimiento.

La protección anticorrosiva aplicada fue a base de una capa de primario de zinc 100% inorgánico Rp-4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada, y dos manos del acabado RA-22 vinílico de altos sólidos a un espesor de película seca de dos milésimas de pulgada por mano.

### INSPECCION INTERIOR

Después que se retira la tapa del carrete, se revisan las soldaduras de las boquillas y de las placas divisoras.

Se observa el espejo y el haz de tubos para localizar algún defecto. Cuando se retira el casquete, se observa las condiciones del cabezal flotante y de la tornillería.

Al retirar la tapa del cabezal flotante se observa el espejo y rolado de los tubos y su limpieza.

Se observa que las boquillas no estén obstruidas también se verifica la instalación de anodos de magnesio que son los dispositivos para combatir la corrosión en los carretes que operan con agua de enfriamiento por el lado de los tubos. Lo que se debe revisar es que se encuentren bien sujetos al baffle mediante un espárrago soldado, además que tenga una junta aislante de neopleno o teflón entre la cara inferior del anodo y el baffle.



### PRUEBA HIDROSTATICA

Este tipo de cambiadores requiere 3 pruebas, prueba por el cuerpo con anillo de prueba, prueba por los tubos e integral.

#### PRUEBA POR EL CUERPO

Como el cambiador es de cabezal flotante se coloca el anillo de prueba con sus respectivos empaques y retenes, en el lugar de la tapa del cabezal flotante.

Posteriormente se llena el equipo con agua, venteando por los puntos altos, para después presionar el cuerpo a 127.65 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se revisan con mucha atención las uniones roladas de ambos espejos. Se revisan las soldaduras del cuerpo y boquillas también los orificios testigo de las placas de refuerzo.

#### PRUEBA POR LOS TUBOS

Después que se coloca la tapa del carrete y tapa del cabezal flotante, se llenan los tubos y se presionan a 7.95 Kg/cm<sup>2</sup> que es la presión de prueba. Se revisan todas las uniones bridadas del lado de los tubos, así como las uniones carrete - tapa del carrete y - cabezal flotante - tapa de dicho cabezal buscando fugas. Como se logró mantener la presión y no se ha detectado fuga externa, los tubos y el rolado están correctos.

#### PRUEBA INTEGRAL

Se presiona el cuerpo a la presión de prueba 127.65 Kg/cm<sup>2</sup> previa colocación del bonete o tapa de la cubierta con su empaque definitivo. Se revisa la misma que en la primera prueba por el cuerpo, agregándose únicamente la revisión cuidadosa de la unión bridada - bonete - cubierta.

#### INSPECCION ULTRASONICA

De los planos de diseño se toman los siguientes datos.

|  |        |  |  |  |  |
|--|--------|--|--|--|--|
| Espesor de la tapa del cuerpo:                   | 2.500" |  |  |  |  |
| Espesor de la tapa del carrete:                  | 4.250" |  |  |  |  |
| Espesor del carrete:                             | 0.500" |  |  |  |  |
| Espesor de cuerpo:                               | 2.250" |  |  |  |  |
| Espesor de la tubería de 1 1/2" $\phi$ ced. 160: | 0.281" |  |  |  |  |
| Espesor de la tubería de 1 1/2" $\phi$ ced. xxs: | 0.400" |  |  |  |  |
| Espesor de la tubería de 10" $\phi$ ced. 40/     | 0.365" |  |  |  |  |
| Espesor de la tubería de 12" $\phi$ ced. 100:    | 0.843" |  |  |  |  |

Se registran los puntos de calibración en dibujos que forman parte del antecedente estadístico del equipo. Se enlistan a continuación los espesores originales en la hilera superior y en la inferior - los espesores mínimos aceptables.

|     |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tn: | 0.281" | 0.365" | 0.400" | 0.500" | 0.843" | 2.250" |
| Tm: | 0.246" | 0.319" | 0.350" | 0.438" | 0.738" | 1.969" |
| Tn: | 2.500" | 4.250" |        |        |        |        |
| Tm: | 2.188" | 3.719" |        |        |        |        |

Todas las calibraciones estuvieron dentro del rango aceptable.

CONDENSADOR DE AZUFRE No. 1, 2 y 3.  
202 - EX, 203 - EX, 204 - EX.

CONDICIONES DE DISEÑO.

TIPO: (CKN) (MODIFICADO)

Unidades al área de transferencia: 12 908 Pies<sup>2</sup>, 11 210 Pies<sup>2</sup>, ---  
8 651 Pies<sup>2</sup> respectivamente.

Calor intercambiado: 15.2 MMBTU/Hr, 13.670 MMBTU/Hr, 7.80 MMBTU/Hr.  
respectivamente.

Temperatura de diseño de la coraza: 400 °f para los tres.

Temperatura de diseño de los tubos: 650 °F, 650 °F y 600 °F res--  
pectivamente.

Presión de diseño de la coraza: 100 Psig. para los tres.

Presión de diseño de los tubos: 75 Psig. para los tres.

Presión de prueba de la coraza: 150P sig.

Presión de prueba de los tubos: 112.5 Psig.

Materiales de construcción.

Material del cuerpo y bonetes: A - 515 - 70

Material de los tubos: A - 179.

INSPECCION EXTERIOR

TABLA DE BOQUILLAS.

| Marca | cantidad | diámetro | cédula             | servicio                   |
|-------|----------|----------|--------------------|----------------------------|
| B1    | 1        | 42"      | xs.500             | Entrada gas de Reacción    |
| B2    | 1        | 36"      | xs                 | Salida gas de reacción     |
| B3    | 1        | 4"       | 120 <sup>438</sup> | Salida azufre líquido      |
| B4    | 1        | 10"      | xs <sup>500</sup>  | Salida de vapor.           |
| B5    | 1        | 24"      | xs                 | Entrada hombre.            |
| B6    | 1        | 1"       | 160 <sup>25</sup>  | Entrada serpentín.         |
| B7    | 1        | 1"       | 160 <sup>25</sup>  | Salida serpentín.          |
| B8    | 2        | 3"       | 160 <sup>438</sup> | Válvula de seguridad.      |
| B9    | 1        | 2"       | 160 <sup>343</sup> | Ventoso.                   |
| B10   | 1        | 1 1/2"   | 160 <sup>281</sup> | Indicador de presión.      |
| B11   | 2        | 2"       | 160 <sup>343</sup> | Control de nivel           |
| B12   | 2        | 1 1/2"   | 160                | Purga continua.            |
| B13   | 1        | 2"       | 160                | Purga intermitente.        |
| B14   | 1        | 3"       | 160                | Entrada de agua.           |
| B15   | 1        | 1 1/2"   | 160                | Entrada reactivos químicos |
| B16   | 2        | 2"       | 160                | Indicador de nivel.        |
| B17   | 1        | 1 1/2"   | 160                | Control de presión.        |
| C1    | 2        | 1" NPT   | Cople<br>3000r     | Conexión de presión.       |
| C2    | 1        | 1" NPT   | Cople<br>6000f     | Conexión de temperatura.   |

| Marca | cantidad | diámetro | cécula         | servicio               |
|-------|----------|----------|----------------|------------------------|
| C3    | 2        | 3/4" NPT | cople<br>6000# | Conexión de la pamisa. |

La boquilla B3 de 4" Ø tiene una chaqueta de vapor de 6" Ø con 2-boquillas C3 de 3/4" Ø 6000# en la chaqueta.

En estos cambiadores los gases procedentes de la caldera de recuperación, se enfrían y sustancialmente se condensa todo el azufre producido en la cámara de combustión.

Se revisaron las condiciones mecánicas de la cimentación ( placas soporte, pernos de anclaje y concreto de cimentación ).

Se revisaron las condiciones mecánicas de la cimentación ( placas soporte, pernos de anclaje y concreto de cimentación ).

Se verificó la pendiente que deben guardar los equipos de 1" / 2" - hacia la boquilla donde debe fluir por gravedad el azufre líquido y salir al sello de azufre.

Se verificó el ajuste de los resortes, que van instalados en las-silletas soporte, a la carga máxima de operación.

Se revisó que la conexión a tierra esté correctamente instalada y completa.

La orientación de los cambiadores es la correcta. Los equipos corresponden con los diagramas de diseño.

Las boquillas están completas y con la orientación de diseño.

Las silletas soporte tienen orificios redondos en la parte fija y ovalados en la parte móvil.

Se revisó el estado físico del cambiador, en busca de daños que pudiesen haber sufrido durante el transporte.

Se revisaron las juntas soldadas del cuerpo y boquillas para localizar algún defecto. Casquetes.

Se revisaron las soldaduras de unión y las de las boquillas.

Se verificó que ninguna boquilla o soporte cayera sobre un cordón longitudinal de soldadura.

Se verifica que las válvulas sean accesibles. La instalación de los termopozos y tomas de presión fue la adecuada. Se cuidó que los cambiadores contaran con claros para darles mantenimiento.

Las áreas dañadas se limpiaron y retocaron con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller. Además se le aplicó una capa de primario de zinc 100% inorgánico Rp-4B a un espesor de película se ca de 3 milésimas de pulgada. El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material dieléctrico de fibra de vidrio almidonada.

En las juntas traslapadas de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar la entrada de humedad.

El equipo se encuentra adecuadamente aluminao. El equipo se encuentra correctamente conectado a tierra, el cable de cobre está-completo y bien sujeto.

### PRUEBA HIDROSTATICA

los primero que se probó fue el serpentín de 1"  $\phi$  a 10.55 Kg/cm<sup>2</sup>. Durante la prueba se verificó que no se presentara ninguna guga. Estos condensadores son de espejos fijos por lo que solamente será necesario hacer dos pruebas, una por el cuerpo y otra por los tubos. Antes de realizar alguna prueba a el equipo se le pusieron candados a los cuatro resortes que lo sostienen, ya que pueden sufrir daños al someterse a cargas mayores que las de diseño.

### PRUEBA DEL CUERPO

Se asegura el acceso a ambos espejos. Se llena el equipo con agua y se presiona a 150 Psig,. Se revisan las juntas soldadas tubo -- espejo, las soldaduras del cuerpo y boquillas así como las juntas bridadas, además de los orificios testigo de las placas de refuerzo.

### PRUEBA POR LOS TUBOS

Cuando se quiso hacer la prueba hidrostática de los tubos del primer condensador, nos percatamos que no podíamos realizarla a la presión de prueba de 112.5 Psig., ya que no se podía bloquear la boquilla de entrada, por encontrarse unida por medio de soldadura a la caldera de recuperación, y esta última a su vez al reactor -- térmico. tanto el reactor como la caldera tienen una presión de -- prueba inferior y además neumática. Por lo que optamos de acuerdo al ANSI, que dice "La máxima presión de prueba deberá estar limitada por el componente más débil en el sistema, tratase de recipientes u otros equipos--.

Cuando se prueban al mismo tiempo," en probar el condensador a la misma presión de prueba de la caldera y el reactor.

Se llenaron y presionaron los tres equipos, el condensador, la -- caldera y el reactor, con aire a la presión de 1.78 Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante la prueba se revisaron las juntas soldadas y las bridadas aplicando una solución de agua jabonosa, hecha de 8 onzas de jabón por galón de agua tibia, detectándose las fugas.

Por la presencia de burbujas. Posteriormente se despresiona el equipo y vacía.

Este problema solo se presentó para la prueba del primer condensador, para los otros dos condensadores se respetó la presión de -- prueba.

Prueba Hidrostática por los tubos del segundo y tercer condensador Se llenó y presionó el equipo con agua a 112.5 Psig. Se revisó -- que ninguna soldadura o junta bridada presentara fugas, así como también los orificios testigo de las placas de refuerzo.

### INSPECCION ULTRASONICA

Se recopilaron los siguientes datos de los planos de diseño.

Espesor de los bonetes: 0.500"  
Espesor del cuerpo: 0.500"  
Espesor de la tubería de 1"  $\emptyset$  ced. 160: 0.250"  
Espesor de la tubería de 1"  $\emptyset$  ced. 80 del serpentín: 0.179"  
Espesor de la tubería de 2"  $\emptyset$  ced. 160: 0.343"  
Espesor de la tubería de 3"  $\emptyset$  ced. 160: 0.438"  
Espesor de la tubería de 4"  $\emptyset$  ced. 120: 0.438"  
Espesor de la tubería de 10"  $\emptyset$  ced. xs: 0.500"  
Espesor de la tubería de 36"  $\emptyset$  ced. xs: 0.500"  
Espesor de la tubería de 42"  $\emptyset$  ced. xs: 0.500"

Se registraron los puntos de calibración en dibujos que forman el antecedente estadístico de cada uno de los equipos.

Se enlistan a continuación los espesores originales en la hilera superior y en la inferior los espesores mínimos aceptables.

|     |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tn: | 0.179" | 0.250" | 0.343" | 0.438" | 0.500" |
| Tm: | 0.157" | 0.219" | 0.300" | 0.383" | 0.438" |

Se verificó que todos y cada uno de los puntos calibrados estuvieron dentro del rango aceptable.

RECALENTADOR DE GAS N<sup>o</sup> 1 y 2.  
205 - EX y 206 - EX.

CONDICIONES DE DISEÑO

TIPO: GEN MODIFICADO.

Unidades al área de transferencia: 6 190 Pies<sup>2</sup>, 1 908 Pies<sup>2</sup> --  
respectivamente.

Calor intercambiado: 7.359 MBTU/Hr, 4.591 MBTU/Hr, respectiva--  
mente.

Temperatura de diseño de la coraza: 550 °F

Temperatura de diseño de los tubos: 550 °F

Presión de diseño de la coraza: 690 Psig.

Presión de diseño de los tubos: 75 Psig.

Presión de prueba de la coraza: 1035 Psig.

Presión de prueba de los tubos: 113 Psig.

Materiales de construcción.

Material del cuerpo: A - 515 - 70

Material de los tubos: A - 179.

INSPECCION EXTERIOR " TABLA DE BOQUILLAS "

| Marca | cantidad | diámetro | cédula         | servicio                  |
|-------|----------|----------|----------------|---------------------------|
| B1    | 1        | 36"      | xs             | Entrada de gas.           |
| B2    | 1        | 36"      | xs             | Salida de gas.            |
| B3    | 2        | 4"       | 120            | Entrada de vapor.         |
| B4    | 1        | 2"       | 160            | Salida de condensado.     |
| B5    | 1        | 2"       | 160            | Venteo.                   |
| B6    | 1        | 2"       | 160            | Drenaje.                  |
| C1    | 5        | 3/4" NPT | cople<br>6000# | Conexión de temperatu_ra. |
| C2    | 5        | 3/4" NPT | cople<br>6000# | Conexión de presión.      |

La misión de estos recalentadores con vapor saturado de 620 Psig. es la de elevar la temperatura de los gases que salen de los condensadores de azufre 1 y 2, para aumentar la eficiencia en la conversión catalítica del ácido sulfhídrico y dióxido de azufre en azufre elemental. Se verificó el ajuste de los resortes, que van instalados en las silletas soporte, a la carga máxima de operación. Se revisó que la conexión a tierra esté correctamente instalada y completa.

La orientación de los cambiadores es la correcta. Los equipos corresponden con los diagramas de diseño. Las boquillas están completas y con la orientación de diseño.

Se revisó que los cartabones de las placas soportes y su refuerzo estuviera de acuerdo al plano de diseño, así como los orificios del las placas soporte para atornillar el perno de los resortes soporte. Se revisó el estado del físico de los cambiadores para localizar daños o defectos. Se revisan las soldaduras del cuerpo y boquillas. Se verificó que ninguna boquilla o soporte cayera sobre un cordón longitudinal de soldadura.

Se verificó que las válvulas sean accesibles. La instalación de las tomas de presión y termopozos fue la adecuada. Se cuidó que los cambiadores contaran con claros para darles mantenimiento.

Las áreas dañadas se limpiaron y retocaron con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller. Además se le aplicó una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP - 4B a un espesor de película seca de seca de 3 milésimas de pulgada. El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material aislante eléctrico de fibra de vidro almidonada. En las juntas traslapadas de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar la entrada de humedad. El equipo se encuentra correctamente conectado a tierra, el cable de cobre se encuentra completo y bien sujeto.

### INSPECCION INTERIOR

Estos equipos tienen ambos espejos fijos y sin tapas en ambos cabezales por lo que es fácil revisarlo interiormente.

Se revisaron las soldaduras espejo - cuerpo, las soldaduras de las boquillas y las soldaduras tubo - espejo buscando algún defecto. Se verificó que las boquillas no presenten obstrucción.

#### PRUEBA HIDROSTATICA.

Estos cambiadores tienen los dos espejos fijos, por lo que sólo se necesitan efectuar dos pruebas, una por los tubos y otra por el cuerpo. P

#### PRUEBA POR EL CUERPO

Se ventea el aire por el punto más alto y se llena el cuerpo con agua. Se presiona el cuerpo a la presión de prueba de 1 035 Psig. Se inspeccionan las juntas soldadas tubo - espejo de ambos espejos, así como también las juntas soldadas del cuerpo y boquillas sin olvidarse revisar los orificios testigo de las placas de refuerzo y las juntas bridadas. Posteriormente se depresiona y vacía el equipo.

#### PRUEBA POR LOS TUBOS.

Se colocan bridas ciegas en las boquillas de entrada y salida. Se ventea el aire y se llena y presiona el equipo con agua a 113 Psig. Se revisan las soldaduras de los cabezales, las soldaduras de las boquillas y las juntas bridadas en busca de fugas. Después que termina la prueba, se depresiona y vacía el equipo.

### INSPECCION ULTRASONICA

De los planos del diseñador se tomaron los siguientes datos.

|   |        |  |
|---|--------|--|
| Espesor del cuerpo:                                 | 0.500" |  |
| Espesor de los cabezales:                           | 0.500" |  |
| Espesor de la tubería de 2" $\varnothing$ ced. 160: | 0.343" |  |
| Espesor de la tubería de 4" $\varnothing$ ced. 120: | 0.438" |  |
| Espesor de la tubería de 36" $\varnothing$ ced. xs: | 0.500" |  |

Se registraron los puntos de calibración en dibujos que forman el antecedente estadístico de cada uno de los equipos. Se enlistan a continuación los espesores originales en la hilera superior y en la inferior los espesores mínimos aceptables.

|            |        |        |
|------------|--------|--------|
| En 0.343"  | 0.438" | 0.500" |
| Tm: 0.300" | 0.383" | 0.438" |

Se verificó que todos y cada uno de los puntos calibrados estuvieran dentro del rango aceptable.



POSTENFRIADORES DE AIRE  
301 - EX y 302 - EX.

DATOS DE DISEÑO

TIPO: DE CORAZA Y TUBOS.

Unidades al área de transferencia: 17.7 Pies<sup>2</sup>.  
 Temperatura de diseño de la coraza: 120 °F  
 Temperatura de diseño de los tubos: 400 °F.  
 Presión de diseño de la coraza: 125 Psig.  
 Presión de diseño de los tubos: 125 Psig.  
 Presión de prueba de la coraza: 225 Psig.  
 Presión de prueba de los tubos: 225 Psig.  
 Materiales de construcción.  
 Material del cuerpo: Acero al carbón.  
 Material de los tubos: Acero Inoxidable 316.

INSPECCION EXTERIOR

TABLA DE BOQUILLAS.

| Marca | cantidad | díametro   | cédula         | servicio.             |
|-------|----------|------------|----------------|-----------------------|
| K     | 1        | 3/4" NPT   | cople<br>3000# | Salida de agua.       |
| J     | 1        | 3/4" NPT   | cople<br>3000# | Entrada de agua.      |
| A     | 1        | 4"         | 120            | Entrada de aire.      |
| E     | 1        | 4"         | 120            | Salida de aire.       |
| P     | 1        | 1 1/2" NPT | cople<br>3000# | DREN para el agua.    |
| AG    | 1        | 1" NPT     | cople<br>3000# | Válvula de seguridad. |
| Z     | 1        | 1/2" NPT   | cople<br>3000# | Conexión para dren.   |

Las conexiones AC y Z corresponden al separador de mezcla que -- trabaja unido a el cambiador.

Estos cambiadores enfrían la corriente de aire que sale de los -- compresores de aire de instrumentos y e plantas.

Se verificó el estado físico de los cambiadores en busca de algún daño o desperfecto.

Las conexiones externas se reportan completas y con la orienta--- ción adecuada.

Se verificó que las bridas estuvieran en buen estado.

Se revisaron todas las soldaduras. Se verificó que las válvu las sean accesibles.

Se verificó que el separador de mezcla fuera de acero inoxidable- y estuviera en buenas condiciones mecánicas.

La instalación de la toma de presión y termopozo fue la adecuada.

Se verificó la instalación de la válvula de seguridad para el la- do de los tubos.

El equipo está correctamente conectado a tierra, el cable de co--- bre está completo y bien sujeto.

La protección anticorrosiva anticorrosiva aplicada fue a base de- una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP - 4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada, y dos manos del acaba do RA - 22 vinílico de altos sólidos a un espesor de película se- ca de dos milésimas de pulgada por mano.

El equipo se encuentra adecuadamente iluminado.

#### INSPECCION INTERIOR

Se revisó el rolado de los tubos en ambos espejos. Se verificó buen estado de los espejos.

## PRUEBA HIDROSTATICA

En vista de que los cambiadores solo van a trabajar con agua y -- aire, solo se harán dos pruebas, una por los tubos y otra por el cuerpo.

### PRUEBA POR EL CUERPO

Como el cambiador es muy pequeño se desmontó de su lugar y se probará en el piso. Se habilitaron dos bridas hechas de placa que harán el papel de anillos de prueba durante la prueba por el cuerpo. Se colocaron las dos bridas hechas con sus respectivos empaques en ambos extremos del cambiador para permitir, la inspección del rolado de los tubos; en ambos espejos, así como de los mismos espejos.

Se venteó el aire y se llenó y presionó el equipo por el cuerpo a la presión de prueba de 225 Psig.

Se revisaron ambos espejos, así como el rolado de los tubos y juntas bridadas para localizar alguna fuga.

Se detectó fugas en el rolado de los tubos por lo que se pidió se revolases los tubos con fuga, los cuales fueron marcados para permitir su identificación.

Posteriormente se repitió la prueba y todo salió correcto.

### PRUEBA POR LOS TUBOS

Para realizar esta prueba fue necesario hacer uso de un par de -- bridas ciegas hechas de placa debido a que este tipo de cambiadores no tienen cabezales.

Se instalaron las dos bridas ciegas con sus respectivos empaques.

Se venteó el aire de los tubos, se llenaron y presionaron con agua a la presión de prueba de 225 Psig.

Se revisaron las conexiones y juntas bridadas para localizar fugas, sin éxito. En este caso como no pueden detectarse visualmente las fugas en las conexiones tubo - espejo.

Lo que nos permitirá darnos cuenta que existen fugas ya sea por -- el rolado de los tubos o de los tubos mismos será la presión que no se podrá mantener aunque no se observen fugas externas.

Si tal falla hubiera sido descubierta únicamente con la prueba -- "por el lado de los tubos" y no " por el lado del cuerpo " porque sería necesario repararse todas las juntas tubo - espejo, ya que el punto real de soldadura no podría ser localizado.

### INSPECCION ULTRASONICA.

De los planos de diseño se tomaron los siguientes datos.

Espesor del cuerpo 0.438"

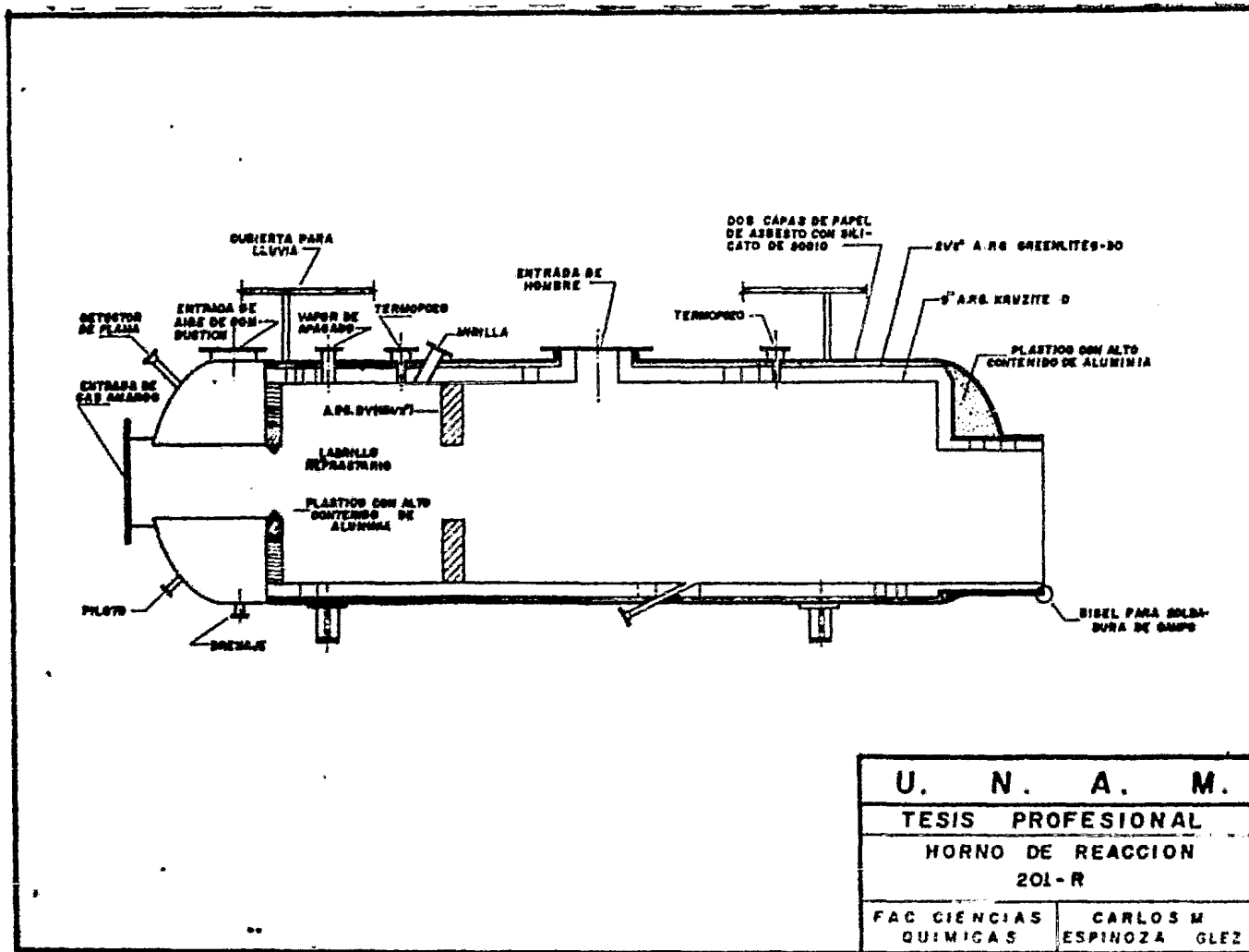
Se registraron los puntos de calibración en dibujos que forman el antecedente estadístico de cada uno de los equipos.

Se enlista a continuación en la hilera superior el espesor original y en la inferior, el espesor mínimo aceptable.

Tn: 0.438"

Tm: 0.383"

Se verificó que todos los puntos de calibración estuvieran dentro del rango aceptable.



|                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| <b>U. N. A. M.</b>       |                           |
| <b>TESIS PROFESIONAL</b> |                           |
| <b>HORNO DE REACCION</b> |                           |
| <b>201-R</b>             |                           |
| FAC CIENCIAS<br>QUIMICAS | CARLOS M<br>ESPINOZA GLEZ |

C) R E A C T O R E S

REACTOR TERMICO

201 - R

DATOS DE DISEÑO

TIPO: CILINDRO HORIZONTAL.

Temperatura de diseño del cuerpo: 650 °F

Temperatura de diseño del refractario: 2 800 °F

Calor liberado: 106 MMBTU/Hr.

Presión de diseño del cuerpo: 17 Psig.

Presión de prueba del cuerpo: 25.5 Psig. (neumático).

Materiales de construcción.

Material del cuerpo: A - 283 - Grc.

INSPECCION EXTERIOR:

TABLA DE BOQUILLAS.

| Marca | cantidad | diámetro | cédula  | servicio.                  |
|-------|----------|----------|---------|----------------------------|
| N1    | 1        | 52"      | PL 1/2" | Entrada de gas ácido       |
| N2    | 1        | 6'9"     | PL 1/2" | Salida gases de reacción.  |
| N3    | 1        | 29"      | PL 1/2" | Entrada aire de combustión |
| N4    | 1        | 3"       | 160     | Vapor de APAGADO.          |
| N5    | 1        | 6"       | 80      | Conexión de temperatura.   |
| N6    | 1        | 6"       | 80      | Conexión de temperatura.   |
| N7-N8 | 3        | 2"       | 160     | Mirillas.                  |
| N9    | 1        | 2"       | 160     | Encendedor de flama.       |
| N10   | 1        | 1"       | 160     | Análisis de la flama.      |
| C1    | 1        | 1"       | 160     | Gas a pilotos.             |
| C2    | 1        | 1"       | 160     | Gas a pilotos.             |
| C3    | 1        | 2"       | 160     | Boquilla para limpieza.    |
| M1    | 1        | 24"      | PL 1/2" | Entrada hombre.            |

Encima de la pintura anticorrosiva anterior se le aplicaron dos ma-  
mos de pintura anticorrosiva para alta temperatura color aluminio  
a base de silicón N E - 30 B a un espesor de 1.5 milésimas de pul-  
gada por mano. Se verificó la instalación de los elementos de tem-  
peratura y análisis.

Se verificó que las mirillas contaran con su cristal de cuarzo pa-  
ra resistir la temperatura.

Se verificó que el equipo contara con un dispositivo de protección  
instalado en la boquilla C1 que manda señal al tablero de control  
en caso de que no haya una buena combustión, que sacará de opera-  
ción a la planta. El otro dispositivo está instalado en la boqui-  
lla N4 que saca la planta de operación en caso de un incremento -  
o una caída de temperatura fuera de control.

El equipo se encuentra adecuadamente iluminado. La conexión a ---  
tierra del equipo está correcta, el cable de cobre se encuentra -  
completo y bien sujeto.

#### INSPECCION INTERIOR

Se verificó que la proyección de 1" hacia adentro de las boquillas  
que lo marcan en el plano de seguridad de diseño se respetara.

El equipo interiormente puede dividirse en dos partes, la primera  
es la del quemador y la segunda es la parte que corresponde a la  
cámara de reacción.

Se verificó en el área del quemador lo siguiente:

A) Que la boquilla para análisis llegara hasta la boquilla de ali-  
mentación con el ángulo y distancia de diseño.

B) Que la boquilla de gas para el piloto guardara el ángulo y la  
distancia de diseño con respecto al centro de la boquilla N1 de --  
alimentación.

C) Que la boquilla que tiene el encendedor de flama guardara el -  
ángulo y distancia de diseño con respecto al centro de la boqui-  
lla de alimentación.

D) Que la boquilla de alimentación contara con una tubería concén-  
trica de menor diámetro, con una reducción al extremo que permi-  
tiera crear una diferencia de presión entre la corriente que sale  
de la reducción y el piloto que nos permita transportar la flama-  
e iniciar la reacción de quemado del gas ácido.

E) Que la boquilla de alimentación contara con unos orificios lon-  
gitudinales en el número y dimensión de diseño, que permitieran -  
la entrada del aire de combustión y el mezclado de dicho aire con  
el gas ácido.

F) Que las soldaduras del cuerpo, placas y boquillas estuvieran -  
en buen estado.

G) Que existiera la placa de división entre la cámara del quema-  
dor y la de combustión, y que sus dimensiones fueran las correc-  
tas.

H) Que las partes que van atornilladas, de la boquilla de alimentación estuvieran correctamente apretadas y la tornillería estuviera completa y fuera del material apropiado.

De la cámara de combustión se verificó lo siguiente:

A) Que las boquillas tuvieran la proyección y ángulo de entrada - de diseño.

B) Que las boquillas estuvieran a la distancia de diseño y no presentaran obstrucciones .

C) Que las soldaduras del cuerpo y boquillas estuvieran en buen estado.

### PRUEBA NEUMÁTICA

Se realizó la prueba neumática de éste equipo al mismo tiempo que la prueba por los tubos, de la caldera de recuperación y del primer condensador, en virtud de encontrarse unidos por medio de boquillas soldadas.

Se aisló el equipo colocando bridas ciegas o válvulas en las boquillas restantes que no están incluidas en el comentario precedente. Se llenó y presionó el equipo con aire a la presión de prueba de 1.78 Kg/cm<sup>2</sup>.

Durante la prueba se revisaron las juntas soldadas, las bridas y los orificios de tigo de las placas de refuerzo aplicando una solución jabonosa, las fugas se detectan por la presencia de burbujas.

También se revisaron las válvulas aplicando la solución jabonosa al medio cuerpo y prensa estopas, en caso de fuga se apretaron -- los espárragos hasta que desapareciera el burbujeo.

Después que termina la prueba, se depreciona y vacía el equipo.



INSPECCION DE LA INSTALACION DEL REFRACTARIO INTERIOR DEL REACTOR TERMICO.

DE LOS PLANOS DE DISEÑO SE TOMO LA SIGUIENTE INFORMACION RESPECTO A EL MATERIAL NECESARIO.

CEDULA DEL REFRACTARIO

| Cantidad               | Descripción  |
|------------------------|--|
| 241                    | Ladrillo refractario A.P. Green Kruzite "D" arco # 2 de 9" X 6" X 3".                    |
| 445                    | Ladrillo refractario A.P. Green Kruzite "D" arco # 1 de 9" X 6" X 3".                    |
| 6280                   | Ladrillo refractario A.P. Green Kruzite "D" arco # 1 de 9" X 4 1/2" X 2 1/2".            |
| 3308                   | Ladrillo refractario A.P. Green Kruzite "D" rectos de 9" X 4 1/2" X 2 1/2".              |
| 620                    | Ladrillo refractario A.P. Green DV. arco # 1 de 13 1/2" X 6" X 3".                       |
| 590                    | Ladrillo refractario A.P. Green DV. arco # 2 de 13 1/2" X 6" X 3".                       |
| 10                     | Ladrillo refractario A.P. Green DV. arco # 3 de 13 1/2" X 6" X 3".                       |
| 7600                   | Ladrillo refractario aislante A.P. Green Greenlite 6 - 30 Recto de 9" X 4 1/2" X 2 1/2". |
| 3020                   | Plástico refractario de alta alumina.  |
| Paquetes               | A.P. Green.  |
| 9435                   | Mortero sairret A.P. Green.  |
| Botes                  |  |
| 5 Galones              | Silicato de sodio  |
| 3000 Pies <sup>2</sup> | Papel de asbesto de 1/16" de espesor.  |

LADRILLO REFRACTARIO CEDULA A

| Identificación | Descripción.                       |
|----------------|------------------------------------|
| 1              | 4 del arco #3 y 68 del arco #2.    |
| 2              | 67 del arco # 2 y 17 del arco #1.  |
| 3              | 54 del arco #2 y 43 del arco #1.   |
| 4              | 42 del arco # 2 y 67 del arco #1.  |
| 5              | 30 del arco #2 y 92 del arco #1.   |
| 6              | 19 del arco #2 y 113 del arco # 1. |

LADRILLO REFRACTARIO CEDULA B

| Identificación | Descripción                        |
|----------------|------------------------------------|
| 7              | 11 del arco #3 y 54 del arco # 2.  |
| 8              | 74 del arco # 2 y 4 del arco # 1.  |
| 9              | 61 del arco #2 y 29 del arco #1.   |
| 10             | 48 del arco # 2 y 55 del arco # 1. |
| 11             | 36 del arco #2 y 80 del arco # 1.  |
| 12             | 25 del arco #2 y 101 del arco # 1. |

De las dos partes en que se dividió el equipo solo la parte que corresponde a la cámara de reacción lleva el revestimiento refractario interior.

De los planos de diseño sabemos que el recipiente lleva primero dos capas de papel de asbesto de 1/16" de espesor pegados con la solución de silicato de sodio, la finalidad de estas capas de asbesto es aislar, el metal del recipiente de la superficie de los ladrillos refractarios para que no se presenten puntos calientes pero fundamentalmente es la de proporcionar una superficie apropiada en la que se pueda adherir el ladrillo refractario por medio del mortero y así construir el revestimiento refractario interior.

Por convenir a nuestro propósito dividimos la cámara de combustión en 3 partes que son:

- 1.- Area de la placa separadora entre la cámara de combustión y el área del quemador.
- 2.- Area cilíndrica de la cámara de combustión.
- 3.- Area de la cabeza posterior de la cámara de combustión.

SE SUPERVISO LO SIGUIENTE EN EL ARSA DE LA PLACA SEPARADORA.

Se verificó que existiera una junta de expansión de Cerwool circunferencial de 1/2" x 11 1/2".

Se verificó que después de las 3 hiladas de ladrillos refractarios de 11 1/2" de ancho total de las 3 capas, se colocaron las 6 hiladas de ladrillos de arco cédula B descritos en la tercera tabla. El orden de dicha construcción de las 6 hiladas fue primero la inferior que corresponde al número 12 y así sucesivamente hasta llegar a la última hilada que es la número 7.

Encima de esta última hilada se colocaron dos capas de tela de asbesto de 1/8" de espesor.

Encima de estas capas de tela de asbesto se colocó el material cerámico plástico de alta alumina anclada a la placa de división con tornillos de 3 5/8" distribuidos en una circunferencia de 40" de diámetro, se verificó que todo estuviera de acuerdo al plano de diseño.

DEL AREA CILINDRICA DE LA CAMARA DE COMBUSTION SE VERIFICO LO SIGUIENTE.

Que la primera hilada de ladrillo refractario aislante fuera de 2 1/2" de ladrillo recto de Greenlite - 6 - 30, que la segunda y tercera hilada 4 1/2" de ladrillo refractario recto de Kruzite D de 9" X 4 1/2" X 2 1/2".

Que la mampara de refractario estuviera a la distancia de diseño de 10' 9 7/8" de la placa de división y que además se hubiera relleno de alúmina plástica A.P. Green el espacio entre la primera hilada de la sección cilíndrica y la primer hilada de la mampara se colocaran las 6 hiladas de ladrillos finos refractarios de arco cédula A descritos en la Segunda Tabla y que el orden de dicha construcción fuera primero la número 6 y así sucesivamente hasta llegar a la última que corresponde al número uno de la tabla mencionada. Así mismo se verificó el diámetro de la mampara que debería corresponder con el del plano de diseño.

Que la tapa de la entrada hombre tuviera su excelente aislamiento con los ladrillos refractarios de A.P. Green Kruzite "D" rectos de 9" X 4 1/2" X 2 1/2".

Que se dejara un espacio sin ladrillo refractario donde estuvieran las boquillas para que fuera cubierto con la alúmina plástica A.P. Green, cuidando que el diámetro del orificio moldeado en la alúmina tuviera el diámetro y dimensiones de diseño.

DEL AREA DE LA CABEZA POSTERIOR DE LA CAMARA DE COMBUSTION SE VERIFICO LO SIGUIENTE:

Que el espacio vacío entre la cabeza y la primera hilada de ladrillo refractario aislante se llenara con la alúmina plástica A.P. Green. Que se colocaran solamente dos hiladas de ladrillos refractarios, la primera de 2 1/2" de ladrillo refractario aislante Greenlite 6 - 30 recto de 9" X 4 1/2" X 2 1/2", la segunda fue de 9" de ladrillo refractario A.P. Green Kruzite D recto de 9" X 6" X 3".

#### PROCEDIMIENTO DE SECADO DEL REFRACTARIO

Antes de encender el quemador principal, conservar durante dos horas encendido únicamente el piloto, para que el calentamiento inicial del refractario sea lento. Después de transcurrido el tiempo indicado, encender el quemador principal regulando el gas natural y el aire ( 100% de exceso ), para elevar la temperatura ambiente, hasta alcanzar 120°C. el exceso del aire, no debe ser menor de 50%. Hacer análisis de los gases de combustión para ajustar el aire a 100% de exceso.

LA SIGUIENTE TABLA FUE PROPORCIONADA POR EL DISEÑADOR PARA SECAR Y DEJAR EL REFRACTARIO DEL REACTOR EN CONDICIONES OPTIMAS.

GASES DE SALIDA DEL HORNO DE REACCION 201-R

| Temperaturas °C | Velocidad °C/Hr. | Horas |
|-----------------|------------------|-------|
| 30 150          | 20               | 6     |
| 150 150         |                  | 24    |
| 150 240         | 20               | 4 1/2 |
| 240 240         |                  | 24    |
| 240 340         | 20               | 5     |
| 340 340         |                  | 24    |
| 340 450         | 20               | 5 1/2 |
| 450 450         |                  | 24    |
| 450 520 °C      | 20               | 3 1/2 |
| 520 520         |                  | 17    |
| 520 815         | 40               | 7 1/2 |
| 815 815         |                  | 9     |
| 815 1000        | 40               | 5     |
| 1000 1000       |                  | 0     |
| 1000 500        | 50               | 10    |
| 500 500         |                  | 10    |
| 500 100         | 100              | 4     |

Se llevó un registro y control de temperaturas estricto que permitiera apearse casi exactamente a los valores proporcionados por la tabla.

INSPECCION ULTRASONICA

Esta inspección se realizó antes de instalar el refractario. De los planos del diseñador se tomaron los siguientes datos.

Espesor del cuerpo y cabezas: 0.500"  
 Espesor de la tubería de 81", 52", 26", y 24" Ø : 0.500"  
 Espesor de la tubería de 1" Ø ced. 160: 0.250"  
 Espesor de la tubería de 2" Ø ced. 160: 0.343"  
 Espesor de la tubería de 3" Ø ced. 160: 0.438"  
 Espesor de la tubería de 6" Ø ced. 80: 0.432"

Se registraron los puntos de calibración en dibujos que forman el antecedente estadístico de cada uno de los equipos. Se enlistan a continuación en la hilera superior el espesor original y en la inferior el espesor mínimo aceptable.

|     |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tn: | 0.250" | 0.343" | 0.432" | 0.438" | 0.500" |
| Tm: | 0.219" | 0.300" | 0.382" | 0.383" | 0.438" |

Se verificó que todos los puntos estuvieran dentro del rango aceptable.

REACTORES CATALITICOS  
202-R y 203 - R.

Datos de diseño:

TIPO CILINDRO HORIZONTAL

DIMENSIONES:

Longitud 50'0" T T

Diámetro interior 12' 6"

Presión de diseño: 20 Psig.

Temperatura de sde diseño: 650 °F

Presión de prueba hidrostática: 2.11 Kg/cm<sup>2</sup>

Material de construcción:

Cuerpo y Tapas A - 515 - 70

Recubrimiento Interior: Refractario moldeable de 76 MM  
espesor de A.P. Green Ks-4M.

Espárragos exteriores: A193-B7 interiores: A - 307-B

Tuercas exteriores: A-194-2H interiores: A - 307-B

Interiores: A - 36, A-283-C, A-240-T31b

Soportes: A-283-C

INSPECCION EXTERIOR:

TABLA DE BOQUILLAS:

| Marca  | Cantidad | diámetro | cédula  | servicio                |
|--------|----------|----------|---------|-------------------------|
| A      | 1        | 36"      | PL 1/2" | Entrada de gas          |
| B      | 1        | 36"      | PL 1/2" | Salida de gas           |
| C      | 1        | 30"      | XS      | Entrada Hombre          |
| DL y 2 | 2        | 6"       | 160     | Termopozo               |
| E      | 1        | 24"      | XS      | Descarga de catalizador |
| F      | 1        | 1 1/2"   | 160     | Soplado de vapor        |
| G      | 1        | 24"      | FL 1/2" | Entrada Hombre          |

Se verificó la orientación, número y diámetro de las boquillas, - así como las placas de refuerzo, orificios testigo y pescantes de las boquillas que lo marquen.

Se revisaron las soldaduras y placas del cuerpo, buscando algún - daño o desperfecto. Se revisaron las silletas soporte, verifican- do que estuvieran en buenas condiciones.

Las silletas soporte tienen orificios ovalados en la parte móvil- y circulares en la fija.

Las tuercas de las anclas de la parte móvil se encuentran ligera- mente flojas y con sus placas de teflón.

Se revisaron las soldaduras de las boquillas. Se verificó que nin- guna boquilla o soporte cayera en algún cordón de soldadura.

Se verificó que las válvulas fueran accesibles y que la tornille- ría estuviera completa y del material especificado.

La instalación de termopozos fue la adecuada.

Las áreas dañadas se limpiaron y retocaron con la misma pintura-- anticorrosiva aplicada en taller. Encima de la anterior se le --- aplicó una capa de acabado vinil-acrílico de altos sólidos RA-22- a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada.

El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aisla-- miento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material - dieléctrico de fibra de vidrio almidonada. En las juntas traslapa- das de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los cue-- llos de las boquillas se usó un sello asfálti o para evitar la en- trada de humedad.

El equipo se encuentra adecuadamente iluminado.

La conexión a tierra del equipo está correcta, el cable de cobre- se encuentra completo y bien sujeto.

#### INSPECCION INTERIOR

Se revisaron las soldaduras del cuerpo, cabezas y boquillas. Se - verificó que la boquilla de entrada de gas contara con una placa- de choque o mampara reflectora de acero inoxidable 316. Se verifi- có que las soleras soporte de dicha lámpara fuera también de ace- ro inoxidable con las dimensiones de diseño. La mampara debía de- tener cuatro agujeros de 6"  $\phi$ , distribuidos en un radio de 9" de-  $\phi$ , separados entre sí 6" de línea de centro a línea de centro.

El recipiente deberá contar con soportes para el cemento refracta- rio del tipo rastrillo llamado "FINE STRUDS WELDING", de la medi- da y dimensiones de aiseña distribuidos en toda la pared del reci- piente incluyendo cabezas y vigas soporte de la rejilla.

El recipiente deberá contar con vigas soporte colocadas transver- salmente a lo largo del recipiente y se deberán atornillar a las- cajas de fábrica que trae el recipiente.

Las cabezas contarán con cartabones de placa de acero para sopor- tar la rejilla IRVING. Se verificó el material de las "FINE STRUDS WELDING" así como el de la tornillería.

## APLICACION DEL REFRACTARIO, ARMADO INTERNO Y LLENADO DE CATALIZADOR.

El tipo de cemento refractario moldeable fue KS-4M a un espesor uniforme en toda la pared del recipiente, cabezas, cejas, vigas, de 3" de espesor como la marca el diseño. La aplicación del cemento fue neumáticamente.

El secado del refractario se debe hacer junto con el secado del reactor térmico, caldera etc., se debe conservar la temperatura de 220 °C aproximadamente en la cama de catalizador, durante el tiempo que dure el secado de todo el tren de la planta de azufre.

### ARMADO INTERNO DE REACTOR.

Se instaló la rejilla IRVING tipo ING. con solera de 51 MM X 5 MM y 25 MM entre centros en el mínimo número y de piezas y con aminoraciones que permitan su paso a través de los registros de hombre.

Se verificó que la separación máxima entre las secciones fuera de 3.2 MM estando sus extremos flejados, sin do soldarse a los soportes. Encima de la rejilla anterior se deberá colocar una malla de acero inoxidable tipo 304 con abertura cuadrada del #4 con alambre calibre #16 cubriendo completamente la superficie de la rejilla con traslape mínimo de 51 MM entre 51 MM. La maya apoyará en la pared del recipiente extendiéndose hacia arriba 150 MM aproximadamente; la malla se sujetará a la parrilla con alambre de 1 MM  $\varnothing$  tipo de acero inoxidable tipo 304.

Como no había manera de sujetar la malla a la pared del recipiente se se optó por ponerle del mismo cemento refractario dando muy buenos resultados.

### LLENADO DE CATALIZADOR.

Se procedió a poner la primera cama a una profundidad de lecho de 6" ( 152 MM ) de alúmina tabular esférica de 1/8" a 3/8"  $\varnothing$  tipo alcoa-T-162 que sirve de soporte al catalizador.

Posteriormente se puso la cama de catalizador a una profundidad de lecho de 48" ( 12'8 MM ) de alúmina Kaiser S-201 activada esférica de tamaño de malla de 3X6.



### INSPECCION ULTRASONICA

Esta inspección se realizó antes de instalar el refractario. De los planos de diseñador se tomaron los siguientes datos.

|  |        |
|--|--------|
| Espesor del cuerpo y cabezas:                    | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 30" $\phi$ :            | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 30" $\phi$ /ced. XS:    | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 24" $\phi$ ced. XS:     | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 6" $\phi$ ced. 160:     | 0.718" |
| Espesor de la tubería de 1 1/2" $\phi$ ced. 160: | 0.281" |

Se registraron los puntos de calibración en dibujos que forman el antecedente estadístico de los equipos.

Se enlistan a continuación en la tabla superior el espesor original y en la inferior el espesor mínimo aceptable.

|     |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|
| Tn: | 0.281" | 0.500" | 0.718" |
| Tm  | 0.246" | 0.438" | 0.628" |

Se verificó que todos los puntos estuvieran en el rango aceptable.

D) CALDERA, CALDERA y SUPERADORA DE CALOR.  
201 - EX.

DATOS DE DISEÑO.

TIPO: TUBOS DE HUMO, DOMO INTEGRAL.

Area de transferencia: 6 001 pies<sup>2</sup>  
 Calor intercambiado: 70.71 MM BTU/HR.  
 Presión de diseño de la coraza: 75 Psig.  
 Presión de diseño de los tubos: 17 Psig.  
 Temperatura de diseño de la coraza: 350 °F.  
 Temperatura de diseño de los tubos: 650 °F.  
 Presión de prueba de la coraza: 112.5 Psig.  
 Presión de prueba de los tubos: 23.5 Psig.

MATERIAL DE CONSTRUCCION:

material del cuerpo: SA - 285 °C.  
 material de los tubos: SA - 192

INSPECCION EXTERIOR

TABLA DE BOQUILLAS.

| Marca  | cantidad | diámetro | cédula  | servicio               |
|--------|----------|----------|---------|------------------------|
| N1     | 1        | 12"      | XS      | Salida de vapor.       |
| N2     | 1        | 3"       | 160     | Agua de alimentación.  |
| N3,N4  | 2        | 6"       | 80      | Válvulas de seguridad. |
| N5     | 1        | 4"       | 120     | Venteo.                |
| N6     | 1        | 1"       | 160     | Reactivos químicos.    |
| N7     | 1        | 1"       | 160     | Purga continua.        |
| N8, N9 | 2        | 1 1/2"   | 160     | Purga intermitente.    |
| N15    | 1        | 1 1/2"   | 160     | Purga intermitente.    |
| N19    | 1        | 3"X 4"   | 160/120 | Salida de azufre.      |

| Marca | cantidad | diámetro | cédula  | servicio              |
|-------|----------|----------|---------|-----------------------|
| N-20  | 1        | 42"      | X5      | Salida de gas ácido.  |
| N-21  | 1        | 6'9"     | PL 1/2" | Entrada de gas ácido. |
| N22   | 1        | 4"       | 120     | Mirilla.              |
| N-23  | 1        | 4"       | 120     | Mirilla.              |
| N-24  | 1        | 4"       | 120     | Mirilla.              |
| G1-G2 | 2        | 1 1/2"   | 160     | Columna de agua.      |
| G2-G3 | 2        | 1 1/2"   | 160     | Controlador de nivel. |
| G5    | 1        | 1"       | 160     | Manómetro.            |
| H1-H2 | 2        | 6"X4"    | PL 1/2" | Entrada de mano.      |
| M1    | 1        | 16"X12"  | PL 1/2" | Entrada hombre.       |

Esta caldera deberá recuperar el calor sensible de los gases provenientes del reactor térmico 201-R y producir vapor de 60 Psig. que se unirá con el cabezal de vapor de la planta.

El equipo corresponde con los planos de diseño.

El número y orientación de las boquillas es el indicado.

Se verificó que ningún soporte cayera sobre una soldadura.

Se revisaron las soldaduras del cuerpo y boquillas en busca de defectos.

Se revisa que las silletas soporte, la cimentación y anclaje estuvieran de acuerdo al diseño. Se verificó que las barras colocadas a la distancia de diseño.

Los clips para plataforma y escalera se encuentran completas y en la elevación y orientación correctas.

La plataforma y escalera se encuentran correctamente construidas e instaladas. La escalera está adecuadamente anclada y cimentada.

Se puso mucha atención en la limpieza de las barras, para librarlas de objetos que pudieran obstaculizar su libre movimiento. El apoyo fijo está correcto.

Se verificó que la caldera guardara una pendiente de 1/8" / pie de longitud hacia la boquilla de salida de azufre condensado.

Se verificó que la tornillería estuviera completa y del material especificado. Se verificó que las bridas y el dibujo de las caras estuviera correcto. Las áreas dañadas se limpiaron y retocaron con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller.

Encima de la pintura anterior se le aplicó una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP-4B a un espesor de película seca de 3-milésimas de pulgada. Se verificó que la altura para la instalación del controlador de nivel. E indicador fuera la adecuada.

Se verificó la instalación de cristal de cuarzo en las mirillas, así como la instalación de las válvulas de seguridad e indicador de presión. El empaque definitivo instalado a las boquillas que no se van a remover fue flexitalic 150# y del diámetro de cada una de las boquillas. Se pidió el control radiográfico de la soldadura de unión de la caldera y reactor térmico así como la de unión de la misma caldera con el primer condensador de azufre, ya que dichas soldaduras fueron hechas en campo.

El equipo está adecuadamente iluminado. La conexión a tierra del equipo está correcta, el cable de cobre se encuentra completo y bien sujeto.

El tipo de aislamiento y espesor es el adecuado, entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocó un material dieléctrico de fibra de vidrio almidonada.

En las juntas traslapadas de la lámina de aluminio de acabado lo mismo que en los cuellos de las boquillas se usó un sello asfáltico para evitar la entrada de humedad.

#### INSPECCION INTERIOR.

Se verificó que la conexión de entrada de gases y la cámara se cubriera primero con 2 capas de 1/16" de espesor de papel de asbesto pegadas con silicato de sodio, posteriormente se colocó una capa circunferencial de 2 1/2" de ladrillo refractario aislante --- GASENLITE G-30 recto, después se colocó otra capa de 9" de ladrillo refractario A.P. Green Kruzite D. recto, con el fin de proteger al metal de la alta temperatura de 1 801 °F de los gases de reacción provenientes del reactor térmico.

Se verificó que el espejo y los tubos del lado caliente estuvieran protegidos con ferrulos de cerámica por la misma razón anterior.

Se revisaron las soldaduras tubo espejo, las de las boquillas las de las bridas del lado frío, en busca de defectos.

Por el lado del cuerpo se verificó que las soldaduras del cuerpo y boquillas estuvieran correctas.

Los tubos de la caldera están en buenas condiciones.

El soporte para el eliminador de niebla tiene las dimensiones y espesores de diseño.

Se verificó que el eliminador de niebla estuviera completo, fuera del material especificado y estuviera en buenas condiciones.

El eliminador de niebla se encuentra correctamente armado y bien sujeto.

Se revisó que el equipo contara con los soportes de la forma y dimensiones especificadas para sujetar la tubería interior de adición de reactivos, alimentación de agua y purgas continuas.

La tubería interior se encuentra correctamente soportada, las abrazaderas están completas y están adecuadamente apretadas.

La distribución y número de orificios de la tubería de adición de reactivos y purgas continuas está de acuerdo al diseño.

## PRUEBA HIDROSTATICA Y NEUMATICA.

La caldera es de tipo cambiador, cuenta con un haz de tubos, par-- de espejos y la correspondiente carcaza, por lo que se probará co-- mo los cambiadores de espejos Rijos.

### PRUEBA POR EL CUERPO

Se ventó el aire por el punto más alto, mientras se estaba lie-- nando el cuerpo con agua, se colocaron bridas ciegas y válvulas -- para poder aislar el equipo del resto de la planta se presionó el equipo a la presión de prueba de 112.5 Psig.

Se inspeccionaron las juntas soldadas tubo-espejo, así como tam-- bién las juntas soldadas del cuerpo y boquillas, para verificar la hermeticidad, también se revisaron los orificios testigo de las -- placas de refuerzo de las boquillas y silletas soporte verifican-- do la hermeticidad del recipiente.

### PRUEBA POR LOS TUBOS

Se realizó la prueba neumática de la caldera al mismo tiempo que -- la prueba por los tubos del primer condensador de azufre y del -- reactor térmico, se presionó todo el tren a 1.78 Kg/cm<sup>2</sup> que es la presión de prueba. Durante la prueba se revisaron las juntas sol-- dadas, bridadas y los orificios testigo de las placas de refuerzo con agua jabonosa para detectar las fugas y corregirlas. Posteriormente se depresiona y vacía el equipo.

### INSPECCION ULTRASONICA

La inspección ultrasónica del equipo se realizó antes de aislar y probar hidrostáticamente el equipo.

De los planos de des diseñador se tomaron los siguientes datos.

|  |        |
|--|--------|
| Espesor del cuerpo:                              | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 6'9" de $\phi$ :        | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 42" de $\phi$ ced. XS:  | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 16" X 12" :             | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 12" de $\phi$ ced. XS:  | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 6" X 4" :               | 0.500" |
| Espesor de la tubería de 6" $\phi$ ced. 80:      | 0.432" |
| Espesor de la tubería de 4" $\phi$ ced. 120:     | 0.438" |
| Espesor de la tubería de 3" $\phi$ ced. 160:     | 0.438" |
| Espesor de la tubería de 1 1/2" $\phi$ ced. 160: | 0.281" |
| Espesor de la tubería de 1" $\phi$ ced. 160:     | 0.250" |

Se registraron los puntos de calibración en dibujos que forman el antecedente estadístico de los equipos. Se enlistan a continua-- ción en la hilera superior el espesor original y en la inferior -- el espesor mínimo aceptable.

|     |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tm: | 0.250" | 0.281" | 0.432" | 0.438" | 0.500" |
| Tm: | 0.219" | 0.246" | 0.378" | 0.283" | 0.438" |

Se verificó que todos los puntos estuvieran en el rango aceptable.

## INSPECCION Y RECEPCION DE EQUIPO MECANICO DINAMICO

Básicamente, las razones para una inspección ~~de~~ son para determinar la condición física de la bomba, compresor e impulsor, el tipo y causa del deterioro.

Para efectuar la inspección, prueba y recepción del equipo mecánico dinámico se debe contar con la información completa tanto - la general del proceso como la específica para cada uno de los - equipos.

### LA INFORMACION ESPECIFICA ABAJACA LO SIGUIENTE:

- a) Ordenes de compra de cada uno de los equipos.
- b) Ordenes de compra de las refacciones.
- c) Especificaciones de diseño con referencia a códigos y estándares y la justificación de la selección del equipo.
- d) Catálogos de fabricante.
- e) Dibujos de los equipos con medidas y diversa información.
- f) Instrucciones de montaje.
- g) Instrucciones de arranque.
- h) Instrucciones de operación.
- i) Instrucciones para mantenimiento.
- j) Recomendaciones para almacenar adecuadamente el equipo y partes de repuesto.
- k) Hojas de especificación donde estén detalladas las características de operación y comportamiento.
- l) Curvas de comportamiento.

Además de lo anterior hace falta contar con la siguiente herramienta:

- a) Calibradores de varias medidas.
  - b) Indicadores.
  - c) Reglas.
  - d) Escala de 6" de largo.
  - e) Micrómetros de varios rangos.
  - f) Compases para medir interiores.
  - g) Compases para medir exteriores.
  - h) Verniers de varias medidas.
  - i) Una lupa.
  - j) Comparador de rugosidades.
  - k) Libreta de notas.
  - l) Lápiz
  - m) Gis.
  - n) Azul prusiano.
  - o) Recipientes de muestras
  - p) Papel milimétrico.
  - q) Raspador.
  - r) espejo.
  - s) Lámpara de mano.
  - t) Indicador de vibración
  - u) Nivel de gota
  - v) Indicador de carátula.
  - w) Equipo ultrasónico para medir espesores.
- Otras que pueden necesitarse: a) equipo de partículas magnéticas.  
b) equipo de tinturas penetrantes.

## E) B O M B A S

En la planta se manejan dos tipos de bombas, las centrífugas y - las dosificadoras a continuación se tratarán los puntos importantes para la inspección y recepción de ambas.

### BOMBAS\_CENTRIFUGAS

Las bombas centrífugas comprenden varias clases de bombas donde la generación de presión y la transferencia de líquidos se efectúa por un movimiento rotatorio de uno o más impulsores.

EN UNA HOJA DE DATOS PARA BOMBAS CENTRIFUGAS SE ANOTARA LA SIGUIENTE INFORMACION DE DISEÑO:

El servicio.

El tipo de bomba y tamaño.

El # requerido en uso continuo y el accionador.

El # requerido de relevo y el accionador.

#### LAS CONDICIONES DE OPERACION SIGUIENTES:

El fluido que maneja.

La temperatura de bombeo.

Densidad relativa (Sp.Gr.) a la temperatura de bombeo.

La presión de vapor del fluido a la temperatura de bombeo.

la viscosidad del fluido a la temperatura de bombeo.

El gasto volumétrico a la temperatura normal de bombeo.

El gasto volumétrico de diseño.

La presión manométrica de descarga.

La presión manométrica de succión máxima.

La presión manométrica de succión de diseño.

La presión diferencial entre succión y descarga.

La columna diferencial en metros.

El NPSH disponible a la temperatura de bombeo en metros.

La potencia hidráulica.

LAS CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION DEL EQUIPO Y TIPOS DE MATERIALES USADOS.

"DE LA CARCAZA SE DEBE ESPECIFICAR LO SIGUIENTE:"

El tipo de montaje, ya sea en un eje, en una base, con mensulas o vertical. DEL TIPO DE ENSAMBLE DE LA TAPA YA SEA RADIAL O AXIAL

El tipo de carcasa puede ser de voluta simple, de doble voluta o de difusor.

Los barrenos roscados en la carcasa pueden ser para venteo, drenaje o para instalar un manómetro.

DE LAS BOQUILLAS DE LA CARCAZA SE DEBE ESPECIFICAR LO SIGUIENTE.

| Boquillas | Diámetro | Clasificación | cara | Posición. |
|-----------|----------|---------------|------|-----------|
|           |          | ANSI          |      |           |
| Succión   |          |               |      |           |
| Descarga  |          |               |      |           |

El tipo de impulsor (abierto, semiabierto, cerrado)

El diámetro de diseño del impulsor.

El diámetro máximo del impulsor.

El tipo de cojinete radial.

El tipo de cojinete axial.

El tipo de cople y guardacople.

El tipo de placa base.

El tipo de empaque, la marca, la medida, el # de vueltas y número de dibujo del fabricante.

El tipo de sello mecánico, la marca, la medida, el código de diseño y el número de dibujo del fabricante.

MATERIALES MAS USUALES EN LA CONSTRUCCION DE UNA BOMBA.

SE PROPORCIONA UNA TABLA DE DICHO MATERIALES.

| Clase de material | Carcaza             | Interiores. |
|-------------------|---------------------|-------------|
| I- H. Fundido     | clave de interiores | I B S C X - |
| B- Bronce         | Impulsor            | I B S C     |
| S- ACero          | Interiores Carcasa  | I I S C     |
| C- 12% Cromo      | Camisa (EMPACADA)   | Ch Ch AF AF |
| A- Aleación       | Camisa (DE SELLO)   | C C C C     |
| H- Endurecido     | Partes desgastables | I B Ch Ch   |
| F- Pulido         | Flecha              | S S S S     |
| X- Especificación |                     |             |

La carcasa puede ser de cualquiera de los materiales de la lista mencionada arriba.



**DEL COMPORTAMIENTO ESPERADO SE DEBE TENER LO SIGUIENTE:**

- El número de cu rva de comportamiento propuesta.
- El NPSH necesario en metros usando agua.
- El número de pasos y las revoluciones por minuto.
- La eficiencia de diseño y las B.H.P.
- El Máximo B.H.P. de diseño en el impulsor.
- La columna máxima de diseño en el impulsor medida en metros.
- El gasto mínimo en galones por minuto proporcionado por el fabri<sup>ca</sup>nte.
- La rotación frente al acoplamiento.
- El agua de enfriamiento para los cojinetes, estopero, pedestal o estopa.
- El agua total necesaria en galanes por minuto utilizada para enfriamiento.
- El tipo de diseño para agua de enfriamiento.
- El tipo de enfriamiento del empaque.
- El tipo de lubricación del sello.
- El tipo de diseño para la lubricación del sello.
- Las tuberías auxiliares, los dibujos de referencia y condiciones de operación.

**DE LAS PRUEBAS HECHAS EN TALLER LO SIGUIENTE:**

| Pruebas de taller | Necesaria | Con testigos |
|-------------------|-----------|--------------|
| Funcionamiento    |           |              |
| NPSH              |           |              |
| Hidrostática.     | &         |              |

- La presión de prueba hidrostática manométrica.
- La presión de operación máxima permisible, con su correspondiente temperatura.
- Los pesos de la bomba, de la base, del motor o turbina.
- El tipo de accionador puede ser un motor o turbina, a continuación se mencionan los datos que se deben especificar de cada uno de los accionadores.

SI SE TRATA DE MOTOR SE ANOTA LO SIGUIENTE:

clave de motor.

compañía que proveerá el motor.

compañía que montará el motor.

H.P. y las revoluciones por minuto.

fabricante.

volts, fases y Hertz.

corriente a carga plena en amperes.

tipo: ya sea de Inducción u otro.

clase de aislamiento.

elevación de temperatura.

rotación del motor: ya sea contra las manecillas del reloj, a favor o ambas.

tipo de montaje, ya sea Horizontal, vertical u otro.

compañía diseñadora.

tipo de armazón.

tipo de carcasa.

tipo de lubricación.

SI SE TRATA DE TURBINA SE ANOTARA LO SIGUIENTE:

clave de la turbina.

compañía que la proveerá.

compañía que la instalará.

H.P. y las revoluciones por minuto.

tipo de material de construcción de la turbina.

marca y tipo de turbina.

presión manométrica de entrada del fluido motriz.

presión de salida del fluido motriz medido con manómetro.

consumo del fluido motriz en Kg/BHP/Hr.

tipo de cojinetes y el tipo de lubricación.

TAMBIEN SE DEBERA ANOTAR LO SIGUIENTE.

| Boquillas | Diámetro | Clase Ansi | Cara | Posición |
|-----------|----------|------------|------|----------|
| Entrada   |          |            |      |          |
| Salida    |          |            |      |          |

**INSPECCION EXTERIOR DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS UTILIZADAS EN LA - PLANTA.**

Se realizaron dos tipos de inspecciones, con el equipo parado y con el equipo funcionando:

**INSPECCION CON EL EQUIPO PARADO.**

Se verificó lo siguiente que las bombas coincidieran con las hojas de especificaciones y con los planos de diseño.

Que se encontraran bien localizadas y correctamente orientadas.

Que estuvieran las placas base adecuadamente niveladas, cimentadas y ancladas.

que las anclas estuvieran completas, fueran de la longitud, diámetro y material especificado.

Que las anclas estuvieran distribuidas de acuerdo al plano de diseño y que contaran con sus tuercas y arandelas correctamente -- atornillados.

Que las boquillas se encontraran completas, que tuvieran la proyección, el diámetro, la orientación, el libraje y tipo de cara especificado.

Que las áreas dañadas se limpiarán y retocarán con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller.

Que encima de la anterior se aplicará el siguiente tipo de pintura, dependiendo de la temperatura de operación.

| Temperatura de operación °F. | Tipo de pintura.   |
|------------------------------|--|
| Hasta 150                    | Se aplicó una capa de acabado de Esmalte alquídico RA-20 a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada - por mano. |
| 151 - 300                    | Se aplicó una capa de acabado vinil-acrílico RA-25 a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada.                  |
| 301 - 750                    | Se añadió una capa de acabado de silicona modificado RP-300B a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada.        |

Que la carcasa y demás partes externas no presentaron daños de consideración, debidos al transporte e instalación.

Que las bombas estuvieran alineadas a la temperatura de operación, ya que si se alinearan solamente a la temperatura ambiente cualquier cambio de temperatura causaría cambios de alineamiento debido a efectos térmicos sobre las posiciones de los pedestales de las bombas.

Que el alineamiento axial de las bombas estuviera abajo de 2 milésimas de pulgada.

Que el alineamiento radial de las bombas estuviera abajo de 2 milésimas de pulgada.

Que todas las líneas de succión y descarga de las bombas estuvieran correctamente soportadas para evitar esfuerzos excesivos en las boquillas de la bomba.

Que en las líneas de succión se hubieran colocado los Strainer's para evitar que partículas sólidas, cascarillas u otra basura dañaran el impulsor.

Que las líneas de descarga contaran con una válvula Check y una de compuerta de acuerdo al diseño. La válvula Check se pone en las líneas de descarga para evitar que exista flujo inverso que obligue a el impulsor a girar al revés, cuando la bomba sale de operación.

Que el indicador de presión colocado en la línea de descarga estuviera correctamente instalado y que contara con una válvula de compuerta que permitiera bloquearlo para darle mantenimiento.

Que existieran válvulas de bloqueo en las líneas de succión y descarga para poder sacar de operación la bomba y darle mantenimiento sin necesidad de parar la planta.

Que se hubieran colocado los dispositivos de seguridad de acuerdo al diseño.

Que en las líneas de descarga que el diseñador especifica válvulas de seguridad, las tuviera, del rango y especificaciones requeridas.

Que las bridas de las boquillas estuvieran adecuadamente atornilladas, contaran con los espárragos y tuercas completas y del material especificado.

Que las bridas contaran con el empaque adecuado.

Que existiera espacio suficiente para desarmar las bombas; darles mantenimiento, y también para retirarlas completamente e instalarlas nuevamente.

Que las flechas de las bombas giraran libremente con el impulso de la mano.

Que el sistema de enfriamiento con agua para los estoperos, cojinetes, prensa estopa y pedestales estuvieran de acuerdo a los planos de diseño.

Que el sistema de lubricación de los cojinetes ( valeros ) tuviera suficiente aceite y que el indicador de nivel estuviera adecuadamente sujeto e instalado.

Que las bombas estuvieran adecuadamente iluminadas.

Que la conexión a tierra de las bombas estuviera correctamente instalada, el cable de cobre se encuentra completo y bien sujeto.

### INSPECCION INTERIOR

Se desmantelaron las bombas para comprobar los componentes mecánicos y revisarles materiales, claros y posibles fallas o defectos que puedan haber sufrido durante el transporte se desmantelaron de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las prácticas individuales de la empresa.

Se levantaron dibujos de campo y al mismo tiempo se verificaron las dimensiones medidas y materiales de las siguientes partes:

La flecha, el impulsor, la manga, el buje de estrangulamiento, la carcasa, los anillos de desgaste, el retén y guarda polvo, el sello mecánico el carbón, la postilla y la cuña.

Los dibujos de campo de las piezas anteriores se envían a un taller nacional o local para asegurar su fabricación en caso de necesitarse. Se verificó que la flecha estuviera recta, se permitió una desviación máxima de 3 milésimas de pulgada.

SE VERIFICARON Y AJUSTARON LOS CLAROS DE LAS PARTES SIGUIENTES:

El claro del anillo de desgaste frontal.

El claro del anillo de desgaste posterior.

El claro del buje de estrangulamiento.

El claro impulsor carcasa-frontal.

El claro impulsor carcasa-posterior.

Se verificó y ajustó el sello mecánico.

Se verificó el juego axial del rotor.

Todas las partes tenían las dimensiones medidas y tolerancias de diseño.

### PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

Durante la prueba de comportamiento completa se determinó la carga, la capacidad y la potencia a veces a velocidad constante, se determinaron puntos de uno a otro extremo de la curva de la bomba con el impulsor de diseño.

Se hizo la prueba del motor y se anotó el tiempo que duró funcionando. Se hizo la prueba del conjunto motor bomba en vacío y se anotó el tiempo que duró funcionando.

Se hizo la prueba de el conjunto motor bomba y se anotó el  $\rho$  de desgaste bombeado y el tiempo que duró funcionando.

DURANTE LA PRUEBA DE LA BOMBA SE TOMARON LOS SIGUIENTES DATOS:

La presión diferencial de prueba.

La presión diferencial de prueba con la descarga cerrada.

el rango de control de velocidad.

El rango de control de flujo.

El rango de control de presión.

Todo considerando como fluido la prueba el agua.

EN LA PRUEBA AL MOTOR SE LE TOMARON LOS SIGUIENTES DATOS:

La carga en amperios que viene anotada en la placa.

La carga en vacío del motor, en amperios.

La carga del motor con la descarga de la bomba cerrada (en amperios).

La carga del motor en amperios en la condición de prueba.

#### INSPECCION EXTERIOR CON EL EQUIPO FUNCIONANDO

Se aprovechó que el equipo estaba trabajando y se tomaron lecturas de vibración y se hicieron algunas observaciones visuales a los sistemas de lubricación, enfriamiento y auxiliares.

Se verificó que las amplitudes de vibración de la flecha en los puntos adyacentes a los cojinetes de la bomba y del motor estuvieran abajo de 25 diezmilésimas de pulgada que es lo aceptable para el rango de velocidades a las que operan las bombas de la planta.

Se verificó que los sistemas de lubricación, enfriamiento y auxiliares estuvieran funcionando adecuadamente y sin fugas.

Se revisó la carcasa en busca de fracturas agujeros que pudieran ocasionar fugas.

Se verificó que la tubería pequeña conectada a la carcasa no presentara fracturas, poros o defectos que pudieran ocasionar fugas.

Se verificó que se eliminaran los escurrimientos por la flecha de la bomba apretando el prensa estopas.

Se verificó que el espesor del empaque fuera el adecuado, ya que de no serlo ocasionaría fugas.

Se verificó que las conexiones roscadas al cuerpo de la bomba -- estuvieran bien conectadas y apacadas.

Se verificó que se eliminaran las fugas por los sellos.

## BOMBAS DOSIFICADORAS

Las bombas dosificadoras usadas en la planta son bombas de pistón y diafragma, por lo que básicamente se trata de dos bombas integradas en una. La bomba reciprocante no bombea realmente sino que pulsa el fluido hidráulico en una relación fija de tiempo -- volumen.

EN LA HOJA DE DATOS PARA BOMBAS DOSIFICADORAS DEL TIPO PISTON Y-DIAFRAGMA SE ANOTARA LA SIGUIENTE INFORMACION DE DISEÑO.

El servicio.

El fluido que manejan

La temperatura de bombeo

La presión de vapor a la temperatura de bombeo

Las viscosidad a la temperatura de bombeo.

La densidad relativa ( Sp. Gr ) a la temperatura de bombeo.

La capacidad máxima en galones por minuto

La capacidad mínima en galones por minuto

La capacidad normal en galones por minuto.

La presión de succión máxima medida manométricamente.

La presión de succión mínima medida manométricamente.

La presión de succión normal medida manométricamente.

La presión de descarga máxima medida manométricamente.

La presión de descarga mínima medida manométricamente.

La presión de descarga normal medida manométricamente.

El NPSH disponible.

El NPSH requerido.

Los BHP de diseño.

La presión de prueba hidrostática.

El modelo de la bomba.

El tipo de transmisión.

La relación de velocidad.

El diámetro interior del cilindro.

La longitud de la carrera del pistón.

Las emboladas por minuto y por cilindro.

La presión de trabajo máximo medido manométricamente.

DE LAS VALVULAS EN LA SUCCION Y DESCARGA DE LA BOMBA DOSIFICADORA SE ESPECIFICA LO SIGUIENTE:

| Válvulas                          | Succión | Descarga. |
|-----------------------------------|---------|-----------|
| El tipo                           |         |           |
| El número                         |         |           |
| El área en centímetros cuadrados. |         |           |

DE LA EMPAQUETADURA DE LA BOMBA RECIPROCANTE SE ESPECIFICA LO SIGUIENTE:

El tipo de empaquetadura, la marca, la medida.

El número de vuelta y el número de dibujo.

El tipo de montaje de la bomba.

DE LAS CONEXIONES DE LA BOMBA RECIPROCANTE ESPECIFICA LO SIGUIENTE:

|           | Tamaño | tipo | Serie. |  |
|-----------|--------|------|--------|--|
| Succión   |        |      |        |  |
| Descarga  |        |      |        |  |
| Interpaso |        |      |        |  |
| Drenes    |        |      |        |  |

Las purgas de gases, su número y diámetro.

Las purgas de líquidos, su número y diámetro.

SE DEBERÁN ANOTAR LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION DE LAS SIGUIENTES PARTES:

De las partes del lado del fluido hidráulico.

El embolo

De la carcasa

Del prensa-estopa.

LOS METALES ANTI-FRICCION DE LOS ENGRANES.

DE LAS PARTES DEL LADO EL FLUIDO BOMBEO.

El material del diafragma.

El material de la carcasa

El material de las válvulas check de bola.



DE AJUSTE DE LA CARBURA SE DEBE ANOTAR LO SIGUIENTE:

Si es manual o automático.

Si se puede hacer en operación o cuando la máquina está parada.

Si el control es remoto o local.

Si la señal es neumática, eléctrica o hidráulica.

DEL MOTOR ELECTRICO SE ANOTARA LO SIGUIENTE:

El fabricante y el tipo.

Si es de velocidad constante.

Los BHP máximos y las revoluciones por minuto máximas.

El número de fases, los ciclos y el voltaje.

El tipo de coraza y número.

La potencia consumida en kilowatts.

INSPECCION EXTERIOR DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS:

ESTA INSPECCION SE REALIZO CON EL EQUIPO PARADO.

SE VERIFICO LO SIGUIENTE:

Que las bombas coincidieran con las hojas de especificaciones y con los planos de diseño.

Que se encontraran bien localizadas y correctamente orientadas.

Que estuvieran las plataformas adecuadamente niveladas, cimentadas y ancladas.

Que las anclas estuvieran completas, fueran de la longitud, diámetro y material especificado.

Que las anclas estuvieran distribuidas de acuerdo al diseño y -- que contaran con sus tuercas y arandelas correctamente atornilladas.

Que las conexiones para succión, descarga, drenes y venteos estuvieran completas, bien orientadas y fueran del diámetro y tipo -- especificado.

que las áreas dañadas se limpiaran y retocaran con la misma pintura anticorrosiva.

que encima de la pintura conocida anterior se aplicara una capa de pintura de acabado de esmalte alquídico RA-20 a un espesor -- de película seca de 2 milésimas de pulgada.

que la carcasa y demás partes externas no presentaran daños de -- consideración, debidos al transporte e instalación.

Que en las líneas de succión se hubieran colocado los strainers -- para evitar que partículas sólidas, cascarillas u otra basura pudieran tapar las válvulas de succión o descarga.

Que las líneas de succión y descarga estuvieran correctamente soportadas para evitar esfuerzos excesivos a las boquillas de las bombas.

Que el indicador de presión colocado en la línea de descarga estuviera correctamente instalado y que contara con una válvula de compuerta que permitiera bloquearlo para darle mantenimiento.

Que existieran válvulas de bloqueo en las líneas de succión y --descarga para poder sacar de operación la bomba y darle mantenimiento sin necesidad de afectar el funcionamiento de otro equipo.

Que la válvula de seguridad estuviera bien colocado en la línea de descarga, y coincidiera con las especificaciones del diseño.

Que existiera espacio suficiente para desmantelar la bomba, darle mantenimiento y también para retirarla completamente en caso de necesitarse y volverse a instalar posteriormente a su composición.

Que las bombas estuvieran adecuadamente iluminadas.

Que la conexión a tierra de las bombas estuviera correctamente instalada, con el cable de cobre completo y bien sujeto.

Que se hubiera hecho el acoplamiento motor-bomba correctamente.

Que se hubiera instalado el cople flexible del tamaño, marca y material especificado.

Que el prensa-estopas se pudiera desmontar con facilidad.

Que se hubiera instalado en el prensa estopas el empaque adecuado, del tamaño, espesor, marca y material especificado.

Que estuvieran correctamente alineadas tanto radial como axialmente con las tolerancias de diseño.

#### INSPECCION INTERIOR

Se desmantelaron las bombas para comprobar los componentes mecánicos y revisarles los materiales, medidas y posibles daños que puedan haber sufrido durante el transporte.

Se desmantelaron de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las prácticas individuales de la empresa.

Se levantaron dibujos de campo y al mismo tiempo se verificaron las dimensiones, medidas y materiales de las siguientes partes:

El vástago, el diafragma, la empaquetadura, las zapatas, el tornillo sin fin y el engrane de transmisión de carrera.

Los dibujos de campo de las piezas anteriores se envían a un taller nacional o local para asegurar su fabricación en caso de necesitarse.

Se verificó la longitud de la carrera.

Se verificó que coincidieran las cuerdas del tornillo sin fin con el engrane de transmisión de carrera.

Se verificó el buen estado de las cuerdas del tornillo sin fin.

Se verificó que el engrane de transmisión estuviera en buen estado.

Se verificó que las dos válvulas accionadas por resorte ( una en la parte superior y otra en la parte inferior) que sirven para extraer el aire a vapor atrapados en la cámara del pistón, estuvieran en buen estado, fueran de las dimensiones y material especificado.

Se verificó el material y el buen estado del diafragma.

Se verificó el material, las dimensiones y buen estado del juego resorte de contrapresión-placa perimetral.

Se verificó el material y buen estado de las válvulas check de bola que se encuentran en la succión y descarga de la bomba de diafragma.

Se verificaron los siguientes ajustes:

El ajuste del diafragma.

El ajuste lateral externo de la carrera del embolo.

Se verificó que todas las partes internas de la bomba recíprocante estuvieran bien lubricadas.

Se verificó que todas las partes internas ensamblaran adecuadamente, estuvieran bien sujetas, tuvieran las dimensiones medidas y tolerancias de diseño.

#### PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

En la prueba de comportamiento se determinó la carga, la capacidad y la potencia a velocidad constante, se determinaron puntos de un extremo al otro de la curva de operación.

Se realizó la prueba del motor y se anotó el tiempo que duró funcionando.

Se hizo la prueba de la bomba acoplada con distintos gastos de -- bombeo y el tiempo que duró funcionando.

DURANTE LA PRUEBA DE LA BOMBA SE TOMARON LOS SIGUIENTES DATOS:

La presión diferencial de prueba.

El rango de control de flujo.

Se utilizó como fluido de prueba el agua.

EN LA PRUEBA DEL MOTOR SE TOMARON LOS SIGUIENTES DATOS:

La carga en amperios que vino anotada en la placa.

La carga en vacío del motor, en amperios.

La carga del motor en amperios en la condición de prueba.

INSPECCION EXTERIOR CON EL EQUIPO FUNCIONANDO.

Se verificó que no existieran fugas por el prensa-estopas.

Se verificó que las conexiones roscadas al cuerpo de la bomba de diafragma estuvieran bien conectadas.

Se verificó que no existieran fugas en la carcasa de la bomba.

## F) COMPRESORES

En la planta solo se encuentran instalados compresores recipro--  
cantes, para proporcionar aire a presión para servicios y para -  
instrumentos.

Los compresores reciprocantes son similares a las bombas recipro--  
cantes de líquidos. El compresor típico consta de un cilindro, -  
válvulas de entrada y salida y un pistón reciprocante. La dife--  
rencia está en que la bomba maneja fluidos no compresibles, mien--  
tras que el compresor maneja gas compresible.

Debido a que la densidad del gas es baja comparada con la densi--  
dad del líquido, el pistón de un compresor se mueve a mayor ve--  
locidad que el de una bomba.

EN LA HOJA DE DATOS PARA COMPRESORES RECIPROCANTES SE ANOTA LO -  
SIGUIENTE:

El gas manejado: aire.

La humedad relativa máxima: 95%

El peso molecular a la succión: 29

El valor de la relación CP/CV en la succión: 1.41

El valor de la relación CP/CV en la descarga: 1.41

La temperatura de succión (°F): 101.5/57.

La presión absoluta de succión: 14.7 Psia.

La presión absoluta de descarga: 114.7 Psia.

El valor de z a la succión: 1.0

El valor de z a la descarga: 1.0

La capacidad normal: 230 SCFM (medidos a condiciones estandar de  
60 °F y 14.7 Psia) equivalentes a 270.5 ACFM ( medidos a tempe--  
ratura y presión ambiente ).

La capacidad nominal en miles de pies cúbicos a la entrada ( co--  
rregida ): 302.3

La potencia al freno por etapa (EHP) con la capacidad normal: 55.0

La potencia al freno máxima garantizada con la capacidad nominal:  
60.0

El control de la capacidad es por medio de una válvula descarga--  
dora colocada en la succión.

La temperatura de descarga ( $^{\circ}\text{F}$ ), con el 100% de capacidad: 320  
La presión de succión (Psia), con el 100% de capacidad: 14.7  
La presión de descarga (Psia), con el 100% de capacidad: 114.7  
La potencia al freno por etapa (BHP), con el 100% de capacidad: 66.0

La potencia al freno total con el 100% de capacidad: 66.0

La norma y especificación aplicable: API-615

EL FABRICANTE DEBERA SUMINISTRAR EL SIGUIENTE EQUIPO AUXILIAR:

Los separadores de humedad con trampas por separado.

Los Post enfriadores.

La tubería de agua de enfriamiento con cabezal de entrada y salida simples.

Un tablero de instrumentos.

La tubería de interconexión de servicios auxiliares.

Un tanque receptor.

Se controla la capacidad del compresor con la válvula descargadora automática, operada por la línea de descarga a través de una válvula piloto, usando un rango de presión diferencial de 0-10 - Psi.

El compresor para y arranca automáticamente según haya presión - alta o baja en el cabezal colector de aire.

A falla de señal neumática el compresor descarga.

TAMBIEN SE ANOTAN LOS DATOS DEL CILINDRO

El número de partida y el servicio: 1/aire.

El número de etapas: 1

El número de cilindros por etapa: 1

El tipo de cilindro: sin lubricación y seco.

El efecto: Doble.

La camisa del cilindro: no requiere.

El diámetro del agujero para el embolo (Pulg): 12"

La longitud de la carrera (Pulg): 9"

El desplazamiento del embolo (CFM): 467

El claro en por ciento: 8.4

La eficiencia volumétrica en por ciento: 65

El número de válvulas de entrada y salida: 3/3

El tipo de válvulas: CHANNEL  $\bar{E}$  CON SPRING.

La velocidad máxima permitida del embolo (RPM): 675  
La velocidad normal del embolo (RPM): 600  
El diámetro del vástago (Pulg): 1 3/4  
La carga máxima permisible del vástago tensión: 1400  
La carga máxima permisible del vástago compresión: 1400  
La presión máxima permisible del cilindro (Psig): 125  
La temperatura máxima permisible del cilindro (°C): 380  
El volumen del amortiguador de succión (cu.ft.): no requiere.  
El ajuste recomendable de la válvula de alivio (Psig): 110  
La presión de prueba hidrostática (Psig): 187.5  
De la brida de succión, el diámetro, clasificación y el tipo de cara: 8" 150# RF.  
De la brida de descarga, el diámetro, clasificación y el tipo de cara: 4" 150 # RF.

#### MATERIALES DE CONSTRUCCION

Cilindros: A-48 TP 30 B  
Embolos de baja presión: B-20-74 allo y 355  
Vástagos (bielas): A 370-70  
Asinto de válvulas: SS  
Topes de válvulas: C.I  
Placas de válvulas: ss  
Resortes de válvulas: S.S.  
Peso neto del compresor incluyendo equipo motriz y base: 5344 Kg.  
Sellos del compresor. Empaques de teflón que no requieren lubricación, Enfriamiento con agua: No requiere

#### LUBRICACION

La lubricación de la unidad es a presión por medio de una bomba de aceite accionada por la flecha del mismo compresor.  
El tipo de acoplamiento es por medio de una banda V.  
La banda requiere un guarda banda.

#### FILTROS

El filtro de entrada de aire es Ingersoll-Rand modelo IR-WDA del tipo seco-1456 ET.

#### INFORMACION DEL LUGAR DE INSTALACION

ALTITUD:  
Presión barométrica: 14.7 Psia.

Temperatura de diseño (°F) Verano 101.5 Invierno: 57

AGUA DE ENFRIAMIENTO

Presión (Psig) de suministro 60 retorno 40 (mínimo)

Temperatura (°F) de suministro: 90 retorno: 115

ENERGIA ELECTRICA

250 HP y mayores 4160 Volts 3 fases 60 ciclos.

1 HP a 200 HP 480 Volts 3 fases 60 ciclos.

MOTORES AUXILIARES

Motor totalmente cerrado con ventilación propia y aislamiento tipo tropicalizado clase B.

El motor se deberá instalar sin calentar.

El motor puede trabajar a la intemperie, o bajo techo.

CONSUMO DE AUXILIARES

Electricidad HP amperes con rotor bloqueado

Unidad motriz principal: 75 HP 570

AGUA DE ENFRIAMIENTO

| Cilindro del compresor              | Enfriamiento de aceite | Enfriamiento de aire |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------|
| Tipo de agua: Agua de enfriamiento. | Agua de enf.           | Agua de Enf.         |
| Temperatura de entrada. (°F): 90    | 90                     | 90                   |
| Temperatura de salida (°F): 103     | 117                    |                      |
| Caida de Presión (Psi): 6           | 7                      |                      |
| Consumo total (GPM):9.6             | 9.0                    |                      |

PRUEBAS E INSPECCIONES EN TALLER

El comprador inspeccionó el equipo durante su fabricación.

El fabricante realizó sus pruebas estándares a el equipo.

El comprador es testigo de la prueba Hidrostática y mecánica.



## ALARMAS Y PAROS

El fabricante deberá suministrar contactos para:

|   | Alarma | Paro |
|---|--------|------|
| Temperatura de aceite de lubricación.   | Si     | Si   |
| Alta presión en carcasa de compresor.   | Si     | -    |
| Alta temperatura del gas a la descarga. | Si     | Si   |
| Alta vibración                          | -      | Si   |

### PAROS A CONTROL REMOTO POR SISTEMA NEUMATICO.

Los contactos de alarma deberán abrir para accionar la alarma.

Los contactos de paro deberán abrir para accionar el paro.

Energía eléctrica para control, 127 Volts 1 fase y 60 ciclos.

Los interruptores son a prueba de explosión.

### INSPECCION EXTERIOR DE LOS COMPRESORES

Se realizó la inspección con el equipo sin estar operando.

#### SE VERIFICO LO SIGUIENTE:

Que los compresores coincidieran con las hojas de especificación y con los planos de diseño.

Que se encontraran bien localizados y correctamente orientados.

Que las placas base estuvieran adecuadamente niveladas, cimentadas y ancladas.

Que las anclas estuvieran completas, fueran de la longitud, diámetro y material especificado.

Que las anclas estuvieran distribuidas de acuerdo al diseño y — que contaran con sus tuercas y arandelas correctamente atornilladas.

Que las boquillas de succión y descarga, y demás conexiones estuvieran completas, bien orientadas, que tuvieran la proyección, — el diámetro, el libraje, el tipo de cara, el empaque y apriete — especificado.

Que las áreas dañadas se limpiaran y retocaran con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller.

Que encima de la pintura anterior se aplicara una capa de pintura de acabado de esmalte alquídico RA-20 a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada.

Que la carcasa y demás partes externas no presentaran daños de consideración, debidas al transporte e instalación.

Que en la línea de succión se hubiera colocado el filtro silenciador de la forma y dimensiones de aiseño.

Que los elementos y recubrimiento acústico del filtro estuvieran correctamente instalados.

Que los elementos del filtro estuvieran limpios.

Que las líneas de succión, descarga y demás conexiones estuvieran correctamente soportadas para evitar esfuerzos excesivos a las boquillas del equipo.

Que el equipo estuviera correctamente alineado tanto axial como radialmente abajo de 2 milésimas de pulgada para ambos.

Que las bandas estuvieran completas, fueran del material, modelo marca y medidas especificadas.

Que la tensión de la banda fuera la adecuada.

Que se respetara la holgura recomendada por el fabricante entre la banda y la polea.

Que todos los tornillos y espárragos estuvieran completos, fueran del material especificado, y estuvieran correctamente apretados.

Que el nivel de aceite de lubricación estuviera correcto.

Que el filtro del aceite de lubricación estuviera bien instalado limpio y fuera del tipo y material especificado.

Que el equipo estuviera correctamente conectado a tierra.

Que el equipo estuviera correctamente iluminado.

Que la flecha del equipo girara con el impulso de la mano.

Que las válvulas y controles fueran operables.

Que el guardabandas estuviera bien instalado; fuera del tamaño y tipo de aiseño.

Que los transmisores de alarma y paro por alta y baja presión o temperatura del aceite lubricante estuvieran correctamente instalados.

Que el indicador de nivel de aceite estuviera correctamente instalado.

Que el indicador de presión situado en la línea de descarga de aire fuera del rango y tipo especificado y estuviera bien instalado.

Que las líneas de los sistemas auxiliares de suministro y retorno de agua de enfriamiento estuvieran bien soportadas y construidas de acuerdo al aiseño.

Que la válvula de seguridad colocada a la descarga del aire estuviera instalada adecuadamente y cumpliera con las especificaciones de diseño.

Que los transmisores de alarma y paro por alta temperatura o presión del aire a la descarga estuvieran bien instalados.

### INSPECCION INTERIOR

Se desmantelaron los compresores para comprobar los componentes mecánicos y revisarles los materiales, medidas y posibles daños que pudieran haber sufrido durante el transporte.

Se desmantelaron de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las prácticas individuales de la empresa.

Se levantaron dibujos de campo y al mismo tiempo se verificaron las dimensiones, medidas y materiales de las siguientes partes:-

Los anillos de compresión, los sellos del compresor, el vástago, el cilindro, las zapatas, las crucetas, las chumaceras y el pistón.

Los dibujos de campo de las piezas anteriores se envían a un taller nacional o local para asegurar su fabricación en caso de necesitarse.

Se verificó que los asientos y las válvulas de succión y descarga estuvieran niveladas.

Se verificó que el émbolo estuviera sujeto adecuadamente al vástago con la espiga perfectamente atornillada y asegurado con la tuerca con seguro.

Se verificó que los canales que conducen el aceite de lubricación a las partes en movimiento estuvieran limpios y libres de basura..

### SE REALIZARON LOS SIGUIENTES AJUSTES:

Del espacio muerto frontal

Del espacio muerto posterior

Del diámetro de los muñones

Del ajuste de metales (biela)

De las chumaceras o metales axiales.

De la cruceta-corredera

La deflexión máxima del cigueñal con presión

La deflexión máxima del cigueñal sin presión

El diámetro del vástago.

El diámetro del cilindro

El claro inferior del pistón cilindro.

El claro superior del pistón cilindro.

El claro superior del pistón cilindro  
El claro entre puntas  
El claro lateral del lado del compresor  
El claro lateral del lado de la carga.  
El claro entre juntas (anillos del compresor).

Se verificó que todas las partes internas ensamblaron adecuada-  
mente, estuvieran bien sujetas, tuvieran las dimensiones, medi-  
das, tolerancias y materiales de diseño.

#### PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

En la prueba de comportamiento se determinó la carga, la capaci-  
dad y la potencia a velocidad constante, se determinaron puntos-  
de un extremo a otro de la curva de operación.

Se realizó la prueba del motor y se anotó el tiempo que duró fun-  
cionando.

Se hizo la prueba del compresor acoplado al motor con gastos del  
0 % de capacidad y del 100% de capacidad y se anotó el tiempo que  
duró funcionando.

DURANTE LA PRUEBA DE LA BOMBA SE TOMARON LOS SIGUIENTES DATOS.

La presión diferencial de prueba.

El rango de control de flujo.

Se utilizó como fluido de prueba el aire.

EN LA PRUEBA DEL MOTOR SE TOMARON LOS SIGUIENTES DATOS:

La carga en amperios que viene anotada en la placa.

La carga del motor en amperios en la condición de prueba.

TAMBIEN SE PROBARON LOS SISTEMAS DE PROTECCION Y ALARMA.

Se realizaron las pruebas de los sistemas de protección y alarma  
simulando las condiciones críticas siguientes.

Paro y alarma por alta o baja temperatura de aceite de lubricación.

Paro y alarma por alta presión del aire a la descarga.

Paro y alarma por alta temperatura del aire a la descarga.

Paro por alta vibración.

### INSPECCION EXTERIOR CON EL COMPRESOR FUNCIONANDO

Se verificó que no existieran fugas por el prensa-estopa.

Se tomaron lecturas de vibración en los apoyos dinámicos del compresor y del motor.

Se verificó que las amplitudes de vibración de la flecha en los puntos adyacentes a los apoyos dinámicos del compresor y del motor estuvieran abajo de 20 diezmilésimas de pulgada que es lo -- aceptable para el rango de velocidad a que operan los compresores.

Se verificó que los sistemas de lubricación, enfriamiento y auxiliares estuvieran funcionando adecuadamente y sin fugas.

Se revisó la carcasa del compresor en busca de fracturas o agujeros que pudieran ocasionar fugas.

Se verificó que la tubería pequeña conectada a la carcasa no presentara fracturas, poros o defectos que pudieran ocasionar fugas.

Se verificó que el espesor del empaque del prensa estopas fuera el adecuado.

Se verificó que las económicas conexiones roscadas y bridadas estuvieran adecuadamente instaladas, apretadas y empacadas para -- evitar posibles fugas.

Se verificó que el filtro silenciador efectivamente amortiguara -- la intensidad del ruido hasta el rango permisible.

### G ) S O P L A D O R E S

Los sopladores centrífugos son máquinas diseñadas para comprimir aire o gas hasta una presión final máxima de 35 Psi.

El soplador centrífugo es muy similar a la bomba centrífuga, ambos reciben energía mecánica de una fuente exterior y la transforman en energía de presión por medio de un impulsor rotativo.

Los sopladores de aire usados en la planta son compresores centrífugos de tres etapas y baja eficiencia - acoplados directamente a sus respectivas turbinas de vapor.

A CONTINUACION SE MENCIONAN LAS CONDICIONES DE DISEÑO MAS IMPORTANTES.

#### DATOS DE DISEÑO

Fluido manejado: aire (P.M.=28.54)

| Condiciones de operación:                     | normal | máxima |
|---|--------|--------|
| Temperatura (°F) con 95% de humedad relativa. | 100    | 100    |
| Presión de descarga (Psia)                    | 22.7   | 22.7   |
| Presión de succión (Psia)                     | 14.7   | 14.7   |
| Gasto (LB/M)                                  | 1444   | 1588   |
| MM-SCFD                                       | 27.6   | 30.4   |

( 98 )

## C O N S T R U C C I O N

Tipo general: Soplador centrífugo.

Coraza: tipo apornada.

Corte: Vertical.

| Boquillas | Diámetro | Glase ASA | Cara | Posición |
|-----------|----------|-----------|------|----------|
| Succión   | 24"      | 125#      | F.F  | Arriba.  |
| Descarga  | 20"      | 125#      | F.F  | Arriba.  |

Conexiones con cople: Drenes.

Tipo de rotor: Se requieren tres tipo de compuesto.

Construcción: Fundida.

Sello de la flecha tipo: Anillos de carbón el equipo posee una - caja de empaques.

### M A T E R I A L E S D E C O N S T R U C C I O N

Coraza: ASTM A-278 d.30

Flecha: AISI -4160

Cejas o anillos de referencia del rotor: Placas de aluminio.

Aspas: Placas de aluminio # 5032, H-32

Carraza: Aluminio fundición # 306 Alloy T-7

Caja de cojinetes: # 12 CI (semiacero)

Cojinetes: Bolas.

Lubricante de los cojinetes: Aceite.

Base: Acero estructuras.

Peso total: 1 6000.40 aproximadamente.

### C A R A C T E R I S T I C A S D E L E L E M E N T O A C C I O N A D O R .

Turbina: montada por HOFFMAN.

HP: 10 61 R. P. M.: 3570

acoplada directamente con cople tijo marca HOFFMAN.

INSPECCION EXTERNA CON EL EQUIPO SIN ESTAR OPERANDO

SE VERIFICO LO SIGUIENTE:

Que los sopladores coincidieran con las hojas de especificación y con los planos de diseño.

Que se encontraran bien localizados y correctamente orientados.

Que las placas base estuvieran adecuadamente niveladas, cimentadas y ancladas.

Que las anclas estuvieran completas y fueran de la longitud, diámetro y material especificado.

Que las anclas estuvieran distribuidas de acuerdo al diseño y -- que contaran con sus tuercas y arandelas correctamente atornilladas.

Que las boquillas de succión de descarga, y demás conexiones estuvieran completas, bien orientadas, que tuvieran la proyección, el diámetro, el libraje, el tipo de cara, el empaque y el apriete -- especificado.

que las áreas dañadas se limpiaran y retocaran con la misma pintura anticorrosiva aplicada en taller.

Que encima de la pintura anterior se aplicara una capa de pintura de acabado de esmalte alquídica RA-20 a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada.

Que la carcasa y demás partes externas no presentaran daños de -- consideración, debidas al transporte e instalación.

Que en la línea de succión se hubiera colocado el filtro silenciador de la forma y dimensiones de diseño.

Que los elementos y recubrimiento acústico de filtro estuvieran -- correctamente instalados.

Que los elementos del filtro estuvieran limpios.

Que las líneas de succión, descarga y demás conexiones estuvieran -- correctamente soportadas para evitar esfuerzos excesivos a -- las boquillas del equipo.

que el soplador estuviera alineado en caliente ya que el elemento -- motriz es una turbina.

Que el alineamiento axial en caliente estuviera abajo de 2 milésimas de pulgada.

Que el alineamiento radial en caliente estuviera abajo de 2 milésimas de pulgada.

Que se hubiera colocado la junta de expansión, de la forma, dimensiones y material de diseño, en la línea de descarga del soplador.



que la junta de expansión estuviera correctamente instalada, con tara con el empaque adecuado.

Que se hubiera instalado correctamente el indicador de presión - en la línea de descarga.

Que la línea de descarga se hubiera construido de acuerdo al diseño, y contara con una válvula Check con candado a la entrada a el cabezal de aire y una válvula de mariposa en la línea de venteo a la atmósfera.

Que todos los tornillos y espárragos estuvieran completos, fueran del material especificado, y estuvieran correctamente apretados.

Que existiera espacio suficiente para desmantelar el soplador para darle mantenimiento, para retirarlo completamente e instalarlo nuevamente.

que la flecha del impulsor girara libremente con el impulso de la mano.

Que el sistema de lubricación de los cojinetes tuviera suficiente aceite.

Que el cople fuera del material, forma y dimensiones de diseño.

Que el cople estuviera bien instalado.

Que el cople pudiera inspeccionarse o retirarse sin necesidad de mover el soplador o la turbina.

Que el equipo estuviera correctamente iluminado.

Que el equipo estuviera correctamente conectado a tierra.

Que se hubiera instalado un pistón de balance controlada por la diferencia de presión entre la entrada y la salida del soplador, para absorber arriba del 75% de la carga axial.

### I N S P E C C I O N   I N T E R I O R

Se desmantelaron los sopladores para comprobar los componentes - mecánicos y revisarles los materiales, medidas y posibles daños que pudieron haber sufrido durante el transporte.

Se desmantelaron de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las prácticas individuales de la empresa.

Se levantaron dibujos de campo y al mismo tiempo se verificaron las dimensiones, medidas y materiales de las siguientes partes:

Los cojinetes radiales, los cojinetes axiales, el impulsor, la flecha, los candados, los mangos para valeros, las mangas del impulsor y las culas.

Los dibujos de campo de las piezas anteriores se envían a un taller nacional o local para asegurar su fabricación en caso de necesitarse.

Se verificó que la flecha estuviera recta, se permitió una desviación máxima de 3 milésimas de pulgada.

Se verificó que los sellos laberínticos de doble ojo colocados entre las etapas fueran del material y dimensiones de diseño.

Se verificó que los sellos laberínticos estuvieran bien instalados y los orificios estuvieran limpios y bien orientados.

Cualquier falla en los sellos laberínticos ocasionará fugas de aire de la etapa de mayor presión a la etapa precedente.

Se verificó que la caja de cojinetes fuera del tipo separada y no presurizada de acuerdo al diseño.

Se verificó que la caja de cojinetes estuviera bien instalada para evitar las rudas fugas de aceite hacia el interior del soplador.

Que el cabestrillo estuviera en buenas condiciones y a que se usará para circular el aceite lubricante desde la reserva interior, a través de los cojinetes para retornar nuevamente a reserva exterior.

#### SE REALIZARON LOS SIGUIENTES AJUSTES:

Del diámetro de los muñones.

El claro diametral de los cojinetes.

El juego axial con cojinetes.

El juego axial sin cojinetes.

El claro diametral de los sellos del impulsor.

El claro diametral de la flecha.

El ajuste del sello mecánico.

Se verificó que todas las partes internas ensamblaran adecuadamente, estuvieran bien sujetas, tuvieran las dimensiones, medidas, tolerancias y materiales especificados.

#### PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

Durante la prueba de comportamiento completa se determinará: carga, capacidad y potencia a distintas velocidades determinando puntos de uno a otro extremo de la curva del soplador con los impulsores de diseño.

Primero se calienta y prueba la turbina y se anota el tiempo que dura funcionando.

Después se acopla y alinea en caliente la turbina a el soplador y se procede a efectuar la prueba del conjunto.

LA PRUEBA DINÁMICA DEL SOPLADOR DE EMPUJÓN EN LA SITUACIÓN SE--  
CUENCIA:

- 1) Se operó el compresor desde velocidad cero a la máxima conti--  
nua, incrementándola como indicó el fabricante y aprobó P.E.M.A.

Se tomaron lecturas de vibración, para cada una de las distin--  
tas velocidades, en las zonas adyacentes a las chumaceras.

- 2) El soplador permaneció en operación durante una hora a la ve--  
locidad máxima continua.

Se volvió a tomar lecturas de vibración, buscando picos en --  
las amplitudes de vibración cuyas frecuencias sean diferentes  
de la de rotación, principalmente picos con frecuencia igual--  
a la mitad de la de rotación.

La doble amplitud de vibración de la flecha obtenida en la zo--  
na adyacente a las chumaceras no excedió del valor permisible.

- 3) Se fue aumentando la velocidad hasta llegar a la de disparo y  
se mantuvo así durante 15 minutos, se repitió tres veces esta  
operación.

Se volvieron a tomar lecturas de vibración, verificándose que  
la doble amplitud de vibración de la flecha obtenida en la zo--  
na adyacente a las chumaceras no excediera del valor especi--  
ficado.

- 4) Se bajó la velocidad del soplador hasta la velocidad máxima --  
continua y se mantuvo en operación durante tres horas más.

Se volvieron a tomar lecturas de vibración en los apoyos diná--  
micos.

Se verificó que el doble de la amplitud de vibración en los --  
apoyos dinámicos a diferentes velocidades no excedieran de --  
los valores permisibles.

INSPECCION EXTERIOR CON EL EQUIPO FUNCIONANDO

Se verificó que el sistema de lubricación de los cojinetes fun--  
cionara adecuadamente.

Se verificó que el empaque de el ensamble vertical del soplador--  
sellara eficientemente.

Se revisó la carcasa del soplador en busca de defectos tales co--  
mo fracturas o agujeros que pudieran ocasionar fugas.

Se verificó que la tubería bridada, conectada a el soplador tu--  
viera el empaque adecuado, estuviera correctamente apretada y --  
que sellara eficientemente.

Se verificó que la junta de expansión conectada a la recarga de  
la máquina trabajara eficientemente de acuerdo al diseño.

Se verificó que el filtro silenciador efectivamente amortiguara--  
la intensidad del ruido hasta el rango permisible.

## M ) TURBINAS

La turbina de vapor es una de las más ampliamente usada como impulsor de equipo mecánico dinámico, debido al poco tamaño, bajo-mantenimiento y flexibilidad en la operación con variaciones de-velocidad.

Básicamente la turbina consta de una TOBERA ( O TOBERAS ), a tra-vés de las cuales pasa el vapor y un rotor que cuenta con varios álabes montados en un cuerpo.

La tobera está dirigida hacia los álabes. Se agrega una carcaza-para confinar el vapor y válvulas para controlar su admisión a -las toberas. Las válvulas pueden ser operadas manualmente o por-un gobernador.

Pueden agregarse más pasos para auxiliar en la utilización de la energía del vapor.

Las turbinas usadas en la planta son del tipo de contrapresión -ya que la presión del vapor a la salida de la turbina es mayor -a la atmósfera.

A continuación se mencionan las dimensiones de los datos de dise-ño más importantes.

### CONDICIONES DE OPERACION

Potencia nominal (BHP): 1061

(Incluyendo el soplador, la turbina y perdidas por fricción).

Velocidad nominal (R.P.M.): 3570

| Condiciones del vapor       | Máximas | Normal |
|-----------------------------|---------|--------|
| Presión de entrada (Psig)   | 690     | 620    |
| Temperatura de entrada (°F) | 750     | 750    |
| Presión de salida (Psig)    | 65      | 65     |

Presión máxima en la carcaza al escape: 100 Psig.

| Condiciones del agua de enfriamiento | Entrada | Salida |
|--------------------------------------|---------|--------|
| Presión (Psig)                       | 50      | 35     |
| Temperatura (°F)                     | 90      | 115    |

Carga axial del equipo con acción ascendente.

Servicio de la turbina: Contínuo.

Sentido de rotación de la flecha (vista desde el registro externo) contra las manecillas del reloj.

TIPO DE REGULADOR

Relevador de aceite

Marca WOODWARD TG 10-L

Clase nema

Rango de ajuste de velocidad hacia arriba 5% y hacia abajo 15%.

Riesgo eléctrico número uno, clase D, Grado 2, División 6.

DISPARO POR SEÑAL REMOTA

EXTENSION PARA LA MAQUINA ACCIONADORA.

El equipo se aislará con aislamiento para alta temperatura tipo-cemento monolítico.

Se provee una válvula centinela.

PRUEBAS EFECTUADAS EN LA FABRICA

Inspección de superficie.

Inspección de partes.

Prueba de rotación sin carga.

Prueba hidrostática de la carcaza a 1040 Psig.

Prueba hidrostática de la camisa de agua de enfriamiento a 150 Psig.

Prueba del equipo auxiliar.

FUNCIONAMIENTO A LAS CONDICIONES NORMALES DEL VAPOR

| Condición | Rango del vapor |
|-----------|-----------------|
|           | LB/HP/Hr.       |
| Diseño    | 32              |

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

Tipo de turbina: Horizontal con soporte.

División de la carcaza: Horizontal.

Tipo de etapa: Simple.

Válvula de disparo mecánico.

Prensa estopa externo, tipo carbón.

Tipo de cojinetes radiales tipo camisa.

Tipo de cojinetes axiales tipo de bolas.

Sistema de lubricación de alimentación forzada.

C O N E X I O N E S

| Conexiones | Diámetro | Clasificación USASI | Cara |
|------------|----------|---------------------|------|
| Entrada    | 4"       | 600#                | R.F. |
| Salida     | 10"      | 150#                | R.F. |

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Carcaza de alta presión: A-216 WCB

Carcaza de enfriamiento: A-216 WCB

Boquillas: A-283-D

Rotores: acero de baja aleación

Flecha: AISI-4140

Empaque inferior: Acero inoxidable.

Ajuste de la válvula reguladora: AISI-416.

Revoluciones por minuto máximas en trabajo continuo: 3780.

Revoluciones por minuto en el disparo: 4347

Primera velocidad crítica: 5830 R.P.M.

Presión de diseño de la carcaza: 800 Psig.

Temperatura de diseño de la carcaza: 750 °F

Presión de diseño de la carcaza de enfriamiento: 100 Psig.

Peso de la unidad: 2050 Lb.

INSPECCION EXTERIOR DE LA TURBINA

Se realizó la inspección del equipo sin estar operando.

SE VERIFICO LO SIGUIENTE:

Que la turbina coincidiera con las hojas de especificación y con los planos de diseño.

Que se encontrara bien localizada y orientada.

Que las placas base estuvieran adecuadamente niveladas, cimentadas y ancladas.

Que las anclas estuvieran completas, fueran de la longitud, diámetro y material especificado.

Que las anclas estuvieran distribuidas de acuerdo al diseño y — que contaran con sus tuercas y arandelas correctamente atornilladas.

Que las boquillas de succión y descarga, y demás conexiones estuvieran completas, bien orientadas, que tuvieran la proyección, - el diámetro, el libraje, el tipo de cara, el empaque y el apriete especificado.

Que las áreas dañadas se limpiaran y retocaran con la misma pintura naticorrosiva aplicada en taller.

Que encima de la anterior se aplicara una capa de recubrimiento-primario para alta temperatura RE-30C a base de silicón a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada.

Que el aislante se hubiera aplicado correctamente de la siguiente manera:

Primero: Que la superficie más metálica estuviera limpia.

Segundo: Que se aplicara el cemento monolítico de fibra de mineral en capas de espesor no mayor de una pulgada hasta completar el espesor requerido.

Tercero: Que se reforzara cada capa con tela de gallinero galvanizada de 1".

Cuarto: Que se aplicara una capa de 1/2" de cemento de acabado y se emparejara la superficie hasta que quedara lisa.

Quinto: Que se aplicara una capa de mastique de base asfáltica, - para proteger el aislamiento de la humedad y del intemperismo.

Que la carcasa y demás partes externas no presentaran daños de - consideración, debidas al transporte e instalación.

Que en la línea de succión se hubiera colocado un Strainer para- evitar que partículas de óxido, basura o cascarilla se introduje- ran al interior de la turbina y dañaran las álabes del impulsor.

Que la válvula gobernador estuviera bien instalada, y contara - con su válvula solenoide de control neumático para paro de emer- gencia.

Que las líneas auxiliares del gobernador estuvieran bien soporta- das e instaladas, fueran del diámetro, y material especificado.

Que en la línea de succión y descarga de la turbina se hubiera - colocado una trampa de vapor del tipo, tamaño, material y libra- je especificado.

Que las líneas de succión, descarga y demás conexiones estuvie- ran correctamente soportadas para evitar esfuerzos excesivos a - las boquillas del equipo.

Que se hubiera alineado la turbina a el soplador, cuando la tur- bina estuviera caliente.

Que el alineamiento axial en caliente estuviera abajo de 2 milé- simas de pulgada.

Que el alineamiento radial en caliente estuviera abajo de 2 milé- simas de pulgada.

Que la válvula de seguridad colocada en la línea de descarga estuviera bien instalada y que cumpliera con las especificaciones de diseño.

Que las líneas de los sistemas auxiliares como aceite de lubricación y suministro y retorno de agua de enfriamiento estuvieran bien soportadas y construidas de acuerdo al diseño.

Que todos los tornillos y espárragos estuvieran completos, fueran de material especificado, y estuvieran correctamente apretados.

Que el nivel de aceite de lubricación estuviera correcto.

Que el filtro de aceite de lubricación estuviera bien instalado, limpio y fuera del tipo y material especificado.

Que el equipo estuviera correctamente conectado a tierra.

Que el equipo estuviera correctamente iluminado.

Que la flecha del equipo girara con el impulso de la mano.

Que las válvulas y controles fueran operables.

Que los transmisores de alarma y para paro por baja presión de aceite lubricante a la entrada de los cojinetes estuvieran correctamente instalados.

Que los indicadores locales de presión y temperatura del aceite lubricante a la entrada a los cojinetes estuvieran bien instalados.

Que el empaque de la junta horizontal de la turbina estuviera bien instalado, fuera del material, espesor y dimensiones de diseño.

Que existiera espacio suficiente para desmantelar la turbina para darle mantenimiento, para retirarlo completamente e instalarla nuevamente.

### I N S P E C C I O N    I N T E R I O R

Se desmantelaron las turbinas para comprobar los componentes-mecánicos y revisarles los materiales, medidas y posibles daños — que pudieran haber sufrido durante el transporte.

Se desmantelaron de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a las prácticas individuales de la empresa.

Se levantaron dibujos de campo y al mismo tiempo se verificaron las dimensiones, medidas y materiales de las siguientes partes:

Sellos, carcasa, flecha, cuñas, cojinetes, el vástago del gobernador, el vástago del mecanismo de disparo por sobre velocidad.

Los dibujos de campo de las piezas anteriores se envían a un taller nacional o local para asegurar su fabricación en caso de necesitarse.



SE REALIZARON LOS SIGUIENTES AJUSTES:

La carrera máxima de la válvula gobernador.

El diámetro del muñón lado cople.

El diámetro del muñón lado opuesto

El claro diametral del cojinete.

El claro diametral máximo.

El claro axial libre.

El claro axial máximo.

El claro diametral de los sellos externos.

El claro diametral pistón baleros.

El claro toberas-rodete.

El claro vástago de la válvula de disparo.

Se verificó que todas las partes internas ensamblaran adecuadamente, estuvieran bien sujetas, tuvieran las dimensiones, medidas, tolerancias y materiales especificados.

PRUEBA DE COMPORTAMIENTO

Se realizó la prueba de funcionamiento de la turbina sin carga, de la siguiente manera:

- 1.- Se dejó calentar la turbina por algún tiempo abriendo ligeramente la válvula de admisión de vapor, se descargó el condensado y vapor de escape por el dren.
- 2.- Se dejó correr la turbina a bajas revoluciones para asentar sellos, al mismo tiempo se observa que funcionen adecuadamente los sellos de vapor y goteo de aceite.  
Se tomaron lecturas de vibración en las zonas adyacentes a las chumaceras, con el fin de detectar vibraciones fuera de norma.
- 3.- Se fue incrementando la velocidad de rotación poco a poco - hasta alcanzar la velocidad máxima continua.  
Se tomaron lecturas de vibración, para cada una de las distintas velocidades, en las zonas adyacentes a las chumaceras  
La doble amplitud de vibración de la flecha obtenida en la zona adyacente a las chumaceras no excedió del valor permisible.
- 4.- La turbina permaneció en operación durante una hora a la velocidad máxima continua.  
Se tomaron lecturas de vibración para detectar picos en las amplitudes de vibración cuyas frecuencias sean diferentes de la de rotación, principalmente picos con frecuencia igual a la mitad de la de rotación.

La doble amplitud de vibración de la flecha obtenida en la zona adyacente a las chumaceras no excedió del valor permisible.

5.- Se fue aumentando la velocidad hasta llegar a la de disparo y se mantuvo así durante 15 minutos, con la finalidad de probar el mecanismo de disparo por sobre velocidad. Se repitió tres veces esta operación.

Se tomaron lecturas de vibración en los apoyos dinámicos.

Se verificó que el doble de la amplitud de vibración en los apoyos dinámicos no excediera de los valores permisibles.

Se realizaron las pruebas de los sistemas de protección y alarma simulando las condiciones críticas siguientes.

Paro y alarma por baja presión de aceite de lubricación a la entrada de las chumaceras de la turbina.

Paro de la turbina por exceso de velocidad.

#### INSPECCION EXTERIOR CON EL EQUIPO FUNCIONANDO.

Se verificó que no existieran fugas por el prensa estopas exterior.

Se verificó que no existieran fugas de vapor de sellos.

Se verificó que no existieran fugas de aceite de lubricación.

Se verificó que el sistema de agua de enfriamiento estuviera funcionando adecuadamente y sin fugas.

Se verificó que las conexiones roscadas y bridadas estuvieran adecuadamente instalados, apretadas y empacadas para evitar posibles fugas.

## I ) TUBERIAS.

Las líneas de tubería, de acuerdo a el uso que tengan dentro de una planta industrial.

Se clasifican de la siguiente manera:

- 1.- Tuberías de proceso.
- 2.- Tuberías de servicios auxiliares.

### TUBERIAS DE PROCESO

Son aquellas que conducen la materia prima a los procesos de transformación (física o química), así como a las corrientes que resulten o que los generen.

DENTRO DE TUBERIAS DE PROCESO SE PUEDE CITAR LAS SIGUIENTES:

- 1.- Tuberías de carga a planta.
- 2.- Tuberías de interconexión de equipo de proceso.
- 3.- Tuberías de producto.

### TUBERIAS DE SERVICIOS AUXILIARES

Son aquellas que no intervienen, directamente en la transformación de la materia prima, y que sin embargo sirven para auxiliar o complementar el proceso.

ENTRE LAS TUBERIAS DE SERVICIOS AUXILIARES SE PUEDEN MENCIONAR - LAS SIGUIENTES:

- Las que conducen vapor.
- Las que conducen agua.
- Las que conducen aire.
- Las que conducen gas combustible.
- Las que conducen desechos industriales.

PARA LA RECEPCION DE SISTEMAS DE TUBERIAS CON LOS DIFERENTES ACCESORIOS QUE LO INTEGRAN ES DE VITAL IMPORTANCIA CONTAR CON LA SIGUIENTE INFORMACION:

- 1.- Diagramas de flujo mecánico.
- 2.- Plano de localización general.
- 3.- Dibujos de fabricante de todos los equipos.
- 4.- Dibujos de diseño de todos los equipos.
- 5.- Lista de líneas.
- 6.- Normas y especificaciones de diseño de la tubería.
- 7.- Isométricos de las líneas de tubería con soporte indicada.
- 8.- Dibujos de soporte.

A CONTINUACION SE DESCRIBE CADA UNO DE LOS PUNTOS ANTERIORES Y SU USO.

### 1.- DIAGRAMAS DE FLUJO DE MECANICA

También se conoce como diagrama de tubería e instrumentación, es el primer dibujo realizado en el proyecto de cualquier planta y es la principal fuente de información para todos los grupos de diseño, pero fundamentalmente para tuberías.

Los diagramas de tubería e instrumentación basados en los diagramas de flujo, muestran las conexiones con tubería que deberán hacerse entre los equipos que forman la planta.

En estos diagramas se muestran los números de líneas que incluyen:

Diámetro, clave del fluido que transporta, número de área donde se genera la línea, tipo de aislamiento, clase de material de la tubería, válvulas, filtros, trampas de vapor, bridas de orificio y toda la instrumentación correspondiente para el control y seguridad de la planta.

Estos diagramas son básicos para el diseño de la tubería, pues junto con el arreglo general de la planta, los dibujos de equipos con localización de boquillas y dibujos de otras disciplinas como civiles, eléctricas, mecánicas, etc., además de especificaciones y normas, es posible de diseñar, las rutas de tuberías para construcción.

### 2.- PLANO DE LOCALIZACION GENERAL.

También se conoce como "PLOT-PLAN" o dibujo de arreglo general de la planta, nos muestra la localización de equipos en el terreno de la planta, las líneas de centro de las cimentaciones, el contorno de parajes, localización de estructuras y edificios, áreas pavimentadas, carreteras, vías de ferrocarril, plataformas y áreas para remover equipo y mantenimiento del mismo.

Este dibujo es un documento muy importante porque representa la combinación de decisiones de las diferentes disciplinas del proyecto, pero por recomendaciones del diseñador de tuberías, es posible cambiar de posición un equipo para un mejor arreglo de tubería.

Se incluyen además en este dibujo, las coordenadas de los límites de batería, nombres y números clave de los equipos, elevación del terreno con respecto al nivel del mar, velocidad y dirección del viento, etc.

### 3.- DIBUJOS DE FABRICANTE DE TODOS LOS EQUIPOS.

Estos dibujos son preparados por las compañías constructoras de equipos para plantas industriales, tales como recipientes a presión, torres, intercambiadores de calor, compresores, etc.

Normalmente estos dibujos son llamados dibujos de vendedores o - dibujos de fabricantes y son de gran importancia para el diseñador de tuberías, ya que una vez certificados, muestran las dimensiones reales y localización exacta de boquillas, conexiones, -- etc., que tendrá el equipo cuando se entrega en la planta para su montaje.

### 4.- DIBUJOS DE DISEÑO DE TODOS LOS EQUIPOS.

Estos dibujos los proporcionan los diseñadores especialistas en Ingeniería de recipientes y equipos.

Estos dibujos son de gran importancia para el importante diseñador de tuberías, ya que nos muestran las dimensiones, localización de boquillas, conexiones, elevaciones, que deben tener los equipos.

### 5.- LISTA DE LINEAS:

También conocida como índice de líneas, es un documento de gran importancia para el diseñador de tuberías, ya que contiene contiene una serie de datos, de suma utilidad para el diseño, el análisis, de esfuerzos y la flexibilidad de la tubería y así como la elaboración de Isométricos para la fabricación y pruebas que se realizaran a la tubería.

LOS DATOS QUE CONTIENE SON LOS SIGUIENTES:

LA clave del servicio.

El número que identifica el área en que se origina la línea.

El número consecutivo de la línea.

El diámetro nominal.

La especificación del material.

La densidad del fluido.

La presión de diseño.

La temperatura de diseño.

La presión de prueba.

El límite de temperatura.

El medio de prueba, puede ser líquido o gas.

INDICACIONES ACERCA DE SI LA LINEA ES CRITICA EN CUANTO A PRESION O TEMPERATURA.

El número de DII en donde se localiza la línea.

La ruta de la línea, desde su punto de origen hasta su conexión con un equipo u otra línea.

El tipo de aislamiento, espesor y la clave de acabado.

Una columna para observaciones.

Estas listas de líneas se deben actualizar simultáneamente con las revisiones a los diagramas de tubería e instrumentación.

#### 6.- NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA TUBERIA.

Estas normas y especificaciones, son las que nos indican los requerimientos a los que deben estar basados para la construcción, montaje y colocación de las tuberías y sus distintos accesorios.

#### 7.- ISOMETRICOS DE LAS LINEAS DE TUBERIA CON SOPORTERIA INDICADA.

Estos dibujos son de mucha utilidad, y que ellos nos muestran las elevaciones, medidas, cambios de dirección, orientaciones, dirección de flujo, localización de soportes, localización de válvulas y accesorio.

Y en una columna aparte nos indica la siguiente información:

Las longitudes totales de tubería recta necesaria.

Los diámetros y cédulas de dichas tuberías.

El número, diámetro, tipo y cédula de los codos y reducciones.

El número, diámetro, tipo y libraje de las válvulas y demás accesorios.

#### 8.- DIBUJOS DE SOPORTERIA.

Estos dibujos son de gran importancia, ya que ellos nos muestran la forma e instalación de los diferentes sistemas de apoyo que vienen indicados en los dibujos isométricos de tubería con soportaría indicada.

Con el fin de facilitar todos los trabajos referentes a los sistemas de tubería la planta fue subdividida en circuitos, los cuales se integraron por las líneas y aún equipos que trabajan trabajan a condiciones similares de presión y temperatura.

Las ventajas de subdividir una planta en circuitos de prueba son los siguientes:

Al tener un conjunto de líneas y equipos que operen a presión y temperatura similares facilita la elaboración de las pruebas hidrostáticas del conjunto.

Permite la elaboración de listas de faltantes durante la etapa de construcción.

Minimiza el número de juntas ciegas por instalar haciendo más económicas las pruebas.

Facilita la revisión final de los faltantes de la planta, cuando a juicio del constructor los circuitos a la planta estén completamente terminados.

PARA LA RECEPCION DE LOS CIRCUITOS SE DEBIO CUMPLIR CON LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- 1.- Terminación de construcción de acuerdo con el diseño, incluida la soportería, para evitar soldaduras posteriores a la prueba.
- 2.- Control radiográfico.
- 3.- Control de relevado de esfuerzos.
- 4.- Calibración ultrasónica.
- 5.- Lavado de líneas.
- 6.- Prueba Hidrostática.
- 7.- Instalación del aislamiento térmico.

LOS CIRCUITOS DE PROCESO SE AGRUPARON DE ACUERDO AL FLUIDO QUE MANEJAN DE LA SIGUIENTE MANERA:

- I.- Circuitos que manejan gas ácido.
- II.- Circuitos que manejan gas amargo.
- III.- Circuitos que manejan gas dulce.
- IV.- Circuitos que manejan condensado amargo.
- V.- Circuitos que manejan dietanolamina rica de baja presión.
- VI.- Circuitos que manejan dietanolamina rica de alta presión.
- VII.- Circuitos que manejan dietanolamina pobre de baja presión.
- VIII.- Circuitos que manejan dietanolamina pobre de alta presión.
- IX.- Circuitos que manejan agua amarga.
- X.- Circuitos que manejan azufre líquido.
- XI.- Circuitos que manejan aire de combustión.

PLANTA \_\_\_\_\_  
 PROYECTO \_\_\_\_\_

DEPTO. DE RECEPCION DE PLANTAS

LUGAR \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_  
 HOJA \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

RELACION DE CIRCUITOS DE PRUEBA  
 SERVICIOS AUXILIARES Y LINEAS DE  
 INTEGRACION Y PROCESO

- CIRCUITOS TERMINADOS POR CONSTRUCCION
- CIRCUITOS REVISION FALTANTES
- CIRCUITOS LAVADOS Y PROBADOS
- CIRCUITOS ENTREGADOS A INSPECCION

PROCESO

|               |                |                |                |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| CIRCUITO No 1 | CIRCUITO No 9  | CIRCUITO No 17 | CIRCUITO No 25 |
|               |                |                |                |
| CIRCUITO No 2 | CIRCUITO No 10 | CIRCUITO No 18 | CIRCUITO No 26 |
|               |                |                |                |
| CIRCUITO No 3 | CIRCUITO No 11 | CIRCUITO No 19 | CIRCUITO No 27 |
|               |                |                |                |
| CIRCUITO No 4 | CIRCUITO No 12 | CIRCUITO No 20 | CIRCUITO No 28 |
|               |                |                |                |
| CIRCUITO No 5 | CIRCUITO No 13 | CIRCUITO No 21 |                |
|               |                |                |                |
| CIRCUITO No 6 | CIRCUITO No 14 | CIRCUITO No 22 |                |
|               |                |                |                |
| CIRCUITO No 7 | CIRCUITO No 15 | CIRCUITO No 23 |                |
|               |                |                |                |
| CIRCUITO No 8 | CIRCUITO No 16 | CIRCUITO No 24 |                |
|               |                |                |                |

U. N. A. M.  
 TESIS PROFESIONAL  
 RELACION DE CIRCUITOS DE PRUEBA  
 FAC. CIENCIAS QUIMICAS CARLOS M. ESPINOZA GLEZ



Los circuitos de proceso se revisaron de acuerdo a los puntos de recepción antes mencionadas.

#### PUNTO NUMERO 1.- TERMINACION DE LA CONSTRUCCION

Se verificó que todas las líneas que integraban cada uno de los circuitos correspondieran con los diagramas de tubería e instrumentación y estuvieran contruidos de acuerdo a los isométricos que proporciona el diseñador.

Se revisó que todas las bridas instaladas fueran del libraje y material especificado, tuvieran los enpaques correctos y que los pernos y tuercas estuvieran perfectamente apretadas.

De las bridas porta placas, además de la anterior se verificó que las tomas de presión estuvieran instalados correctamente de acuerdo al diseño.

Que los niples de las tomas de presión fueran de cédula 160 hasta la primer válvula de bloqueo.

Los niples de las tomas de presión y los tapones se soldaron a las bridas para portaplacas para evitar fugas de líquidos o gases tóxicos o inflamables.

Se verificó que las placas de orificio correspondieran con los planos de diseño, fueran del material especificado, tuvieran el diámetro de placa y orificio correctos, y que estuvieran correctamente instaladas.

Se revisó que todas las válvulas de compuerta tanto bridadas como soldadas fueran de la especificación ( material y libraje ), que estuvieran bien instalados, se pudieran abrir y cerrar con facilidad, que las bridas de las válvulas bridadas tuvieran los enpaques correctos ( material y espesor ) y que los pernos y tuercas estuvieran perfectamente apretados.

Se revisó que las válvulas de compuerta estuvieran accesibles para su operación, para las que estaban en sitios elevados se pidieron plataformas u operadores de cadena.

Se revisó que todas las válvulas de globo y check's tanto bridadas como soldadas fueran de la especificación ( material y libraje ), se hubieran instalado en la dirección correcta del flujo, se pudieran abrir o cerrar con facilidad, que las bridas de las válvulas bridadas tuvieran los enpaques correctos ( material y espesor ), y que los pernos y tuercas estuvieran perfectamente apretados.

Se revisó que las válvulas de compuerta estuvieran accesibles para su operación. Para las que estaban en sitios elevados se pidieron plataformas u operadores de cadena.

Se verificó que las válvulas operadas con motor y las válvulas de control correspondieran con los planos de diseño dirección correcta del flujo.

Se verificó que las bridas de las válvulas anteriores tuvieran los empaques correctos ( material y espesor ), y que los pernos y tuercas estuvieran perfectamente apretadas.

Se verificó que todas las bridas porta placas instaladas hubieran respetado las longitudes, rectas requeridas antes de la placa de orificio en dirección del flujo y después de dicha placa en dirección del flujo.

Se verificó que los indicadores y transmisores de presión y flujo correspondieran con los planos de diseño, fueran del material tipo y rango especificados; se revisó que estuvieran adecuadamente instalados.

Se verificó que entre la línea y el instrumento indicador de presión o flujo existiera una válvula de bloqueo para facilitar el mantenimiento de dicho instrumento.

Se verificó que las tomas de muestra de estuvieran correctamente localizadas y colocadas, y que entre la línea de proceso y el extremo de la tubería de la toma de muestra existiera una válvula de bloqueo tipo compuerta y otra tipo aguja para regular el flujo que se va a muestrear.

Se verificó que los termopozos y termopares fueran del tipo, material y dimensiones de diseño.

Se revisó que los termopozos y termopares se hubieran colocado correctamente.

Se verificó que las conexiones bridadas de los termopozos que lo marcaban estuvieran correctamente instaladas, las bridas tuvieran el empaque y apriete adecuado.

Se verificó que las válvulas de seguridad coincidieran con los planos de diseño, fueran del material especificado ( cuerpo e internos ) estuvieran completas en cuanto a sus partes externas e internas se hubieran colocado en la línea correcta y descargaran también en la línea del desfogue especificado.

Se revisó que las bridas de las válvulas de seguridad contaran con el empaque y tuercas estuvieran correcto ( material y espesor ), y que los pernos y tuercas estuvieran perfectamente apretados.

Se revisó que el disco de ruptura correspondiera con los planos de diseño, fuera del diámetro, material y espesor requerido.

Se revisó que el cabezal de seguridad del disco de ruptura fuera del material y libraje de diseño, que estuviera bien sujeto, y que contara con las cuchillas colocadas en el lado de desfogue.

Se verificó que el disco se hubiera colocado en el sentido correcto, ya que va a trabajar a compresión, la parte convexa debe estar del lado de la presión del sistema.

Se verificó que las bridas de la tubería entre las que se instaló el disco se hubiera colocado el empaque adecuado, y que los pernos y tuercas de dichas bridas estuvieran perfectamente apretados.

Se verificó que los venteos y drenes de las líneas se hubieran colocado en el lugar que marca el isométrico de diseño.

Se verificó que los drenes y venteos se hubieran construido de acuerdo a las normas de diseño de tubería.

Se verificó que las parches de refuerzo de las líneas que lo marcan, se hubieran construido del mismo tubo o placa del mismo espesor del cabezal y con material de la misma especificación.

Se revisó que los parches de refuerzo tuvieran las dimensiones especificadas y contaran con los orificios testigo.

Se verificó que los Strainer fueran del tipo, material y libraje especificado, se revisó que el colador interior fuera del tipo y material especificado, además de que estuviera limpio.

Se verificó que los testigos de corrosión correspondieran con los dibujos del fabricante, que los materiales de las distintas partes y empaques fuera el especificado.

Se exigió que entre el testigo de corrosión y la línea de proceso existiera una válvula de lo que se llama bloqueo que permitiera retirar el instrumento para tomar las lecturas de corrosión o bien para darle mantenimiento o cambiarlo.

Se verificó que las figuras ocho estuvieran completas, fueran del diámetro y espesor requerido, que se hubieran instalado por el lado correcto, que las bridas que lo contenían tuvieran el empaque adecuado y los pernos y tuercas correctamente apretadas.

Se procuró que se respetara la distancia mínima de 50 milímetros de separación entre tubos paralelos, entre aislamiento y aislamiento, entre brida y brida o entre brida y tubo (o aislamiento) ya que esta es la distancia mínima para permitir un rápido acceso para desmontaje o mantenimiento de las tuberías.

Se verificó que todas las líneas que manejaban azufre líquido, así como sus válvulas se hubieran encaquetado correctamente como marca la norma de diseño.

Se cuidó que el cabezal colector de azufre guardara una pendiente de 1,4" pr por cada pie de longitud recta a favor de la fosa de azufre.

En el cabezal de descarga de las bombas de azufre hacia el límite de baterías, se cuidó que guardara una pendiente de 1/8" por cada pie de longitud recta a favor del límite de baterías.

Se verificó que todos los drenes de tubería descargaran en la cota de drenaje especificada.

Se cuidó que todas las válvulas que marcaran candado lo tuvieran.

Se verificó que todas las líneas que descansaban en el Rack de tubería, se hubieran colocado en el lugar y cama especificada.

La protección anticorrosiva aplicada a la tubería de proceso que no requiere aislamiento fue a base de una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP-4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada, con dos manos de acabado vinílico de altosólidos RA-22 a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada por mano.

La tubería de proceso con temperatura de operación menor o igual a 320 °F y que requiere aislamiento térmico, se protegió contra la corrosión, aplicando una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP-4B a un espesor de película seca de 3 milésimas.

La tubería aislada que maneja gas de combustión a alta temperatura y azufre líquido se protegió contra la corrosión aplicando dos capas de recubrimiento primario para alta temperaturas MB-30B de silicón a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada por mano.

LOS TIPOS DE SOPORTES UTILIZADOS EN LA PLANTA SE PUEDEN CLASIFICAR DE LA SIGUIENTE MANERA:

- a) ancla.
- b) Guía.
- c) Soporte Colgante.
- d) Apoyo libre.
- e) Resorte
- f) apoyo direccional.

#### A ) ANCLA.

Es un editamento que proporciona fijación total, es decir no permite giros ni desplazamientos de la tubería.

## B) GUÍA

Es un aditamento que permite desplazamientos a lo largo del eje longitudinal de la tubería, restringiéndolas en las dos direcciones restantes.

La restricción de giros dependerá de la dimensión de la guía a lo largo del eje longitudinal del tubo. En la práctica casi siempre se considera se considera nula la restricción a giros en guías.

## C) SOPORTE COLGANTE

Es un aditamento que se utiliza en tuberías que queda suspendida por medio de este soporte, pensando en que una barra en general - tomará la tensión, la restricción será solamente en el sentido hacia abajo, asociado a la dirección vertical.

## D) APOYO LIBRE

Las características de este soporte están implícitas en su nombre es decir, es un aditamento que provee reacción vertical sin ejercer otra resistencia horizontal más que la fricción entre los elementos en contacto.

## E) RESORTE

Es uno de los dispositivos más comunes usados en plantas industriales, el cual además de soportar cargas verticales permite la dilatación que por efectos térmicos experimente el sistema de tubería.

Se entiende entonces que la capacidad para tomar carga aceptando deformaciones, anula la posibilidad de imponer cualquier restricción a la tubería, que modifique su flexibilidad, y por consiguiente altere tanto los esfuerzos en ella misma, como los efectos impuestos sobre el equipo interconectado.

## F) APOYO DIRECCIONAL

Se entiende como tal, un dispositivo que permite giros, evita desplazamientos lineales por lo menos en un sentido a lo largo de un eje.

Se verificó que todos los soportes de la tubería se hubieran congruido como marcaba el plano de diseño, con los materiales, dimensiones, tolerancias en la holgura, etc.

## PUNTO NUMERO 2. CONTROL RADIOGRAFICO

Se llevó el control radiográfico por circuitos.

Los porcentajes de soldaduras por radiografiar fueron proporcionados por el diseñador, y se ajustaron a lo siguiente:

- 1.- Se radiografió el 100% de todas las juntas soldadas de los -- circuitos que conducían gases gases ácidos o soluciones ácidas.
- 2.- Las líneas que conducían amina pobre se radiografiaron al 15%.

Se llevó un control de todos los reportes de radiografiado y de -- las radiografías.

Las radiografías se reinterpretaron por los ingenieros de recep-- ción, se aceptaron las radiografías de los circuitos hasta que es -- tuvieron dentro de norma.

Los defectos más comunes en las soldaduras encontrados ya sea por -- inspección visual o radiográfica son los siguientes:

### FALTA DE PENETRACION

Esencialmente falta de penetración es definida como el llenado -- incompleto de la raíz de la soldadura con el metal de soldadura.

### Falta de fusión

Se define como la ausencia de unión entre cordones o entre el me-- tal de soldadura y el metal base.

### FALTA DE PENETRACION POR DESALINEAMIENTO DE TUBERIA.

El escalonamiento es definida como una condición donde el tubo, -- las superficies de ajuste o abos están desalineados.

### CONCAVIDAD EN LA RAIZ

Esta concavidad está asociada con un cordón de soldadura depósita-- do en forma continua y difiere de las quemadas en que están aso-- ciadas con metal de soldadura depositado en forma intermitente.

Se permite cualquier longitud de concavidad en la raíz siempre -- que la densidad de la imagen radiográfica de la concavidad inter-- na no exceda de la densidad del metal adyacente.

### QUEMADA A TRAVES DE LA RAIZ

Una quemada es aquella porción del cordón de fonaco donde la exce -- siva penetración ha causado que el metal de la soldadura sea co-- plado dentro del tubo.

## INCLUSION DE ESCORIA

Una inclusión de escoria es un sólido no metálico atrapado en el metal de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal del tubo, las inclusiones de escoria alargadas ( línea de escoria continua, línea de escoria interrumpida, doble línea de escoria ) generalmente se encuentra en la zona de fusión.

Las inclusiones de escoria instantes y aisladas son de forma irregular y pueden ser localizadas en cualquier parte de la soldadura.

## P O R O S I D A D

La porosidad o bolsas de gas, son aquellas que ocurren en el metal de soldadura.

## PORO CILINDRICO

Es una discontinuidad alargada que resulta cuando el gas se eleva a través del metal de soldadura cuando no está solidificado.

## ROTURAS ( LONGITUDINAL, TRANSVERSAL Y ESTRIADA )

Las roturas de cráter poco profundo o grietas de forma de estrella, las cuales se localizan en el punto de terminación de los cordones de soldadura y que son el resultado de la contracción del metal de soldadura durante la solidificación.

## SOCAVADO.

El socavado es la producción de una ranura por fusión en el metal base adyacente a la orilla o a la raíz de la soldadura y que no es rellenado por el metal de aporte.

## CORONA BAJA.

Es la falta de metal de aporte en la soldadura, o sea el llenado incompleto del cordón de vista.

## PENETRACION EJECSIVA.

Es el exceso o abultamiento del metal de aporte en la raíz de la soldadura.

## REFUERZO EXCESIVO

Es el abultamiento de soldadura en el cordón de vista en la soldadura.

## DESALINEAMIENTO DE TUBERIA

Es originado por una mala alineación del tubo y es necesario recortar la soldadura y volver a realizarla, tomando en cuenta la correcta alineación.

### DESALINEAMIENTO DE SOLDADURA

Es un error del soldador y se corrige vaciando el cordón de vista y el último cordón de relleno.

### PUNTO NUMERO 3. CONTROL DE RELEVADO DE ESFUERZOS.

Se llevó el control de relevado de esfuerzos por circuitos, se re-  
levaron todas las demás soldaduras de campo de cada uno de los --  
circuitos que lo requerían.

1.- Se relevaron de esfuerzos el 100% de todas las juntas de cam-  
po de los circuitos que conducían gases ácidos o soluciones áci--  
das.

2.- Se relevaron de esfuerzos todas las juntas de campo de los --  
circuitos que conducían DBA pobre, de las tuberías que tenían un-  
espesor de pared mínimo de 3/4".

Se llevó un control de todos los reportes de relevado de esfuer--  
zos y de las gráficas.

Las gráficas se reinterpretaron por los ingenieros de recepción, --  
se revisó que se hubiera empleado la velocidad de calentamiento --  
apropiada, la temperatura de relevado correcta y el tiempo de per-  
manencia suficiente, una vez que se cumplió con lo anterior, se --  
dio por recibido el relevado de esfuerzos del circuito en cues---  
tión.

### EL OBJETO DEL RELEVADO DE ESFUERZOS ES EL SIGUIENTE:

- A) Reducir los esfuerzos térmicos establecidos durante la opera--  
ción de soldadura.  
Los esfuerzos térmicos son causados por la alta temperatura --  
del arco causando que el material se expanda en un área locali-  
zada.
- B) Remover las zonas duras causadas por la absorción de nitrógeno  
o de oxígeno del aire y un aumento del contenido de carbón en-  
el metal depositado.
- C) Remover el relajamiento reduciendo el punto cedente del material  
por debajo de la resistencia impuesta.
- D) Reducir o disminuir la dureza brinell del material.

### PUNTO NUMERO 4. CALIBRACION ULTRASONICA

Se levantaron isométricos de campo de cada una de las líneas que-  
integraban un circuito, en las cuales se dibujó la orientación --  
real de la línea y de los disparos así como los accesorios que se  
instalieron realmente en el campo.

Los puntos de calibración de cada una de las partes de la línea --  
como codos, tes, reducciones y partes rectas se numeraron en or--  
den ascendente, siguiendo el sentido del flujo.



Cada isométrico tenía un recuadro situado en la parte inferior, - en el cual se anotó la siguiente información:

El número de la línea, la especificación del material de construcción de la tubería, el diámetro, la presión de diseño, la temperatura de diseño, el tipo de fluido que maneja, el espesor original de la tubería y el límite de retiro de la misma.

Se vaciaron los puntos de calibración en formas numeradas para dicho objeto, en las cuales se anotaron los valores de las calibraciones y la fecha de calibración.

En un recuadro inferior de las formas de calibración se anotó el número de isométrico, la fecha y el circuito a que pertenece la información anterior.

Los isométricos de las líneas junto con las formas de calibración se archivan por circuitos, que pasan a formar el antecedente estadístico del circuito en cuestión.

Se analizaron los valores de los puntos calibrados de acuerdo al siguiente criterio:

El rango de aceptación del espesor de la tubería es de un octavo hacia arriba o hacia abajo de su espesor original.

La siguiente ecuación representa lo dicho anteriormente.

$$T_m = T_n ( 1 \pm 1/8 )$$

Donde:

$T_m$  = Espesor aceptable.

$T_n$  = Espesor original o de diseño.

Se verificó que todos los puntos de calibración de todos los circuitos estuvieran dentro del rango aceptable.

#### PUNTO NUMERO 5. LAVADO DE LINEAS

Todas las tuberías fueron lavadas con el fin de eliminar la cascarilla, pedacería de materiales, lodo y objetos olvidados en su interior.

Se tuvo cuidado de no arrastrar pedacería o cascarilla hacia los recipientes verificando la continuidad de los sistemas y manteniendo un purgado continuo.

Se desmontaron las válvulas de control durante el lavado para evitar que se ensuciaran y calzaran los asientos.

Las líneas de succión y escape de bombas y reemplazadas se desambridaron y giraron para que la boquilla no entrara intrometida al interior de los equipos.

Se lavó y purgó por todos los drenes y ventosas para comprobar el estado o avance de la etapa de lavado.

Siempre que fue posible se lavó hacia abajo u horizontalmente.

Se retiraron las placas de orificio durante el lavado.

Se levaron primero los cabezales y luego los ramales.

Los equipos que contaban con brinco o "By-Pass", se lavó primero a través del directo del by-pass y posteriormente a través del -- equipo.

La velocidad mínima de flujo del agua utilizaba para lavado fue de 12 pies por minuto y la del aire y vapor fue de 12 000 pies -- por minuto.

#### PUNTO NUMERO 6. PRUEBA HIDROSTATICA.

Las pruebas hidrostáticas tienen por objeto comprobar la resistencia de materiales y soldaduras así como fugas entre bridas y conexiones.

La presión de prueba hidrostática mínima fue de 1.5 veces la presión de diseño.

LA MÁXIMA PRESIÓN DE PRUEBA HIDROSTATICA DEBIO LIMITADO POR:

- a) El componente más débil del sistema.
- b) Las conexiones soldadas.
- c) Recipientes u otro equipo cuando se prueban al mismo tiempo -- que la tubería.

Las tuberías que no manejaban líquidos y cuya soportería no estaba diseñada para soportar el gran peso del agua que se requería -- para la prueba, se probaron con aire.

La presión de prueba neumática utilizada fue de 110% la presión -- de diseño, para presiones de prueba superiores a 1.75 Kg/cm<sup>2</sup>, se realizó una prueba preliminar a 1.75 Kg/cm<sup>2</sup> y posteriormente se incrementó lentamente la presión hasta alcanzar la presión de -- prueba correspondiente.

Los soportes tipo resorte para realizar la prueba hidrostática se desconectaron para evitar sobre esfuerzos.

Las bombas, sopladores y juntas de expansión no se sujetaron a las pruebas de presión en el campo.

De igual forma los secaderos y filtros con presión de prueba menor que la presión de prueba mínima para el circuito de tubería deberán removerse del sistema, bloquearse o aislarse antes de la prueba.

Los sistemas de tubería conectados directamente a límites de batería cuya responsabilidad descansa en otros, se aislaron mediante juntas ciegas o válvulas.

Se aislaron los diferentes circuitos antes de realizar las respectivas pruebas hidrostáticas o neumáticas, con bridas ciegas o válvulas según el caso.

Se sujetaron a la presión de prueba todas las conexiones de instrumentos, indicadores y transmisores de nivel hasta la primera válvula del bloqueo.

Cuando ya estaba el circuito completamente terminado por construcción, incluyendo soportería, soldaduras dentro de norma y correctamente relevadas de esfuerzos, y con la totalidad de las líneas del circuito con espesores dentro del rango de aceptación, se procedió a probar hidrostáticamente el circuito.

Se fue llenando poco a poco el circuito con agua, venteando por los puntos altos, una vez que se llenó, se cerraron los venteos y se procedió a presionar el sistema hasta alcanzar la presión de prueba especificada.

Durante la prueba se revisaron todas las juntas soldadas para detectar fugas por defectos en soldaduras, también se revisaron las juntas bridadas tanto de las válvulas bridadas como las de las tuberías, para localizar fugas.

Se revisaron los estoperos de las válvulas y conexiones roscadas de la tubería de instrumentos hasta la primera válvula de bloqueo.

#### PUNTO NUMERO 7. INSTALACION DEL AISLAMIENTO TERMICO.

Se cuidó que la superficie por aislar estuviera limpia, libre de polvo y grasa.

El tipo de aislamiento aplicado a las tuberías que lo requerían, fue a base de fibra de vidrio en colchonetas con metal desplegado en uno de sus lados especificación.

ASTM ( 592-70, clase 1, en espesores de 1 y 1 1/2 pulgadas.

Se comprobó que todos los soportes para el aislamiento tuvieran las medidas y espaciado correcto.

Se verificó que el aislamiento aplicado a cada una de las líneas que lo requerían tuviera el espesor adecuado.

Se cuidó que entre el aislamiento y la lámina de aluminio de acabado se colocara un material dieléctrico de fibra de vidrio almidonada.

En los traslapes de lámina de aluminio de acabado al igual que en los cuellos de las boquillas se colocó un sello asfáltico para evitar la entrada de humedad al aislamiento.

PLANTA : \_\_\_\_\_  
 PROYECTO : \_\_\_\_\_

DEPTO. DE RECEPCION DE PLANTAS

LUGAR : \_\_\_\_\_  
 FECHA : \_\_\_\_\_  
 HOJA : \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

RELACION DE CIRCUITOS DE PRUEBA  
 SERVICIOS AUXILIARES Y LINEAS DE  
 INTEGRACION Y PROCESO

- CIRCUITOS TERMINADOS POR CONSTRUCCION
- CIRCUITOS REVISION FALTANTES
- CIRCUITOS LAVADOS Y PROBADOS
- CIRCUITOS ENTREGADOS A INSPECCION

SERVICIOS

|               |                |                |
|---------------|----------------|----------------|
| CIRCUITO No 1 | CIRCUITO No 9  | CIRCUITO No 17 |
|               |                |                |
| CIRCUITO No 2 | CIRCUITO No 10 | CIRCUITO No 18 |
|               |                |                |
| CIRCUITO No 3 | CIRCUITO No 11 | CIRCUITO No 19 |
|               |                |                |
| CIRCUITO No 4 | CIRCUITO No 12 | CIRCUITO No 20 |
|               |                |                |
| CIRCUITO No 5 | CIRCUITO No 13 |                |
|               |                |                |
| CIRCUITO No 6 | CIRCUITO No 14 |                |
|               |                |                |
| CIRCUITO No 7 | CIRCUITO No 15 |                |
|               |                |                |
| CIRCUITO No 8 | CIRCUITO No 16 |                |
|               |                |                |

U. N. A. M.  
 TESIS PROFESIONAL  
 RELACION DE CIRCUITOS DE PRUEBA  
 FAC CIENCIAS QUIMICAS      CARLOS M. ESPINOZA GLEZ

Los circuitos de servicios auxiliares se agruparon de acuerdo al fluido que manejan de la siguiente manera:

I.- Circuitos manejan vapor de agua.

II.- Circuitos que manejan agua.

III.- Circuitos que manejan aire.

IV.- Circuitos que manejan gas combustible.

V.- Circuitos de desfogue.

VI.- Circuitos de drenaje.

#### PUNTO NUMERO 1. TERMINACION DE LA CONSTRUCCION

Se verificó que todas las líneas que integraban cada uno de los circuitos correspondiera con los diagramas de tubería e instrumentación y estuvieran construidos de acuerdo a los isométricos que proporciona el diseñador.

El tipo de Inspección para los circuitos de servicios auxiliares fue el mismo que se empleó para los circuitos de proceso, con la excepción de los circuitos que cuentan con tubería subterránea como son:

Agua de enfriamiento, drenajes y la red de agua contraincendio.

De los circuitos de servicios auxiliares convencionales.

Se revisó que las todas las válvulas tanto de compuerta, globo, Check y de control fueran de la especificación ( libraje, material del cuerpo e interiores ).

Se verificó que todas las bridas, coples, medios coples, sockolets, weldolets, treadolets nipolets, etc., fueran del material y libraje especificado.

Se verificó que los indicadores de presión y temperatura estuvieran correctamente instalados y fueran del tipo y rango y material especificado.

Se verificó que los transmisores de flujo, presión, temperatura y nivel estuvieran correctamente colocados y fueran del tipo, rango y material especificado.

Se verificó que las tomas de muestra estuvieran correctamente localizadas y colocadas y las que marcaban enfriamiento contaran con el equipo de enfriamiento adecuado.

Se verificó que las trampas de vapor estuvieran adecuadamente colocadas, fueran del tipo y material especificado.

Se verificó que las piernas colectoras de condensado de los cabezales de vapor estuvieran localizadas en el lugar especificado, que contaran con su dren y arreglo para trampas de vapor.

Se revisó que la descarga del condensado de alta presión se iniciara a un cabezal colector de condensado, el condensado de baja se drenó al piso.

Se verificó que los disparos de aire, vapor y agua para las estaciones de servicios, se hubieran hecho de acuerdo al isométrico - construcción, estuvieran bien localizados y soportados, y contarán con su soporte para manguera.

La tubería subterránea de acero al carbón, para el servicio de agua de enfriamiento, agua contra incendio y para el arenaje químico cerrado, se protegió mecánicamente contra la corrosión aplicado un esmalte asfáltico.

**EL PROCEDIMIENTO PARA EL ESMALTADO DE TUBERIA SUBTERRANEA ES EL SIGUIENTE:**

a) La superficie metálica se limpia mecánicamente y por medio de solventes para eliminar el óxido, polvo y grasa que pudiera con tener.

b) Sobre la tubería limpia y seca se aplica una mano de pintura - base o imprimación, la cual debe extenderse uniformemente sin dejar sin cubrir, ni partes con exceso de pintura o glóbulos.

El espesor de la película de primario seco es de 0.007±0.2 Cm.

c) La tubería ya pintada se soporta sobre polines de madera limpios a una altura suficiente para evitar el contacto con el piso y la pintura no se ensucie de polvo.

La pintura se debe dejar secar hasta un punto que gr garantice una buena adherencia.

d) Esmaltado. Consiste en aplicar a la tubería una capa de esmalte.

e) Refuerzo y envoltura. Simultáneamente con la aplicación del esmalte, la tubería se forra en forma de espiral, con una tela de fibra de vidrio ( Vidrioflex ), El forro debe tener un traglape mínimo de 0.6350 Cm. y máximo 1.90 Cm, de tal modo que dicha tela pueda adherir y centra centrada en el esmalte sin mostrar arrugas ni torcimientos.

El espesor mínimo del recubrimiento debe ser de 0.23 Cm.

f) Acabado. Una vez terminada la operación anterior, se procede a dar otro baño de esmalta, siguiendo el mismo procedimiento - del paso D, para que por último se aplique un filtro de fibra de vidrio o revestimiento, el cual debe tener un espesor mínimo de 0.27 Cm.

El material usados para la construcción del drenaje pluvial, drenaje sanitario y drenaje químico contaminado fue fierro fundido.

Se verificó que la red de drenajes se hubieran construido de acuerdo al diseño, se revisó que los registros tuvieran las medidas, forma y dimensiones especificadas.

Se revisó que los registros contaran con su escalera de acceso, que los peldaños se hubieran construido de acuerdo a el diseño, se revisó que los brocales tuvieran las dimensiones de diseño.

Se instaló en cada registro pluvial una rejilla de fierro fundido, y en cada registro del drenaje químico contaminado una tapa sólida de concreto.

Se verificó que existiera un sello hidráulico en cada uno de los registros, así como arrestadores de flama para los registros de los drenajes químicos.

Se verificó que todos los equipos y líneas que tuvieran drenes, descargaran a la copa del drenaje especificado.

Se verificó que la tubería subterránea de la red contra incendio y agua de enfriamiento se hubiera construido de acuerdo al diseño.

Se verificó que la tubería contra incendio contara con su cámara de lodos.

De la parte aérea de la red contra incendio se revisó lo siguiente:

Que la distribución de los hidrantes, hidrantes con monitor en piso y monitores en plataforma fuera la especificada por los planos de diseño.

Que las válvulas de com uerta, tapones cachucha, las cadena y adaptadores, fueran de la especificación ( diámetro, material etc ).

Se verificó que las plataformas y escaleras de los monitores elevados, estuvieran correctamente construidas y ancladas.

Se verificó que los monitores contaran sus boquillas "ELKHART JUBO" del diámetro y gasto especificado.

Se cuidó que todas las líneas de tubería de los distintos circuitos de servicios auxiliares de la planta estuvieran correctamente soportadas.

Se verificó que los cabezales de desfogue contaran con un suministro constante de gas combustible de la planta.

Se verificó que los cabezales de desfogue guardara la pendiente especificada por el isométrico de diseño.

La protección anticorrosiva aplicada a la tubería de servicio que no requiere aislamiento fue a base de una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP-4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada, con dos manos de acabado vinílico de altos sólidos RA-22 a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada por mano.

La tubería de servicio con temperatura de operación menor o igual a 320 °F y que requiere aislamiento térmico, se protegió contra la corrosión, aplicando una capa de primario de zinc 100% inorgánico RP-4B a un espesor de película seca de 3 milésimas de pulgada sin acabado.

La tubería aislada que maneja vapor de alta y baja presión, lo mismo que la que maneja condensado, cuya temperatura de operación es mayor de 320 °F, se protegió contra la corrosión, aplicando dos capas de recubrimiento primario para la alta temperatura RE-30B de silicón a un espesor de película seca de 2 milésimas de pulgada por mano.

Se verificó que todas las líneas que descansaban en el rack de tubería, se hubieran colocado en el lugar y cama especificada.

#### PUNTO NUMERO 2. CONTROL RADIOGRAFICO

Se llevó el control radiográfico por equipos.

Los porcentajes de soldaduras por radiografiar fueron proporcionados por el diseñador, y se ajustaron a lo siguiente.

- 1.- Se radiografió el 100% de las juntas soldadas de los circuitos de desfogue ácido y desfogue amargo de la planta.
- 2.- Se radiografió el 100% de las juntas, soldadas del circuito de vapor de alta presión.
- 3.- Se radiografió el 100% de las juntas soldadas del circuito de agua de calderas de baja presión.
- 4.- Se radiografió el 20% de las juntas soldadas del circuito de vapor de baja presión.
- 5.- Se radiografió el 40% de las juntas soldadas del circuito de gas combustible.

Se llevó un control de todos los reportes de radiografiado y de las radiografías.

Las radiografías se reinterpretaron por los ingenieros de recepción, se aceptaron las radiografías de los circuitos hasta que estuvieron dentro de norma.



### PUNTO NUMERO 3. CONTROL DE RELEVADO DE ESFUERZOS

Se llevó el control de relevado de esfuerzos por circuitos, se re-  
levantaron todas las soldaduras de campo de cada uno de los circui-  
tos que lo requerían.

1.- Se relevaron de esfuerzos el 100% de las juntas de campo de -  
los circuitos de desfogue ácido y desfogue amargo.

Se llevó un control de todos los reportes de relevado de esfuerzos  
y de las gráficas.

Se revisaron las gráficas de relevado de esfuerzos, para verificar  
que se hubiera empleado la velocidad de calentamiento apropiado, -  
la temperatura de relevado correcta y el tiempo de permanencia su-  
ficiente, una vez que se cumplió con lo anterior se dio por reci-  
bido el relevado de esfuerzos del circuito en cuestión.

### PUNTO NUMERO 4. CALIBRACION ULTRASONICA

Se levantaron isométricos de campo de cada una de las líneas que-  
integraban un circuito, en las cuales se dibujó la orientación --  
real de la línea y de los disparos así como los accesorios que se  
instalaron realmente en el campo.

Se numeraron los puntos de calibración de acuerdo al sentido del-  
flujo.

Se anotó toda la información necesaria de cada una de las líneas-  
de cada circuito, en el recuadro inferior de cada isométrico.

Se vaciaron los puntos de calibración en formas numeradas a propó-  
sito para dicho objeto, en las cuales se anotaron los valores de-  
las calibraciones y la fecha de calibración.

Los isométricos de las líneas junto con las formas de calibración  
se archivan por circuitos, que pasan a formar el antecedente esta-  
dístico del circuito en cuestión.

El criterio de análisis de los puntos de calibración es el mismo-  
que se utilizó para los circuitos de proceso.

La tolerancia en el espesor de pared de la tubería es del 12.5% -  
del espesor original ya sea hacia arriba o hacia abajo.

Se verificó que todos los puntos de calibración de todos los cir-  
cuitos estuvieran dentro del rango aceptable.

### PUNTO NUMERO 5. LAVADO DE LINEAS

El procedimiento de lavado de las líneas de servicios auxiliares-  
es el mismo que se utilizó para el lavado de las líneas de proce-  
so.

Los circuitos de aire de instrumentos, aire de plantas y desfogues, se soplaron abundantemente con aire limpio, seco y libre de aceite.

Para el caso especial del aire de instrumentos, se sopló tanto el cabezal como los ramales de llegada a cada instrumento.

Todas las líneas subterráneas se limpiaron interiormente antes de cubrirlas y posteriormente cuando la instalación de las líneas se ha terminado, y que el concreto aplicado se encuentra seco, se alinean las válvulas del límite de baterías, del circuito de que se trate y se van lavando cada uno de los ramales.

Para el caso de los drenajes, se alinean mangueras contra incendio tanto a los cabezales como a los ramales, y se lavan abundantemente con agua contra incendio a presión, se verifica la continuidad de los circuitos, la operación de los sellos hidráulicos -- así como la capacidad de los drenajes.

La velocidad de flujo de flujo del agua utilizada para lavado fue de 12 pies por minuto y la del aire y vapor fue de 12 000 pies -- por minuto.

#### PUNTO NUMERO 6. PRUEBA HIDROSTÁTICA

La presión de prueba hidrostática mínima fue de 1.5 veces la presión de diseño.

Las líneas de los circuitos que manejaban aire se probaron neumáticamente de la siguiente manera:

La presión de prueba neumática utilizada fue de 110, la presión de diseño, para presiones de prueba superiores a 1.75 Kg/cm<sup>2</sup>, se realizó una prueba preliminar a 1.75 Kg/cm<sup>2</sup> y posteriormente se incrementó lentamente la presión hasta alcanzar la presión de prueba.

Los soportes tipo resorte para realizar la prueba hidrostática se desconectaron para evitar sobre esfuerzos.

Las bombas, turbinas y compresores no se sujetaron a las pruebas de presión en el campo.

De igual forma los secadores y filtros con presión de prueba mínima para el circuito de tubería deberán removerse del sistema, bloquearse o aislarse antes de la prueba.

Los sistemas de tubería conectados directamente a límites de batería cuya responsabilidad descansa en otros, se aislaron mediante juntas ciegas o válvulas.

Se aislaron los diferentes circuitos antes de realizar las respectivas pruebas hidrostáticas o neumáticas, con bridas ciegas o válvulas según el caso.

Se sujetaron a la presión de prueba todas las conexiones de instrumentos, indicadores y transmisores de nivel hasta la primer -- válvula de bloqueo.

Cuando el circuito estaba completamente terminado por construcción incluyendo soportería, soldaduras dentro de norma y correctamente relevadas de esfuerzos, y con la totalidad de las líneas del circuito con espesores dentro del rango de aceptación, se procedió a probar hidrostáticamente el circuito.

Se fue llenando poco a poco el circuito, venteando por los puntos-altos, para desalojar las bolsas de aire.

Cuando comenzó a salir agua en abundancia por los venteos y el circuito estaba completamente lleno, se procedió a presionar el sistema hasta alcanzar la presión de prueba especificada.

Durante la prueba se revisaron todas las juntas soldadas para detectar fugas por defectos en soldadura, también se revisaron las juntas bridadas tanto de las válvulas bridadas como las de las tuberías, para localizar fugas.

Los circuitos que manejan aire, se probaron neumáticamente, realizando una prueba preliminar a  $1.75 \text{ Kg/Cm}^2$ . Posteriormente se incrementó lentamente la presión hasta alcanzar la presión de prueba correspondiente.

Se revisaron todas las soldaduras, juntas bridadas, cuerpo de las válvulas y estoperos, aplicando una solución jabonosa para detectar las fugas.

Todas las tuberías subterráneas de acero al carbón se probaron hidrostáticamente antes de cubrirlas.

#### PUNTO NUMERO 7. INSTALACION DEL AISLAMIENTO TERMICO:

Se cuidó que la superficie por aislar estuviera limpia, libre de polvo y grasa.

El tipo de aislamiento empleado para las líneas que lo requerían, fue a base de colchonetas de fibra de vidrio con metal desplegado en uno de sus lados, especificación ASTM- C 592-70, Clase I, en espesores de 1" y 1 1/2".

Se verificó que el aislamiento aplicado a cada una de las líneas fuera del tipo, material y espesor de diseño, y que se hubiera sujetado correctamente con los soportes del material, medidas y espaciado correctos.

Se verificó que la aplicación del aislamiento fuera la especificada.

Se revisó que el material dieléctrico de fibra de vidrio almidonada se hubiera colocado encima del aislamiento y antes de instalar la lámina de aluminio de acabado.

Se cuidó que en los traslapes de las juntas de la lámina de aluminio de acabado, al igual que en los cuellos de las boquillas se hubiera instalado un sello asfáltico para impedir la entrada de humedad al aislamiento.

## J) EQUIPO ELECTRICO

La operación eficiente y la seguridad de una Planta Petroquímica, requiere que la totalidad del sistema eléctrico diseñado se haya instalado de acuerdo con las normas y especificaciones del proyecto; esa es la función de los Ingenieros electricistas del Departamento de recepción de Plantas de la Gerencia de Petroquímica.

La primera actividad del Ingeniero encargado de la recepción de la planta es verificar si el sistema de tierras y apartarrayos de la planta está completo y correctamente instalado.

El sistema de tierras y apartarrayos de la planta es un deber cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Protección de personas o cosas contra choques eléctricos.
- b) Protección de equipo, aparatos e instalaciones contra daños por fallas eléctricas, incluyendo fallas de aislamiento, cortocircuitos, sobrecargas, condiciones anormales de operación, etc.
- c) Proporcionar una trayectoria de descarga para los apartarrayos y pararrayos.
- d) Proporcionar un medio de conexión a tierra para sistemas con neutro aterrizado.
- e) Facilitar la aplicación de determinados circuitos de protección para discriminar fácilmente las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
- f) Proporcionar un medio suficiente seguro de desenergización para mantenimiento.
- g) Proporcionar mayor confiabilidad y continuidad de los servicios eléctricos.

También fue responsabilidad del ingeniero de recepción de plantas verificar que la clasificación de las áreas peligrosas hecha por el diseñador, se hubieran seleccionado correctamente desde el punto de vista de la seguridad.

El equipo eléctrico puede causar la ignición de una mezcla inflamable ya sea por calentamiento, arco o chispa. De ahí, la necesidad de instalar equipo eléctrico a prueba de explosión en áreas donde existan mezclas inflamables o explosivas.

Por su parte los Ingenieros electricistas de la rama operativa comprobaron e inspeccionaron todo el equipo eléctrico, de la siguiente manera:

Se verificó la continuidad y resistencia del sistema de tierras, asegurándose que todo el equipo eléctrico, recipientes, equipo mecánico, estructuras, etc., esté conectado al sistema de tierras de acuerdo a los planos y a las especificaciones.

Se verificó que todas las cubiertas de los equipos y accesorios a prueba de explosión estuvieran cerradas y aseguradas.

Se realizaron las pruebas de aislamiento en el cableado.

## M O T O R E S

- a) Se verificó la rotación de los motores.
- b) Se verificó que los baleros de los motores estuvieran en buenas condiciones y tuvieran una lubricación adecuada.
- c) Se realizaron las pruebas del aislamiento en el devanado, de fa sea fase y de fase a tierra.
- d) Se verificó la secuencia de fase y la polaridad.
- e) Se verificó que la tensión de alimentación fuera la adecuada.
- f) Se verificó que todos los dispositivos de protección estén debidi damente ajustados y calibrados.
- g) Se verificó que todas las cubiertas de los equipos a prueba de explosión estuvieran cerradas y aseguradas.

## T R A N S F O R M A D O R E S Y C E N T R O S D E C O N T R O L

- a) Se realizaron las pruebas del aislamiento en el devanado, de fa se a fase y de fase a tierra.
- b) Se efectuó la prueba de tensión de ruptura del aceite del trans formador.
- c) Se verificó que la tensión de alimentación fuera la adecuada.
- d) Se verificó la secuencia de fase y la polaridad.
- e) Se ~~d~~eterminó el factor de potencia del aceite.
- f) Se determinó el factor de potencia al transformador en los deva nados de alta y baja tensión.
- g) Se realizó la prueba de relación de transformación.
- h) Se revisaron las derivaciones del transformador para la tensión de trabajo.
- i) Se probaron y revisaron los elementos térmicos.
- j) Se verificó que las cubiertas a prueba de explosión estuvieran cerradas y aseguradas.
- k) Se verificó que todos los dispositivos de protección estuvieran ajustados y calibrados.
- l) Se verificó la instalación de los sistemas de energía de emergencia.

## T A B L E R O S

- a) Se revisaron y probaron los interruptores.
- b) Se verificó que todos los circuitos de control funcionaran correctamente.
- c) Se verificaron, revisaron y probaron los relevadores para su coordinación adecuada.
- d) Se revisaron todas las barras para verificar que se encuentren libres de materiales extraños.
- e) Se probó el aislamiento del bus.
- f) Se revisaron los elementos técnicos.
- g) Se verificó que la tensión de alimentación fuera la adecuada.
- h) Se verificó que todos los dispositivos de protección estuvieran debidamente ajustados y calibrados.
- i) Se verificó que la planta estuviera debidamente iluminada durante la operación nocturna, para que los operadores puedan evitar choques o caídas.

## K ) INSTRUMENTOS

Las industrias de proceso no podrían existir sin instrumentos que indicasen, registrasen, controlasen y, en algunos casos, se anticipasen a los muchos cambios que ocurren en un proceso.

Aún en los procesos que requieren un control manual, los instrumentos le avisan al operador cuando se debe dar vuelta a una válvula u oprimir un botón.

De lo anteriormente dicho se deduce la enorme importancia que tiene una recepción acertada de los distintos instrumentos de una planta.

Fue responsabilidad del Ingeniero de Instrumentos del Departamento de Recepción de plantas, la supervisión, control de avance, instalación y recepción del equipo de su especialidad.

LA RECEPCION DE LOS INSTRUMENTOS ACCESORIOS CUBRIO LOS SIGUIENTES-PUNTOS:

- 1.- Limpieza de todos los cabezales de suministro de aire, soplando aire limpio en abundancia.
- 2.- Limpieza de toda la tubería de transmisión y control, hasta que el aire estuviera libre de materias extrañas, agua o aceite.
- 3.- Revisión de los filtros y sellos en cuanto a materiales, tipo y limpieza antes de conectar a los instrumentos.

- 4.- Prueba de Hermeticidad de los circuitos de control neumático.
- 5.- Revisión de todos los transmisores en cuanto a material y tipo, así mismo se verificó que estuvieran debidamente interconectados con la válvula de control o con el controlador.
- 6.- Revisión del sistema de aire a todas las válvulas de control y controladores locales.
- 7.- Se revisaron todas las válvulas de control para verificar los materiales, los tipos y su correcto instalación. Se revisó la acción de todas las válvulas de control.
- 8.- Se revisaron todas las señales eléctricas en cuanto a continuidad, fuente de energía correcta y polaridad.
- 9.- Se revisaron todas las válvulas solenoides para verificar los materiales, los tipos y su correcta instalación. Se verificó la acción de todas las válvulas solenoides.
- 10.- Se revisaron todos los manómetros y termómetros para verificar los materiales, los tipos y su correcta instalación. Se calibraron todos los manómetros y termómetros.
- 11.- Se revisó que no existieran fugas en todas las interconexiones de Instrumentos.
- 12.- Se revisaron los termopares y termopares para verificar los materiales, los tipos y su correcta instalación. Se revisó la polaridad de los termopares y se calibraron.
- 13.- Se revisaron todas las placas de orificio para verificar el material diámetro del orificio, ubicación y correcta instalación.
- 14.- Se calibraron todos los lazos de control, asegurándose que funcionaran de acuerdo a los puntos de ajuste.
- 15.- Se colocaron los factores correspondientes en todos los instrumentos de medición.
- 16.- Se revisaron todas las válvulas de seguridad para verificar los materiales, el diámetro del orificio, el tamaño, el tipo, la presión de relevo y cierre así como su correcta localización e instalación.
- 17.- Se verificó la hermeticidad de la tubería de instrumentos a la de proceso.
- 18.- Se revisaron las señales eléctricas de alarma y paro en cuanto a cableado: continuidad, fuente de energía correcta y polaridad. Se revisó que todas las alarmas operaran de acuerdo a la señal correspondiente.
- 19.- En general se verificó que todos los instrumentos en los tableros y en el campo fueran los especificados, estuvieran bien instalados, calibrados, ajustados y que operaran correctamente.



#### IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En razón de la dificultad cada vez mayor para iniciar la operación (Arrancar) de una Planta Petroquímica y de lo costoso de los retardos para hacerlo, es necesario disponer de los siguientes factores, considerándolos como claves críticas para lograr una arrancada — correcta.

- 1.— Personal experimentado.
- 2.— Una Organización eficiente.
- 3.— Planeo cuidadoso, arduo.
- 4.— Entrenamiento completo.
- 5.— Comunicación total de observaciones y estudios.

Cuando la arrancada de una planta se ve plagada de problemas, habrá — además gastos adicionales muy pesados que agregar, tales como los ocasionados por materias primas desperdiciadas, servicios auxiliares, personal, asistencia de Ingenieros y especialistas extra, revisiones del equipo y también las pérdidas aparentemente intangibles como la cesión de mercados a los competidores, por no existir producto a mano para — vender.

El objetivo real de una tripulación de arrancada es regresar el dinero de la inversión al banco en el menor tiempo posible, y con el mínimo — capital para gastos.

Nunca antes la presión económica para lograr que las nuevas plantas Petroquímicas había sido tan intensa como en la actualidad y sin embargo, nunca este tipo de operación ha ofrecido tantas dificultades como en — estos últimos años.

Una planta Petroquímica típica, podría tener más de 200 piezas de equipo tal como torres, compresores, cambiadores de calor, bombas, filtros, etc. Cada una de estas partes a su vez puede contar con 100 partes de — enlace, por lo que aproximadamente se tendrán 20,000 piezas en cada — planta; sujetas a diseño, fabricación, transporte, montaje, inspección — y pruebas.

Con todo y lo desarrolladas que están las técnicas en la actualidad, es factible que fallen los equipos o sus partes por problemas en su fabricación, por averías en el transporte, por un mal montaje y por una construcción inadecuada.

Holroy dice que al iniciar la operación de una planta, el 61% de las dificultades que se presentan se deben a deficiencias en el equipo, el 10% a errores de diseño, el 16% a exceso de economía y defectos en la construcción y el 13% a errores de operación. - De ahí la importancia de una supervisión capacitada para prevenir las fallas en la construcción. Lo ideal es, lograr que los defectos de la construcción se encuentren y corrijan antes de que los constructores abandonen la planta. La detección a tiempo de los problemas evitará pérdidas de tiempo en los arranques.

Justificación económica de la inspección y control de calidad.

El costo de mantener un grupo de inspección y control de calidad, durante la construcción es del orden del 1-4% de la inversión total. Los costos indirectos de un siniestro derivado de una inspección deficiente es del orden del 10% de los costos directos, luego entonces se justifica la actividad de inspección y control de calidad.

Para una buena arrancada deberán estar presente los tres elementos siguientes:

- 1.- Cuerpo de personal perfectamente entrenado, experimentado y capaz organizado en forma eficiente.
- 2.- Programación y planeación concienzudamente detalladas.
- 3.- Comunicación completa en todas las disciplinas que intervienen en la arrancada.

Dentro de estos elementos se encuentran cinco claves para iniciar con éxito la operación: Experiencia, organización, planeación, entrenamiento y comunicación.

V BIBLIOGRAFIA

- 1.- Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso. H. F. RASE-  
y M. H. BARROW.  
EDITORIAL G.E.C.S.A.; Séptima edición, Febrero de 1981.
- 2.- Manual de operación de las plantas:  
"Endulzadora de gas y Recuperadora de azufre"  
DISÑO. D.I.
- 3.- Normas y especificaciones de Bufets Industrial.
- 4.- Normas y especificaciones del I.M.P.
- 5.- Normas y especificaciones de PEMEX.
- 6.- Manual de "Recepción de Plantas."  
Ing. Emilio Melilt. Guerra.  
C.P. La cangrejera PEMEX 1980.
- 7.- Manual de "Preparativos, pruebas y Recepción de Equipo mecáni-  
co móvil Plantas Petroquímicas".  
Ing. José Fernando Casillas T.  
Ing. Eduardo Gómez Marino.  
De la ANIME Sección I Itemo Norte, 1977.
- 8.- Energía mediante vapor, aire o gas.  
W. H. SEVERS  
H. E. DEGLER  
J. C. MILES.  
Editorial Reverté S. A. Quinta edición, 1970.
- 9.- Operación de Plantas Industriales.  
STEPHEN MICHAEL ELONKA.  
Editorial Mc Graw-Hill Primera edición 1982.
- 10.- CHEMICAL PLANT AND PETROLEUM REFINERY PIPING.  
ANSI B313-1970.  
Publicada por la sociedad americana de Ingenieros mecánicos.  
Unidad Central de Ingeniería.  
345 EAST. 47 Th Street.  
New York, N. Y. 10017
- 11.- Código ASME para calderas y recipientes a presión.  
Sección V  
Pruebas no destructivas.  
EDIC. 1974.

Durante el arranque de las plantas: Endulzadora de gas y de la Recuperadora de azufre, se tuvieron muy pocos problemas y se consiguió estabilizar las plantas en un tiempo relativamente corto ya que se usó el método anteriormente explicado y se contó con personal con experiencia, además existió una comunicación completa entre todas las disciplinas que intervinieron en la arrancada. Se recomienda seguir las recomendaciones anteriormente mencionadas para lograr un éxito en el arranque de cualquier otra planta.

La presente tesis representa una guía adecuada para recibir cualquier tipo de planta Química o Petroquímica, ya que las técnicas de inspección y recepción empleadas para las distintas partes que la integran, equipo estático, equipo dinámico, obra eléctrica, etc. es la indicada; aún cuando tiene sus limitaciones ya que se particularizó para una planta en especial.