

2
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

"CUAUTITLAN"

ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL ARRANQUE DE UNA NUEVA PLANTA INDUSTRIAL

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

SALVADOR CANELA ISAIS

DIRECTOR DE TESIS: I. Q. I. ALVARO LEO RAMIREZ



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 está 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.

INDICE DE TESIS

	PAGINAS
I.- OBJETIVO	1
II.- INTRODUCCION	2
1.- ANTECEDENTES GENERALES PARA EL ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES.	3 - 5
2.- SELECCION DEL PERSONAL	5 - 7
III.- INFORMACION IMPORTANTE	8
1.- ARCHIVOS DE INFORMACION	8
2.- REFACCIONES Y MATERIALES DE MANTENIMIENTO	9
IV.- CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD EN MANTENIMIENTO	10
V.- PRUEBAS DE PRESION Y LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y RECIPIENTES.	11 - 14
VI.- SOPORTES	15
1.- SOPORTES DE TUBERIA Y EQUIPO	15 - 16
2.- INSPECCION DE SOPORTES ELASTICOS	16 - 18
VII.- SERVICIOS AUXILIARES	19 - 22
VIII.- PRUEBA DE EQUIPO DE POTENCIA	23
IX.- PREPARACION DEL EQUIPO MECANICO	24 - 26
1.- PREPARACION DE BOMBAS	26 - 29
2.- PREPARACION DE COMPRESORES	29 - 30
3.- PREPARACION DE EYECTORES DE VAPOR	30 - 31
X.- INSTRUMENTACION	32
1.- PRUEBA DE INSTRUMENTACION	32 - 34
2.- ARCHIVO DE DATOS Y DIAGRAMAS	34 - 35
3.- INSPECCION DE LOCALIZACION Y CALIBRACION DE INSTRUMENTOS.	35 - 42
4.- INSPECCION DE COMPONENTES Y CONTINUIDAD	43 - 44
5.- PRUEBA DE CIRCUITOS CERRADOS.	45
6.- CLASIFICACION DE DOCUMENTOS.	46
7.- EL CUARTO DE CONTROL COMPUTARIZADO	47 - 51
XI.- PRUEBAS EN CALIENTE Y DINAMICA DEL EQUIPO	52
1.- PRUEBA-CALIENTE DEL EQUIPO	52 - 55
2.- PRUEBA DINAMICA CON EL FLUIDO DE SEGURIDAD	56 - 59

INDICE DE TESIS

- 2 -

	PAGINAS
XII.- PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PERMITIDO	60 - 61
1.- PREPARACION PARA INTRODUCIR LOS FLUIDOS DE PROCESO	62 - 65
2.- PREPARACION DEL EQUIPO PARA MANTENIMIENTO	66 - 68
3.- MUESTREO Y PRUEBA PARA ENTRAR AL EQUIPO	69
4.- ENTRADA A RECIPIENTES	70
5.- SOLDADURA Y CORTE	71
XIII.- PRUEBA DINAMICA CON UN SOLVENTE	72 - 75
XIV.- GARANTIAS DEL EQUIPO	76
XV.- HACIA LA OPERACION INICIAL	77 - 83
1.- FALLAS EN EQUIPOS	84 - 85
2.- CLASES DE PROBLEMAS	86
3.- PRUEBAS DE PRODUCCION	86 - 89
4.- RETROALIMENTACION DE INFORMACION	89 - 90
XVI.- EJEMPLO DE APLICACION: ARRANQUE DE LA PLANTA DE NITROGENO DISEÑADA POR LA COMPANIA SUPERIOR AIR PRODUCTS DE SAYREVILLE, NEW JERSEY, U.S.A., PARA INDUSTRIAS CONASUPO, S.A. DE C.V. EN TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO.	91
1.- DESCRIPCION DEL PROCESO	92 - 94
2.- DESCRIPCION DEL FLUJO	95 - 103
3.- PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE	104 - 117
4.- OPERACION NORMAL	118 - 122
5.- PROCEDIMIENTO DE PARO NORMAL	123 - 128
6.- PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA	129 - 131
XVII.- CONCLUSIONES	132
BIBLIOGRAFIA	133

1.- OBJETIVO

Esta tesis se elabora con el objeto de proporcionar una guía y referencia al personal que llegue a tener participación en el arranque de una nueva planta industrial.

Así como, se intenta establecer y describir los aspectos mas importantes que son necesarios para preparar y arrancar la planta en secciones, de tal suerte que todas las actividades desarrolladas sean planeadas para alcanzar los objetivos en el período preestablecido con eficiencia y seguridad.

Varios de los aspectos a considerar son también útiles, luego de que, la planta ha interrumpido su operación normal por razones de inventario o mantenimiento programado y se desea reiniciar la operación.

Es necesario mencionar que en esta tesis no es posible dar solución a todos los problemas, ya que, los problemas individuales llevarán a las particularidades del sistema dado para encontrar su solución.

1.- INTRODUCCION:

En el actual crecimiento de la industria nacional y tomando en cuenta el desarrollo tecnológico que en todos los niveles ha sufrido el país y en especial en el diseño de plantas industriales, es necesario - subrayar la importancia de los aspectos que se deben de considerar -- para el arranque de una planta industrial.

La razón de realizar este trabajo es la de conformar una idea del amplio campo, en el cual se desarrolla la Ingeniería Química, así como para que éste, en alguna forma, sirva como punto de referencia a todas aquellas personas que se vean involucradas en el arranque de plantas industriales y que a la vez se encuentran estrechamente relacionadas con los Servicios Auxiliares, Instrumentación, Mantenimiento, etc. Asimismo permita al estudiante de Ingeniería que todavía no se halla familiarizado con el tema a advertir el extenso y rico campo de la -- Ingeniería Química, y pueda dar así un enfoque más objetivo a sus aspiraciones.

Sería ambicioso presentar este trabajo como todo un tratado en el arranque de plantas, debido a que existen diferentes situaciones, que escapan del alcance del mismo, que están determinadas por la naturaleza za dinámica de cada proceso.

1.- ANTECEDENTES GENERALES PARA EL ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES.

Cuando el proyecto se ha definido y no cuando la construcción de la planta está por terminarse, es necesario asignar un grupo central para definir, diseñar, construir y arrancar la planta. Este grupo usualmente se llama tronco del proyecto y entre sus miembros comúnmente se incluyen: un director del proyecto, un ingeniero del proyecto, un ingeniero de proceso, un ingeniero de sistemas de control y un ingeniero de planta.

Las aportaciones del ingeniero de planta consisten en primer lugar en asegurar que el diseño es suficientemente práctico para operar y que la planeación es la adecuada para un arranque rápido y fácil. El primer objetivo se logra si se cuenta con personal de planta experimentado que proporcione datos de operación para el diseño y que revise continuamente el diseño. El segundo objetivo el cual empieza cuando la planta está definida y continúa -- hasta la operación rutinaria, incluye la organización de grupos para el arranque y el establecimiento de los recursos necesarios. El ingeniero de planta seleccionado para el trabajo debe tener por lo menos cinco años de experiencia en operación de plantas (preferentemente con un proceso similar) y debe ser un buen planeador, comunicador y trabajador de grupo.

Se requieren de tres a cuatro años para llevar una planta de la etapa conceptual a la operación rutinaria. En este intervalo es posible indentificar seis fases distintas.

A) DEFINICION DE LA FACILIDAD O CONVENIENCIA.- En esta fase toman decisiones con respecto a cosas como: comercialización, requerimientos de capital, recuperación de inversión, flujo de dinero en efectivo, tipo de proceso, localización de la planta y necesida -

des de tiempo. Es entonces cuando el ingeniero de planta debe to
mar un compromiso firme en cuanto a la calidad del producto, filo
sófia de operación, riesgos del proceso y criterios para cambios,
de tal forma que se establezca un plan de operación, se estime el
personal, precisar la seguridad potencial y problemas ambientales
organizar análisis del proyecto y establecer el presupuesto provi
sional de la operación.

B) DISEÑO DEL PROCESO.- El ingeniero de planta debe participar en
la definición del proceso a través de la revisión de diagramas de
flujo de proceso y de sistemas de control para segurar que el --
arranque, la operación, la seguridad y las necesidades ambienta -
les sean las apropiadas. El ingeniero de planta debe tener facul
tad de prohibición sobre las decisiones que afectan la operación,
pero debe ser capaz de ejercer esta facultad juiciosamente. Al -
término de esta fase, el ingeniero de planta debe haber desarro -
llado un plan de arranque preliminar, los requerimientos de un --
vendedor especial y la lista de refacciones del equipo principal.

C) INGENIERIA DE DETALLE.- El ingeniero de planta revisa las espe
cificaciones de diseño y la adquisición del equipo con respecto a
la operabilidad, seguridad y mantenimiento. En este momento se -
establece el plan de arranque y el criterio para la relación en -
tre el personal de planta y el de construcción.

D) CONSTRUCCION.- El ingeniero de planta asiste a la construcción
vía inspecciones para señalar los problemas reales de la opera --
ción, seguridad y mantenimiento de tal manera que la acción co -
rrectiva no paralice el programa de construcción. Las correcc -
iones deben hacerse considerando los problemas reales y no única
mente por improvisaciones o mejoras. Es entonces cuando la orga

nización de la planta y el equipo de arranque se reúne y se adice tra, se preparan los planes de arranque detallado y los manuales de operación y se finaliza con el plan de operación.

E) ARRANQUE Y OPERACION NORMAL.- El ingeniero de planta dirige al equipo de arranque para que se siga el plan de arranque con el objetivo de preparar y arrancar la planta en secciones. Se requiere de puebas para demostrar la capacidad de diseño o bien para de finir cuellos de botella, y para confirmar que los principales -- problemas de seguridad han sido resueltos y se han satisfecho los requerimientos ambientales.

F) CUELLOS DE BOTELLA.- El ingeniero de planta dirige esta fase -- final que normalmente se extiende hasta el primer año de opera -- ción. Una vez que se han definido los objetivos y se ha desarro -- llado el plan y la organización para terminar el trabajo, el inge -- niero de planta hace lo posible por operar la planta a la capaci -- dad de diseño de acuerdo a los criterios establecidos en la fase -- de arranque.

2.- SELECCION DEL PERSONAL.

Es necesario tener una plantilla de personal para el mantenimien -- to eficiente, aún si el mantenimiento es contratado completamente por fuera. La clave para la eficiencia es una buena supervisión, competente, agresiva y alerta (anticipándose a los problemas de -- síntomas típicos). Los supervisores se deben evaluar en términos de su habilidad para competir con problemas humanos y técnicos. -- Además, ellos deben familiarizarse con el proceso y sus limita -- ciones (tanto como el personal de operación se debe familiarizar -- con el equipo y sus limitaciones), y debe ser capaz de analizar --

problemas desde el punto de vista del proceso de tal forma que de sarrolle soluciones.

El personal de mantenimiento debe atender lo siguiente:

- A) Difundir los procedimientos de trabajo y las prácticas de seguridad.
- B) Especificar todas las actividades de mantenimiento.
- C) Seleccionar y adquirir los materiales de mantenimiento.
- D) Negociar con vendedores y contratistas.
- E) Conservar los registros y memorias de mantenimiento.
- F) Tener el cuidado de almacenar materiales y refacciones.
- G) Hacer diseños detallados de cambios y adiciones.
- H) Programar el trabajo normal diario y los paros.

El tamaño de la plantilla de mantenimiento se determina en base a estos trabajos y a la disponibilidad de estos servicios por parte de otros grupos de la compañía, de contratistas y de proveedores. Como parte de los procedimientos de diseño de la planta, se debe-determinar la cuadrilla de mantenimiento mínimo para el arranque, por experiencia con plantas similares de acuerdo al propietario y constructor y en función de la disponibilidad del mantenimiento - contratado.

Las cuadrillas de tres tuberos por turno deben tener la capacidad para reparar y reemplazar tubería y aislamiento. Dos mecánicos - instrumentistas por turno, se deben complementar con un eléctricita familiarizado con el equipo eléctrico y disponible cuando se - le requiera. Así mismo se debe disponer de un maquinista o constructor de molinos (montador de ejes, poleas, etc.), ó ambos, fa miliarizado con el equipo en movimiento. Rara vez una planta es tan complicada que los maquinistas y constructores de molinos de- ben permanecer continuamente en turno.

La cuadrilla mínima diaria debe consistir de dos tuberos de área, un constructor de molinos de área, un electricista de área y dos - mecánicos instrumentistas de tiempo completo.

Periódicamente los trabajadores de auxilio deben complementar a - las cuadrillas regulares; se deben hacer planes para obtener tal - ayuda rápidamente. Una vez que las operaciones estables se han - logrado por un período duradero, es posible reducir todas las cuadrillas de mantenimiento al turno diurno.

Las recomendaciones anteriores se aplican a plantas de tamaño me - dio que no cuentan con muchas operaciones de proceso semicontinuo o de sólidos.

III.- INFORMACION IMPORTANTE

1.- ARCHIVOS DE INFORMACION.

La importancia de la clasificación de la información que realiza la organización de mantenimiento no debe menospreciarse. Estos catálogos se deben organizar y guardar muy bien por fechas y deben contener lo siguiente:

A) La producción total del proyecto de la fase de ingeniería, incluyendo hoja de flujo de proceso, diagramas y especificaciones de equipo, ordenes de compra, etc. Estos catálogos se deben desglosar por accesorios de equipo individual (comprendiendo tubería e instrumentos) ó por sistemas.

B) Diagramas de construcción.

C) Diagramas del vendedor, catálogos, etc.

D) Una lista de refacciones conteniendo precios y demoras de compra. La lista debe presentar una consolidación de todas las listas de refacciones recomendadas por vendedores, de manera que, por ejemplo, el mismo balero estandar no sea pedido varias veces.

E) Un archivo principal para cada pieza del equipo. Esto debe ser algo parecido a un tarjetero, con una tarjeta para cada partida del equipo. Cuando mantenimiento termina el trabajo de una pieza del equipo, se debe hacer la anotación apropiada. También se deben anotar en tarjetas las corridas de las piezas principales del equipo de rotación, al termino de cada mes.

F) Una bitácora para enlistar los requerimientos de mantenimiento en base bimestral, semestral y anual. Las tarjetas deben ser elaboradas el primer día de estos periodos de tal manera que los requerimientos de mantenimiento para toda la planta serán fácilmente visibles para tal periodo. En estas tarjetas no se hacen anotaciones; todas las anotaciones de trabajo terminado de manteni

miento y las descripciones de problemas del equipo se hacen en el archivo principal. Es necesario revisar que el personal de mantenimiento, realice tales trabajos para evitar demoras excesivas y altos gastos en reparaciones posteriores.

2.- REFACCIONES Y MATERIALES DE MANTENIMIENTO

Aún cuando el inventario preciso de refacciones y materiales de mantenimiento se debe establecer, en base a la localización de la planta y la disponibilidad de servicios, el inventario mínimo necesario en poco plazo (dos horas) que asegure la continuidad de la operación, contiene lo siguiente:

- A) Grupos completos de refacciones recomendadas por fabricantes - para todo el equipo en movimiento, reunidos para evitar repetición.
- B) Juegos de empaques para todos los recipientes e intercambiadores de calor.
- C) Accesorios de tubería, válvulas y empaques (aproximadamente el 5% del total de cada uno resulta suficiente para el mantenimiento).
- D) Tubing para aire de instrumentos, más los accesorios adecuados.
- E) Manómetros para los rangos apropiados.
- F) Termómetros y partes especiales de instrumentos.
- G) Discos de ruptura.
- H) Materiales para aislamiento de tubería, incluyendo enchaquetamiento.
- I) Grasas y aceites de lubricación, tal como se especifica en las instrucciones de operación y mantenimiento del fabricante.
- J) Juegos completos de refacciones recomendadas por el fabricante para todo el equipo electrónico y analítico, con las listas agrupadas.

IV.- CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD EN MANTENIMIENTO.

Resulta necesario escribir detalladamente los procedimientos para el trabajo de mantenimiento de cada pieza del equipo principal ó sistemas del proceso. Estos procedimientos deben tomar en cuenta todos los riesgos posibles y contener:

- A) Instrucciones para aislar (bridas ciegas, drenajes, venteos y purgas) corrientes de proceso y servicio, y asegurar el equipo -- eléctrico. Generalmente un esquema resulta útil para aclarar estos puntos, especialmente cuando es muy grande el sistema.
- B) Instrucciones que comprenden pruebas atmosféricas, tipo de -- pruebas y límites tolerables de contaminantes, ambos antes y durante el trabajo.
- C) Definición del tipo de permiso requerido para llevar a cabo el trabajo.
- D) Dirección en cuanto al tipo de equipo de mantenimiento que debe usarse.
- E) Descripción del equipo de protección personal requerido.
- F) Instrucciones en relación a cualquier equipo de emergencia que puede ser necesario durante la ejecución del trabajo.
- G) Designación de la supervisión requerida y responsabilidad individual.
- H) Instrucciones sobre riesgos potenciales.

V.- PRUEBAS DE PRESION Y LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y RECIPIENTES.

I.- PRUEBAS DE PRESION.

En un arranque se procede, de lo simple a lo difícil y no es posible permitir aplazar algo por el hecho de ser simple y también con mucha frecuencia tedioso.

Es ahora cuando se deben trazar algunas tareas simples que, sin embargo, se deben abordar cuidadosamente.

La prueba de presión es una de estas labores, necesaria para afirmar la seguridad de la planta. Esto ofrece el beneficio adicional de que el grupo de operación se familiarice con el equipo. Los diagramas isométricos de cada sistema se colocan juntos, sobre un tablero para su prueba.

La prueba hidrostática de tubería y equipo se efectúa de acuerdo a los requerimientos establecidos para confirmar el esfuerzo mecánico y se lleva a cabo en grupos de equipo, naturalmente de acuerdo a la presión de diseño y función. El trabajo detallado se relaciona bastante con los programas de terminación de la construcción. Frecuentemente, las cuadrillas de construcción proporcionan el trabajo para la prueba, pero es esencial la vigilancia por parte del personal de operación, para asegurar que el trabajo es hecho cabalmente y sin perjudicar la planta, toda la tubería de agua, vapor, condensados y vapor de proceso (excepto ductos de -- gas de baja presión) se debe probar hidrostáticamente. El equipo mayor que ha sido probado en los talleres del fabricante, se debe secar al sol, con las bridas abiertas.

El agua que se utiliza para las pruebas debe contener un inhibidor de óxido, y (si el equipo o las líneas son de acero inoxidable) de bajo contenido de cloro.

Después de la prueba, el agua se debe drenar completamente de to-

das las líneas que normalmente no llevan agua, vapor ó condensados. Se deben checar todos los puntos bajos para ver si no hay presencia de agua. Las líneas se deben drenar totalmente venteadando a través de ellas aire caliente, gas inerte seco ó aire de instrumentos, posteriormente se presuriza ligeramente con gas seco para reducir - - herrumbre que pueda tener lugar antes de iniciar el arranque.

Las inspecciones finales de sistemas de vacío, se efectúan de una mejor manera llevando a cabo un vacío, luego de observar la relación del aumento de presión en el sistema bloqueado. De esta forma se pueden localizar fugas excesivas si se aplican ligeras presiones positivas y se prueba cada brida con solución jabonosa.

Las cuadrillas de construcción no prueban los ductos, tuberías ó el equipo que opera a/ó muy cerca de la presión atmosférica. La causa es que tales equipos pueden contener gases nocivos durante la operación, por lo que la cuadrilla de operación debe realizar un exámen-total de fugas.

Para localizar fugas cuando el equipo está bajo vacío ó a una presión positiva muy baja, resulta muy efectivo hacer los "recorridos" ultrasónicos. El dispositivo para este recorrido se debe equipar - con un amortiguador de goma para hacerlo más direccional y separar - "ruidos" no afines.

El programa de pruebas de presión requiere de cierto cuidado. Invariablemente, el trabajo toma más tiempo que el esperado, debido a - que las cuadrillas son inexpertas y no están familiarizadas con la planta e interfieren con otros trabajos de construcción. También - las pruebas de presión se deben evitar cuando se espera un tiempo - frío, es esencial que los sistemas probados no tengan cavidades que puedan entrapar agua (instalar drenes cuando se descubran cavidades), y que todas las bridas se abran una vez que las líneas han -- sido probadas.

Algunos equipos pueden requerir soportes adicionales, principalmente los recipientes, debido a la posibilidad de que éstos no fueron diseñados para el peso de agua cuando se llenan. Además, asegúrese que las membranas internas de separación de compartimentos --- están diseñadas para la presión que se aplicará. Normalmente, -- estos son diseñados para resistir solamente la presión diferencial entre compartimentos. Si éstas membranas llegan a romperse, se -- presentarán reparaciones mayores, gastos adicionales y demoras pro longadas.

2.- LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y RECIPIENTES.

Otro trabajo simple que produce un mayor conocimiento del equipo - y enseña a manejar fluidos en la planta, es la limpieza de tanques de almacenamiento y recipientes. Cada recipiente se debe inspec - cionar antes de llenarse con agua y remover todo sedimento suelto, y virutas de soldadura.

La inspección y la limpieza manual se debe repetir después de las operaciones de llenado de agua.

Se puede considerar el lavado o limpieza con detergente o químicos, cuando, como en el caso de tanques de almacenamiento, la limpieza inmediata es vital y la marcha de líquidos almacenados por segunda ocasión no es práctica para eliminar completamente toda la contami nación. Luego que los tanques se han limpiado y secado, se puede aplicar un "barrido" con nitrógeno o cualquier otro fluido inerte. La limpieza química puede ser costosa y no debe emprenderse hasta que se hayan hecho los arreglos necesarios para el "barrido"

Tener cuidado de no generar un vacío en recipientes de almacena -- miento de baja presión al vaciarlos después de la limpieza, ya que normalmente éstos, no están diseñados para resistir vacío. Muchos tanques han sido colapsados debido a que no se abrieron los ven -- teos cuando se estaban vaciando. La limpieza mediante chorro de -

arena (sandblast) ha perdido algo de su pasada popularidad. Sin embargo, puede utilizarse en ciertos requerimientos especiales como en el caso de la desactivación de puntos de unión en tanques de almacenamiento que pudieran iniciar polimerizaciones. Si el equipo se limpia mediante chorro de arena, se debe retirar completamente la arena del equipo y de sus contornos.

VI.- SOPORTES.

1.- SOPORTES DE TUBERIA Y EQUIPO.

Frecuentemente en un arranque, se tiene la obligación de tratar -- con labores que son obvias (y aburridas) que llegan a ser inadvertidas. Tal es el caso de la revisión y autorización de soportes móviles, aún cuando su omisión ha causado grandes daños al equipo-sensible.

Los soportes móviles toleran y conducen al aumento térmico del e-quipo que experimenta cambios de temperatura. Si estos soportes no funcionan de acuerdo al proyecto, se pueden dañar las pilastras, recipientes, reactores, intercambiadores de calor, boquillas ó latubería. Por lo tanto, es importante que se conozca bien la fun-ción de todos los soportes y que se inspeccionen cuidadosamente, dando una atención especial a los recipientes horizontales grandes así como a los cambiadores de calor.

El desarrollo térmico en recipientes horizontales es guiado y controlado por medio de anclas en una terminal y la otra terminal co-rrediza se hace entrar mediante el ajuste a una ranura, Ocasionalmente, un recipiente horizontal grande puede requerir mas de dos so-portes; en tal caso, éste se puede anclar a la mitad para permi-tir la expansión a ambos lados.

Inspección previa al arranque.- Verificar que no exista materia ex-traña depositada en las ranuras alargadas que pudieran evitar el des-deslizamiento, que los tornillos en las ranuras estén libres y co-locados apropiadamente para la condición ambiental, y que los pla-tos base de deslizamiento no estén unidos por óxido ó cualquier o-tra materia.

Inspección durante el calentamiento.- Cuando un equipo se lleva -- hasta la temperatura de operación, se debe asegurar que el desarro-llo térmico está ocurriendo como se esperaba y que los soportes -

de deslizamiento están respondiendo. Los soportes que tienen teflón ó superficies similares de baja fricción se inspeccionan para ver si la superficie no está rígida ó doblada, lo que normalmente se debe a la unión inadecuada entre el plástico y las superficies metálicas. Esta condición se debe corregir, ya que las superficies bridadas cuando se enfrían, se resistirán al retorno de su posición original y por lo tanto se dañan los recipientes ó columnas.

Las instrucciones anteriores también se pueden aplicar a los intercambiadores de calor (además, se deben checar las juntas de expansión para verificar que se han quitado los frenos de embarque) y a la tubería.

Las corridas de grandes tramos de tubería en línea recta se inspeccionan por inclinación ó por zapatas de soporte que pueden tener soportes de base de deslizamiento cuando se incrementa la temperatura de la tubería. La inclinación de una tubería sujeta a tensión, le ocasiona fallas. La regla indica que la inclinación es excesiva si está puede verse. La probable causa de la inclinación es que la línea fue anclada involuntariamente en ambas terminales.

Inspección después del enfriamiento.- revisar si los soportes de deslizamiento han regresado a su posición original para poder establecer que el equipo tiene la capacidad de expandirse y contraerse de acuerdo a lo proyectado.

2.- INSPECCION DE SOPORTES ELASTICOS.

Antes de la prueba hidrostática.- Observar que los seguros del resorte están instalados. Si los seguros no están instalados en los soportes elásticos de una línea de vapor, el peso del agua dentro de la línea deformará el resorte durante la prueba hidrostática. -

Esto llega a cambiar las características del resorte por lo que ya no puede funcionar como se esperaba.

Por supuesto, que no se afectan los resortes de tuberías diseñadas para transportar agua, pero es elemental que todos los soportes elásticos tengan seguro, antes de llegar a hacer excepciones.

Después de la prueba hidrostática.- Revisar que todos los seguros de resorte se han quitado, después que la tubería ha sido drenada y antes de que se caliente. Si no los tienen, los resortes no se flexionarán con el incremento térmico de la tubería y las boquillas se sobretensionan y posiblemente se dañen.

Luego de quitar un seguro de resorte, verifique que el puntero del resorte está puesto en la marca señalada del soporte. El desarrollo térmico de la tubería comprimirá o dilatará el resorte. Si el puntero no se encuentra entre los límites de caliente y frío, el resorte puede llegar a comprimirse o dilatarse totalmente antes de que la carga total se cargue en éste y se suspenda en seguida la función.

Durante el calentamiento y al término de éste, verifique que el puntero del resorte no ha excedido el límite de calor fijado. Si así fuera, una variación en las condiciones de operación impediría una carga que el resorte no puede absorber, sobretensión y posiblemente se dañen las boquillas. Reajuste el resorte si su ajuste de calor se encontraba excedido.

Después del enfriamiento, cheque la situación de los resortes para establecer qué tubería puede expandirse o contraerse y cuáles soportes elásticos pueden absorber las cargas.

Para resumir la inspección y autorización de soportes, es necesario estar conciente de la localización de todos los soportes elásticos y de deslizamiento y asegurar que éstos puedan operar correc

tamente. No se deben emplear inadecuadamente sometiendo a condiciones para las que no fueron diseñadas. No obstante se pueden permitir ciertos movimientos para la expansión térmica y es preciso que el equipo y la tubería estén anclados. Por otra parte, los sellos de bombas se romperán debido a la vibración excesiva, las tuberías se romperán debido a la fatiga y los discos de ruptura -- sensibles se romperán a presiones menores que las establecidas.

VII.- SERVICIOS AUXILIARES

Esta fase representa la primera actividad real de un sistema de -- planta. Ahora, los pasos para facultar cada servicio se deben trazar sistemáticamente (aún si esto es una tarea tediosa), ya que es importante establecer el "tono" del arranque y probar, la disciplina del equipo de arranque en los siguientes procedimientos de rutina, como también para darle la dirección adecuada.

Las siguientes pautas se pueden emplear para la preparación de todos los servicios:

- A).- Checar las presiones de suministro de todos los servicios (vapor, agua de enfriamiento, aire de instrumentos, nitrógeno, etc.)- hasta las válvulas de bloqueo en las entradas de la planta.
- B).- Abrir drenes, válvulas de venteo ó bridas de tubería y purgue hasta que los fluidos salgan limpios y libres de óxido, en los puntos más distantes.
- C).- Verificar que el aire de instrumentos este limpio y seco, y a la presión correcta.
- D).- Circular el agua a los desagües hasta que las líneas de agua- estén limpias.
- E).- Ventear el sistema de distribución de vapor hasta que se limpie.
- F).- Revisar la operación de las trampas de vapor.
- G).- Drenar los condensados hasta que se observen limpios.

Admitir lentamente el vapor en el sistema de distribución de vapor con todos los venteos abiertos a la atmósfera, puesto que las tuberias frías condensarán el vapor. Cuando el condensado es empujado a través de las líneas por la llegada del vapor, se puede originar el golpe de ariete. El golpe de ariete puede torcer y, si es sufi

cientemente severo, romper las líneas. Si esto ocurre, se debe -- disminuir el flujo de vapor y continuar drenando los condensados - en todos los puntos bajos. Luego de que el sistema se haya calentado, se incrementa lentamente la presión del vapor y se ventea el sistema de distribución con todas las trampas de vapor en byypass, hasta que éste se limpie. Entonces se ponen en servicio todas las trampas de vapor y se chequea su operación.

Respecto a lo anterior, se supone que todos los servicios se han - limpiado, purgado y que tanto el agua templada como la de enfria - miento ha sido inhibida, para reducir la corrosividad. Esto tam - bién supone el mínimo de instrumentación para el control de los -- servicios. En el cuadro sinóptico número uno se presenta una lis - ta simplificada para todos los servicios que puede extenderse para satisfacer cualquier planta.

CUADRO NO. 1 LISTA DE SISTEMAS AUXILIARES Y SERVICIOS QUE PUEDEN APLICARSE A CUALQUIER PLANTA.

<u>PASO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>NECESIDADES</u>	<u>MEDIDAS DE SEGURIDAD</u>	<u>REQUISITOS PREVIOS</u>	<u>OBSERVACIONES</u>	
1	Activar los sistemas eléctricos.	Manejado por el mantenimiento eléctrico.		Limpieza con el grupo eléctrico antes de usar - cualquier equipo.	Alejamiento de cerraduras, terminación del trabajo de mantenimiento preoperacional.	
2	Activar los sistemas de agua contra incendio, de proceso y potable.	Arrancar los sistemas de agua, ventilando y probando los hidrantes.	Las válvulas de control se operan manualmente hasta que el aire esté disponible.		Verificar que la tubería esté preparada.	Ventear y probar los sistemas de aspersores (lluvia), y revisar fugas.
3	Cargar el sistema de agua de enfriamiento y recircular.		Igual que en el Paso 2.		Igual que en el paso 2.	Ventear intercambiadores en puntos altos; checar fugas; cargar químicos.
4	Activar sistemas de aire de instrumentos y de planta.	Después inspeccionar, sistemas presurizados; con el Departamento de instrumentación activar el aire a los instrumentos.		Revisar válvulas de control para ver que la acción de las válvulas no afecta el equipo de proceso al activar el aire.	Igual que en el paso 2.	Checar fugas; drenar el agua de filtros de aire y de la tubería; checar secadores y filtros; checar el punto de rocío.

<u>PASO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>NECESIDADES</u>	<u>MEDIDAS DE SEGURIDAD</u>	<u>REQUISITOS PREVIOS</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
5 Activar sistemas de vapor y reator no de condensados.	Introducir vapor al cabezal de alta presión; cuando este en servicio, presionar los sistemas de baja presión.	La alimentación de agua tratada debe estar disponible y los instrumentos - activados.	Ventear inertes del sistema de vapor; - presionar lentamente para evitar golpes de ariete; no - sobrepresionar los - sistemas de presión reducida.	Revisar todos los cabezales, trampas, etc., antes de calentar las - líneas de vapor.	Revisar fugas
6 Activar el sistema de nitrógeno.	Purgar y presionar los cabezales de N_2 .	Los procedimientos de entrada a recipientes se deben establecer antes de introducir N_2 .	Purgar hasta menos de 1% O_2 presionando y venteando sucesivamente; no se permiten ingresos a a menos que se bloqueen las entradas de nitrógeno.	Verificar que la tubería esté completa.	Checkear el punto de rocío.
7 Distribución de desagüe.	Deben ser funcionales las líneas de agua a los límites de batería	Las líneas del exterior del límite de batería y las facilidades deben estar preparadas.			

VIII.- PRUEBA DE EQUIPO DE POTENCIA

Normalmente, la prueba en vacío comprende la operación inicial del equipo sin, o con un mínimo de carga, tal como la operación de un compresor con la descarga abierta y la succión estrangulada, un agitador en un recipiente vacío o un horno solamente con aire, nitrógeno o vapor en lugar del fluido o gas que ha de calentarse.

La prueba inicial en vacío de compresores, turbinas, agitadores -- grandes, hornos y otros equipos energizados (y costosos) se debe realizar por parte de los representantes del fabricante, pero en presencia de miembros del equipo de operación con el objeto de que ellos lleguen a familiarizarse con la operación del equipo y juzguen la correcta relación de las pruebas.

Posiblemente la etapa más crítica del arranque, desde el punto de vista económico, son las pruebas efectuadas por los fabricantes. Es común observar que los diferentes fabricantes tendrán procedimientos distintos para la prueba de equipos casi idénticos. Así mismo, los diferentes técnicos tendrán procedimientos distintos para realizar las pruebas de tales equipos en vacío aún cuando estos técnicos sean de la misma compañía.

Debido a que todas las pruebas en vacío pueden llevarse varias semanas, se gasta por la atención que se brinda a los representantes del servicio, también en servicios de mantenimiento y en el equipo que se les debe proporcionar; por lo cual, los gastos pueden elevarse. De ahí la necesidad de saber exactamente con anterioridad cuáles serán los procedimientos y qué servicios se requerirán para adecuar estos requerimientos en nuestro programa.

IX.- PREPARACION DEL EQUIPO MECANICO

Las siguientes recomendaciones son útiles para el arranque inicial de bombas, compresores y eyectores. Se requiere del personal de operación para efectuar algunas de las etapas. Son típicos los ejemplos dados y se pueden usar para desarrollar la secuencia de arranque inicial para otros equipos energizados:

- A) Limpiar el sistema de lubricación y revisar la circulación del lubricante.
- B) Activar el sistema de agua de enfriamiento.
- C) Preparar los instrumentos.
- D) Checar que la rotación no esté invertida.
- E) Inspeccionar los pernos de anclaje y los esfuerzos sobre las conecciones de la tubería.
- F) Instalar filtros en la succión provisionalmente.
- G) Fijar el sistema para operar sin carga.
- H) Operar el motor desacoplado.
- I) Acoplar el motor y revisar la alineación.
- J) Revisar los sistemas de venteo y sello.
- K) Operar en vacío el equipo, para revisar vibraciones y sobrecalentamiento de baleros.
- L) Operar con carga.
- M) Efectuar la función de marcha y sacar de operación el equipo.

Los sistemas eléctricos primero se prueban, antes de hacer la prueba de los equipos manejados por motores eléctricos. Una revisión amplia puede incluir lo siguiente:

- 1.- Abrir todos los interruptores del circuito.
- 2.- Ver que todas las barras colectoras están libres de materia extraña.

- 3.- Inspeccionar los sistemas de cimentación para verificar que ha ya continuidad y resistencia. Asegurarse de que todos los equipos eléctricos, recipientes, estructuras, etc., estén conectados al -- sistema de cimentación de acuerdo a los diagramas y especificaciones.
- 4.- Verificar que todos los accesorios sellados se hayan relleno con el sellante apropiado, y que el equipo a prueba de explosión, - a prueba de vapor, a prueba de polvo e incluso a prueba de lluvia- esté cerrado y asegurado adecuadamente.
- 5.- Revisar el control del motor y el circuito de energía para ver que el montaje fue el correcto, también todas las placas del fabriicante y directorios de tableros para asegurar que cada interruptor del circuito y contacto hace el control del circuito apropiado. - Los interruptores y contactos, normalmente, se pintan de rojo en - la posición "ON" ó rotular todos los contactos aún cuando parezca- obvia su aplicación.
- 6.- Cerrar el transformador primario principal.
- 7.- Checar el voltaje apropiado en el tren de aterrizaje con un -- voltímetro.
- 8.- Cerrar el interruptor del conductor principal del primer tren- de aterrizaje, luego el segundo, el tercero, etc.
- 9.- Cerrar el interruptor del circuito principal del primer centro de control de motores, luego el interruptor del circuito del arran- cador del motor. Repetir ésta secuencia para cada centro de con- trol de motores.
- 10.- Checar si hay sobrecarga en interruptores y resistencias para verificar que se han instalado las unidades de la capacidad correc- ta.
- 11.- Ver que todos los circuitos de energía y el alumbrado estén - funcionando correctamente.
- 12.- Revisar que la lubricación de los baleros del motor sea la a-

decuada.

13.- Quitar los fusibles de energía del motor y checar el contactor principal, interrelacionar y seriar los mecanismos.

14.- Desacoplar cada motor, reemplazar fusibles, y revisar la dirección de la rotación presionando momentáneamente el botón de arranque y en seguida el botón de paro. Repetir este procedimiento para cada motor. Si es necesario se deben cambiar los conductores eléctricos principales. Siguiendo el mismo procedimiento, checar cada estación de control si hay motores que tienen más de una estación.- Cuando los motores se pueden operar manual y automáticamente, primero se checa la operación manualmente y luego automáticamente. La prueba de cada control se hace de acuerdo a los requerimientos del proceso con el objeto de que sea segura.

15.- Reemplazar todas las conexiones; checar la transmisión de bandas; y verificar que se han instalado todas las guardas.

1.- PREPARACION DE BOMBAS.

Cuando hay en la planta bombas muy costosas, o se tiene un gran número de bombas del mismo fabricante, será conveniente solicitar la asistencia de un representante de servicio.

Como primer paso, es necesario asegurar que el personal de mantenimiento de la planta se familiarice totalmente con las instrucciones de operación del fabricante, poniendo particular atención en lo referente a coples, alineación, lubricación y sellos mecánicos. Si este no es el caso, entonces una bomba no se puede operar hasta que no sea revisada por un experto en construcción o montaje de plantas. Eventualmente, se deben observar los operadores para verificar que su forma de arrancar las bombas es la correcta. La cavitación, la operación en vacío o la operación prolongada sin flujo puede desgastar gradualmente el impulsor, causando una pérdida en el cabezal y

en la capacidad, daños en el sello o una condición peligrosa. Las siguientes recomendaciones son útiles cuando se operan las bombas en vacío.

Inspección por parte de los mecánicos.- El personal de mantenimiento debe determinar si las bridas de la bomba están soportando la carga de la tubería o esfuerzos de temperatura. Un indicador de alineación se conecta en el acoplamiento de la bomba y se aflojan los tornillos de las boquillas de succión y descarga. Una flexión del indicador de alineación muestra una tensión de la tubería sobre las boquillas de la bomba.

Los mecánicos además deben checar las tolerancias de la bomba, la instalación correcta de los sellos mecánicos y su conformidad para la temperatura del líquido. Adicionalmente, ellos inspeccionan -- los compartimientos de baleros en bombas y motores para ver que es tán libres de grasa del embarque u otros compuestos, y checar los grados de grasa y aceite para verificar que satisfacen las especificaciones del fabricante. Las poleas motrices se giran manualmente para checar su libertad de movimiento, posteriormente se les aplica energía momentáneamente para ver que su rotación se hace en la dirección correcta.

Inspección por operadores.- Los operadores tienen la responsabilidad de revisar los cojinetes de la bomba, prensaestopas, enfriadores de flujo de sello, conexiones de agua de enfriamiento para las camisas de los baleros, conexiones de tubería de proceso (incluyendo esfuerzos generados sobre las bombas), instalación de purgas y venteos, filtros en la succión, disponibilidad de energía, instrumentación adecuada, lubricación obturadores, válvulas de bloqueo - válvulas check.

El agua de enfriamiento se puede hacer pasar a través de las bombas, si éstas están preparadas para ser alimentadas.

Puesta en marcha de bombas.- Las cargas de motores de las bombas -- que se arrancan con agua, se checan con un amperímetro. La corriente permisible se determina de la placa de datos del motor y se checa contra la protección de sobrecarga provista. Si la gravedad específica del agua fría es mucho mayor que la del líquido de proceso, entonces la carga del motor será mayor. El flujo se debe restringir en cada bomba para limitar la corriente del motor al valor de placa del fabricante. La bomba no debe arrancarse con agua si la presión de carga o descarga será excesiva.

En el caso de una bomba centrífuga se abre completamente la válvula de succión y se cierra la válvula de descarga, o si la bomba es una unidad de alta capacidad o alta velocidad se abre ligeramente la -- descarga. Si se tiene una bomba de desplazamiento positivo es necesario abrir la descarga suficientemente para evitar la creación de una presión excesiva.

Posteriormente, se purga la bomba hasta que esta se llena de líquido totalmente y enseguida se arranca con la válvula de descarga estrangulada. Si no aparece presión en el manómetro de la descarga, se para la bomba y se encuentra la causa. Si la presión es satisfactoria en la descarga, se abre lentamente la válvula de descarga. La bomba y los baleros del mecanismo de transmisión se revisan para ver si existen señales de vibración excesiva o sobrecalentamiento, fugas en los sellos mecánicos, así mismo se checa el requerimiento de energía del mecanismo de transmisión con un amperímetro. Después de poner en marcha la bomba durante una hora, se cierra la válvula de descarga, se para la bomba y se cierra la válvula de succión. Se inspeccionan el sello de la bomba, la alineación, etc.

Los filtros deben permanecer temporalmente en las líneas de succión de las bombas hasta el arranque inicial o por un mes al menos, ya que las operaciones durante la etapa de prueba y preparación pueden desalojar materia extraña que no fluya. Sin embargo, si un filtro-temporal interfiere con la operación normal, éste debe quitarse después de dos inspecciones consecutivas en que se haya encontrado limpio.

Se checa el funcionamiento de la bomba contra las especificaciones. Los indicadores de presión se deben mantener calibrados, cuando éstos son comúnmente la única indicación de que las bombas están operando adecuadamente.

2.- PREPARACION DE COMPRESORES.

Cuando no es posible contar con la asistencia de los fabricantes -- para operar en vacío compresores pequeños, las siguientes recomendaciones generales pueden ser útiles.

La succión y la tubería de descarga de cada etapa deben estar completamente limpias antes de que el flujo pase a través de ellas. La experiencia ha mostrado que tanto el polvo como escorias de soldadura pueden regresar de la línea de descarga al interior del compresor cuando éste gira en sentido contrario, por vibración o al interrumpir su operación. Se puede discutir con el fabricante la necesidad de instalar filtros provisionalmente. Tanto la succión como la tubería de descarga se deben sopletear totalmente con vapor o aire a una velocidad mayor que la de proceso, antes de que se conecten al compresor permanentemente y que éste sea puesto en línea. Si esto no es posible, las líneas se deben limpiar mecánica o químicamente.

Todo el equipo lubricado con aceite y las líneas se deben limpiar perfectamente antes de permitir pasar un flujo a través de éstos.

Se debe discutir con el fabricante la ventaja de una limpieza con baño químico y de inertizar un compresor, o la limpieza con detergente. Alternativamente, se pueden instalar filtros provisionales de malla fina a contra corriente en todos los puntos delicados (baleros, pistones, etc.).

3.- PREPARACION DE EYECTORES DE VAPOR

Cuando se prepara el arranque inicial de un eyector de vapor para un sistema de vacío, es esencial que no fugue vapor la junta localizada entre la boquilla y la cámara de vapor. El vapor se debe suministrar a la presión y temperatura de diseño y además las boquillas del eyector deben estar libres de virutas de tuberia, compuestos de la caldera, etc. Durante el arranque, se ventea el filtro del eyector frecuentemente y si es necesario, se chequean las boquillas para quitar el tapón del fondo de la cámara de vapor y se pasa un escariador a través de cada boquilla para asegurar que está libre de materia extraña.

Eyector de una etapa.- Para efectuar la prueba, bloquear la columna del sistema en las líneas de alimentación y producto y en las bombas y luego cerrar todas las líneas de venteo y purgar. Abrir la alimentación del agua de enfriamiento al postcondensador, así como el vapor al eyector. Anotar la relación a la cual disminuye la presión y determinar la mínima presión absoluta, tomando lectura de los manómetros instalados en las líneas de suministro de vapor; posteriormente activar el controlador y chequear el control a varias presiones. Si todo es satisfactorio, bloquear el equipo, aislandolo del eyector para entonces cortar el suministro del vapor al eyector. Checar la relación del aumento de presión. Una vez terminada la prueba, aumentar la presión hasta la atmosférica con nitrógeno.

Eyector de multi-etapas.- Bloquear la columna del sistema en las líneas de alimentación y producto, y en las bombas. Cortar la línea del producto, y cerrar venteos y purgas. Abrir la alimentación de agua de enfriamiento a todos los condensadores de eyectores y arrancar el flujo de vapor a los eyectores de multietapas admitiéndolo primero en la última etapa y luego en las etapas subsiguientes en sucesión. Verificar que se disponga de la presión de vapor requerida en cada etapa, de acuerdo a lo que indican los manómetros locales. Anotar la relación de la reducción de presión en el sistema y la presión absoluta mínima a la cual debe ser reducido el sistema, así activar el sistema de control y chequear el control del vacío a varias presiones. Una vez que se hayan realizado las pruebas satisfactoriamente, se incrementa la presión usando el controlador y finalmente se corta el suministro de vapor a cada etapa.

En el caso de algunos eyectores de vacío, se utiliza un eyector provisional para lograr una reducción rápida de la presión desde el inicio. El sistema de presión disminuye muy rápido en esta etapa, después se ponen en servicio los eyectores normales de la primera y segunda etapa para obtener el control deseado de la presión. Luego se bloquea el eyector provisional del sistema y se le corta el flujo de vapor. Con el control de la presión se continúa la prueba del sistema, usando las etapas normales y el control normal. Si no se puede obtener el vacío deseado, se revisa si no hay fugas en el sistema o problemas en los eyectores.

X.- INSTRUMENTACION

1.- PRUEBA DE LA INSTRUMENTACION

En la mayoría de las plantas a gran escala se ha visto que la ruta crítica para las operaciones del arranque se dirige a las actividades que se relacionan con la preparación de un reactor catalítico ó con la preparación de los instrumentos de planta. La reciente sofisticación en la forma de los sistemas de computadora/microprocesador con consolas de tubos de rayos catódicos (CRT) ---- y la quincallería y accesorios del conjunto de rutina, están incrementando en gran medida la carga y el tiempo requerido para efectuar la prueba de instrumentación.

Los mismos problemas aparecieron cuando se instalaron por primera vez los instrumentos electrónicos en plantas de escala de gran tamaño (después de 1960). Por algún tiempo, la preparación de los sistemas electrónicos tomó mucho más tiempo que la preparación de los sistemas neumáticos. Ahora, sin embargo, la prueba de los sistemas electrónicos toma menos tiempo.

Al término de la construcción, los instrumentos deben haber sido montados e instalados el tubing y el alambrado. Por otro lado, el tubing ya debe haber sido probado neumáticamente y revisado la continuidad del alambrado.

Preferentemente, la preparación de los instrumentos debe empezar en cada sección ó área de la planta conforme se aproxime la terminación de la construcción. Dado que Esto no es posible con los sistemas de control centralizados mientras que el trabajo eléctrico se está aún desarrollando, el trabajo de preparación de los instrumentos debe ser rápido para permitir la pronta prueba dinámica de los sistemas de proceso. La planeación es la clave para tener-

preparados los instrumentos.

Se considera listo un sistema de control cuando la instalación (in-
cluyendo tubería, alambrado, aislamiento y si se requiere indica-
ción de calor) se ha terminado y los instrumentos se han calibrado,
operado y probado completamente de acuerdo a una simulación de ope-
ración.

Los procedimientos para preparar un sistema individual están en --
función de que éste sea neumático o electrónico, análogo a un ta-
blero de control convencional o digital con computadoras o micro-
procesadores, y con control distribuido y tubos de rayos catódicos.

Se debe desarrollar un plan de trabajo detallado para definir las-
etapas que cada componente y sistema deben atravesar y para desig-
nar quién será el responsable de terminar cada etapa. El plan se-
debe desarrollar rápidamente para poder asignar el personal adecua-
do, de tal forma que pueda disponer de los documentos y equipo ne-
cesario.

La organización de construcción o ingeniería debe proporcionar las
especificaciones generales para poner en servicio la instrumenta-
ción en la cual se basa el plan de trabajo.

Es muy conveniente, al desarrollar un plan de trabajo detallado, -
distribuir la preparación entre los técnicos que posteriormente se
rán los responsables del mantenimiento de los instrumentos. Sin -
embargo, la programación de los pormenores de los procedimientos -
de la prueba (comprendiendo asignación de mano de obra y tiempo es-
timado para cada trabajo) revelaran que, en la mayoría de los ca-
sos, los contratistas exteriores colaborarán con el fin de reducir
el programa del arranque de la planta.

El procedimiento de preparación se puede dividir como sigue:

- A) Agrupación de datos y dibujos.
- B) Inspección de localización de instrumentos.
- C) Calibración.
- D) Revisión de componentes.
- E) Revisión de continuidad
- F) Prueba de circuitos cerrados y sincronizadores.
- G) Clasificación de documentos.

2.- ARCHIVO DE DATOS Y DIAGRAMAS

Normalmente, el grupo de ingeniería prepara las hojas de datos de instrumentos y las agrupa en uno o más volúmenes dependiendo del tamaño de la planta y del número de instrumentos. Si esto no es posible, el personal encargado del arranque debe agrupar las hojas de datos y clasificarlas de tal forma que permitan un fácil acceso ó preferentemente guardarlas en un cuaderno con índice.

La lista típica del contenido de tal libro consiste de:

- A) Instrumentos montados en el tablero.
- B) Instrumentos de flujo.
- C) Instrumentos de nivel.
- D) Instrumentos de presión.
- E) Instrumentos de diferencial de presión.
- F) Instrumentos de temperatura
- G) Analizadores.
- H) Válvulas de control.
- I) Válvulas de relevo.
- J) Instrumentos diversos.
- K) Índice de claves de consulta.

La siguiente lista presenta lo que debe estar disponible de parte de la organización de diseño de los instrumentos:

- A) Lista de diagramas.
- B) Lista de claves de consulta.
- C) Diagramas esquemáticos de la instalación.
- D) Diagramas de ruta y localización de instrumentación neumática o eléctricas.
- E) Diagramas frontal y de elevación del tablero de control.
- F) Diagramas de alambrado de alarmas y sincronizadores.
- G) Diagramas de los diversos tableros de control local.
- H) Especificaciones de construcción y normas de instalación.
- I) Hojas de datos de requisición de instrumentos.
- J) Hojas de datos de requisición de válvulas de relevo.
- K) Diagramas de sistema de muestreo para analizadores.

El paquete se debe revisar cuidadosamente para verificar que se han recibido todos los documentos, datos y registros que permitan entender y revisar la instalación de la instrumentación y preparar, operar y localizar las fallas. Se puede requerir una asamblea plena en la organización de diseño para adquirir los documentos y hacer las interpretaciones necesarias.

3.- INSPECCION DE LOCALIZACION Y CALIBRACION DE INSTRUMENTOS.

Una vez que se han agrupado los datos de diagramas, se revisan completamente para determinar que todos los instrumentos alineados montados en campo, válvulas de control, transmisores, válvulas de alivio así como la instrumentación local se han colocado e instalado correctamente y que están accesibles. Es necesario ver que se han instalado las válvulas de control de tal forma que los soportes de

la tubería no lleguen a hacer difícil el servicio. Los cambios -- pueden hacerse fácilmente, si se requieren antes de que se ponga en operación la planta.

Los instrumentos se deben calibrar antes, o tan pronto como sea posible después de la instalación. Las celdas de diferencial de presión y los instrumentos de presión, se pueden calibrar en el taller. Cada vez que se calibre un instrumento se debe registrar y anotar la fecha. Excepto en casos especiales, se deben aceptar como válidas las indicaciones del fabricante para efectuar la calibración de manómetros y termómetros de carátula.

Una revisión de calibración para indicadores y registradores se hace a cero, 10%, 50% y 90% del rango del instrumento; los transmisores y receptores se calibran por separado. Los registros de la calibración deben constituir una parte del registro permanente de los componentes de un sistema de control.

A continuación se presentan algunas sugerencias de como llevar a cabo calibraciones específicas y revisiones:

Instrumentos de flujo.- Previo a la instalación, el supervisor de turno o bien los mecánicos instrumentistas inspeccionan la lisura de cada placa de orificio, así como el orificio de purga o venteo, la libertad para desmontarse, la cuadratura del borde y la correcta dimensión del diámetro interior.

Los transmisores de flujo de diferencial de presión se pueden calibrar en el taller frente a un manómetro de columna de agua estándar (o de mercurio) a cero, 10%, 50% y 90% antes de que se efectúe la instalación. Además, se debe checar la señal que se transmite con un medidor de precisión.

Los rotámetros se revisan para verificar que se han quitado las tapas del embarque y que se ha instalado correctamente el flotador - apropiado y que éste tiene libertad de movimiento. Tanto los rotámetros de transmisión como de indicación en los cuales no está visible el flotador, se calibran manualmente al valor correcto en cero, 10%, 50% y 90% del rango del instrumento.

Instrumentos de nivel.- Para calibrar los instrumentos de nivel -- del tipo de flotador, se llena la cámara con agua limpia y se usa un tubing de plástico transparente que se conecta en el fondo de - la purga como un medidor de vidrio. Se checa la calibración en - cero, 10%, 50% y 90% del rango, posteriormente se ajusta nuevamen- te la gravedad específica a las condiciones de operación. Los instrumentos del tipo de flotador interno se quitan de los recipien-tes para calibrarse con agua en el taller, y se continúa con los - del tipo de jaula con el mismo procedimiento.

Para revisar los interruptores de alarma de flotador se quita el - tapón colocado del lado del orificio de salida, se llena la cámara del flotador y del interruptor. También es necesario revisar los- tubos de nivel para verificar que se han instalado los indicadores correctos, y donde se requiere, los iluminadores y grifos indicados.

Instrumentos de presión.- Los transmisores ó transductores de pre- sión ó diferencial de presión se calibran en el taller a cero, 10% 50% y 90% del rango para lo cual se usa un probador hidráulico ó - de peso muerto. La señal de salida se checa con un calibrador de- precisión.

Los transmisores de presión que están armados con sello de dia -- fragma se revisan y se calibran tal y como se requiere, para lo -- cual se calienta el diafragma de sello a la temperatura del proce-

so (en un baño a temperatura controlada) si ésta llega a exceder --- los 212°F durante la operación normal. Los interruptores de presión se calibran en el taller con un indicador de precisión y se dejan en el valor apropiado de acción.

Los controladores de presión locales se calibran con un indicador de prueba de precisión y en este caso se utiliza una fuente de presión- que bien puede ser nitrógeno o aire. Todos los indicadores de tipo- bordón que se hayan conectado directamente, se deben calibrar si su- cero es más del 10% de la escala.

Los indicadores de presión de tipo receptor se calibran en el taller con un indicador de precisión a cero, 10%, 50% y 90% del rango. Los indicadores de tiro (de chimenea) de tipo diafragma se calibran me- diante el uso de un manómetro de columna de agua en cero, 10%, 50% y 90% de su rango.

Instrumentos de temperatura.- Tanto los instrumentos de temperatura- (transmisores y controladores) como los interruptores de temperatura se calibran en el taller utilizando un lote con la temperatura con- trolada una vez que el sistema se ha cargado. Los transmisores y -- controladores se checan en cero, 10% 50% y 90% del rango.

Los interruptores de temperatura se fijan en el valor adecuado de o- peración y se checan para verificar que su acción sea la apropiada y de acuerdo a las especificaciones.

A los termopares se les revisa el tipo, polaridad, protección y pun- to de identificación. Visualmente se revisa la junta de soldadura - del termopar con la finalidad de verificar que la unión descansa -- correctamente contra el fondo cuando se llega a insertar. El termo- par y los instrumentos de tipo milivolt se calibran en su sitio (en- cero y al menos otros tres puntos), y para ello se utiliza un poten- ciómetro de precisión portátil.

Los instrumentos de temperatura que cuentan con un bulbo de alta resistencia se calibran con una caja cuya precisión es hasta décimas -- de acuerdo a las instrucciones del fabricante. No es necesario cali-- brar los termómetros bimetálicos, sin embargo, se debe ajustar el -- puntero marcador a la temperatura ambiente de operación.

Válvulas de control.- Todas las válvulas de control se deben revisar para verificar la concordancia entre las especificaciones y el -- nombre de las marcas ó etiquetas. Para actuar neumáticamente las -- válvulas de control que operan con pistón y diafragma, se utiliza un regulador de presión y un medidor de prueba, La acción de la válvula, el desplazamiento, el asiento mecánico y el rango del resorte deben estar acorde a los datos de placa del fabri-- cante y a las especificaciones del trabajo.

Los posicionadores de las válvulas se calibran en las válvulas de -- control de acuerdo con los datos de placa del fabricante y las espe-- cificaciones. Es necesario checar que los by-pass no estén inclui-- dos en los posicionadores de rango dividido ó en los posicionadores-- que tienen actuadores de válvulas de control los cuales pueden requere-- rangos de carga de aire fuera de 3-15 psi.

Los accesorios de las válvulas de control, tales como el volante de-- maniobra, relevadores, etc., se deben revisar para confirmar que -- están en condiciones de operar. En las válvulas de mariposa se revie-- sa que exista libertad de movimiento en su interior cuando se conec-- ta en una tubería a contracorriente y en paralelo.

A menos que se especifique lo contrario, el rango de estrangulamien-- to de las válvulas de mariposa se establece a 60 grados. Observar -- que se marca una flecha para indicar la posición apropiada.

Instrumentación del cuarto de control.- Esta instrumentación consta-

de indicadores montados en el tablero, controladores registradores, anunciadores y circuitos sincronizadores. Cuando no se dispone de suficiente espacio en el tablero, entonces se instalan relevadores-sincronizadores en un gabinete separado dentro del cuarto de control. Normalmente el vendedor ensambla estas unidades, coloca la tubería y el alambrado del tablero; por lo que resulta necesario realizar inspecciones en su propio establecimiento, aquí se deben probar si todos los circuitos y componentes son funcionables para comprobar que han de operar tal como se proyectó. Los fabricantes deben brindar la facilidad para la simulación de señales en los circuitos de control cuando el tablero está prearmado con el propósito de asegurar que las señales son procesadas de acuerdo al diseño y que se obtienen las señales de salida requeridas. Todas las terminaciones en campo y las conexiones de un tablero se inspeccionan antes de tardar cuando llegue el tablero a la planta, asegurando así que son consistentes con el tubing, el alambrado y la operación en campo.

Los procedimientos para tratar con sistemas de control de instrumentos centralizados en una computadora aún son inadecuados, tal como se puede ver por algunos problemas que surgen inesperadamente:

A) Toma variable de potencia en el sistema computarizado que puede ocasionar dificultades cuando se tenga que iniciar su prueba. Es necesario llevar los controladores al cuarto de control temporalmente, para habilitar algunos sistemas provisionales con el propósito de lograr entradas dignas.

B) Las fallas de energía, frecuentes en esta etapa, pueden llegar a destruir ciertos ajustes delicados, quedando solamente las muestras originales en los discos de memoria o almacenamiento. Por lo tanto se deben proteger los registros de correcciones o adaptaciones hasta que ellos puedan ser cargados dentro de la memoria.

C) En Esta etapa nunca hay suficientes CRTs (tubos de rayos catódicos). Todos los equipos de instrumentos lo necesitan, como también los equipos de operación que son puestos en alguna sección terminada de la planta a través de sus pasos. Excepto cuando se proporcionan CRTs de repuesto, la planta se debe poner en marcha a ciegas -- mientras que están haciendo ajustes de instrumentos.

Posteriormente se determina la posición relativa de los cuartos de control de computarización con pantallas de CRTs para el aprovechamiento de datos registrados y memorias para almacenamiento. Sin -- embargo, se debe enfatizar un hecho: la instrumentación consta de -- elementos de precisión, transmisores, controladores, registradores y actuadores (tales como los usados en las válvulas de control).

Aunque la computarización del cuarto de control no ha mejorado los -- elementos básicos de precisión o los transmisores, Esta ha mejorado enormemente el registrador controlador y permite un ajuste fino del actuador. Sin embargo, en un proceso de planta, los elementos de -- precisión (termopares, diafragmas de presión, flotadores, columnas-cromatográficas, etc.) son aún el componente más importante de la -- instrumentación y éstos no han sido mejorados.

Rangos de instrumentos y posición de alarmas.- Ingeniería debe reco -- mendar convenientemente los rangos de instrumentos y posición de -- las alarmas, antes de que se termine con la instalación. Si la --- planta cuenta con una computadora, se debe disponer del tiempo sufi -- ciente para programar toda la información necesaria dentro de ella, antes de efectuar el arranque. Esto puede significar un avance de -- tiempo de varios meses, en función del tamaño y complejidad de la - planta y del número y experiencia del personal disponible para pro -- gramar y cargar la computadora, lo cual se debe terminar antes de - que los instrumentos se requieran para la operación.

Analizadores en línea.- Todos los analizadores en línea se deben ca

librar y revisar exteriormente, por esto se debe llamar a un representante del fabricante y pedirle por anticipado los gases necesarios para la calibración para asegurar su disponibilidad para la prueba y calibración.

Válvulas de seguridad.- La prueba de las válvulas de seguridad puede ser subcontrolada o bien efectuarse en el propio taller de la planta. Las normas del Instituto Americano del Petróleo para válvulas de seguridad (API STA 527, 1964) establecen unas relaciones de fugas admisibles y especifican los métodos de prueba para el rango de medición de la impermeabilidad o tensión (tal como un sello comercial y una burbuja-impermeable).

4.- INSPECCION DE COMPONENTES Y CONTINUIDAD

Verificar que todos los componentes del sistema, tales como: los medidores de presión, temperatura y nivel, se han instalado de acuerdo a las hojas de datos y diagramas. La inspección debe comprender rotámetros para indicación, orificios de restricción y los indicadores de flujo con mirillas; se debe señalar cada uno de estos cuando se examinan para proporcionar un registro y asegurar que no se ha omitido ninguno.

Para asegurar que se han hecho las conexiones apropiadas, se debe -
-chechar punto a punto el alambrado y el tubing neumático para la ope
ración en campo. Se debe probar neumáticamente toda la tubería y -
tubing en el suministro de aire y los sistemas de control y transmi
sión de acuerdo a la última revisión No. RP 7.1 de Instrument Socie
ty of America Recommended Practice. El alambrado en el campo inclu
yendo los transmisores, se checan para verificar que no existan con
to circuitos o circuitos abiertos; se debe determinar la resisten-
cia global del circuito, utilizando un ohmmetro, de tal manera que-
se pueda ajustar la impedancia del circuito si es necesario.

Los sistemas de muestreo para los analizadores en línea en particu-
-lar se inspeccionan para verificar que cosas, tales como el tubing,
reguladores de presión, trampas de líquidos ó separadores han sido-
-bien especificados. En muchos casos es importante, especialmente -
-cuando se trata de analizadores de oxígeno, que se especifique el -
-tiempo de respuesta del sistema por seguridad. Los tubing de díame
tro considerablemente grandes y las líneas de muestra de longitudes
largas hacia el analizador, ó la mala colocación de los reguladores
de presión tan cerca del analizador y tan distante de todos los pun
tos de muestra, pueden conducir a un retraso indeseable para un ana

lizador que podría involucrar seguridad. En tal caso, se deben desarrollar las pruebas para checar el tiempo de respuesta del sistema de muestreo luego de que se ha terminado de calibrar el analizador.

5.- PRUEBA DE CIRCUITOS CERRADOS

Los circuitos de control se calibran y se prueban para confirmar que sean funcionales, cuando la instalación y la prueba estática están a punto de terminarse. Esta actividad concluye la inspección final - de todos los componentes del sistema de control como una unidad, llevando junto todo lo checado y probado previamente y proporcionando - la última oportunidad para descubrir aquellas cosas que pudieron haber sido inadvertidas.

Los indicadores y registradores deben ser puestos a cero y avanzar - por rangos con sus respectivos transmisores. La salida del controlador y la carrera de la válvula de control deben ser consistentes con el control de proceso necesario. Los anunciadores se activan para - determinar que se han puesto las alarmas apropiadas.

Las acciones de los circuitos sincronizadores se pueden probar simulando las condiciones de alarma para checar el valor de inicio de la variable y la acción del circuito. Puede presentarse la necesidad - de algún bloqueo y para ello se puede hacer un bypass ó un salto de interruptores relevadores. La prueba completa de un circuito sincronizador se puede hacer posteriormente, durante la prueba del fluido - de seguridad.

6.- CLASIFICACION DE DOCUMENTOS

Los documentos originales de diseño se deben poner al día, cuando se ha terminado con todo el trabajo de calibración y pruebas. Los documentos generados por el departamento de instrumentación (tales como registros de calibración) se combinan con los documentos de diseño y todo lo referente a éstos se clasifica por partida y sistema, para proporcionar una referencia útil y fácil para la futura operación de la planta y localización de problemas.

Todos los instrumentos y sistemas de control se entregan en estado operacional de tal forma que estén disponibles para realizar la prueba de dinámica. Al personal de operación se debe brindar la oportunidad de practicar los procedimientos y adiestrarse en el funcionamiento de todos los instrumentos antes del arranque de la planta; -- Esto asegurará el buen funcionamiento de todos los circuitos sincronizadores críticos, por supuesto que el ajuste fino se hace hasta que la planta sea puesta en marcha a aproximadamente las condiciones de diseño.

En esta etapa ya es posible desarrollar algunos programas críticos para la computadora. Se debe tener mucho cuidado de asegurar que estos programas desarrollados laboriosamente no se vayan a destruir por una falla de energía.

7.- EL CUARTO DE CONTROL COMPUTARIZADO

Surge aquí la necesidad de comentar acerca de la carga extra en el arranque de equipos como resultado de la nueva revolución en curso en el control de proceso. Esta revolución involucra la computarización de instrumentos y el reemplazo de instrumentos montados en el tablero con tubos de rayos catódicos (CRT).

Esto representa solamente la segunda revolución en el control de procesos de planta, la primera se realizó por la introducción de instrumentos de registro y control remoto en conjunto, el control remoto se basó en la transmisión neumática, no obstante que la indicación de la temperatura se transmitía por medio de circuitos electrónicos. Después surgió una revolución de menor importancia con la introducción de la venta al por mayor, de instrumentos electrónicos, lo cual permitió una transmisión de señales mucho más rápida.

Actualmente ha habido dos revoluciones simultáneas; la introducción del poder de computación de gran tamaño (micro-procesadores) y del CRT. El primero es idóneo para volverse mas eficiente aún, pero el segundo eventualmente puede ser substituido esencialmente.

Ahora es necesario enfrentarse con un conjunto de computadoras que tienen una gran variedad de capacidades y con una aún mayor variedad de accesorios para la lectura, registro y anulación de datos. Así pues, no es posible llegar a formar un juicio sobre los aspectos genéricos de estos nuevos sistemas, lo que si es posible hacer es catalogar sus ventajas y desventajas de tal forma que quienes estén encargados del arranque de plantas puedan hacer hincapié en la adquisición de todas las ventajas sin las desventajas.

Ventajas.- La computarización reduce considerablemente el espacio ne

cesario para el cuarto de control, y los operadores pueden controlar la planta sin tener que moverse a su alrededor.

Las lecturas digitales eliminan las escalas non de instrumentos especiales.

El aprovechamiento de los datos registrados es altamente flexible. - Se puede ver todo el rango de una variable o enfocarlo en un 10% de este y recordarlo a las dos u ocho horas.

Se, mejora excesivamente la flexibilidad del controlador. Fácilmente se pueden reprogramar y reencaminar los controles y se pueden tener mas controladores en cascada.

Se puede llevar a cabo, con facilidad, el control de la transmisión-de alimentación, transformaciones simples (de presión a temperatura-de saturación) y otras muchas satisfacciones en instrumentación.

La computadora puede contener resultados de cálculos y no solamente-la información original. Esto mejora en gran manera la seguridad de la planta.

También esto ahorra el consumo de tiempo de los supervisores e ingenieros en sus labores de rutina, permitiéndoles disponer de más tiempo para optimizar las operaciones e investigar problemas

Automáticamente es posible controlar un conjunto de series de instrumentos en lugar de uno ó dos solamente.

La computadora y la pantalla de CRT permiten consolidar, el control, el registro y la indicación a grandes distancias. Estos sistemas se pueden usar fácilmente para el cálculo de los pro-

yectos de planta (por ejemplo, haciendo balances de materia y energía). Los flujos pueden ser integrados; en el departamento principal se pueden medir y registrar los embarques de tanques; y la autorización para transferir materiales se llega a simplificar y a -- ser más controlable.

Desventajas.-La planta completa o una parte substancial de ésta, se puede poner en marcha a ciegas mientras que una variable o una serie, se está checando en el CRT, o por otra parte el CRT está ocupado. Esta desventaja se puede superar si se proporcionan más pantallas; las pantallas separadas para supervisores e ingenieros de proceso se están volviendo mas comunes. Por cierto que, uno de los -- primeros pasos que se toman durante la preparación, es la introducción de una pantalla CRT adicional.

Un operador experto puede dar un vistazo hasta a veinte o más instrumentos montados en un tablero, dándole una estimación rápida del funcionamiento de la sección de la planta. Obteniendo la misma información de un CRT se requiere de más tiempo y esfuerzo; es difícil observar todas las variables necesarias al mismo tiempo, cuando las operaciones son inestables y los operadores extras son inútiles sin pantallas adicionales. Sin embargo, el problema se atenúa -- gradualmente montando varios registradores de multi-punto directamente en el CRT con la opción de una interrupción para cualquier dato crítico del CRT. Una combinación tal de un CRT con registrador de multipunto se puede disponer de al menos un fabricante de instrumentos.

Un operador hábil puede mantener un ojo en los instrumentos montados en el tablero desde la esquina de su ojo, dando una atención -- principal a otros instrumentos, tal vigilancia no es posible en el CRT.

Frecuentemente es más importante, para un operador calificado, la relación del cambio de una variable sobre un intervalo que su valor - actual en un momento dado. Son proporcionados los datos promedio solamente pero no las gráficas de datos de las operaciones pasadas; la tendencia de las gráficas puede no mostrar los picos agudos en señales del proceso los cuales pudieran reflejar problemas serios de operación.

Resulta difícil para los supervisores estar al día en cuanto a los - paros de la planta y criticar el funcionamiento de los operadores durante las pocas horas pasadas. (ambos se pueden hacer rápidamente - mediante un examen de registros análogos).

Si un CRT se desploma, se puede operar ciegamente una sección de la planta.

El proceso se debe adaptar a los sistemas de instrumentación proporcionado por el fabricante.

Los operadores deben estar vigilando para poder confiar en los datos computarizados, no obstante los cuidados, de los elementos de precisión que no han sido mejorados. Un termopar sucio dará una lectura falsa si se conecta a un registrador análogo ó a una computadora.

Los números que se representan son promedios, no se muestran los picos; por lo tanto los registros son menos precisos. Esto puede ser excelente para análisis de negocios pero no es suficientemente bueno para las operaciones de planta.

De lo anterior, es claro que para un arranque de hoy día es necesario entrenar a todos los operadores (particularmente los más "anti-gños") para operar, leer e interpretar la consola - CRT velozmente.

Además a algunos se les tiene que enseñar como escribir a máquina. A todos los operadores se les debe dar una oportunidad, con instrucción, para recordar todas las lecturas, cambiar todos los controles y llegar a familiarizarse con el sistema completamente. -- Sistemáticamente se debe revisar para determinar que todas las indicaciones, registros y controles necesarios estén disponibles.

XI PRUEBAS EN CALIENTE Y DINAMICA DEL EQUIPO

1.- PRUEBA CALIENTE DEL EQUIPO

Muchas plantas tienen todo su equipo a prueba de fuga que debe asegurarse a aproximadamente las temperaturas de operación y después a los cambios de temperatura. Este tipo de pruebas se conocen como "pruebas en caliente".

El siguiente equipo, normalmente, se puede probar en caliente (tales determinaciones normalmente las hace el diseñador, o bien, se llega a un acuerdo en una asamblea entre el operador y el diseñador).

A) Los reactores catalíticos tubulares de lecho fijo que se calientan o se enfrían por medio de transferencia de calor de líquidos o sales durante la operación normal. Un reactor de esta naturaleza puede contener un catalizador muy costoso dentro de los tubos que pudiera contaminarse si el fluido de transferencia de calor fuga a través de la pared del tubo. Otra posibilidad puede ser que se presente una fuga del fluido de transferencia de calor hacia el fluido del proceso, creándose condiciones peligrosas o contaminando el producto.

B) Los intercambiadores de calor cuyo vapor o agua de enfriamiento se manejan a una presión mayor que la del fluido de proceso, el cual no se debe contaminar con ninguna cantidad de agua en ningún momento.

C) Cualquier equipo que tenga sellos complejos (tales como el caso del agitador de un reactor o un secador rotativo) a través del cual se debe evitar la fuga del fluido de proceso hacia la atmósfera o de aire hacia el interior del proceso.

Normalmente la prueba en caliente se puede llevar a cabo solamente después de que ha progresado la construcción suficiente como para permitir que se pueda operar el equipo. Antes de iniciar, es necesario terminar el entrenamiento del personal de planta, particularmente si se va a preparar algún catalizador o se van a cargar compuestos químicos para la prueba dinámica. La seguridad debe ser una parte fundamental y perdurable del adiestramiento; todo el equipo de seguridad, como son las regaderas de agua, lavabos para ojos, mangueras, sogas, caretas, envases de aire, etc., se debe revisar y estar en posición tal que se puedan operar; por su parte, el personal debe familiarizarse con sus ubicaciones y procedimientos de uso.

Es muy importante hacer un análisis detallado y desarrollar un programa de todas las actividades de la prueba-caliente antes de iniciar la prueba.

Con anterioridad se ha de determinar la tolerancia del choque térmico del equipo. Con el objeto de evitar el choque térmico, se incrementa gradualmente la temperatura del medio de calentamiento; el enfriamiento puede hacerse gradual o rápidamente. -- Puede ser necesario utilizar más de una fuente de calor para alcanzar la temperatura final, por ejemplo, arrancando con vapor o aire caliente y terminando con un horno. También es necesario el conocimiento de las características de refrigeración del fluido de calentamiento; por ejemplo, éste no debe refrigerar cuando llegue a tener contacto con el equipo frío por primera vez. -- Se debe contar con la suficiente instrumentación para el control de las temperaturas y el registro del calor absorbido.

Primero se calcula el tiempo requerido para cada fase de la prueba caliente para que puedan ser proporcionados los servicios y las cuadrillas competentes. Todos los turnos deben te-

ner una oportunidad de operar el sistema en frío antes de iniciar con la prueba-caliente.

Resulta necesario probar un procedimiento metódico para identificación de fugas y acudir a métodos aceptados, antes de efectuar la prueba-caliente. Si esto no se hace cuidadosamente, la soldadura de los tubos producirá un esfuerzo térmico causando fugas adicionales.

Debido a que la prueba-caliente se hace irregularmente, normalmente no forma parte del adiestramiento de los operadores o de las cuadrillas de mantenimiento; por lo tanto, se deben probar con anticipación todos los procedimientos de seguridad para los trabajadores y el equipo. Han ocurrido muchos incendios durante las pruebas en caliente.

Los siguientes puntos se aplican al primer calentamiento de cualquier equipo así como también a las pruebas en caliente.

A) Establecer una temperatura uniforme en todas las partes del equipo que supuestamente estará en operación a una temperatura relativamente uniforme, para evitar producir esfuerzos. Por ejemplo, cuando se calientan reactores de tubos muy grandes mientras se descargan, el gas de combustión del medio de calentamiento puede incidir solamente en un lado, provocando el calentamiento solamente en ese lado.

B) Un recipiente cilíndrico horizontal grande que ha sido llenado parcialmente con líquido, se debe calentar mientras que se agita vigorosamente o se circula un gas a través de él, de otro modo se calentará el líquido mientras que el vapor permanece relativamente frío. Si no hay suficiente capacidad de calentamiento para establecer una temperatura uniforme, se puede desconectar la tubería.

Se pueden establecer algunos ejemplos de olvidos de diseñadores res
pecto a la expansión diferencial. Escaleras en hornos o reactores-
que se han elevado del piso cuando la unidad se calentó por primera
vez, o estrujarse y doblarse el equipo cuando se enfrió por vez pri
mera.

2.- PRUEBA DINAMICA CON EL FLUIDO DE SEGURIDAD

Ahora, por último es necesario estar preparados para operar realmente algunos sistemas del equipo, al menos en aquellas partes de la planta en que se ha terminado esencialmente la construcción. Es muy importante simular las operaciones usando los fluidos de seguridad, ya que ni aún las inspecciones más rigurosas durante la construcción mostrarán totalmente la calidad y perfección de la construcción, y la operabilidad de una unidad entera no se puede criticar solamente por la prueba de sus componentes.

Esta prueba dinámica en circuito cerrado se efectúa con fluido de seguridad tales como aire, agua y gas inerte. Esta prueba de flujo proporciona la primera indicación de la respuesta de los circuitos de control y pone al corriente a los operadores con el equipo. Debido a que es más fácil la reparación del equipo cuando éste contiene solamente aire, nitrógeno ó agua, al pasar por alto estas pruebas se incrementan los riesgos y se pueden ocasionar demoras posteriores costosas.

Por lo tanto, es necesario una buena planeación para evitar daños al equipo. Un equipo diseñado para hidrocarburos ligeros, por ejemplo, no se puede operar con aire ó agua sin las precauciones especiales. Un agitador que se opera en aire puede agitarse excesivamente y dañarse la flecha y los sellos y la operación en agua puede sobrecargar el motor. Un compresor diseñado para etileno se puede sobrecalentar cuando comprime aire ó nitrógeno. Una bomba diseñada para hidrocarburos se puede sobrecalentar ó generar una presión --irregular a la descarga cuando bombea agua. Todo el equipo puede llegar a experimentar una expansión diferencial poco común. En una columna de destilación diseñada para hidrocarburos y que se opera con agua, se pueden golpear o dañar los platos como un resultado de

la vibración de baja frecuencia. En una planta, las escaleras de un recipiente grande se pueden torcer severamente cuando el recipiente se calienta y luego se enfría, debido a la falta de cuidado para chequear si una terminal de la escalera tenía libertad para deslizarse.

Las pruebas dinámicas, propiamente hechas, brindan los siguientes importantes propósitos:

A) Probar el funcionamiento mecánico del equipo a las condiciones que simulan el proceso.

B) Poner al corriente a los operadores con la planta a las condiciones simuladas de operación.

C) Establecer el funcionamiento mientras que aún hay tiempo para efectuar modificaciones de la planta.

D) Ayudar a determinar la colocación y respuesta de los instrumentos.

E) Librarse de todo tipo de basura que pudiera tapar los filtros, columnas, conductos de tubo descendentes, y aún líneas, todas las cuales serían más difíciles de limpiar luego de que el sistema se haya cargado con los fluidos de proceso.

Las principales pautas para planear los procedimientos de una prueba significativa son:

A) Para la mayoría de las plantas, un período de dos a tres semanas es suficiente para la prueba operacional después de la marcha mecánica en vacío de las piezas individuales del equipo y de que se ha-

terminado la prueba-caliente. No obstante, si el proceso es nuevo e inexperto el personal de operación ó si la primera prueba indica posibles dificultades, el periodo para la prueba en circuito cerrado se puede extender hasta que todos los factores sean favorables para el arranque.

B) La prueba dinámica en circuito cerrado con aire y agua se puede omitir solamente si otras consideraciones mas importantes, tales como la corrosión o posibles fallas mecánicas hacen la omisión deseable.

C) Las pruebas con aire y agua se deben establecer en un circuito cerrado; Esto significa que el fluido se debe recircular continuamente mientras sea posible, con los circuitos tan grandes como sea posible y siguiendo el proceso en tantos detalles como sea posible. Siempre que sea practicable el circuito debe ser idéntico al circuito que estará sujeto a la prueba con solvente. Al seguir este procedimiento, los operadores aprenden las interdependencias del equipo y son capaces de juzgar las respuestas de los controles del circuito del proceso.

D) Las pruebas se deben continuar por varios días a fin de dar una oportunidad a todos los turnos de llevar lo mismo y para permitir su repetición si los resultados no salen como se esperaban. Se puede requerir la instalación provisional de líneas, instrumentos y algunos equipos. A cada turno se le debe dar la oportunidad de arrancar y parar cada prueba de circuito cerrado.

E) Se debe redactar una hoja de flujo aproximado para las pruebas de aire y agua, pronosticando toda la información: flujo, temperatura, presión, transferencia de calor, energía, etc., que normal -

mente se muestra en una hoja de flujo de proceso. Esto permitirá un juicio de la eficiencia y limitaciones de la prueba, al mismo tiempo alertará a los ingenieros para tomar las precauciones especiales requeridas para proteger el equipo de sobrecargas, sobre - presionamientos, esfuerzos y choque térmicos.

F) La prueba de circuitos pastosos ó de equipo que maneja sólidos representa un problema especial; esta prueba puede llegar a ser - muy costosa si se aplican todas las reglas anteriores, pero generalmente, los costos son justificados.

G) Se debe cultivar la precaución en la planeación de estas pruebas y mientras que las pruebas se están desarrollando, debido a - que Estas pueden conducir a expansiones diferenciales inesperadas y a la corrosión y se pueden introducir pesos excesivos de líqui dos en las partes del sistema, particularmente como resultado de la mala operación.

H) Se debe tener mucho cuidado de no colapsar el equipo de baja - presión cuando este se vacía, asegúrese de abrir venteos para evi tar realizar un vacío.

Si se llevan Estos principios, en mente, las deficiencias se pueden apuntar con precisión y evitar demoras costosas. Es neces - ario hacer énfasis de que Estas pruebas no son útiles si los datos no se anotan en bitácoras y se conservan los registros de instru - mentos.

XII PROCEDIMIENTO DE TRABAJO PERMITIDO

Al detallar los procedimientos para el permiso de trabajo se debe comprender el ingreso a recipientes, soldadura y corte, reparaciones del equipo de rotación y cualquier trabajo que represente riesgos potenciales. Particularmente en este punto, los buenos procedimientos de permiso de trabajo son absolutamente esenciales.

Si se interrumpe el trabajo por cualquier razón, se debe anular el permiso original y emitir uno nuevo después de inspeccionar nuevamente que el área o equipo se encuentran en condiciones de seguridad. Normalmente los permisos se escriben para cubrir solamente un turno de operación, el supervisor que entra debe inspeccionar el área de trabajo para realizar las pruebas apropiadas, antes de autorizar la continuación de trabajo.

Las herramientas se deben seleccionar cuidadosamente para los trabajos en las áreas que contienen líquidos y gases inflamables y explosivos. Son preferidas las herramientas a prueba a chispas en los lugares donde hay presencia de líquidos o gases inflamables. En caso de que se usen las herramientas convencionales, se deben tomar las precauciones requeridas y supervisar muy de cerca el trabajo.

Una lista que asegure que se están siguiendo los procedimientos críticos debe incluir una lista del equipo de mantenimiento usado, para garantizar que todo el equipo será removido.

Un recipiente que ha sido abierto para mantenimiento y que se va a regresar a su servicio regular, se debe purgar con nitrógeno y quitar todas las bridas ciegas. Nuevamente, una lista asegurará -

que se han quitado todas las bridas ciegas. Posteriormente se prueba a presión el sistema para asegurar que no existen fugas y este hecho se marcará en el permiso.

1.- PREPARACION PARA INTRODUCIR LOS FLUIDOS DE PROCESO

Hasta este punto, se puede permitir la presencia de las cuadrillas de construcción dentro de la planta. Aquí se está llegando a la etapa en la cual las cuadrillas de construcción, si ellos aún están en las premisas, deben llegar bajo los procedimientos estrictos de seguridad observados por los trabajadores de mantenimiento de la planta. Aún durante la purga (descrita posteriormente) las cuadrillas de construcción tienen que seguir los procedimientos de seguridad de la planta, sobre todo porque ha habido muchos casos de gente que ha sido vencida por concentraciones excesivas de nitrógeno.

Antes de poder introducir fluidos inflamables al interior de la planta, se debe terminar con la prueba de presión adicional y la purga. Normalmente la vibración, expansión y contracción del equipo y tubería durante la prueba dinámica con el fluido de seguridad sujetará los sistemas a esfuerzos que pueden llegar a causar fugas. Las unidades se pueden probar en la base de proximidad y rango de presión, el ajuste de las válvulas de relevo no se debe de exceder.

La prueba de presión y purga consiste en presionar y depresionar con nitrógeno varias veces y hasta que se alcance menos del 3% de oxígeno (o un valor menor especificado). Los sistemas de vacío deben ser evacuados, posteriormente se represurizan con nitrógeno varias veces. Este procedimiento es más efectivo que los simples barridos con nitrógeno a través de un sistema. El barrido por supuesto, es efectivo para marchas grandes de tubería y tubing y se debe usar para complementar la presurización y depresurización de conexiones de ramales largas.

Mientras que los sistemas están sujetos a presión la relación de --

pérdida de presión en un sistema bloqueado (ó de incremento de presión en un sistema de vacío) se debe medir sobre un período de dos a cuatro horas para confirmar la ausencia de fugas y venteos, y asegurar que no se han dejado las purgas abiertas. La relación de fuga se puede calcular de la relación de pérdida de presión, sin corrección para cambios de temperatura.

Una lista simplificada se da en la Tabla 11

Estas pruebas de presión deben formar parte de los procedimientos de operación permanentes y se deben ejecutar cada vez que el equipo se abre ó se le permite la entrada de aire.

CUADRO No. 2 SECUENCIA PARA ASEGURAR, CONCLUIR LA PRUEBA DE PRESION Y PURGAR EL EQUIPO DE PROCESO.

<u>P A S O</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>REQUERIMIENTO</u>	<u>MEDIDAS DE SEGURIDAD</u>	<u>REQUISITOS PREVIOS.</u>	<u>OBSERVACIONES.</u>
1. Comprobar los resultados por unidad.	- Checar que se ha terminado el trabajo mecánico requerido, que se han recogido los mbrretes y bridas -- ciegas y que se ha desconectado la tubería temporalmente.	El supervisor de planta debe certificar la terminación del trabajo.	Cancelar todas las entradas y permisos de trabajo.	El sistema de servicios ha sido preparado.	Checar la lista de bridas ciegas e inspeccionar las -- líneas, cerrar la toma de vapor, la purga y las válvulas de muestreo.
2. Roscar bridas ciegas.	Aplicar masking-tape a toda la tubería y bridas de recipientes.			Igual que en el paso No. 1.	Sellar el espacio entre bridas y penetrar 1.5 mm dentro del masking-tape, para localización de fugas.
3. Presionar con nitrógeno.	Con N ₂ presionar todos los sistemas de proceso para las pruebas de presión señaladas.	Probar a presiones cerca a la normal; evitar estimular las válvulas de relevo.	Las válvulas manuales requeridas se deben sellar luego de haberse colocado.	Igual que en el paso No. 1.	Preparar listas de grupos de equipo y pruebas de presión; si es posible, aislar las secciones que fugan.
4. Localizar fugas.	Aplicar solución jabonosa a las uniones y conexiones roscaadas.	Bloquear los sistemas presionados con N ₂ y -- checar la pérdida de presión.	Checar todas las conexiones.	Igual que en el paso No. 1.	Marcar las bridas para identificar fugas; impermeabilizar o reparar fugas, drenar los condensadores en las tomas de vapor en puntos bajos, cada vez que se presiona el sistema.

<u>P A S O</u>	<u>DESCRIPCION.</u>	<u>REQUERIMIENTOS</u>	<u>MEDIDAS DE SEG.</u>	<u>REQUISITOS PREVIOS</u>	<u>OBSERVACIONES.</u>
5. Purga (remo- ción de O ₂)	Alternativamente de pre- sionar y represionar pa- ra la prueba de presión, hasta que el O ₂ sea me- nor de 3.0% en un conta- dor de gas.		Checkar regularmen- te el medidor de - O ₂ para asegurar - su presión.	Checkar las fugas perfectamente a la presión de prueba.	

2. PREPARACION DEL EQUIPO PARA MANTENIMIENTO

Ahora que se piensa en cargar el equipo con fluidos peligrosos, es necesario un mejor conocimiento acerca de como vaciar y preparar - el equipo para darle mantenimiento.

Enseguida se presentan los procedimientos generales para la descarga, limpieza y aislamiento del equipo para llevar a cabo el mantenimiento. Estos procedimientos se utilizan para detallar los métodos de purga de cada sistema y pieza del equipo, y son responsabilidad del equipo de personal de operación.

Descarga del equipo.- Todos los recipientes llenos de algún líquido se drenan o si es posible, se bombean corriente abajo. El líquido remanente del fondo de los recipientes, de instrumentos y líneas (otros líquidos que contienen materiales reactivos) se pueden drenar en tambores. Raramente se puede permitir que un recipiente ahora, se drene a la alcantarilla o desagüe, cuando esto sucede, - se deben tomar las precauciones necesarias para minimizar el derrame, y la contaminación atmosférica.

Los recipientes llenos con vapor se depresionan hacia un absorbedor o ensanchamiento. Si es necesario depresionar un recipiente a la atmósfera, y no se han tomado las medidas necesarias, se debe - usar una línea provisional para ventear el vapor hacia donde no - produzca un riesgo.

Aislamiento del equipo.- Antes de vaciar o depresionar un recipiente, es necesario cerrar las válvulas en las tuberías instaladas -- para tal fin. Después de depresionar o durante la purga, se insertan las bridas ciegas en todas las líneas que conecten este reci-

piente (ó grupo de recipientes) a otros equipos ó colectores. Los accesorios y líneas pequeñas se pueden desconectar, como es el caso de las purgas de nitrógeno en instrumentos. Se marcan y registran las líneas desconectadas y las bridas ciegas instaladas, y solamente se pueden alterar por autorización del supervisor. Luego de ventear y drenar un recipiente, se aseguran con cerraduras todos los accesorios eléctricos asociados, y las llaves las guarda - el supervisor encargado.

Limpieza y purga del equipo. - Antes de poner en servicio los recipientes, luego de haberse drenado y depresionado, se purgan completamente con un gas inerte ó vapor para eliminar los materiales inflamables. Además, cualquier recipiente que contenga líquidos nocivos como un ácido ó sosa caústica, se lava abundantemente con - agua.

Un recipiente, previamente lleno con un líquido peligroso, se purga con vapor a baja presión (si el diseño lo permite); si no es posible el vapor, se trata con nitrógeno tibio, una vez que se reduce el contenido del líquido a los límites tolerables, el recipiente ya se encuentra listo para purgarse con aire. Es importante asegurar que todas las boquillas de nitrógeno estén equipadas - con bridas ciegas durante la purga con aire.

Un recipiente previamente lleno con un líquido peligroso pero no - inflamable (como un ácido ó solución de sosa caústica) se lava -- abundantemente con agua hasta neutralizar el p H.

Un recipiente que ha contenido soluciones volátiles peligrosas se - lava abundantemente con agua hasta que el análisis muestre una -- ausencia, ó cantidades tolerables de los materiales peligrosos.

un recipiente, previamente lleno con gas, se purga con gas inerte y posteriormente con aire.

3. MUESTREO Y PRUEBA PARA ENTRAR AL EQUIPO

Un recipiente previamente lleno con hidrocarburos líquidos se vaporiza continuamente, como se describió anteriormente, hasta que su contenido se reduzca a un límite tolerable. Las inspecciones se hacen frecuentemente con un explosímetro ó un cromatógrafo ó ambos, para garantizar los límites seguros de flamabilidad. Posteriormente se purga el recipiente con aire para enfriarlo y eliminar cualquier deficiencia de oxígeno; se prueba la correcta relación de oxígeno por medio de un probador de oxígeno, orsat ó cromatógrafo-analizador, preferentemente por dos muestras diferentes y métodos diferentes.

A un recipiente que ha contenido un ácido ó un álcali se le circula aire a través de él, después se lava abundantemente con agua y finalmente se drena. Se prueba la correcta relación de oxígeno con los analizadores ya mencionado.

Un recipiente que almacenó un gas se purga con nitrógeno hasta cerca de los límites aceptables de flamabilidad y toxicidad, luego se purga con aire para proporcionar el oxígeno adecuado, de acuerdo a lo que indican los análisis.

4. ENTRADA A RECIPIENTES

No se debe permitir a las personas ejecutar trabajos peligrosos ó entrar a un recipiente ó área confinada, hasta que se entregue el permiso de trabajo firmado por la persona autorizada. El permiso debe incluir una lista que indique lo siguiente:

A) La atmósfera interior de un recipiente ó espacio se ha probado y establecido seguro para entrar y todas las líneas necesarias se han cancelado ó desconectado y se han registrado las líneas.

B) El recipiente tiene una entrada hombre grande, suficiente para permitir a una persona traer puesto el equipo de seguridad, cuerda salvavidas y respirador de emergencia para entrar y salir fácilmente.

C) Esta presente todo el equipo de seguridad apropiado, incluyendo una lista de este y la confirmación de que está en condiciones de trabajo.

D) Se han emitido las instrucciones específicas para hacer las reparaciones con seguridad.

El permiso se entrega a la persona autorizada de la cuadrilla de mantenimiento, quien lo firma, indicando que lo ha leído y acepta el equipo para efectuar el trabajo. Un permiso sólo es válido -- para el turno en el cual se emitió, si el trabajo requiere más -- tiempo que aquél, el permiso se debe firmar otra vez al que lo emite y escribir uno nuevo después del cambio de turno.

5. SOLDADURA Y CORTE

Este trabajo representa casi la única ocasión en que se puede introducir fuentes de ignición a las áreas donde se han procesado materiales inflamables tal trabajo solo se puede intentar después de una limpieza escrupulosa y luego de haber terminado la purga y la prueba, tal como se ha descrito.

Para Este trabajo, se debe entregar un permiso especial para una du ración específica. Durante el trabajo, el área se debe chequear continuamente con un detector de gas-combustible para verificar que ésta se encuentra libre de contaminación. Se deben instalar lonas húmedas o cortinas impermeables alrededor del área para impedir chispas que vuelen dentro de las áreas adyacentes. Además de la precaución se debe tener a mano una manguera contra incendios y extintores.

XIII PRUEBA DINAMICA CON UN "SOLVENTE"

Una vez que se termina la prueba con el fluido-seguro, que se hacen las modificaciones y reparaciones subsiguientes, y que se purga el equipo, se continua con la prueba dinamica en circuito cerrado con un "solvente". El "solvente" es un fluido relativamente seguro cuyas propiedades están muy próximas a aquellas de los fluidos de -- proceso ó al fluido que se usará en el proceso. El propósito de - la prueba es revisar el equipo y los circuitos de instrumentos a, - ó cerca, de las condiciones de diseño antes de la introducción de - compuestos químicos más peligrosos, corrosivos y difíciles de mane - jar.

Un sólo solvente para toda la planta es inadecuado debido a que - los solventes se deben seleccionar con propiedades aproximadamente cercanas a las propiedades de los fluidos que estarán en cada sis - tema durante las operaciones normales. Por cierto que, en muchos - casos los fluidos de operación real ó aquellos producidos en las o - peraciones normales se pueden adquirir nuevos y utilizarse para ob - tener las condiciones de operación de diseño. A fin de permitir - una recirculación continua de los solventes ó de los fluidos en di - ferentes partes de la planta, se deben instalar líneas provisiona - les; las cuales se deben diseñar correctamente. No se puede permi - tir que ocurran reacciones durante estas pruebas, para asegurar - que los fluidos de la prueba mantendrán sus propiedades y composi - ción.

Las pautas indicadas para la prueba con fluido seguro se deben se - guir rigurosamente.

Se deben calcular correctamente las cantidades de solventes neces^a

rios y los métodos para introducirlos, y removerlos de los sistemas, lo cual se debe determinar por adelantado. Es necesario proporcionar solvente extra por las pérdidas que se puedan presentar.

Las etapas para la prueba dinámica con solvente siguen lógicamente:

1.- Drenar completamente el fluido de seguridad y purgar el aire - usado en la prueba anterior de todo el equipo.

2.- Llenar cuidadosamente los sistemas con el solvente verificando que se han hecho las instalaciones para ventear los gases y que se han cerrado todas las purgas.

3.- Al establecer las concentraciones y niveles adecuados, poner - bombas y compresores en línea para terminar el llenado y posteriormente arrancar la recirculación en circuito cerrado.

4.- Calentar los sistemas a las condiciones de operación simuladas, poniendo la condensación apropiada y el reflujo de procesos en operación.

5.- Secar el equipo, cuando el solvente es un compuesto orgánico y el fluido de seguridad fue agua. La hoja de flujo debe indicar en donde el agua es capaz de aparecer y acumularse durante este período de secado. Por supuesto el agua se debe eliminar de estos lugares.

6.- Revisar la instrumentación sistemáticamente. Las condiciones del proceso estarán más cercanas al diseño que en cualquier tiempo anterior, de tal forma que una revisión completa de todos los circuitos de instrumentación será posible por primera vez.

7.- Luego de probar que los instrumentos funcionan adecuadamente - se ponen en control automático tantos instrumentos como sea posible.

Dado que la prueba dinámica con solvente representa el ensayo general final, se debe autorizar un tiempo para una prueba final y el entrenamiento de los operadores. Todos los turnos deben estar presentes, a menudo, durante el arranque y paro del equipo y el calentamiento y enfriamiento de los sistemas en circuito cerrado. No es poco común ofrecer la prueba dinámica con solvente con el objeto de perfeccionar el entrenamiento de los operadores.

La prueba dinámica con solvente concede una excelente oportunidad para probar todos los sistemas y encontrar los errores de diseño y construcción. Por esta razón el equipo se debe operar tan cerca - de las capacidades de diseño como sea posible.

Las siguientes pautas son útiles y se pueden aplicar a la prueba - dinámica con solvente:

A) Se deben proporcionar los instrumentos especiales para medir el funcionamiento a las condiciones de diseño; por ejemplo los instrumentos de medición de presión diferencial más sensibles deben ser proporcionados para determinar las características de inundación - de una columna.

B) La precisión de los sistemas de paro de emergencia y alarmas se deben establecer más allá de cualquier duda razonable.

C) Los instrumentos críticos se deben calibrar sobre su rango total en flujos, temperaturas y presiones que semejen las condi -- ciones del proceso. Todo el circuito de instrumentación se pone - en operación mientras que se está llevando a cabo la prueba de ca-

libración, al mismo tiempo se hacen adaptaciones para revisar la calibración de cada componente de los instrumentos críticos. Por ejemplo, los manómetros de mercurio se montan a través de orificios para chequear los transmisores, los indicadores de presión calibrados se instalan en válvulas de control de diafragmas y la precisión de los termopares se verifica con un potenciómetro.

D) Operar el equipo deliberadamente cerca de sus límites por ejemplo, los compresores son puestos en marchas ligeras y se trazan -- sus curvas de marcha, se sobrecargan los condensadores y se operan los hornos cerca de su máxima temperatura permitida. No se debe tener temor de actuar una válvula de relevo ocasionalmente, aunque no es recomendable sobrepresionar un sistema deliberadamente para abrir una válvula de relevo.

La planta debe estar lista para su operación inicial luego de terminar con estas pruebas y una vez que todos los turnos son expertos en su funcionamiento.

XIV GARANTIAS DEL EQUIPO

Después de terminar la prueba dinámica con solvente, se tiene ya la capacidad de hacer frente a un problema mayor, el equipo que no traba a toda la capacidad de acuerdo a las garantías del fabricante, por ejemplo, sellos que no resisten, como se requiere, contra un vapor de ácido acético de 10 psi, y basta una inspección rápida para-
persuadirse de la necesidad de rediseñarlo radicalmente para asegu-
rarse de que la planta no estará sometida a una nube permanente de-
ácido acético.

Al notificarlo, el fabricante envía expertos, luego vendedores y fi
nalmente un ejecutivo. Si esto ó un retorno rápido de refacciones-
críticas del taller del fabricante conduce a una solución, todo se-
rá excelente. Sin embargo, si los expertos del fabricante no se --
pueden presentar con una solución rápida, se consumirá mucho tiem-
po. En el tiempo medio la planta no producirá un kg., de producto-
y los costos de construcción estarán a una relación de 5-10 % por -
mes del capital de inversión aproximadamente.

Se puede seguir una acción legal para arreglar el problema pero el-
fabricante amenaza de ser absuelto de todas las garantías si se to-
ca el equipo.

XV HACIA LA OPERACION INICIAL

En este punto, se está ingresando a una fase del arranque para la cual es esencial un plan probado por la organización de diseño. - Si los diseñadores no tienen un plan de todo el arranque inicial, - la planta no se puede diseñar convenientemente para las condiciones de estado inestable que pudieran ocurrir durante el arranque inicial y cualquier otro subsiguiente. No es posible proceder más allá a menos que se dé o se desarrolle un plan detallado paso a paso para alcanzar las temperaturas, presiones, flujos y concentraciones que permitirán a la planta funcionar de acuerdo a su diseño.

Al terminar toda la prueba preoperacional para una sección de la planta y cuando se estima que los operadores se han entrenado adecuadamente la sección se considera preparada para el arranque.

La mayoría de las plantas constan de las siguientes secciones: alimentación, preparación, reacción, recuperación y refinación del producto.

En muchas plantas es conveniente comprar el producto y arrancar -- primero la sección de refinación del producto. Si la sección de recuperación se puede arrancar independientemente de la sección de reacción (no es el caso de muchas plantas), se debe arrancar a continuación la recuperación posteriormente la sección de preparación de la alimentación, solamente ahora la planta estará preparada -- para el arranque de la sección de reacción.

El arranque de cualquier planta nueva es difícil particularmente - si esta es la primera en su clase. En este momento se hará evidente la importancia de todo el entrenamiento, preparación y pruebas-

que se han dado. Se deben encontrar pocas sorpresas si la prueba se programó cuidadosamente y se realizó y evaluó totalmente. Las instrucciones de operación previamente escritas pueden haberse modificado para reflejar la experiencia adquirida durante la prueba.

Todos los circuitos críticos se checan para verificar su acción y respuesta apropiada y se fijan en sus puntos ahora plenamente funcionales.

La supervisión adicional y el personal de operación deben estar disponibles. Usualmente es prudente programar doble alcance en todos los turnos durante los primeros pocos días. Esto se puede proporcionar al proseguir los operadores trabajando en turnos de 12 horas ó cancelando los días de descanso programados. Pares de ojos y manos extras son siempre útiles durante las etapas iniciales de operación, cuando la lectura de datos puede tomarse más frecuentemente, las bombas pueden arrancarse y pararse más seguido y los instrumentos se pueden operar manualmente.

Igualmente importante es que el personal de mantenimiento esté disponible y cerca. El requerimiento más común es para mecánicos instrumentistas extras ya que son instrumentos los que se ajustarán frecuentemente. La disponibilidad inmediata de y pronta acción por las fuerzas de mantenimiento es bastante crítico para mantener una planta en operación ó al menos reducir la longitud de los tiempos muertos.

Mucha gente puede conducir a la confusión de manera que el tamaño de las cuadrillas se debe limitar a un número manejable y establecer claramente los límites de autoridad. Toda la dirección debe emanar del jefe operador, o en su ausencia de su representante designado.

ESTA TESIS NO DEBE SER SALEADA DE LA BIBLIOTECA

Hay una tendencia para un gran número de curiosos e intrusos y de curiosos a estar presentes. Esto puede traer dificultad al cuarto de control e interferir con el personal de operación. A menos de que se controle apropiadamente preferentemente, no se debe permitir la presencia de tales personas externas en el cuarto de control o áreas de trabajo durante el arranque inicial.

Quando todo está listo y todos han recibido instrucciones acerca de sus funciones, se debe introducir la alimentación o materias primas a la sección de reacción, normalmente a una velocidad reducida o a una concentración menor que la normal hasta que se hayan establecido las condiciones de reacción o acondicionado el catalizador.

(Quando se involucra el catalizador, el período de acondicionamiento puede dictar la velocidad a la cual se debe introducir la alimentación). Otros equipos se pueden llevar rápidamente a ciertas condiciones mínimas de operación para evitar una operación ineficiente, tal como cuando el consumo de servicios auxiliares es infrecuente - hasta que la reacción llega a ser automantenida.

Conforme se arranca cada sección, se establece tan rápido como es posible que las condiciones del proceso son las esperadas y que cada pieza del equipo mecánico está funcionando correctamente. Se debe checar frecuentemente las presiones, temperaturas, flujos y niveles y comparar las lecturas del cuarto de control con aquellas de los indicadores locales.

Quando se descubren problemas serios potenciales no debe existir la duda de ir a un paro de emergencia, antes que habituarse al riesgo. Los datos obtenidos y las observaciones hechas hasta el momento del paro, se puede estudiar posteriormente con calma y evaluarse para determinar que tan bien se estuvo operando la planta y que causó la dificultad.

Si no se presentan problemas, o si ocurren solo unos menores y son-

superados, la planta se puede llevar lentamente hacia las relaciones de alimentación de diseño y condiciones de operación. Normalmente esto se da en etapas después las evaluaciones de las condiciones de operación y calidad del producto.

Una vez que se ha iniciado la evaluación de los datos, se puede -- considerar que la planta está entrando a la siguiente fase de operación inicial. Los incógnitos básicos se han descubierto y está disponible la información del proceso real. Los números de la hoja de flujo se pueden comparar con los datos de operación real. -- Los datos de planta y de laboratorio se coleccionan y se deben evaluar puntual y regularmente. Las desviaciones de las condiciones de proceso esperadas se deben investigar y establecer las razones de esto.

Los operadores deben anotar en bitácora correcta y completamente -- las lecturas a intervalos frecuentes. Ahora la frecuencia será mucho mayor cuando la operación de la planta llegue a ser rutinaria; Esto puede llegar a manifestar que las hojas de bitácora se deben revisar para una fácil evaluación de las cifras. Luego de evaluar los datos, se deben archivar cuidadosamente las hojas de la bitácora de tal forma que los datos estén disponibles para compararlos -- con datos que se tomen posteriormente si empiezan a aparecer problemas.

Si los datos grabados en la bitácora se obtienen de microprocesados y computadoras ambas impresiones regular y especial se deben -- acumular, estudiar y archivar. El agrupamiento de datos de una impresión o la organización de grupos especiales de datos durante el arranque es conveniente indicarlos por problemas o áreas de interés especial.

La cooperación entre el equipo de arranque y el personal de supervisión de la planta es crítica en este momento cada uno se debe -- mantener completamente informado de los planes del otro y todas -- las acciones se deben discutir y llegar a un acuerdo.

Inmediatamente después del arranque, empezarán a acumularse los - datos del laboratorio. Los análisis de las corrientes de proceso, así como del producto final permitirán una evaluación más allá de las operaciones. La calidad de los problemas son la norma durante la primera operación de una planta nueva, particularmente de - una nueva en su género. Los análisis del laboratorio deben ser - confiables y los resultados deben estar disponibles puntualmente; la clasificación ordenada de los análisis es tan importante como las hojas del cuaderno de bitácora de la planta, tal como las hojas del cuaderno de bitácora los datos pasados del laboratorio de ben estar disponibles para una comparación inmediata con nuevas - cifras.

Sin embargo los resultados del laboratorio se deben aceptar juiciosamente en esta etapa ya que el laboratorio también está experimentando la tensión del arranque.

No importa que el proceso se haya desarrollado y diseñado completamente y que el arranque se haya planeado cuidadosamente los problemas prorrumpirán para lo cual se debe establecer una solución exacta. Técnicamente, la localización de fallas es el aspecto - mas difícil del arranque de la planta.

Diagnosticar los problemas de operación, particularmente en una - planta nueva en su especie, requiere mucha experiencia en diseño y operaciones. Aún cuando estos prerrequisitos se han cumplido, - la localización de fallas continua siendo un oficio y no todos - los ingenieros encajan en este importante trabajo.

Los problemas pueden ser causados por cualquiera o una combina -- ción de las siguientes tres causas generales.

1.- Fallas del equipo debido a desperfectos mecánicos o eléctricos: además las cosas obvias como son las fugas, agitadores rotos y cor

to circuitos; esta categoría comprende las líneas que se tapan debido a óxido, incrustaciones o polvo y aquellas que escarchan por una alineación impropia del vapor ó aislamiento inadecuado y las bombas que tienen una pérdida de presión en la succión a causa de una fuga de aire a través de los sellos.

2.- Equipos inadecuados por fallas en el diseño ó fabricación in completa. Se tienen ejemplos de torres que se inundan al llevarse a las velocidades de flujo de diseño de vapor y líquido o que se desgastaron por haberse hecho de un metal inapropiado, motores de compresores que se sobrecargaron a la capacidad de diseño e intercambiadores de calor con exceso de caída de presión.

3.- Procesos que fallan al funcionar de acuerdo a los datos de laboratorio y de diseño debido a que se interpretaron incorrectamente los resultados del laboratorio y de la planta piloto o ciertos aspectos del proceso (tal como las corrientes de recirculación con tinua) no fueron o no pudieron ser investigados adecuadamente en la planta piloto.

Estadísticamente las fallas del proceso (la tercera categoría) son las menos probables. Sin embargo, la inexperiencia inculpará todos sus problemas a las fallas del proceso debido a que éstas son las respuestas más simples para muchos problemas. Casi no hay problemas para el cual con un poquito de imaginación, no se pueda proponer una buena teoría para probar que es lo que ha causado la falla del proceso para proceder de acuerdo a los datos de diseño y laboratorio.

Actualmente los desperfectos del equipo son la causa de las fallas de más difícil solución. De la experiencia, aproximadamente el -- 75% de todos los problemas se deben a desperfectos del equipo, el 20% a insuficiencias del equipo y solamente el 5% a deficiencias --

del proceso. Por supuesto que Estas cifras solamente pueden ser -
validas para aquellas plantas que fueron desarrolladas y diseñadas
por ingenieros competentes.

Se pueden mencionar dos principios adicionales:

En general las fallas grandes resultan de causas simples y unas pe-
queñas de causas complicadas. Por ejemplo si el perfil de tempera-
tura de una columna de destilación está completamente errado y el-
producto no lleva semejanza con sus especificaciones, probablen-
te se atribuya el problema a algo así como una fuga de agua a tra-
vés de un sello roto. Sin embargo, si tan solo se falló en satis-
facer las especificaciones del producto, la causa bien podría ser
un ligero cambio en las propiedades químicas en la contracorriente
del equipo.

Cuando surgen los problemas, los datos tomados durante las pruebas
con solvente y fluido-seguro para el equipo en particular se deben
examinar y recalcular los resultados para las condiciones presen-
tes del proceso.

Se pueden comparar los datos del período anterior al problema des-
cubierto con los mas recientes, frecuentemente esto apuntará con -
presición el problema.

Los cambios en las condiciones de operación ó en el equipo ó ambos
que puedan ser efectuados en corto tiempo y a bajo costo se deben-
hacer tan rápido como sea posible para eliminar muchas causas teó-
ricas del problema. Un beneficio es que el proceso de elaboración
de menores cambios puede producir datos valiosos adicionales que -
permiten además precisar las causas del problema.

1.- FALLAS EN EQUIPOS

Muchas de las fallas del equipo, en las primeras operaciones son - tan obvias como para no enredar particularmente las operaciones - continuas. Las fallas en el empaque y sello de una bomba son muy - comunes, pero no pueden ser mas que una molestia si ya se han ins - talado las bombas de repuesto. Las fallas de sellos o agitadores - u otros equipos sin refacciones podrian forzar un paro de emergen - cia de la planta si las fugas llegan a ser bastante serias.

En fallas de este tipo es fácil determinar que acción tomar pero - la causa de la falla no es tan obvia en muchos casos y la diagno - sis no del todo simple. En tales casos, vale la pena revisar com - pletamente las temperaturas, presiones y flujos de las corrientes del proceso en el área, así como los servicios auxiliares, además - revisar las cargas en operación de bombas, motores, agitadores, - etc.

Se puede causar destrozos por la fuga paulatina de aire, aceite y - grasa a través de sellos rotos dentro de las corrientes del proce - so. En las torres pueden haber espuma e inundaciones; pueden apa - recer fallas inesperadas, como también productos secundarios que - trastornan todos los análisis de rutina; las bombas pueden tener - una pérdida de succión y todos los sistemas pueden padecer un gran - daño en la operación de la planta.

Cuando las causas de las fallas no se pueden analizar fácilmente y - cuando persisten los problemas luego de la aplicación de los reme - dios mas obvios, es conveniente incrementar la automatización de - la planta. Normalmente esto significa la instalación de mas regis - tradores.

Los registradores multipunto de velocidad variable han resultado -- particularmente útiles para la localización de fallas. Todas las plantas modernas tienen uno ó dos instrumentos de este tipo, de -- tal forma que la salida de termopares, transmisores de presión, -- transmisores de nivel y aparatos similares se pueden registrar fá-- cil y continuamente cuando un área presenta problemas.

Frecuentemente se tienen que instalar mas controladores para faci-- litar las operaciones.

Los servicios auxiliares y los sistemas de drenaje y venteo no se-- pueden pasar por alto en el curso de la localización de fallas -- del equipo, frecuentemente, no se conocen las presiones, temperatu-- ras, flujos y calidad de los servicios auxiliares. Para diagnosti-- car los problemas se deben registrar temporalmente todas las varia-- bles.

Sobre todo, cuando se encuentran las dificultades, se debe instru-- mentar suficientemente el proceso para hacer posible realizar ba-- lances de materia rápidamente dentro de las áreas difíciles. Nor-- malmente, no se instrumentan suficientemente las corrientes de pur-- ga y venteo de menor importancia de tal manera que los balances de materia se tienen que basar en análisis y mediciones infrecuentes. Para el motivo de localización de fallas, pueden ser necesarios -- los registros de flujo exacto y los análisis frecuentes de las corrientes.

La instrumentación de las corrientes de purga y venteo de menor im-- portancia puede mejorar en gran manera el control del equipo prin-- cipal.

2 CLASES DE PROBLEMAS

Estos pueden ser causados por fallas del equipo o proceso, por ejemplo: puede causarse el deterioro o descomposición de productos finales o intermedios por la embarcación y transporte de purificadores de gas, separadores o columnas o por una destilación excesiva en columnas de fraccionamiento. La principal dificultad en la localización de fallas de problemas de calidad consiste, por supuesto en precisar el área de proceso y equipo que está causando el problema que comprende varios análisis especiales de las corrientes del proceso que normalmente no se muestrean.

Muchos problemas de calidad se deben a pequeñas cantidades de impurezas no descubiertas en la alimentación o productos de reacción secundaria inesperados a la entrada del proceso. El encontrar estas pequeñas impurezas es un trabajo del laboratorio y resulta extremadamente difícil.

En una planta nueva en su género no es del todo poco común la necesidad de llevar la planta a la operación plena de diseño, haciendo algunos cambios y modificaciones en las condiciones del proceso o en el equipo. Todos estos cambios, modificaciones y adiciones se deben diseñar subsecuentemente dentro de la planta. Sin embargo estos se deben limitar en alcance para hacer que la planta opere como se diseñó.

3 PRUEBAS DE PRODUCCION

Antes de poder considerar terminada la fase de arranque, es necesario llevar la planta muy cerca de las condiciones de diseño para producir el producto de especificación a la relación de diseño utilizando materias primas de la calidad especificada.

Frecuentemente, cuando se ha autorizado una planta o proceso, el que, concede la licencia o la firma de ingeniería que diseñó la planta debe realizar ciertas pruebas mientras que se opera la planta bajo su supervisión técnica.

Las condiciones de estas pruebas de garantía generalmente son - descritas claramente en el contrato, pero el método para determinar como se harán las mediciones es, generalmente por convenio - entre el representante del que concede la licencia y el personal de operación de la planta.

Luego de establecer las condiciones de producción, se debe convenir en los datos básicos que permitirán calcular estas condiciones, por ejemplo, se debe seleccionar el cuaderno de bitácora específico ó las lecturas de instrumentos que permitirán calcular la producción, así como las ecuaciones por medio de las caules - las lecturas se transforman en unidades del balance de materia y energía.

Finalmente se deben determinar los métodos para medir, analizar y verificar el inventario (calculándolo en términos del producto ó de las materias primas).

No se puede intentar una prueba de producción a menos que se hayan cumplido las siguientes precondiciones:

- A) Se ha obtenido el control de las condiciones de operación de la planta, como son todas las temperaturas, presiones, flujos, niveles y análisis que han sido razonablemente constantes o repetitivos (lo último en el caso de procesos semicontínuos).
- B) Se ha desarrollado un método para efectuar los balances de materia y energía de la producción diaria y ambos balances convergen y muestran una tendencia para acordar con los balances semanales y mensuales.
- C) Se han obtenido las especificaciones del producto constantemente.

Cuando se han cumplido todas las condiciones anteriores, se deben establecer las condiciones de operación de la marcha de producción por parte del jefe operador, quien determina el valor real, o rango de valores, para cada variable independiente de flujo.

jo, temperatura, presión, nivel, concentración período del ciclo, etc., a los cuales ha de operar la planta durante la marcha de producción. Así la planta se llevará a estas condiciones antes del arranque oficial de la marcha de producción.

4 RETROALIMENTACION DE INFORMACION.

Es importante que, durante el arranque el jefe operador escriba reportes frecuentes para describir los desarrollos y avances cronológicamente. Este registro es de particular interés para el personal de la gerencia que no se ha involucrado directamente en el arranque pero que sirvieron de instrumento en la decisión de la construcción de la planta. En caso de que se este contemplando otras plantas iguales o similares, es vital la retroalimentación de información y datos del funcionamiento real de la planta, de tal manera que se pueden incorporar las revisiones necesarias dentro de las nuevas plantas tan pronto como sea posible.

Son absolutamente necesarios los reportes claros y concisos, aún cuando quienes lo escriben esten todavía con demasiado trabajo. La preparación de estos reportes obliga al escritor (normalmente al jefe operador) a tomar una vista global del arranque. Estos reportes son los mas importantes cuando la planta se localiza lejos de la gerencia y del laboratorio de investigación o de la compañía de ingeniería responsable del arranque. La presentación clara de un problema en un reporte, con los datos oportunos proporcionados frecuentemente, pueden conducir a un diagnóstico y a una solución para, un problema para personas distantes de la planta.

El grupo de operación debe preparar un reporte completo resumido,

a la terminación del proyecto; este debe de tallar soluciones o recomendaciones, sugerencias para mejoras y observaciones del equipo o controles que funcionan particularmente bien para el beneficio de quienes lleguen a involucrarse en el diseño de futuras plantas.

Este reporte se debe entregar inmediatamente, luego de terminar el trabajo mientras que los detalles están aún frescos en la mente de cada uno.

XVI. - EJEMPLO DE APLICACION : Arranque de la Planta de nitrógeno diseñada por la Compañía Superior Air Products de Sayreville, New Jersey, -- U.S.A. para Industrias Conasupo S.A. de C.V., en Tultitlán, Edo. de México.

Esta planta tiene una capacidad para producir nitrógeno de 99.999 % mol de pureza a partir de aire, de acuerdo a las siguientes alternativas :

<u>Alternativas</u>	<u>Capacidad</u>
Nitrógeno gaseoso a 75 psig (5.3 kg/cm ²) y temperatura cercana a la ambiente	2,600 SCFH 68.7 NM ³ H
Nitrógeno gaseoso a 75 psig (5.3 kg/cm ²) y temperatura cercana a la ambiente	2,100 SCFH 55.4 NM ³ H
Nitrógeno líquido a 75 psig (5.3 kg/cm ²) subenfriado	250 SCFH 6.6 NM ³ H

La presente descripción es sólo una breve guía y referencia para el personal relacionado con la operación y mantenimiento de la planta, debido a la imposibilidad de cubrir todas las situaciones que pudieran presentarse. No se intenta dar, por medio de estas instrucciones, una información completa tanto del proceso como de cada uno de los equipos, se da como complemento a las instrucciones del fabricante de los equipos.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A. Generalidades

La obtención del nitrógeno utiliza el proceso criogénico de "Linde" de una sola columna, al expansionar mediante una válvula, aire comprimido y por el efecto Joule-Thompson que se produce, se obtienen bajas temperaturas que licúan el oxígeno y propician la separación del nitrógeno que permanece en estado gaseoso.

La planta consta de tres secciones :

- Compresión de aire
- Deshidratación y eliminación de CO_2 del aire
- Fraccionamiento del aire

La compresión del aire se realiza mediante un compresor "Joy" reciprocante de cuatro etapas, desde la presión atmosférica hasta 105 Kg/cm^2 . La finalidad de la compresión es proporcionarle al aire, la energía requerida para que se efectúe posteriormente su expansión.

La deshidratación y eliminación del CO_2 del aire, se llevan a cabo en dos recipientes cilíndricos que contienen malla molecular. La unidad purifica el aire a una presión mínima de 105 Kg/cm^2 y máxima de 211 Kg/cm^2 absorbiendo el agua y dióxido de carbono que contiene.

La razón de eliminar el agua y el CO_2 es la de evitar la formación de hidratos por las bajas temperaturas a que trabaja la sección de fraccionamiento, así como el evitar la presencia de contaminantes en el nitrógeno producto.

La sección de fraccionamiento tiene como objetivo separar el nitrógeno y oxígeno del aire. Consta de un cambiador de calor, en el cual el aire comprimido libre de humedad y dióxido de carbono se enfía para posteriormente expandirse a través de una válvula Joule-Thompson y fraccionarse en una columna de destilación. El nitrógeno gaseoso, producto es usado para ayudar a enfriar el aire que se alimenta. El oxígeno líquido se extrae de la columna, venteadose a la atmósfera en un lugar seguro.

Secado de la planta

Antes del arranque inicial, así como después de períodos largos de operación y/o períodos largos de paro, se requiere secar la planta. El secado consiste en hacer pasar aire seco caliente a través de las secciones de baja temperatura de la planta para remover cualquier humedad o dióxido de carbono que pudiera haberse acumulado.

Tiempo requerido para secado	8 Horas
Tiempo requerido hasta producir nitrógeno después del secado	12 Horas
Tiempo de operación continua sin secado	12 Meses

B. Bases de diseño

Temperatura ambiente	= 85° F (30°C)
Presión atmosférica	= 0.878 atm. absolutas (646 mm. Hg).
Humedad relativa	= 50 %
Contenido de CO ₂ en el aire	= 350 ppm máximo
Temperatura del agua de enfriamiento	= 85° F (30° C)

La planta puede operar con alta temperatura ambiente pero con una reducción en su capacidad. Por ejemplo, si la temperatura está a 120° F -- (48.9° C) se puede esperar que la capacidad de la planta se reduzca en un 10 % .

C. Requerimiento de servicios .

1. Energía Eléctrica

	Suministro	Potencia instalada	Pot. promedio operación
Motor del compresor	440v-3F-60Hz	75 HP	56 KW
Calentador de reactivación	440V-3F-60Hz	6 KW	1.2 KW
Analizador	120V-1F-60Hz	-	-
Diversos controles	120V-1F-60Hz	-	-
	TOTAL	KW	57.2

2. Agua de enfriamiento.

El agua de enfriamiento debe ser tratada y suministrarse a 25 psig - (1.8 kg/cm^2), 85° F (29.4° C) con un incremento en temperatura de 10° F (5.5° C) a un flujo de 30 GPM (114 LPM).

2. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO

El proceso se inicia en la sección de compresión donde mediante un compresor "Joy" lubricado de cuatro etapas con interenfriamiento, se succiona aire de la atmósfera haciéndose pasar a través de un filtro instalado en la tubería 8" -A-1 de succión de la máquina, para comprimirlo hasta 1500 psig (105.5 kg/cm²), indicados en el indicador de presión P1-203, de la descarga de la 4a. etapa, que es la presión requerida en condiciones normales de operación. Se cuenta con enfriadores y separadores entre cada etapa de compresión y después de la última, para drenar la humedad que se condensa y el aceite de lubricación que se arrastra. Después de la última etapa de compresión, el aire pasa a través de una batería de purga que consiste de un coalescedor para remover la humedad que se condensa y el aceite arrastrado, y de un absorbedor que sirve como cama de guarda.

El aire comprimido y saturado pasa a la sección de deshidratación y --eliminación de CO₂ la cual consiste de dos recipientes cargados con malla molecular, un calentador del nitrógeno de desecho de reactivación, sus válvulas manuales, tuberías y sus controles eléctricos. Mientras un absorbedor está en servicio con la corriente de aire de proceso, el otro está en regeneración. El aire saturado fluye ascendente mente a través de la cama de malla molecular, donde se absorben el ---agua y el dióxido de carbono. En seguida, el aire seco y sin dióxido de carbono pasa a través de un filtro para retener los polvos producidos por la atrición de la malla molecular y, por el orificio de restricción FE 208. El filtro de polvos evita el paso de material sólido a la sección de fraccionamiento que es la parte criogénica del proceso. El ---orificio de restricción evita el movimiento de las camas de malla molecular y purga la sección de deshidratación y remoción de CO₂ en la ---eventualidad de una mala operación de la planta, asimismo, asegura una presión de operación adecuada.

La reactivación de las camas de malla molecular se lleva a cabo a una presión de 2 a 4 psig (0.14 a 0.28 kg/cm²) pasando nitrógeno de desecho seco hasta un punto de rocío de -70°F (-57°C) y sin contener dióxido de carbono ni hidrocarburos. El flujo se indica en el FISL-248 y se

ajusta con la válvula V-236 o V-238, dependiendo del absorbedor que este en reactivación. El flujo recomendado es de 4" de H₂O. La reactivación se divide en dos partes, desorción y enfriamiento.

Desorción.

La desorción del agua y del dióxido de carbono se realiza con un flujo descendente de gas caliente a través de la cama. El nitrógeno de desecho que se utiliza como gas de reactivación, se calienta en el calentador eléctrico controlado termostáticamente por medio del TC-249 hasta una temperatura de 600°F (316°C) indicada en el T1-23.

Basado en el concepto de zona de transferencia de masa, la humedad y el CO₂ absorbidos en la zona del tope de la cama del recipiente donde entra el gas de reactivación, será la que se removerá primero de la malla molecular. Esta zona se extenderá gradualmente hacia abajo de manera que la humedad y el bióxido de carbono serán removidos totalmente por el gas caliente de reactivación.

De acuerdo con esto, la temperatura del gas a la salida del absorbedor permanecerá baja durante cierto tiempo. Cuando la zona de transferencia de masa se extienda casi hasta el fondo del recipiente, la temperatura del gas de regeneración a la salida se incrementará gradualmente. La desorción se completa cuando la temperatura del gas a la salida alcanza 300° F (149°C) indicada en el termómetro T1-21 instalado en la línea 1 1/2" -VN-1 de salida del gas.

El termostato de regeneración TC-249 localizado en el panel de la unidad, es activado por un bulbo sensible a la temperatura. Este termostato se debe fijar a 600°F (316°C) todas las veces que se vaya a regenerar, para controlar la temperatura del gas de reactivación que procede del calentador. Ajustando el "TIMER" se energiza el circuito del termostato. Cuando se enciende la luz piloto, indica que el calentador está funcionando. Cuando el bulbo sensor alcanza la temperatura fijada, los contactos que normalmente están cerrados, se abren. una disminución de la temperatura del gas de reactivación hace que los contactos se cierren nuevamente.

El bulbo sensor hace que los contactos se abran y se cierren durante el tiempo en que está en operación el "TIMER", manteniendo el gas de reactivación aproximadamente a una temperatura de 600°F (316°C) El termostato del aire de secado TC-250, también se localiza en el tablero de control de la unidad de secado. Mantener este termostato fijado a 212°F (100°C) todo el tiempo. Verificar que el termostato de regeneración el cual se fija a 600°F (316°C), hace que el "TIMER" esté en servicio hasta que se haya completado el secado.

El nitrógeno de desecho que se utiliza como gas de reactivación se envía a la atmósfera mediante la válvula V-237 o V-239, dependiendo del absorbedor que esté en regeneración, a través de la línea 1 1/2"-VN-1.

Enfriamiento

El enfriamiento de la cama se lleva a cabo también con gas de reactivación fluyendo hacia abajo a través de la malla molecular. Puesto que la temperatura de la cama tiene un efecto directo sobre la capacidad -- del absorbente, es conveniente enfriarla hasta 100°F (38°C) indicados en el termómetro T1-21, instalado en el tablero de control de la unidad.

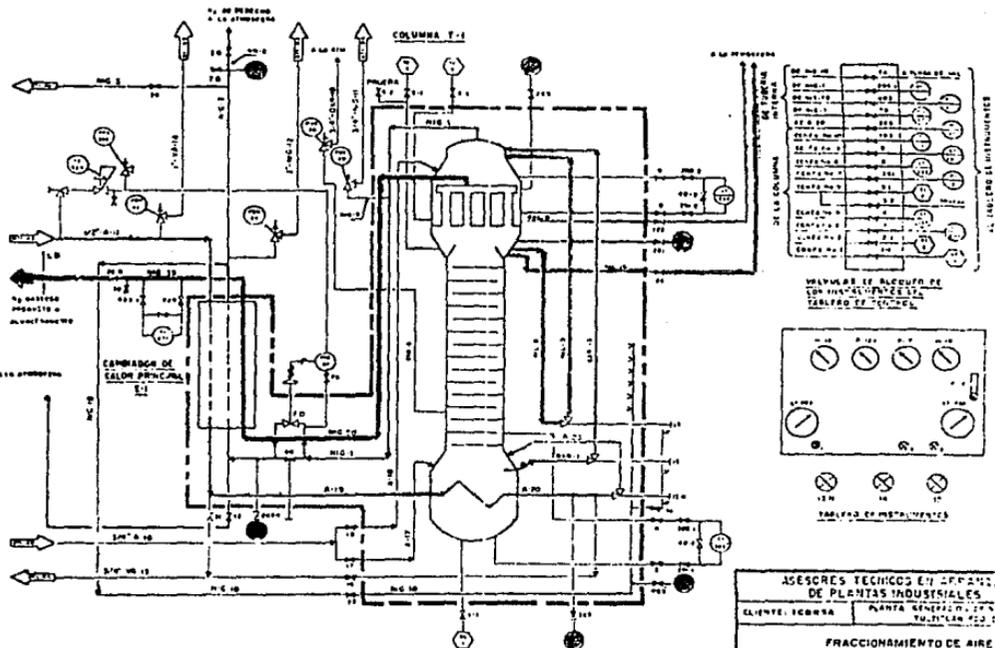
El sistema de deshidratación y remoción de CO₂, está diseñado para operar en ciclos de ocho horas y de manera que los cambios de recipientes se efectúen en forma manual, requiriéndose la intervención de un operador durante 30 minutos en el ciclo de ocho horas.

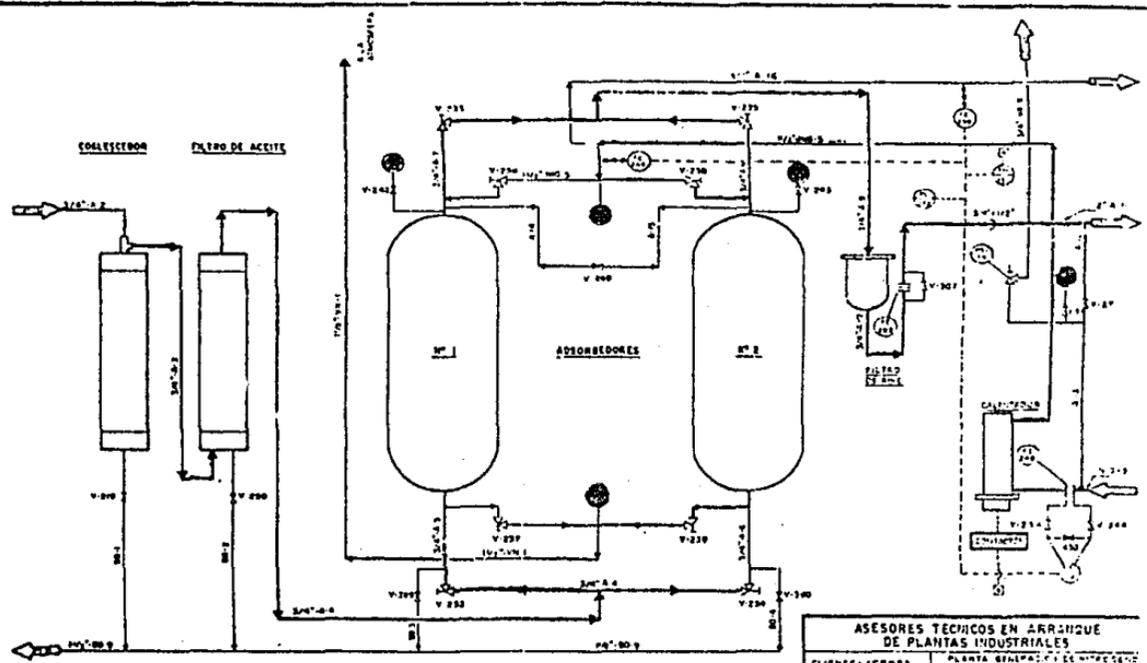
El aire comprimido limpio, seco y libre de dióxido de carbono pasa a la sección de fraccionamiento previo enfriamiento con nitrógeno producido en el cambiador de calor principal, E-1, que es del tipo de tubos en rollados. Posteriormente, el aire recibe un enfriamiento adicional al pasar a través del rehervidor interno de la columna de fraccionamiento y después se expande mediante la válvula Joule-Thompson 13N, hasta una presión de 80 psig (5.6kg/cm²) y se introduce al fondo de la columna.

El oxígeno crudo que se obtiene en el fondo de la columna, se expande mediante la válvula 15 hasta 39 psig (2.8 kg/cm²) y se introduce al condensador del domo de la columna donde provee refrigeración para condensar nitrógeno puro producto. El gas de desecho que deja el condensador

se calienta al intercambiar calor contra la corriente de aire comprimido de alta presión en el cambiador de calor principal hasta alcanzar la temperatura ambiente y se ventea a la atmósfera a través de la línea --VN-2. La presión del domo de la columna se controla mediante el PIC-67 Una parte de este nitrógeno de desecho se utiliza como anteriormente se mencionó, para regenerar la malla molecular de los absorbentes enviando se por la línea NIG-3 .

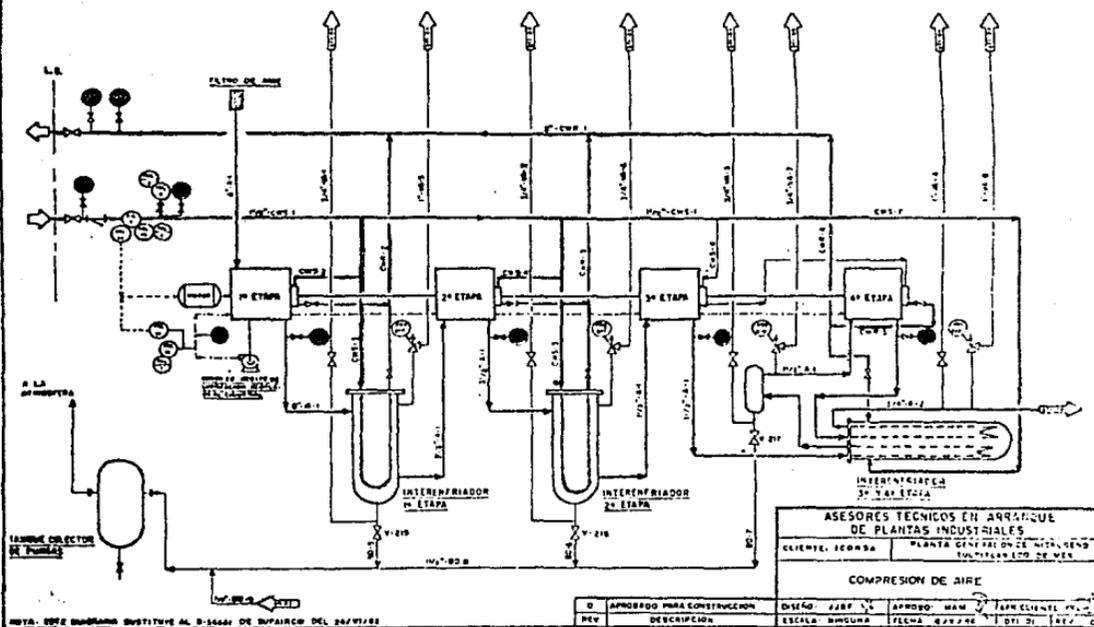
El nitrógeno puro producto sale de la parte superior del condensador --del domo de la columna y fluye por la línea NIG-50 al cambiar de calor principal en donde se calienta hasta la temperatura ambiente al intercambiar calor contra el aire comprimido de alimentación y sale de la --planta como nitrógeno gaseoso producto de alta pureza cuantificándose --su flujo en el F1-271. El sobreflujo del condensador se derrama y acc--túa como reflujos en la columna de fraccionamiento. Para proveer refrige--ración adicional una porción del nitrógeno líquido se expande a través --de la válvula 14 , enviándose a la parte superior del condensador del --domo de la columna. El nitrógeno gaseoso producto a temperatura ambien--te, se envía por diferencia de presión a su tanque de almacenamiento.





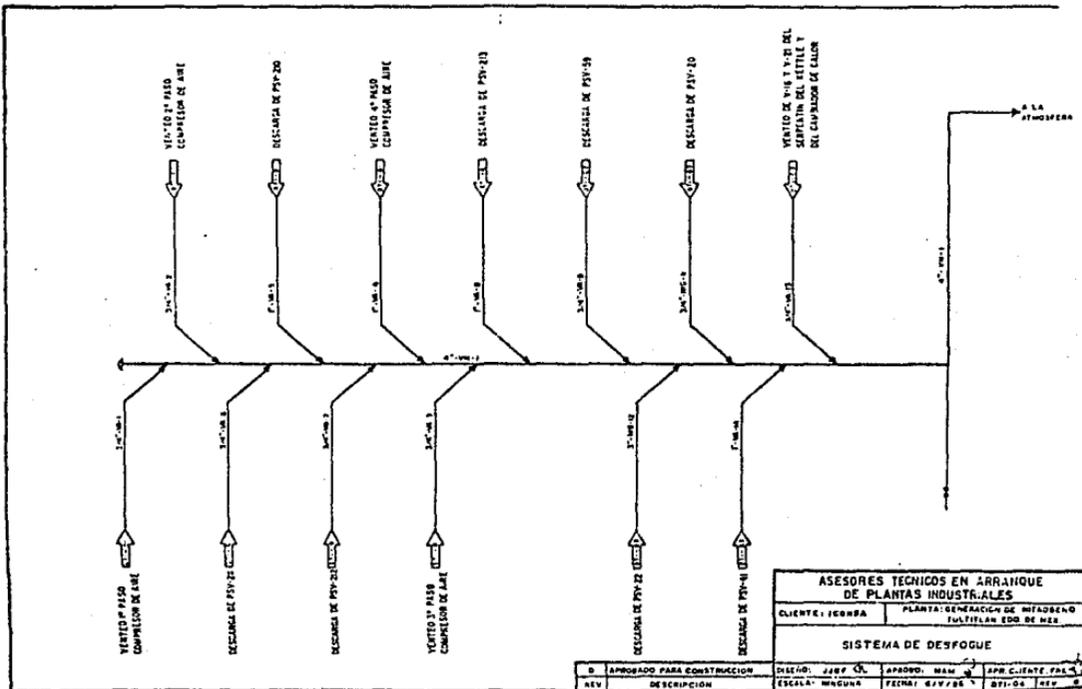
NOTA: ESTE DIAGRAMA SUSTITUYE AL S-24017 E C No 4000 DE DIBUJOS DEL 22/VI/55.

ASESORES TECNICOS EN ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES			
CLIENTE: ICBRSA		PLANTA: REFINA. P. DE COMBUSTIBLES SUTILLAN, E. M. DE H. S.	
SECADO DE AIRE Y RECUPERACION DE CO₂			
5	APROBADO PARA CONSTRUCCION	DISEÑO: J. J. B. G.	APROBADO: M. E. M.
REV	DESCRIPCION	ESCALA: NINGUNA	FECHA: 07/12/55



NOTA: ESTE DIAGRAMA SUSTITUYE AL B-5666 DE SUPLENIR DEL 24/VI/82

ASESORES TÉCNICOS EN ARMAQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES			
CLIENTE: SEDISA		PLANTA CENTRAL DE INYECTORES SULFATADOS DE VER	
COMPRESION DE AIRE			
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	DISÑO	JEF
REV	DESCRIPCION	APROBADO	MAN
		ESCALA	1/2" = 1'
		FECHA	24/VI/82
		DI	21
		REV	C

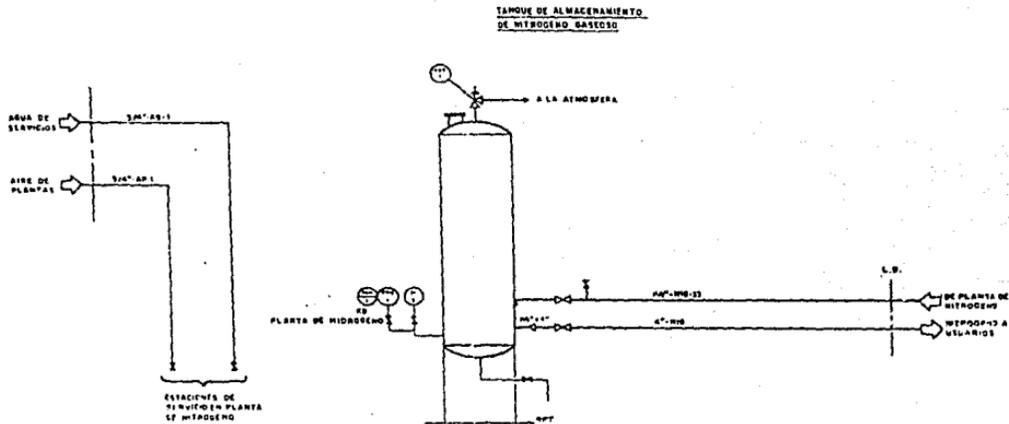


ASESORES TECNICOS EN ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES

CLIENTE: ICOMPA PLANTA: GENERACION DE METANO EN FUSILAN EDD. DE H2O

SISTEMA DE DESFOQUE

0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	DIEN: J. J. G.	APROV: MAN. G.	PAR CLIENTE FAL.
REV	DESCRIPCION	ESCALA: NINGUNA	FECHA: 8/1/78	271-04 1REV. 5



ASESORES TÉCNICOS EN ARRANQUE DE PLANTAS INDUSTRIALES			
CLIENTE: ICBNBA	PLANTA GENERACIÓN DE NITRÓGENO TULITÁN 100 CE WEG		
SERVICIOS AUXILIARES Y ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE NITRÓGENO			
0	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	DISEÑO: JMBP	APROBADO: MA
REV	DESCRIPCIÓN	ESCALA: NINGUNA	FECHA: 8/29/2004
			API CLIENTE: 47

3. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE

A. Compresión de aire

A.1 Arranque del compresor

Lea y siga las instrucciones dadas en el manual de operación del compresor proporcionado por el fabricante "Joy".

A.2 Antes de poner el compresor en operación, por primera vez, se recomienda seguir el procedimiento de limpieza que a continuación se delinea :

A.2.1 Retirar todas las válvulas y limpiar el aceite de preservación que contienen. Para prevenir la entrada de polvo colocar las tapas de las válvulas y apretar sus tuercas sin usar herramienta .

A.2.2 Llenar el depósito de aceite del cigüeñal con la cantidad apropiada de aceite SAE-30 o SAE-40 , hasta que aparezca en el vidrio de nivel.

A.2.3 Trabajar el compresor sin carga por un periodo de cuatro (4) horas. Incrementar la alimentación de aceite lubricante al máximo e inundar los cilindros para disolver y drenar el aceite Diamante "N" usado como conservador.

A.2.4 Instalar las válvulas del primer paso únicamente y sin colocar las válvulas de los demás pasos, trabajar el compresor durante 15 minutos aproximadamente para permitir que cualquier suciedad que exista sea soplada hacia afuera a través de las cámaras abiertas de las válvulas que no están instaladas.

A.2.5 Instalar las válvulas del 2º paso, y repetir el procedimiento anterior hasta que todas las válvulas se hayan instalado.

A.2.6 Después de que se hayan instalado todas las válvulas, trabajar el compresor entre 15 y 30 min. a baja presión para permitir que el operador verifique la operación del mismo, es decir, si existen fugas, ruidos extraños , etc.

Incrementar gradualmente la presión de descarga a su valor de operación normal, 105 kg/cm^2 , y si todo está correcto después de la inspección, el compresor está listo para entrar en servicio.

A.2.7 Ajustar el goteo de aceite de lubricación a los cilindros. Referirse al manual del fabricante.

RELACION DE LUBRICACION

Lubricador	Goteo / mín.	Servicio
No. 1	15	Cilindro 1er. paso
No. 2	5	Cilindro 2° Paso
No. 3	10	Vástago 1er. y 2° paso
No. 4	4	Vástago 3° y 4° paso
No. 5	5	Cilindro 3° y 4° paso

La presión del aceite de lubricación debe ser 40 psig. (2.8 kg/cm²).

A.2.8 Después de 36 y 500 horas de operación normal parar el compresor y drenarle el aceite del carter, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

A.2.9 Llenar con aceite nuevo el carter del compresor. El aceite drenado puede usarse nuevamente. Sin embargo, debe filtrarse en su totalidad para asegurar que se elimine cualquier suciedad o material extraño.

Una vez que se ha llevado a cabo la inspección y limpieza del compresor verificar que las válvulas de drene V-215, V-216, V-217 y V-219 así como las válvulas de venteo de la descarga de la primera a la cuarta etapa estén totalmente abiertas. En seguida accionar la palanca del arrancador eléctrico, sosteniéndola aproximadamente 10 seg. para que el compresor alcance su máxima velocidad. Verificar que la presión de aceite de lubricación indicada en el P1-1a es de 40 psig. (2.8 kg/cm²). Ajustar el agua de enfriamiento al compresor mediante el FIC-1 de manera de proporcionarle un flujo de 30 GPM (114 LPM) y una presión de 25 a 28 psig (1.8 a 2.0 kg/cm²). Verificar que el agua de enfriamiento que sale tanto de los interenfriadores como de las camisas de cada etapa esté aproximadamente a la misma temperatura. El agua de las camisas de los cilindros debe salir tibia al tacto. El ajuste fino del flujo de agua se debe realizar con las válvulas de bloqueo individuales de descarga tanto de interenfriadores como de camisas.

Cerrar las válvulas de drene en el siguiente orden: Primero la V-215, en seguida la V-216 y por último la V-217; cerrar las válvulas de venteo de la descarga de la 1^a, 2^a y 3^a etapas, en este orden. En seguida ir cerrando paulatinamente la válvula V-219 de drene del coalescedor e inmediatamente comenzar a cerrar la válvula de venteo de la descarga de la 4^a etapa del compresor hasta alcanzar las siguientes condiciones

de presión: P1-200=3.45kg/cm²; P1-201=21.0kg/cm²; P1-202=54.0kg/cm² y P1-203=105kg/cm². Estos valores de presión corresponden a las condiciones normales de operación de la máquina en la descarga de la 1a. a la 4a. etapa respectivamente, y el aire se está venteando a la atmósfera a través de la línea 1"-VA-4 de venteo de la 4a. etapa que se conecta a la línea 4"-VN-1 que es el cabezal del sistema de desfogue.

B. Deshidratación y eliminación del CO₂ del aire.

B.1 Regeneración inicial de la malla molecular.

Como actividad previa al arranque de la sección de deshidratación y eliminación del CO₂ del aire, siempre es necesario reactivar la malla molecular de los recipientes, mediante un flujo de aire caliente (1316°C) y a baja presión (10 cm de H₂O) para llevar a cabo la desorción de la humedad y el CO₂. Esto permitirá la limpieza de los dos absorbedores, -- antes de iniciar la alimentación del aire a la sección de fraccionamiento y poder tener una operación confiable y segura.

En consecuencia se requiere poroceder como a continuación se indica:

En la presente descripción se considera que el recipiente No. 1, está-- alineado en servicio normal de absorción, por lo que se regenerará primeramente el recipiente No. 2, referirse a los DTI's-02 y 03.

Paso No. 1. Abrir las válvulas: V-233 de bloqueo de la salida de aire del recipiente # 1, V-238 y V-239 de bloqueo de entrada y salida de nitrógeno de regeneración del recipiente # 2, alinear para operación los manómetros P1-240 y P1-241 abriendo sus válvulas V-242 y V-243 respectivamente.

Cerrar las válvulas: V-234 y 235 bloques de entrada y salida de aire del recipiente # 2, V-236 y V-237 bloques de entrada y -- salida de nitrógeno de regeneración del recipiente # 1, las válvulas de despresionamiento V-389 del recipiente # 1 y la V-390 del recipiente # 2, por último, verificar que también esté cerrada la válvula V-269 de -- igualación de presión entre los dos recipientes. Esto divide la unidad de secado en un circuito con flujo ascendente de aire de proceso a través del recipiente # 1 y un circuito con flujo descendente de aire de reactivación a través del recipiente No. 2.

Paso No. 2. Cerrar la válvula de expansión 13N, localizada en el tablero de control de la columna de fraccionamiento.

Verificar que se encuentren perfectamente cerradas las válvulas 16 y 21 de drene del serpentín del fondo de la columna y drene del cambiador de calor principal respectivamente.

De igual manera, las válvulas 17 y 18 para secado, durante la operación de deshielo de fondo y domo de la columna, deben estar perfectamente cerradas. Alinear el indicador de flujo FISL-248, para lo cual es necesario abrir sus válvulas de bloqueo V-244 y V-244-1. Mantener cerrada la válvula V-307 de "bypass" del orificio de restricción FE-208.

Paso No. 3. Despegar la válvula V-232 de entrada de aire al recipiente No. 1, abriría totalmente en forma lenta y mantener una presión de 25 kg/cm², indicados en el PI-240 al ir cerrando la válvula V-219 de purga del coalescedor. Con esto el aire de proceso fluirá lentamente al recipiente.

Paso No. 4. Abrir la válvula V-27 de secado a alta presión, para permitir un flujo de aire de 4" (10cm) de H₂O de diferencial, mostrados en el indicador de flujo FISL-248. Dejar pasar el tiempo suficiente para asegurar que se estabilizó el flujo de aire para reactivación, pasando por el calentador eléctrico de gas de reactivación, de la malla molecular del recipiente No. 2 y venteadóndose a la atmósfera a través de la línea 1 ¡" - VN-1.

Paso No. 5. Fijar el controlador de temperatura para reactivos TC-249 en 600 °F (316 °C) y el controlador de temperatura para secado TC-250 en 212 °F (100 °C). En seguida encender el calentador de gas de reactivación al girar la perilla del "Timer" en el sentido contrario a las manecillas del reloj hasta la marca número 3, esto permitirá tres horas de calentamiento para absorción de la humedad y el CO₂ de la malla molecular. Hecho esto, se debe encender la luz roja del piloto del "Timer" y la luz amarilla del contacto del calentador eléctrico, indicando que ambos están en operación.

La reactividad de la malla molecular se completará cuando la temperatura del aire de reactivación indicada en el TI-21, localizado en la línea 1 ¡" - VN-1, alcance justamente 300 °F (149 °C). Esta temperatura normalmente llega a su máximo después de que el calentador ha sido apagado, debido al calor almacenado en el recipiente que contiene la malla molecular.

Paso No. 6 Después de las tres horas y de que el aire de reactivación alcance 300° F (149° C) indicados en el T1-21, el "Tóner" deberá haber -- terminado su ciclo lo cual se indica al apagarse la luz roja del piloto. También debe apagarse la luz ambar del contactor del calentador -- indicando con esto que el calentador queda fuera de operación.

En seguida girar hasta posición "Off" las perillas de los termostatos TC-249 y TC -250, y sin hacer ningún cambio en las válvulas, dejar que la malla molecular se enfríe con el mismo flujo de aire hasta 100° F - (38° C) indicados en el T1-21. La temperatura disminuirá gradualmente y tomará tres horas esta etapa de enfriamiento.

Después de que la malla molecular del recipiente No. 2 se haya reactivado, debe continuarse con la reactivación de la del recipiente No. 1 para lo cual es necesario proseguir como a continuación se describe:

Paso No. 7 Cerrar las válvulas V-238 y V-239 de bloqueo de entrada y salida de nitrógeno de regeneración del recipiente No. 2 Alinear el manómetro P-241 abriendo su válvula de bloqueo V-245. En seguida abrir la válvula V-269 de igualación para presionar el recipiente No. 2 Al realizar esta operación el flujo de 4" (10 cm) de H_2O indicado en el -- FISL-248 caerá.

Paso No. 8 Abrir totalmente las válvulas V-234 y V-235 de bloqueo de entrada y salida de aire del recipiente No. 2, cerrar la válvula V-269 de igualación de presión.

Paso No. 9 Cerrar las válvulas V-232 y V-233 de bloqueo de entrada y salida de aire de proceso del recipiente No. 1 Abrir las válvulas V-236 y V-237 de bloqueo de entrada y salida de nitrógeno de regeneración -- del recipiente No. 1 Hecho esto se restablecerá el flujo de aire para reactivación de 4" (10 cm) de H_2O de diferencial mostrados en el -- indicador de flujo FISL-248. Permitir que se establezca el flujo -- de aire antes de que se encienda el calentador eléctrico de reactivación. A partir de este momento, continuar con los pasos No. 5 y No. 6 Con estos movimientos se divide la unidad de secado en un circuito -- con flujo ascendente de aire de proceso a través del absorbedor No. 2 y un circuito con flujo descendente de aire de reactivación a través del absorbedor No. 1

Ajuste del periodo de calentamiento durante el ciclo de regeneración.

El tiempo durante el cual el calentador de reactivación es usado para calentar la malla molecular es crítico. Es importante seguir cuidadosamente el procedimiento de lo contrario los periodos de calentamiento y enfriamiento se prolongarán, originando que el tiempo entre cambios de deshidratadores sea excesivo. Para evitar rebasar la temperatura del gas a la salida del calentador por arriba de los 300° F.

(149° C) el calentador debe de apagarse algunas veces antes de que alcance esta temperatura. De manera que la posición exacta de la perilla del "Timer" podrá únicamente determinarse por experiencia. Comenzar fijando un tiempo de (3) tres horas y gradualmente deducirlo en los ciclos sucesivos de cambio hasta que la temperatura de salida del gas alcance justamente 300° F (149° C).

B.2 Puesta en servicio de la Unidad de Deshidratación y Eliminación de CO₂ del aire.

Una vez regenerada la malla molecular de la Unidad de Deshidratación y eliminación de CO₂ del aire, como se describe en el apartado B.1, está en condiciones de entrar en servicio, para lo cual, es necesario proceder con la alineación de los deshidratadores considerando que el recipiente No. 1 entrará en servicio normal de absorción y el No.2 quedará alineado para regenerar su malla molecular. De acuerdo con esto, las válvulas deben actuarse conforme a la siguiente secuencia: Referirse a los DTI's-02 y 03.

Paso No. 1 Abrir las válvulas : V-233 de bloqueo de la salida de aire del recipiente No. 1, V-238 y V-239 de bloqueo de entrada y salida de nitrógeno de regeneración del recipiente No. 2.

Alinear para operación los manómetros P1-240 y P1-241 abriendo sus válvulas V-242 y V-243, respectivamente.

Cerrar las válvulas : V-234 y V-235 bloques de entrada y salida de aire del recipiente No. 2, V-236 y V-237 bloques de entrada y salida de nitrógeno del recipiente No. 1, V-389 de depresionamiento del recipiente No. 1 y V-390 de depresionamiento del recipiente No. 2 Por

último , verificar que también esté cerrada la válvula V-269 de igualación de presión entre los dos recipientes. Esto divide la unidad de secado en un circuito con flujo ascendente de aire de proceso a través del recipiente No. 1 y un circuito con flujo descendente de nitrógeno de reactivación a través del recipiente No. 2.

Paso No. 2 Cerrar la válvula de expansión 13N localizada en el tablero de control de la columna de fraccionamiento. Verificar que se encuentren perfectamente cerradas las válvulas 16 y 21 de drenaje del serpentín del fondo de la columna y drenaje del cambiador de calor principal E-1, respectivamente. De igual manera, las válvulas 17 y 18 para secado durante la operación de deshielo del fondo y domo de la columna y la V-27 de secado a alta presión, deben estar perfectamente cerradas.

Paso No. 3 Despegar la válvula V-252 de entrada de aire al recipiente No. 1 y presionarlo a 2000 psig (140 kg/cm²) indicados en el PI-240, al ir cerrando la válvula V-219 de purga del coalescedor. Con esto, el aire de proceso fluirá lentamente a través del recipiente No. 1 hasta alcanzar la presión requerida. Esta operación debe realizarse en un tiempo de 30 min. para evitar presionamientos súbitos que sometan a esfuerzos innecesarios al metal del recipiente. Debe alinearse el manómetro PI-12 localizado en el tablero de instrumentos de la columna de fraccionamiento, para lo cual se requiere abrir su válvula de bloqueo 265. En este manómetro se indicará la presión de 2000 psig (140 kg/cm²) a que se tiene operando el sistema.

Con estas operaciones que se han efectuado, queda en servicio la unidad de deshidratación y eliminación del CO₂ del aire, venteadose el aire por la válvula V-219 de drenaje del coalescedor y en espera de que se prepare la sección de fraccionamiento para su arranque.

En cuanto entre en servicio la sección de fraccionamiento, abrir totalmente la válvula 28 de bloqueo del nitrógeno de desecho para reactivación de la malla molecular de los absorbedores y ajustar la válvula 26 de bloqueo de descarga del nitrógeno de desecho a la atmósfera para propiciar un flujo de 4" (10 cm) de H₂O de diferencial mostrados en el indicador de flujo FISI-248. En seguida, fijar el controlador de tem

peratura para reactivación TC-249 en 600° F (316° C) y el controlador de temperatura para secado TC-250 en 212° F (100°C) en seguida encender el calentador de gas de reactivación al girar la perilla del "Timer" en el sentido contrario a las manecillas del reloj hasta la marca no. 3 esto permitirá tres horas de calentamiento para desorción de la humedad y del CO₂ de la malla molecular. Hecho esto, se deben encender la luz roja del piloto del "Timer" y la luz ambar del contacto del calentador eléctrico, indicando que ambos están en operación.

La reactivación de la malla molecular se completará cuando la temperatura del aire de reactivación indicada en el T1-21, localizada en la línea 1 1/2" - VN-1, alcance justamente 300°F (149° C). Esta temperatura normalmente llega a su máximo después de que el calentador ha sido apagado debido al calor almacenado en el recipiente que contiene la malla molecular.

Después del calentamiento y sin hacer ningún movimiento en las válvulas de la unidad de deshidratación y eliminación del CO₂, dejar que la malla molecular se enfríe con el mismo flujo de nitrógeno de desecho hasta 100° F (38° C) indicados en el T1-21. La temperatura disminuirá gradualmente y en un lapso de tres horas se terminará la etapa de enfriamiento.

C. Fraccionamiento del aire.

C.1 Secado y preparación para el arranque.

Como actividad previa al arranque de la sección de fraccionamiento, es necesario secarla ya que durante su operación normal esta sección trabaja a bajas temperaturas.

El propósito del presente procedimiento es llevar la columna de fraccionamiento a unos cuantos grados de temperatura por arriba de la temperatura ambiente y al mismo tiempo, purgarla con aire tibio relativamente seco y libre de aceite para remover la humedad y los contaminantes que pueda contener. Para hacer esto, los componentes de la columna que trabajan a baja presión son los primeros que se calientan y purgan, después se purga el circuito de alta presión. Esto último es esencial para el cambiador de calor y el serpentín de calentamiento de la columna.

Para efectuar el secado de la columna de fraccionamiento acondicionarla de la siguiente manera :

a) Válvula de expansión

Abierta: V-14 y V-15 (4 vueltas)

Cerrada : V-13N

b) Tablero de instrumentos

Abierta : V-1, V-2 y V-5

Cerrada : V-48-1 y V-48-2

c) Válvulas de bloqueo de los instrumentos del tablero

Abierta : V-1-1, V-2-1, V-3 , V-4 , V-5-1, V-261, V-263, V-265, - -
V-403, V-8 , V-9, V-74 , V-263-1 y V-75.

Cerrada : Ninguna.

d) Circuito de nitrógeno de baja presión.

Abierta : V-26 , V-52, V-68 , V-30 , PV-67 y V-25 N.

Cerrada : Ninguna

e) Drene de Líquido

Abierta : V-122 y V-86

Cerrada : Ninguna

f) Circuito de calentamiento para secado

Abierta : V-17 , y V-18

Cerrada : V-28

Una vez que la columna haya quedado acondicionada, abrir con precaución la válvula V-27 para permitir el flujo de aire hacia la parte superior e inferior de la columna a través de las válvulas V-18 y V-17 , respectivamente. Regular la cantidad de aire con la válvula V-27 para mantener una presión menor de 60 psig (4.0 kg/cm²) en la parte media de la columna , indicada en el PI-7 . Después de ajustar la válvula V-27 deben abrirse ligeramente la válvula V-16 para soplado del serpentín de

alta presión de la columna y la válvula V-21 para soplado del cambiador principal E-1 . Debe tenerse cuidado cuando se abran estas válvulas ya que son purgas de alta presión.

Logrado lo anterior, inmediatamente poner en servicio el calentador de gas de regeneración, para lo cual, fijar el controlador de temperatura para secado TC-250 en 212° F (100° C) . El controlador de temperatura para reactivación de la malla molecular TC-249 puede permanecer ajustado a 600° F (316° C) ya que en este caso existe un control de sobre dominio del termostato del TC-250 sobre el termostato del TC-249. Iniciar el calentamiento girando la perilla del "Timer" en el sentido contrario a las manecillas del reloj hasta fijar un periodo de tres horas.

Mantener el calentador operando hasta que en todas las salidas el aire alcance de 120 a 150° F (49 a 65° C), o hasta que el aire alcance una temperatura de 20° F (11° C) por arriba de la temperatura ambiente en el T1-89 que se encuentra instalado en la línea de salida del nitrógeno de desecho. Poco antes de terminar con el secado, soplar todas las líneas de los instrumentos que provienen de la caja fría (gabinete), desecando despues de la válvula de bloqueo de cada instrumento .

Reconectar éstas líneas despues de haber terminado el secado.

Poner fuera de operación el calentador de gas de regeneración girando la perilla del "Timer", en el sentido de las manecillas del reloj hasta la posición "Off".

Cerrar la válvula de deshielo V-27 , la válvula V-16 de soplado del serpentín de la columna y la válvula V-21 de soplado del cambiador de calor principal E-1. Subir la presión hasta 2500 psig (176 kg/cm²) indicada en el P1-12 .

Abrir lentamente la válvula V-16 de soplado del serpentín de la columna y cerrarla. Repetir esta operación hasta que el aire se sienta seco.

Hacer esto mismo para el cambiador de calor principal E-1 abriendo la válvula V-21. Alternar este procedimiento a intervalos de 5 minutos entre las válvulas V-16 y V-21 , durante 30 minutos.

Cuando se sienta seco el aire que sale por las válvulas 16 y 21, el secado está terminado.

Al término del secado, todas las válvulas por donde se purgó la columna deberán cerrarse perfectamente.

C.2 Puesta en servicio

Para poner en servicio la sección de fraccionamiento, verificar que las válvulas e instrumentación asociadas a sus equipos se alinien de la siguiente manera :

Referirse a los DTI's 02, 03, 05 .

Paso No. 1 La válvula de expansión de aire V-13N Debe estar cerrada , abrir cuatro (4) vueltas las válvulas V-14 y V-15 de expansión de nitrógeno y expansión de oxígeno , respectivamente.

Paso No. 2 Abrir la válvula 26 de bloqueo de descarga de nitrógeno de desecho a la atmósfera y la válvula 28 de bloqueo de nitrógeno de desecho para reactivación de la malla molecular de los absorbedores, de manera propi cia un flujo de 4" (10 cm) de H₂O de diferencial a través del indicador de flujo F1SL-248. Referirse al Apdo. B.2 para mayores detalles . La válvula 78 de muestreo de gas de desecho, así como la válvula 73 para secado de la fibra de vidrio del interior del gabinete, deberán estar cerradas.

Paso No. 3 Abrir totalmente la válvula de control de presión del condensador PV-67 , para lo cual se requiere previamente suministrarle aire a la válvula PV-67 de la siguiente manera: abrir lentamente la válvula de -- aguja de bloqueo del controlador de presión PC-324 hasta obtener 1500 -- psig (105 kg/cm²) indicados en el manómetro localizado antes del mismo, enseguida ajustar el PC-324 de manera que a la salida del mismo se tenga una presión de 100 psig (7 kg/cm²) como señal de aire al filtro regulador "Cashco" del controlador indicador de presión PIC-67 . Con dicho regulador ajustar la presión del suministro de aire al controlador PIC-67 , en 20 psig (1.4 kg/cm²). para proporcionar la señal de 3 a 15 -- psig de aire a la válvula automática, girar el tornillo de ajuste de dicho controlador en el sentido de las manecillas del reloj para incrementar la presión hasta el valor deseado.

Debe abrirse la válvula 68 de "bypass" de la PV-67.

Paso No. 4 Verificar las conexiones de todos los manómetros para asegurarse que no haya fugas. Abrir todas las válvulas de bloqueo de los instrumentos del tablero, abrir las válvulas de bloqueo 288-1 y 291-1 del indicador de nivel de oxígeno crudo LI-285, su válvula de "bypass" 48-1 debe estar cerrada; abrir las válvulas de bloqueo 288-2 y 291-2 del indicador de nivel de oxígeno puro LI-286, su válvula de "bypass" 48-2 debe estar cerrada. Con estas acciones quedarán alineados para operación -- los indicadores de presión PI-7, PI-10, PI-10-1 y PI-12.

Paso No. 5 Verificar que las siguientes válvulas se encuentren perfectamente cerradas. La 122 de drenaje de oxígeno líquido, la 17 y 18 para secado -- del fondo y domo de la columna, la 16 para soplado del serpentín de la columna, la 21 para soplado del cambiador principal de la columna, la 1-1 de muestreo de oxígeno crudo, la 2-1 de muestreo de oxígeno puro la 5-1 y 5-2 de muestreo y prueba de nitrógeno líquido y la 86 de extracción de nitrógeno líquido.

Paso No. 6 Alinear el circuito de nitrógeno producto hacia almacenamiento -- abriendo las válvulas 429 y 429-1, a fin de tener indicación del flujo del nitrógeno producido en el FI-271, su válvula de "by-pass" debe estar cerrada. La válvula de bloqueo de nitrógeno gaseoso producto 25-N deberá estar totalmente abierta para permitir libre flujo de nitrógeno hacia el tanque.

Por otro lado, deberá permanecer cerrada la válvula de admisión de nitrógeno al tanque de almacenamiento y abierta la de venteo en el extremo del cabezal para enviar el nitrógeno a la atmósfera en tanto no se logre su especificación de pureza de 99.999% vol.

Paso No. 7 En estas condiciones y con una presión de 2500 psig (176 kg/cm²) indicados en el PI-12, abrir lentamente la válvula de expansión de aire 13-N. Observar constantemente los manómetros de las secciones de baja presión PI-7, PI-10 y PI-10-1, para evitar sobrepresionamientos. Asimismo, deberá observarse el manómetro de alta presión PI-12 durante este período de arranque de la columna ya que la presión tenderá a disminuir, por lo que es necesario ir cerrando la válvula de drenaje 219 de

- purga del coalescedor a fin de restituir la presión de 2500 psig - - (176 Kg/cm²). En cuanto se recupere la presión, abrir un poco más - la válvula de expansión 13-N y permitir que el sistema se estabilice. Repetir esta operación hasta lograr cerrar totalmente la válvula de purga 219.

Paso No. 8 Logradas las condiciones anteriores, después de 2 ó 3 horas se comenzará a observar nivel de líquido en el indicador de nivel LI-285 lo que significa que empieza a subir el nivel de oxígeno crudo en el fondo de la columna. El nivel subirá hasta alcanzar aproximadamente 10" (25.4 cm) y permanecerá estático. Este nivel es muy próximo al nivel de operación normal después de que la válvula 15 de expansión de oxígeno rico esté en su posición normal de operación.

Paso No. 9 Después de otras 2 ó 3 horas más de operación, el indicador de nivel 286 de oxígeno puro comenzará a subir; cuando alcance de 12 a 24 pulg. (30,5 a 60 cm.), cerrar la válvula 15 de expansión de oxígeno crudo hasta dejarla abierta 2 vueltas, y la válvula 14 de expansión de nitrógeno hasta dejarla abierta 1/2 vuelta.

Precaución: Cuando se ajusten las válvulas 14 y 15 se recomienda se haga lentamente, digamos 1/4 de vuelta y esperar unos 15 minutos para que reaccione el sistema. Si las válvulas se ajustan muy rápido - la operación de la columna se descontrolará. Sin embargo, la experiencia será la que determine el rango de ajuste y el período requerido para no desestabilizar la operación de la columna.

Paso No. 10 Continuar cerrando la válvula 14 de expansión de nitrógeno -- hasta cerrarla totalmente. Esta válvula debe estar en la posición - cerrada durante la operación normal para poder alcanzar la pureza del nitrógeno.

Paso No. 11 Después de haber cerrado la válvula 14 de expansión de nitrógeno, continuar con el cierre de la válvula 15 hasta que el nivel de oxígeno crudo indicado en el LI-286 comience a subir. En este momento, abrir ligeramente la válvula 15 de expansión de oxígeno para -- evitar que continúe subiendo el nivel.

Precaución: Cada vez que se hagan ajustes con la válvula 15 de expansión de oxígeno, deberá tenerse cuidado de no sobrepresionar la parte media de la torre, por lo cual se deberá observar constantemente

el manómetro PI-7 manteniendo una presión de 80 psig (5.6 kg/cm²) - El propósito de la válvula de control de presión PV-67 es mantener una presión constante en el como de la columna misma que se indica en el PI-10 y por lo tanto, una presión constante en la parte baja de la columna como se indica en el manómetro PI-7.

Paso No. 12 Incrementar la presión en el domo de la columna hasta 30 -- psig (2.1 kg/cm²), indicados en el manómetro PI-10, cerrando primeramente y en forma gradual la válvula 68 de "bypass" de la PV-67. Fijar la abertura de la válvula de control PV-67 para seguir manteniendo las 30 psig (2.1 kg/cm²) en la parte superior de la columna mediante ajustes del controlador de presión PIC-67 en conjunto con los de la válvula 68 de "by-pass". Cuando la columna se haya enfriado totalmente, será posible cerrar completamente la válvula 68 de "by-pass" y controlar la presión de 30 psig (2.1 kg/cm²) usando únicamente el controlador PIC-67.

Paso No. 13 Abrir las válvulas 73 y 74 de secado de la lana mineral y de los vástagos de las válvulas de expansión, respectivamente.

Cumplido lo anterior y después de 12 horas aproximadamente de iniciado el arranque, se comenzará a obtener el nitrógeno producto dentro de la especificación de diseño, por lo que será necesario poner en operación el analizador para determinar la cantidad de oxígeno - contaminante. Lograda la pureza de 99.999 % Mo1. del nitrógeno producto, alinearle al tanque de almacenamiento, para lo cual será necesario abrir la válvula de entrada y cerrar la válvula de venteo en el extremo del cabezal.

4. OPERACION NORMAL

Durante la operación normal de la planta deberán observarse cuidadosamente las condiciones de operación de los equipos de las tres secciones que la componen, a fin de asegurar su correcto funcionamiento, el evitarles daños y/o propiciar situaciones peligrosas y a la vez, garantizar la pureza del nitrógeno producto. Las condiciones de operación se deberán registrar en el formato anexo con la frecuencia que ahí se indica.

Sección de compresión de aire

Se deberá tener un cuidado especial con la operación del compresor de aire por lo que, es necesario inspeccionar en forma rutinaria los siguientes aspectos :

1. Que los valores de presión, flujo, temperatura tanto del aire de proceso como del aceite de lubricación y del agua de enfriamiento sean los indicados en la "Hoja de registro de datos de operación "
2. Que el nivel de aceite del carter del depósito de los lubricadores y de los lubricadores mismos sea el adecuado.
3. Que no exista calentamiento excesivo en el aceite de lubricación .
4. Que no se escuchen ruidos anormales en ninguna de las válvulas del compresor.
5. Que no existan fugas de aire, agua o aceite.
6. Que no se trabaje con exceso de condensados en los enfriadores de interetapas .
7. Que no existan calentamientos anormales en ninguna de las partes del compresor.
8. Que las bandas del motor tengan la tensión correcta.
9. Que el amperaje de carga del motor sea el indicado en la placa.

10. Que el motor no presente calentamientos o vibraciones excesivos, etc.

Sección de secado y remoción de CO₂

Las condiciones normales de operación son las que se indican en la "hoja de registro de datos de operación".

En la siguiente gráfica se indican las diferentes etapas y su duración por las que pasa cada uno de los absorbedores. Es importante que se cumplan todas y cada una de ellas, aunque su duración podrá ser ajustada en función de la experiencia. Cuidar de no prolongar demasiado la etapa de calentamiento ya que a su vez se prolongará la etapa de enfriamiento. Ocasionando que el tiempo entre cambios también sea excesivo.

Sección de Fraccionamiento

Las condiciones normales de operación de esta sección son las que se indican en la "Hoja de registro de datos de operación"

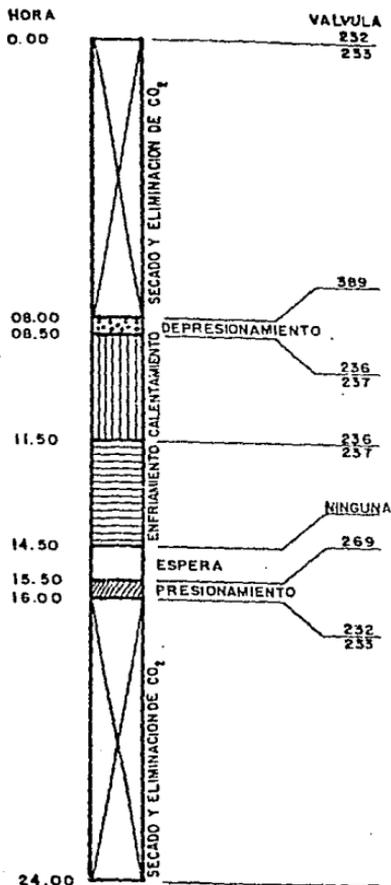
Vigile de manera especial las presiones en la columna cuando se hacen los cambios de los deshidratadores de la sección de secado.

Debe tenerse especial cuidado cuando se efectúen ajustes con las válvulas de expansión V-13N, V-14 y V-15. Se recomienda que se hagan lentamente, es decir 1/4 de vuelta y esperar 15 minutos para que el sistema reaccione. Esto debe ser, ya que si los ajustes se realizan muy rápidamente se descontrola la operación de la columna.

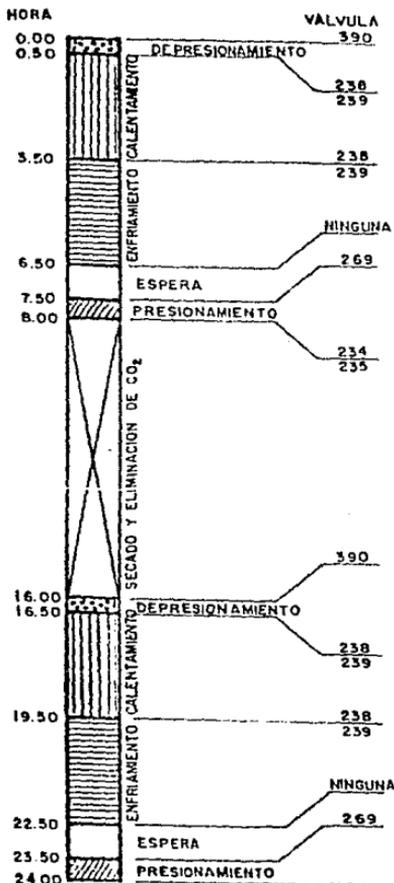
Por otro lado, con un 60% de abertura de una vuelta en la válvula V-13N, se logra mantener los 105 kg/cm² (1500 psig) en el indicador de presión PI-12.

VALVULAS DE LA UNIDAD DE SECADO Y REMOCION DE CO₂

RECIPIENTE N° 1



RECIPIENTE N°2



NOTA:

SOLO SE INDICAN LAS VALVULAS QUE SE DEBEN ABRIR AL INICIO DE CADA ETAPA, TODAS LAS DEMAS VALVULAS DEL OTRO RECIPIENTE DEBERAN PERMANECER CERRADAS.

También deberá tenerse mucho cuidado, cuando se abran las válvulas V-16 de soplado del serpentín de la columna y la V-21 de soplado del cambiador de calor principal ya que son purgas de alta presión.

Vigile que en todo momento la pureza del nitrógeno producto sea la especificada (99.999 % V01) es posible que se llegue a tener rechazo de producto, debido a un bajo consumo de los usuarios, en cuyo caso, será preferible ventear el nitrógeno a la atmósfera, en un punto seguro, antes que tener que parar la planta.

INDUSTRIAS CONASUPO

TULTITLAN, EDO. DE MEXICO

PLANTA DE NITROGENO

HOJA DE REGISTRO DE DATOS DE OPERACION

FECHA _____

TURNO _____

OPERADOR _____

SECCION DE COMPRESION

VAL.	DESCRIPCION	INDICADOR	VALOR	UNIDAD	HORA															
					7.00	8.00	11.00	13.00	15.00	17.00	19.00	21.00	23.00	01.00	03.00	05.00				
P PRELIM	DESC. 1er PASO	PI-200	3.45	Kg/cm ²																
	DESC. 2o PASO	PI-201	21	Kg/cm ²																
	DESC. 3er PASO	PI-202	54	Kg/cm ²																
	DESC. 4o PASO	PI-203	105	Kg/cm ²																
	ACEITE LUB.	PI-18	2.46	Kg/cm ²																
P PLUJO	AGUA DE ENF. ENT.	PI-1	1.8-2	Kg/cm ²																
	AGUA DE ENF. ENT.	FIC-1	114	L/M																
	AC LUBRICADOR Nº 1	1	15	Gotas/mn																
	AC LUBRICADOR Nº 2	2	5	Gotas/mn																
	AC LUBRICADOR Nº 3	3	10	Gotas/mn																
	AC LUBRICADOR Nº 4	4	4	Gotas/min																
	AC LUBRICADOR Nº 5	5	5	Gotas/min																
	ENT. AGUA DE ENF.	TI-1	30	°C																
	SAL. AGUA DE ENF.	TI-2	35	°C																

SECCION DE SECADO Y REMOCION DE CO₂

ABSORCION CILINDRO N°

A	AIRE DE PROCESO	PI-240/241	105	Kg/cm ²															
REACTIVACION CILINDRO N°																			
P	ENT. GAS DE REACTIVACION	TI-23	318	°C															
	SAL. GAS DE REACTIVACION	TI-21	150	°C															
	GAS DE REACTIVACION	FISL-240	4	Pulg. H ₂ O															

SECCION DE FRACCIONAMIENTO

P PRELIM	AIRE PROC. AL SERPENTIN	PI-12	105	Kg/cm ²															
	NITROGENO DE DESECHO	PI-10-1		Kg/cm ²															
	PANTE. MEDIA DE LA COLUMNA	PI-7	5.8	Kg/cm ²															
	DOMO DE LA COLUMNA	PI-10	2.1	Kg/cm ²															
	M	OXIGENO CRUDO	LI-285	25.4	cm														
OXIGENO PURO		LI-288	45.7	cm															
N	NITROGENO PRODUCTO	FI-271		Pulg. H ₂ O															
	NITROGENO DE PURGA	FI-71	70	%															
P POST	NITROGENO DE DESECHO	TI-89	20	°C															
	VALV. EXPANSION AIRE	V-13 M	2	Vueltas															
	VALV. EXPANSION NITROGENO	V-14	0	Vueltas															
	VALV. EXPANSION OXIGENO CRUDO	V-15	1/2	Vueltas															

 OBSERVACIONES: _____

INDUSTRIAS CONASUPO

TULTITLÁN, EDO. DE MÉXICO

PLANTA DE NITRÓGENO

HOJA DE REGISTRO DE DATOS DE OPERACION

FECHA _____

OPERADOR _____

SECCION DE COMPRESION

VAL.	DESCRIPCION	INDICADOR	VALOR	UNIDAD	HORA														
					7.00	8.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00			
PRESION	DESC. 1 ^a PAISO	PI-200	3.45	Kg/cm ²															
	DESC. 2 ^a PAISO	PI-201	21	Kg/cm ²															
	DESC. 3 ^a PAISO	PI-202	5.4	Kg/cm ²															
	DESC. 4 ^a PAISO	PI-203	105	Kg/cm ²															
	ACEITE LUB.	PI-18	2.45	Kg/cm ²															
FLUJO	AGUA DE ENF. ENT.	PI-1	1.8 - 2	Kg/cm ²															
	AGUA DE ENF. ENT.	FIC-1	114	L.P.M.															
	AC LUBRICADOR N° 1	1	15	Gales/min															
	AC LUBRICADOR N° 2	2	5	Gales/min															
	AC LUBRICADOR N° 3	3	10	Gales/min															
	AC LUBRICADOR N° 4	4	4	Gales/min															
	AC LUBRICADOR N° 5	5	5	Gales/min															
ENT. AGUA DE ENF.	TI-1	30	°C																
2 ^a AGUA DE ENF.	TI-2	35	°C																

SECCION DE SECADO Y REMOCION DE CO₂

ABSORCION CILINDRO N°

AIRE DE PROCESO		PI-240/241	105	Kg/cm ²															
T	ENT. GAS DE REACTIVACION	TI-23	316	°C															
	SAL. GAS DE REACTIVACION	TI-21	150	°C															
	GAS DE REACTIVACION	FISL-246	4	Pulg. H ₂ O															

SECCION DE FRACCIONAMIENTO

PRESION	AIRE PROC. AL SERPENTIN	PI-12	150	Kg/cm ²															
	NITRÓGENO DE DESECHO	PI-10-1		Kg/cm ²															
	PARE MEDIA DE LA COLUMNA	PI-7	5.8	Kg/cm ²															
	DOMO DE LA COLUMNA	PI-10	2.1	Kg/cm ²															
	ORIGENO CRUDO	LI-285	25.4	cm.															
N	ORIGENO PURO	LI-288	45.7	cm.															
	NITRÓGENO PRODUCTO	FI-271		Pulg. H ₂ O															
	NITRÓGENO DE PURGA	FI-71	70	%															
TEMP.	NITRÓGENO DE DESECHO	TI-89	20	°C															
	VALV. EXPANSION AIRE	V-13 N	2	Vueltas															
	VALV. EXPANSION NITRÓGENO	V-14	0	Vueltas															
	VALV. EXPANSION ORIGENO CRUDO	V-15	1/4	Vueltas															

OBSERVACIONES:

122

5. PROCEDIMIENTO DE PARO NORMAL

La presente descripción supone que el paro se realiza a partir de las condiciones normales de operación y que el absorbedor No. 1 es el -- que se encuentra operando. De esta manera, la secuencia de paro es -- la siguiente :

(Referirse a Los DTI's 01, 02, 03, 04 y 05).

1. Interrumpir el envío de nitrógeno producto a almacenamiento

Abrir la válvula de bloqueo localizada en el extremo del cabezal -- de nitrógeno producto, para enviarlo a la atmósfera, y cerrar la -- válvula de entrada al tanque de almacenamiento . Poner fuera de -- operación el analizador de oxígeno.

2. Suspender la generación de nitrógeno

Cerrar totalmente la válvula de expansión de aire 13-N, mantener -- 105 kg/cm^2 man de presión en el absorbedor No. 1 abriendo la vál- vula de purga del coalescedor V-219 Vigilar en todo momento que se mantenga esta presión.

El absorbedor No. 2 se encuentra en depresionamiento, checar que -- las válvulas V-234, V-235, V-238 y V-239 estén cerradas y abierta -- la V-390 . Esta última se deberá cerrar al finalizar el depresio- namiento. Dado que ya no se contará con gas para la reactivación -- de la malla molecular, este recipiente se deberá dejar bloqueado -- y con una ligera presión positiva.

Abrir totalmente la válvula V-26 para enviar el nitrógeno de dese- cho a la atmósfera y cerrar la válvula V-28 .

Con estas acciones, la planta deja de producir nitrógeno y a conti- nuación se procederá a llevarla a temperatura ambiente mediante el procedimiento de deshielo y secado.

El compresor continúa en operación venteando el aire a través de la válvula V-219 para mantener presionado el recipiente No. 1, listo para entrar en etapa de adsorción, mientras que el recipiente No. 2 está bloqueado y continúa depresionándose; por lo tanto, verificar el siguiente estado de las válvulas.

- a) Compresión de aire
Abierta: ninguna
Cerrada: V-215, V-216, V-217, válvulas de venteo al cabezal de deshoque.
- b) Coalescedor y filtro de aceite.
Abierta: V-219 [Lo necesario para mantener 105 kg/cm² man en el recipiente No. 1].
Cerrada V-220.
- c) Recipiente No. 1 [adsorción] *
Abierta: V-232, V-233
Cerrada: V-237, V-236, V-269 y V389
- d) Recipiente No. 2 (Depresionamiento)
Abierta: V-390
Cerrada: V-234, V-235, V-238 y V-239
- e) Sección de aire seco y a presión
Abierta: Ninguna
Cerrada: V-307, V-27, V-21, V-16 y V-13N
- f) Nitrógeno de desecho
Abierta: V-26
Cerrada: V-28 (Verificar que el calentador eléctrico esté fuera de operación)

- * Utilizar las válvulas equivalentes en caso de que el recipiente No. 2 sea el que está en adsorción y el recipiente No. 1 en depresionamiento.
Una vez cumplido lo anterior, proceder con el deshielo y secado de la columna.

3. Drenar el líquido de la columna

Antes de iniciar el descongelado de la columna, se deberá drenar todo el líquido existente:

Oxígeno crudo; abrir la válvula de muestreo V-1

Nitrogeno líquido ; abrir las válvulas V-5 y V-86 .

Oxígeno líquido; abrir las válvulas V-2 y V-122.

Aprovechar la presión existente en la columna para forzarlo a salir - más rápidamente. Con ayuda de los indicadores de nivel LI-285 y LI-286 verificar que todo el líquido ha sido drenado.

Vigilar que no se exceda la presión de operación de la columna.

Utilizar la válvula de expansión de oxígeno V-15 para regular los cambios de presión entre la parte inferior y la parte superior de la columna.

4. Preparar la columna para el deshielo

La columna estará lista para iniciar el deshielo cuando se haya cumplido lo siguiente :

a) Válvulas de expansión

Abierta : V-14 , V-15 (4 vueltas)

Cerrada : V-13N (Regular la presión de descarga del 4º paso de --- compresión con V-219).

b) Tablero de instrumentos.

Abierta : V-1, V-2, V-5

Cerrada : V-48-1, V-48-2

c) Válvulas de bloqueo de los instrumentos del tablero .

Abierta: V-1-1, V-2-1, V-3, V-4, V-5-1, V-261, V-263, V-265, V-403, V-8, V-9, V-74, V-263-1 y V-75.

Cerrada : ninguna.

d) Circuito de nitrógeno de baja presión.

Abierta: V-26, V-52, V-73, V-68, V-30 PV-67 y V-25N.

Cerrada : ninguna

e) Drene de líquido

Abierta : V-122 y V-86

Cerrada : ninguna

- f) Circuito de deshielo
Abierta: V-17 y V-18
Cerrada: V-28

5. Procedimiento de deshielo

Abrir con precaución la válvula V-27 para permitir un flujo de aire hacia la parte superior e inferior de la columna a través de las válvulas V-18 y V-17, respectivamente. Regular la cantidad de aire mediante la válvula V-27 para mantener una presión menor de $4.0 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$ en la columna, medidos en el manómetro PI-7. Después de ajustar la válvula V-27, abrir ligeramente la válvula de soplado del serpentín de alta presión del cambiador de calor V-21, así como, la válvula de soplado del serpentín de la columna V-16 para permitir un pequeño flujo de aire. -- Abrir con cuidado dichas válvulas ya que son purgas de alta presión. Mantener el flujo de aire a través del sistema durante una hora aproximadamente, sin poner en operación el calentador de aire, ya que la torre se encuentra a muy baja temperatura y un flujo de aire caliente provocaría choques térmicos que dañan el equipo. Una vez que en el interior de la torre se ha alcanzado la temperatura ambiente, ajustar el termostato de secado TC-250 a 212° F (100° C). El termostato de reactivación de la malla molecular TC-249 puede permanecer ajustado a 600° F (316° C) ya que en este caso su acción está dominada por la del termostato de secado.

Poner en operación el calentador eléctrico girando la perilla del "Timer" hasta fijar un período de 3 horas.

PRECAUCION. En caso de interrupción del flujo de aire al calentador, apagarlo inmediatamente, para evitar que se queme.

Cheque periódicamente los diferentes puertos de venteo del aire de secado. En cuanto una de las salidas se caliente, cerrarla (sin cerrar completamente la válvula) para desviar el aire de secado a las demás secciones de la planta. Cada vez que se efectúe esta operación, vigilar los manómetros para evitar presiones excesivas en la columna.

El secado de la columna se dará por concluido cuando todas las salidas alcancen temperaturas entre 120° F (49° C) y 150° F (65° C) o cuando la temperatura de la corriente de nitrógeno de desecho alcance 20° F (11° C) sobre la temperatura ambiente, medida en el termómetro T1-89.

Poco antes de terminar con el secado de la columna, se deberán soplar todas las líneas que conectan a instrumentos desde el interior del gabinete, desconectándolos después de la válvula de bloqueo de cada instrumento. Vuelva a conectar estas líneas en cuanto termine el secado.

Ponga fuera de operación el calentador girando la perilla del "Timer a la posición de apagado.

6. Paro del compresor

Suspender la alimentación de aire al absorbedor, abriendo lentamente la válvula de purga del coalescedor V-219; en seguida cerrar la válvula V-232 de entrada de aire al recipiente No. 1 y abrir ligeramente la válvula de purga V-389 para permitir un depresionamiento lento. -- (30 minutos aproximadamente).

Antes de parar el compresor, drenar toda el agua y el aceite colectado en cada uno de los separadores interetapas, enviando al tanque separador. Comenzar por la última etapa.

Descargar el compresor abriendo completamente la válvula de bloqueo de cada una de las líneas de venteo, empesando por la del cuarto paso, para enviar el aire a la atmósfera a través del cabezal de desfoque.

Accionar el botón de paro del compresor y mantener el flujo de agua de enfriamiento hasta que la máquina y los enfriadores queden a temperatura ambiente.

Nunca pare el compresor sin antes descargarlo.

7. Depresionamiento y bloqueo de la columna.

Cerrar la válvula V-233 de salida de aire a presión y seco del absorbedor y continuar depresionando por la válvula V-389.

Cerrar la válvula V-27. Permitir que la torre se depresione, hasta que quede con una ligera presión positiva.

Cerrar totalmente las válvulas de dren y venteo, así como las de -- bloqueo de instrumentos para evitar la entrada de humedad a la columna.

6. PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA

Entre las principales causas que obligan al paro de la unidad están las siguientes : fallas de corriente eléctrica, falla de lubricación al compresor, falla de agua de enfriamiento, desperfectos en el equipo, etc.

Falla de la corriente eléctrica

En caso de presentarse una interrupción momentánea en el suministro eléctrico, el compresor de aire quedará fuera de operación por lo que se deberá proceder a descargarlo para arrancarlo nuevamente, a fin de restablecer las condiciones de presión en el absorbedor y en la columna. Vigilar en todo momento la pureza del nitrógeno producido; si se juzga necesario, enviarlo a la atmósfera hasta que esté dentro de especificación.

Simultáneamente al paro del compresor, el calentador de gas de reactivación quedará fuera de servicio, por lo que se deberá atender su restablecimiento para continuar el ciclo de reactivación de la malla molecular en turno.

En caso de que la falta de corriente se prolongue, por mas tiempo -- proceder a drenar y depresionar la planta como se describe en el procedimiento de paro normal.

Falta de lubricación al compresor

Las causas más probables de deficiencia del sistema de lubricación del compresor pueden ser : bajo nivel de aceite en el depósito, obstrucción en la línea de succión de la bomba, fugas en las líneas, -- desperfectos en la bomba o en el indicador de presión, desajuste o atascamiento de la válvula de relevo, desgaste en las partes lubricadas, etc.

En caso de presentarse la falla, el compresor parará automáticamente gracias al interruptor de baja presión de aceite PSL-1a, el cual actúa parando el motor del compresor cuando se alcanza una presión de 15 psig. Poco antes de presentarse la falla, actuará el interruptor PSL-1b para que en el cuarto de control de la planta de hidrógeno se

encienda la alarma por baja presión de aceite de lubricación.

Lo anterior nos permitirá proceder de inmediato a descargar el compresor y pararlo para su revisión mecánica.

Si a juicio del mecánico la falla puede ser reparada en tiempo razonable mente corto, el operador de la planta procurará hasta donde sea posible, mantener las condiciones de presión y temperatura en la sección de fraccionamiento, aprovechando la presión del cilindro que estaba en adsorción. En caso de requerirse una reparación mayor, la planta se pondrá totalmente fuera de operación siguiendo los pasos aplicables a un paro normal. Vigilar la pureza del nitrógeno para proceder a ventearlo a la atmósfera en el momento apropiado.

Se recomienda volver a poner en operación la planta, hasta que se hayan reparado debidamente los desperfectos y quede demostrado, mediante pruebas, que el compresor y su sistema de lubricación operen satisfactoriamente.

Falla de agua de enfriamiento

En caso de presentarse esta falla, la planta no podrá seguir operando -- debido a que el compresor de aire quedará fuera de servicio.

Como parte de los dispositivos de protección, el compresor cuenta con -- un interruptor de presión PSL-2, el cual activa la alarma en el tablero principal de la planta de hidrógeno, en caso de presentarse una baja presión en el suministro de agua de enfriamiento. Adicionalmente se tienen instalados en esa misma línea dos interruptores por bajo flujo, FSL-1a y FSL-1b, uno para alarma en el tablero y otro para parar el motor de compresor. En caso de que esto último suceda, proceder de inmediato a descargar el compresor de acuerdo al procedimiento normal. Vigilar en todo momento las presiones en la columna para evitar sobrepresionamiento en las secciones de baja presión. Enviar el nitrógeno producto a la atmósfera ya que bajo estas condiciones quedará fuera de especificación.

En cuanto se restablezcan las condiciones de presión y flujo en el cabezal de agua de enfriamiento, proceder a arrancar el compresor y a -- restablecer las condiciones normales de operación de la planta. Si la falla de agua se prolongara por mucho tiempo, proceder a drenar y de-- presionar la planta siguiendo el procedimiento de paro normal.

Desperfectos en el equipo

Resultaría imposible enumerar todas las fallas que se pueden presentar en el equipo pero nos referiremos al compresor como causa más probable de irregularidades en la operación que ocasionarían paro de planta.

Se deberá dar especial cuidado al funcionamiento del compresor para de tectar desperfectos mecánicos o anomalías en la operación, tales como ruidos extraños, golpeteos, calentamientos excesivos, variaciones en -- la presión de aceite, presiones altas en los interenfriadores, varia-- ciones en la capacidad, etc. Cualquiera que sea la falla, deberá de-- tectarse mediante inspecciones rutinarias y proceder de inmediato al -- paro de la planta para ser corregida, ajustándose hasta donde sea po-- sible, al procedimiento de paro normal.

XXII.- CONCLUSIONES (ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL ARRANQUE DE UNA NUEVA PLANTA INDUSTRIAL).

En el desarrollo del presente trabajo se puede concluir lo siguiente. Para poder realizar satisfactoriamente el arranque de una planta industrial es necesario:

- A).- El conocimiento apropiado del proceso o de procesos similares.
- B).- Preparación de equipos.
- C).- Revisión de instrumentos.
- D).- Pruebas en caliente.
- E).- Procedimientos para introducir los fluidos - de proceso.
- F).- Muestreo y prueba para entrar a los equipos.
- G).- Fallas de equipos.
- H).- Pruebas de producción.
- I).- Detección y corrección de problemas.

La información se presenta en forma tal, que este trabajo sirva como manual de fácil uso para quien requiera un procedimiento exacto en el arranque de plantas industriales.

BIBLIOGRAFIA.

1. MANFRED GANS, STEPHEN A. KIORPES AND FRANCIS A. FITZGERALD
SCIENTIFIC DESIGN CO.
PLANT STARTUP
CHEMICAL ENGINEERING OCTOBER 3, 1983.
2. MANFRED GANS
THE A TO Z OF PLANT STARTUP
CHEMICAL ENGINEERING MAR. 5, 1976.
3. MEIER F.A.
IS YOUR CONTROL SYSTEM READY FOR STARTUP
CHEMICAL ENGINEERING FEB. 22, 1982.
4. B.D. FULKS
UNION CARBIDE CORP.
STARTUP PLANNING
CHEMICAL ENGINEERING SEPTEMBER 6, 1982.