

19 Dic 39



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

Facultad de Química



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

ARRANQUE DE PLANTAS: ESTUDIO DEL ARRANQUE DE UNA PLANTA DE UREA

TRABAJO MONOGRAFICO
Que para obtener el Título
de
INGENIERO QUIMICO

Presenta

ARTURO FLORES HINOJOSA

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

O B J E T I V O

CAPITULO I GENERALIDADES

- 1.1 DESCRIPCION DE ARRANQUE DE PLANTA
 - 1.1.1 a) Definición de instalaciones
 - 1.1.1 b) Fase del diseño del proceso
 - 1.1.2 Fase detallada del diseño
 - 1.1.3 Fase de construcción
 - 1.1.4 Fase del plan de arranque
 - 1.1.5 Fase final: Embotellamientos
- 1.2 COSTO Y TIEMPO DEL ARRANQUE
 - 1.2.1 Predicción de los costos de arranque
 - 1.2.2 Factores para el costo de arranque.
- 1.3 ENTRENAMIENTO Y SELECCION DE PERSONAL PARA EL ARRANQUE
 - 1.3.1 Entrenamiento básico de nuevos empleados
 - 1.3.2 Entrenamiento de trabajos específicos
 - 1.3.3 Entrenamiento sobre el trabajo
 - 1.3.4 Selección de personal
 - 1.3.5 Estimación de personal para una nueva planta

CAPITULO II RECEPCION DE PLANTAS

- 2.1 Verificación de los diagramas de flujo de proceso (equipos)
- 2.2 Verificación de los diagramas de flujo de servicios auxiliares (equipos)
- 2.3 Verificación de suministro de materias primas
- 2.4 Verificación de disponibilidad de servicios
- 2.5 Verificación de los instrumentos

CAPITULO III PRUEBAS PRELIMINARES PARA EL ARRANQUE DE LA PLANTA

- 3.1 ACTIVIDADES PREOPERACIONALES DEL CONTRATISTA
 - 3.1.1 Actividades preoperacionales del contratista al arranque
 - 3.1.2 Lista de verificación preoperacional
- 3.2 Limpieza de equipo
- 3.3 Prueba de circuitos eléctricos
 - 3.3.1 Instalación y mantenimiento de motores eléctricos
 - 3.3.2 Necesidades de instalación
 - 3.3.3 Mantenimiento

- 3.3.4 Elevación de temperatura
- 3.3.5 Número de arranques
- 3.3.6 Pruebas de rutina
- 3.3.7 Ruido en máquinas
- 3.3.8 Métodos de medición de vibración del motor
- 3.4 Pruebas hidrostáticas y neumáticas
- 3.5 Pruebas hidrodinámicas y neumáticas
- 3.6 Pruebas de equipos especiales

CAPITULO IV ARRANQUE DE PLANTA

- 4.1 Fases y funciones de un arranque.
- 4.2 Grupo de arranque
- 4.3 Planeación y programas de arranque
- 4.4 Detección de posibles problemas
- 4.5 Ideas para disminuir los problemas por deficiencias de seguridad en el arranque
- 4.6 Centro de información
- 4.7 Juntas de trabajo
- 4.8 Pruebas de comportamiento y garantías
- 4.9 Primer Arranque condiciones distintas con equipo usado
- 4.10 Equipo Especializado para el arranque

CAPITULO V ESTUDIO DEL ARRANQUE DE UNA PLANTA DE UREA

- 5.1 INFORMACION PRELIMINAR
 - 5.1.1 Descripción del proceso
 - 5.1.2 Descripción del equipo
 - 5.1.3 Diagramas de flujo
- 5.2 PREPARATIVOS PARA EL ARRANQUE DE LA PLANTA
 - 5.2.1 Prueba de presión
 - 5.2.2 Limpieza de equipo y líneas
 - 5.2.3 Inspección final de la planta
 - 5.2.4 Preparativos de servicios auxiliares
 - 5.2.5 Puesta a punto y prueba de la maquinaria
 - 5.2.5.1 Compresores centrifugos
 - 5.2.5.2 Operación del compresor de CO₂ con aire
 - 5.2.5.3 Bombas reciprocantes
- 5.3 ARRANQUE
 - 5.3.1 General
 - 5.3.2 Instalación y desmonte de bridas ciegas
 - 5.3.3 Prueba de hermeticidad
 - 5.3.4 Prueba en caliente del equipo de síntesis
 - 5.3.5 Calentamiento de la planta antes del arranque
 - 5.3.6 Procedimiento general para el arranque
 - 5.3.7 Estabilización de las condiciones de operación

- 5.4 PARO NORMAL
 - 5.4.1 General
 - 5.4.2 Procedimiento para un paro normal
 - 5.4.3 Preparación para efectuar mantenimiento
 - 5.4.4 Purgado del equipo

- 5.5 PARO DE EMERGENCIA
 - 5.5.1 General
 - 5.5.2 Falla de corriente eléctrica
 - 5.5.3 Falla de vapor
 - 5.5.4 Falla de agua de enfriamiento
 - 5.5.5 Falla de aire de instrumentos
 - 5.5.6 Descripción y operación del sistema de bloqueo

- 5.6 SEGURIDAD
 - 5.6.1 Reglas generales
 - 5.6.2 Clasificación de fuegos y medios de extinguirlos
 - 5.6.3 Productos tóxicos
 - 5.6.4 Preparativos para trabajos de mantenimiento
 - 5.6.5 Destapado de equipo
 - 5.6.6 Entrada dentro de equipos

- 5.7 TRATAMIENTO DE AGUAS AMONIACALES
 - 5.7.1 Información preliminar
 - 5.7.2 Descripción general
 - 5.7.3 Procedimiento de arranque
 - 5.7.4 Paro normal
 - 5.7.5 Paro de emergencia

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFIA.

O B J E T I V O

El arranque de una planta puede considerarse como la etapa culminante y más importante de un proyecto industrial. Es un reto de gran magnitud hacia los aspectos de organización, experiencia, conocimientos teóricos y habilidades que deben ponerse en juego para conjuntar con éxito la tecnología básica y la aplicación de la misma a través del ingeniero de operación.

En esta monografía serán tratados los distintos aspectos, tanto técnicos como humanos, que intervienen en un arranque de planta, con el objeto de exponer algunas bases para quienes en lo futuro habrán de enfrentarse a tales situaciones y también para recibir, de aquellos que ya hubiesen tenido experiencias, su invaluable aporte a tan importante actividad.

Es de gran interés para los ingenieros y técnicos que por razón de su trabajo (diseñadores, constructores y operadores), tengan necesidad o interés de conocer las técnicas y aplicarlas en las distintas etapas que se presentan en el arranque de una planta industrial.

1.1 Descripción de arranque de Planta.

Un arranque realmente comienza en el diseño de la planta no cuando la planta es certificada que esta mecánicamente terminada. Su éxito depende considerablemente de la efectividad del ingeniero de la planta.

Cuando el proyecto esta definido no cuando la construcción esta medianamente terminada, un grupo será asignado para definir, diseñar, construir y arrancar la planta. Este grupo es generalmente llamado equipo de arranque y sus miembros comunmente incluyen un gerente de proyecto ingeniero de proyecto, ingeniero de proceso, ingeniero en sistemas de control, y un ingeniero de planta.

Las contribuciones primarias del ingeniero de planta son para asegurar que el diseño sea suficientemente práctico para operar y que la planeación sea adecuada para un rápido y tranquilo arranque. La primera meta se logra teniendo en la planta personal experimentado en el suministro de datos operativos para el diseño y revisión continua del diseño. El segundo objetivo, el cual comienza cuando la planta esta definida y continua hasta que esta operando rutinariamente, incluye la organización de los grupos de arranque y establecimiento de los recursos necesarios.

El ingeniero de planta seleccionado para el trabajo deberá tener por lo menos 5 años de experiencia en la operación de plantas (preferiblemente en un proceso similar) y será un buen planeador, comunicador y trabajador en equipo.

Fases de un arranque de planta

Se requiere de 3 a 4 años para que una planta pase desde la etapa conceptual hasta la operación de rutina figura no. 1. En este período pueden identificarse seis fases distintas.

1.- Definición de instalación.- En esta fase se toman decisiones tomando en cuenta los aspectos de mercado, requerimientos de capital rédito en la inversión, flujo de efectivo, tipo de proceso, localización de la planta y restricción de tiempo. En esta fase el ingeniero de planta puede recibir un firme compromiso en la mezcla de productos, filosofía de operación, el riesgo del proceso y criterio para cambios, así como para establecer un plan de operación, estimar el personal, la seguridad y problemas del medio ambiente, las revisiones del proyecto y los ajustes en el pre supuesto de operación.

2.- Diseño del proceso.- El ingeniero de planta debe participar en la definición del proceso vía diagramas flujo proceso y sistemas de control para asegurar que se conjuguen arranque, operación seguridad, y necesidades ambientales. El ingeniero de planta deberá tener poder sobre las decisiones que afectan a la operación, pero deberá ser capaz de practicar este poder juiciosamente. Al final de esta fase el ingeniero de planta deberá tener desarrollado un plan de arranque preliminar, requerimiento especial de los vendedores, y una lista de partes de repuesto para los equipos ma yores.

3.- Diseño detallado.- El ingeniero de planta revisa las especificaciones de diseño y la compra de los equipos respecto a la opera bilidad, seguridad y mantenimiento.

En este momento será ajustado el plan de arran-

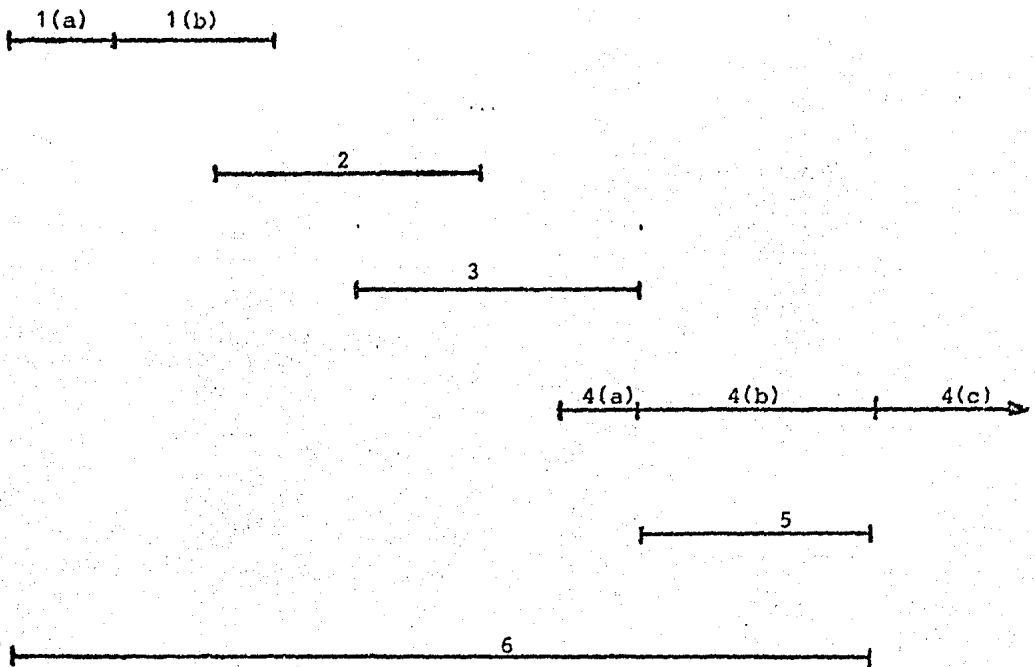
que y el criterio para la relación entre el personal de planta y de construcción.

4.- Construcción. El ingeniero de planta ayuda a la construcción vía inspecciones, al lugar probable de operación; detecta problemas tempranos de seguridad y mantenimiento, así la acción correctiva no se opondrá al programa de construcción.

5.- Arranque y rutina de operación.- Dirigido por el ingeniero de planta, el equipo de arranque sigue el plan de arranque para poner en servicio y arrancar la planta en secciones.

Se requieren pruebas para, ya sea demostrar la capacidad de diseño y para confirmar que los mayores problemas de seguridad han sido resueltos y se han satisfecho los requerimientos ambientales.

6.- Embotellamientos.- Esta fase final, la cual generalmente se extiende hasta el primer año de operación, es dirigida por el ingeniero de planta. Habiendo definido los objetivos y desarrollado el plan y organización para completar el trabajo, ahora el ingeniero de la planta se esforzará para operar la planta a la capacidad de diseño de acuerdo al criterio establecido.



<u>FASE</u>	<u>TIEMPO</u>
1(a).- Definicion de instalaciones	6 Meses
1(b).- Diseño del proceso	9 Meses
2.- Diseño detallado	14 Meses
3.- Construccion	15 Meses
4(a).- Arranque	3 Meses
4(b).- Operacion de rutina a capacidad restringida	10 Meses
4(c).- Operacion de rutina a capacidad de diseño	-----
5.- Embotellamientos	10 Meses
6.- Tiempo de la etapa conceptual a la etapa de operacion de rutina	46 Meses

Secuencia y duracione de las seis fases identificables del arranque. Fig. 1

1.1.1. a) Definición de instalaciones.

Durante esta fase, el ingeniero de la planta debe desarrollar lo siguiente:

1.- Plan de producción.- Este requiere un firme compromiso de el departamento de mercado debido a una posible mezcla de productos teniendo repercusión en cosas tales como el tipo de proceso, tiempo perdido, capacidad de la planta, requerimientos de seguridad y ambientales, para beneficio de la planta y para disminuir, los costos de operación.

Junto con una definición clara de la mezcla de productos, el ingeniero de planta debe enterarse de las alternativas de mercado. Las demostraciones de los efectos de varias mezclas de producto pueden estar basadas en los costos de producción real. Un buen plan de producción puede fracasar debido a que, al arrancar una nueva planta no funcione adecuadamente por tratarse de una mezcla de producto no real.

El ingeniero de planta deberá preparar un plan de producción anual para la mezcla de producto de diseño base relativo al tiempo perdido y a la capacidad de diseño. Es suficiente un simple diagrama de bloques de equipos mayores. El plan deberá incluir cosas tales como corridas largas, mantenimiento y tiempos de limpieza y purga.

2.- Filosofía de operación.- Esta establece el camino a la planta que será corrida. Aunque el tipo de proceso y el plan existente de organización influirán en la filosofía, se deberá tomar una decisión para complementar y automatizar el proceso o para tener el menor número posible de operadores. La calidad de trabajos disponibles en la localización de la planta también influirá en la filosofía de -----

operación. Si se puede desechar únicamente la labor de entrenamiento la automatización podrá ser mínima. Por otra parte, la gente entrenada está capacitada y el sistema de control puede ser avanzado.

El ingeniero de planta puede desarrollar una descripción de trabajo de cada operación, basta con probar la información exacta para las bases de diseño.

Este es el momento de decidir cuanto se retrocede el equipo si es necesario que la planta lleve a cabo el tiempo perdido para meter la planta al diseño. Los programas de computadora basados en la estadística pueden ayudar a definir la confiabilidad del equipo. Sin embargo el ingeniero de planta puede estar involucrado para elaborar nóminas de pago para el personal de mantenimiento, llevando control, por ejemplo del tiempo de trabajo normal semanal y del tiempo extra.

El ingeniero de planta puede trabajar junto con el supervisor de mantenimiento para estimar la confiabilidad de cada pieza mayor del equipo y el probable efecto que tendrá en el proceso.

3.- Programa del proyecto.- Un programa preparado por la gente familiarizada con las operaciones de la planta puede ajustar un dato de terminación que podría no dejar suficiente tiempo para cosas tales como revisiones de la planta, escritura de diagramas y entrenamiento de personal. El ingeniero de planta podrá especificar el tiempo necesario para revisiones, algunas de las cuales pueden requerir de la entrada de técnicos expertos a la planta.

4.- Personal de apoyo.- El equipo de apoyo podrá incluir expertos en sistemas de control, computadores de planta, mantenimiento mecánico, distribución de energía eléctrica, jefe de operaciones y seguridad en la planta.

Ya que estos expertos unicamente serán necesarios una parte del tiempo base, el ingeniero de planta deberá formar un comité para estos servicios, así ellos podrán realizar revisiones perceptivas dentro del tiempo programado.

5.- Seguridad y medio ambiente.- Los problemas sostenidos de seguridad y ambientales se deben señalar en esta etapa del proyecto, para que en forma anticipada sean resueltos y las soluciones podrán ser incluidas como una parte del diseño.

6.- Presupuesto preliminar de operación. El ingeniero de planta deberá preparar un presupuesto de tiempo y dinero para apoyar las muchas actividades de esta etapa primaria hasta que la planta esté en rutina de operación. Aunque tal presupuesto variará de planta a planta.

7.- Criterios de cambio.- Los cambios son factibles en todas las etapas del proyecto. Estos causarán retrasos, desembolsos adicionales y a su tiempo, conflictos, personales. Los cambios pueden ser minimizados y manejados ordenadamente si son programados oportunamente. El criterio será aceptado por el ingeniero (gerente) de la planta.

1.1.1. b) Fase del diseño del proceso.

Si la planta esta siendo diseñada por una compañía exterior, el ingeniero de planta deberá familiarizarse con la compañía para revisiones efectivas de su trabajo y proveer al ingeniero de proceso, los datos que requerirá en el momento preciso.

La planeación del proyecto y el desarrollo del programa es crítico. Al

trabajar con el gerente del proyecto, el cual es responsable de estas funciones, el ingeniero de planta debe asegurar que se distribuirá tiempo suficiente para actividades tales como revisiones de proceso de seguridad e inspecciones de equipos mayores tanto en los talleres del vendedor como en los trabajos de construcción.

El ingeniero de planta debe ver la distribución de documentos tales como diagramas, cálculos, manuales del vendedor, acuerdos de garantía especificaciones, hojas de datos, manuales de datos de diseño, reporte de inspección del vendedor, y listas de partes de repuesto.

Filosofía operante de comunicación.- La filosofía de operación desarrollada en la fase inicial, debe ahora ser escrita y remitirse a los ingenieros del diseño del proceso, así ellos entenderán claramente como va a operarse y cuanto equipo se requiere realmente. Esto es debido a que los ingenieros de proceso tienen sus propias ideas de como debe operarse la planta.

Revisión de las bases de diseño. El ingeniero de planta debe registrar y archivar las suposiciones básicas de diseño, junto con una copia de los cálculos del ingeniero de diseño. Este tipo de información es muy valiosa durante el arranque para evaluar la ejecución y evitar embotellamientos. Las suposiciones para el equipo de seguridad deberán también ser anotados y archivados.

Esta información será indispensable para:

- a) el ingeniero en sistemas de control para diseñar sistemas, y para
- b) el apoyo técnico en la planta para arrancar el sistema así como para entrenar a los operadores, preparar los procedimientos normales de operación y después hacer decisiones de operación acerca de las válvulas de seguridad, calibraciones y reparaciones

Desarrollo de sistemas de control lógico.- La experiencia del ingeniero de operación de la planta puede evaluarse en las descripciones escritas de los propósitos de los sistemas de control, a partir de los cuales, se pueden elaborar los diagramas.

El interés del ingeniero de planta por los sistemas de control debe estar dirigido hacia lo que es práctico, particularmente en lo que concierne al trabajo de los técnicos de la planta. Por esta razón el mantenimiento representativo podrá estar involucrado en la selección del paquete de los sistemas de control.

Si el apoyo de mantenimiento está familiarizado con los sistemas de control puede ser más conveniente el comprar un sistema idéntico que el comprar uno basado en tecnología más avanzada. Sin embargo, el ingeniero de planta debe ser capaz de documentar las ventajas económicas de instalación del sistema probado haciendo consideraciones tales como seriedad disponibilidad de partes de repuesto y capacidad de apoyo del vendedor.

Gua en la disposición de equipo.- Debido a que los procedimientos de mantenimiento y operación se basan en la localización del equipo el ingeniero de planta deberá estar familiarizado con la organización de la planta.

El objetivo del ingeniero del diseño de proceso es colocar tanto equipo como sea posible en el menor espacio posible así como minimizar los costos y al mismo tiempo, el satisfacer requerimientos tales como el espacio de trabajo y distancias de seguridad de caminos a otras unidades. Así los objetivos del ingeniero de planta para la localización de equipo para el uso más eficiente y seguro tanto para el personal de mantenimiento como para el de operación pueden no coincidir con los del diseño de proceso.

El tener el modelo de una planta es una forma excelente para minimizar

los errores de organización. Además de ser valioso para asignar el espacio de trabajo, esto puede ser usado para el desarrollo de los procedimientos de operación y para entrenamiento de personal.

Consideraciones de seguridad, salud, y medio ambiente.- Es responsabilidad del ingeniero de planta determinar si la planta puede ser operada eficientemente dentro de las restricciones de seguridad, salud, y medio ambiente. Esta responsabilidad se toma consultando con el personal pertinente de planta. Se tomarán las decisiones mientras el diseño aún está en la etapa conceptual, así las soluciones se convertirán en una parte integral del diseño. El que el ingeniero de planta comunique esto a los diseñadores asegurará que los controles primarios y de retroceso para áreas de alto riesgo sean prácticas.

El ingeniero de planta deberá estar seguro de que el gerente entienda los problemas y acepte las soluciones.

La forma más eficiente de mantener informado al gerente es por medio de reportes escritos. Las minutas de discusiones pueden ser usadas en los documentos del convenio. Esta documentación puede ser extremadamente importante si un nuevo gerente será involucrado en etapas posteriores del proyecto.

Guía del departamento de compras.

Generalmente una meta de los agentes de compra, es hacer las compras más económicas. Esto a menudo se extiende a través de varios proyectos y puede involucrar compras en cantidades a granel.

Para el ingeniero de planta relacionado con un proyecto simple, el equipo inferior algunas veces parece haber sido comprado especialmente para eso. Esto generalmente acontece porque los agentes de compras no están perfectamente informados acerca del funcionamiento del equipo.

Han ocurrido incidentes en los cuales se ha desechado una línea de entrada del equipo durante el primer año de operación y remplazada por otro tipo, sin que el agente de compras involucrado inicialmente estuviera informado.

El ingeniero de planta debe involucrarse en la documentación de criterio especial de formación para equipo específico antes de que seleccionen los vendedores. Esto requiere que el ingeniero de planta tenga contacto con otros ingenieros de planta dentro de la organización y de otras compañías.

El agente de compras deberá ser informado sobre cualquier requerimiento el representante de mantenimiento también deberá estar involucrado para ofrecer penetración en la ejecución de especificaciones.

El ingeniero de planta deberá asistir a todas las reuniones con los mejores vendedores de equipo y conseguir convenios escritos en inspecciones especiales, criterio único, especificaciones limpias, requerimientos de almacenaje requerimientos de organización, historia y problemas de mantenimiento, lista de partes de repuesto, soporte de arranque y manuales, antes de que el equipo se compre, se pueden tener numerosos requerimientos especiales sin costo o con un costo mínimo. Pero se deberán hacer por escrito todos los acuerdos especiales antes de la compra de otra manera el costo puede ser excesivo. Cuando se ha dado suficiente tiempo de conducción los agentes de compras pueden, generalmente, negociar requerimientos especiales que sean razonables a costo mínimo.

Las partes de repuesto deberán estar consideradas en la compra de equipos mayores. El ingeniero de planta deberá insistir que tales partes sean incluidas en la orden de compra original.

Aquí nuevamente, los representantes de mantenimiento deberán estar involucrados preparando una lista de un número mínimo de partes necesarias

basada en las recomendaciones del vendedor, inventarios de planta y experiencias de otras plantas.

Se debe desarrollar un plan de arranque preliminar antes de que la fase de diseño de proceso este completa. Un plan puede ser bosquejado o parcialmente ilustrado.

Este plan debe tomar en cuenta casos criticos y una lista de actividades que puedan ocurrir. El objetivo es dividir el trabajo total en partes de más fácil manejo.

Las obligaciones de los miembros permanentes y temporales del personal se deberán definir en las descripciones de trabajo. Los supervisores de turno y de mantenimiento deberán estar involucrados en estas tareas.

Las necesidades de entrenamiento, y el tiempo requerido para entrenamiento, pueden estimarse a partir las descripciones del trabajo de una evaluación del nivel de experiencia del personal.

Para el apoyo técnico, se pueden considerar, clases especiales o ambos, sin embargo, la mayor porción del entrenamiento vendrá a través de la preparación de manuales y programas de entrenamiento.

Respecto al nivel de experiencia, el personal de mantenimiento necesitará entrenamiento especial sobre los nuevos equipos y sistemas de control. Este entrenamiento puede venir de dentro o de fuera de la compañía. Frecuentemente, un vendedor ofrece excelentes cursos de entrenamiento para sus equipos.

El programa de adiestramiento del jefe de operadores es amenuado molto porque afecta la fecha de alquiler de las mayores y más caras porciones del apoyo. Aunque el jefe de supervisión nunca admitirá tener suficiente tiempo para el entrenamiento, los operadores pueden ver

saturados con el entrenamiento formal con un par de semanas.

La complicación de la tarea es que el entrenamiento debe comenzar en diferentes niveles (basados en la experiencia) pero finaliza en el mismo punto. Posteriormente los operadores aprenden más en el entrenamiento manual después del teórico, hasta donde permita el tiempo durante el arranque para dejarlos en la planta trabajando con el equipo. El programa de entrenamiento del personal se ajustará usando el programa total del proyecto y las descripciones del trabajo.

La preparación de los manuales de operación requerirá una cantidad importante de horas hombre, las cuales pueden ser programadas y puestas dentro del presupuesto. Aunque los manuales de operación para una nueva planta pueden seguir un patrón dado, cada manual se debe revisar perfectamente para asegurar su utilidad.

La secuencia del arranque se considera como el corazón de cualquier plan de arranque, porque esto dicta las prioridades para diseño y construcción, incluyendo esta secuencia en el plan de arranque asegurando que la construcción sea terminada en el orden requerido. Esta fase termina con una revisión hecha por los gerentes de ingeniería y de mercado.

1.1.2. Fase detallada del diseño.

El diseño detallado puede ser hecho por una organización, diferente a la que completó el paquete del diseño del proceso. La mayor desventaja de tales arreglos es la falta de comunicación entre el ingeniero de proceso y los diseñadores y la mejor ventaja es que los aspectos prácticos del diseño pueden proceder sin los obstáculos de revisiones informales y comunicación con el ingeniero de proceso.

El ingeniero de planta puede estar involucrado, proporcionando a los diseñadores toda la información a tiempo. Para hacer esto el ingeniero de planta debe conocer a fondo que equipo y que sistemas se operarán.

El personal de planta participará en las revisiones de diseño inmediatamente después de una revisión, se hará una reunión para comentarios, los cuales serán tomados en cuenta por los diseñadores.

Se debe definir que constituyentes mecánicos terminados se adicionarán antes de que se asigne el contratista de construcción.

De esta definición depende el plan de arranque y el apoyo del personal de la planta para el arranque. Por ejemplo, algunas compañías de construcción consideran que la instrumentación tendrá que ser instalada verificando punto por punto el alambrado aunque se halla hecho con anterioridad con la tecnología actual, el uso de computadoras programables, hasta con una verificación para aceptar las instalaciones y operar los sistemas de control, si tal chequeo no es aceptado a la terminación de la instalación, el plan de arranque del ingeniero de planta incluirá el apoyo de técnicos expertos en sistemas de control y permitirán que estos dejen los sistemas operando.

Deben estar de acuerdo en la interfase del arranque el personal de operación de la planta y el personal de construcción para prevenir errores mayores en construcción, pero la presencia del personal de operación puede también desbaratar el trabajo ya iniciado.

El ingeniero de planta preparará una documentación de interfase que define las reglas y deberes de cada individuo involucrado, para conseguir que la planta entre la rutina de operación pasando por el arranque exitoso. Este documento ayuda a entender las actividades relacionadas de cada persona

para evitar la duplicidad de funciones. Esto también servirá como base para desarrollar planes individuales, como mecanismo para la detección primaria de "tareas olvidadas", y registro de acuerdos.

Revisión de procesos de seguridad.

Una revisión de los procesos de seguridad en las etapas posteriores a la fase de diseño detallado sirve para entender como la planta será construída y como será operada. Esto también provee la oportunidad para evaluar cambios hechos durante esta fase y sus implicaciones en los acuerdos originales aunque los cambios en esta etapa retracen la fecha de terminación, los errores pueden ser corregidos antes de la construcción.

Desarrollo del plan final de arranque.

Durante los fines de la fase del diseño detallado, el equipo de arranque tendrá su primera junta de organización, para el propósito de finalizar el plan que llevará a la planta a la rutina de operación.

Este plan servirá de base para el arranque, conteniendo la contratación, entrenamiento y requerimientos de personal, escritura de manuales, y desarrollo de los procedimientos de operación.

Basados en el plan preliminar el factor más crítico es la estimación del arranque y el tiempo requerido para cada operación. Datos de arranques anteriores de equipos similares pueden servir como un medio exacto de estimación de estos tiempos. Como una evaluación se lleva el arrancar una nueva [planta de un 20 a 25% del tiempo de construcción y donde no se tiene experiencia de un 30 a 35%.

Un factor que frecuentemente retrasa el arranque son los fracasos que incluyen todos los trabajos de la planta. Este generalmente sucede cuando el ingeniero de planta no se ajusta a la definición completa

de "terminación mecánica" o como construcción intenta terminar la planta. Por ejemplo, en la supervisión del chequeo de rotación de motores y bombas, confirmar la lubricación, limpieza de equipo, asegurar que los sistemas de control estén de acuerdo con los diagramas lógicos, e inspeccionar sistemas para fugas.

1.1.3 La fase de construcción.

El plan de la planta asegura que el trabajo de construcción proceda sin incidentes día con día. Para evitar fallas en la construcción con mínima interferencia que resulten horas hombre mal gastadas y retrasos. El ingeniero de planta se deberá ajustar a los procedimientos para la aceptación y terminación de las instalaciones de construcción ya terminadas, incluyendo los representantes técnicos.

Habrá un consecutivo con criterio especial de construcción establecido durante la fase de diseño, para que sea recordado en cualquier trabajo que difiera de la práctica normal. Un caso sobre este punto son los requerimientos de espacio de trabajo, aún cuando bastante lugar sea asignado, construcción tenderá a ocupar los espacios vacíos.

Normalmente, nuevas instalaciones no son terminadas completamente cuando estas son aceptadas por operación. La lista de partidas incompletas será preparada cuando construcción termine el trabajo. El ingeniero de planta trabajará con construcción en la preparación de esta lista y conseguir una junta para que el trabajo se haga con prioridad.

La lista es preparada por el personal de la planta, antes que el sistema sea aceptado. Se ahorrará mucho tiempo si el personal de construcción acompaña al personal de la planta, durante la formulación de la lista de faltantes.

1.1.4 Fase del plan de arranque.

Durante la fase de construcción, el plan de arranque desarrollado por el equipo inicial de arranque puede ahora ser terminado con suficiente detalle para conseguir que la planta entre en la rutina de operación.

El detalle de esta lista depende de los ajustes finales para la terminación mecánica y esto determina el comienzo del arranque real.

Normalmente, en el arranque de la planta trae personal más numerosos que el personal de apoyo permanente, que deberá ser restituido para evitar estorbos y retrasos. Solamente el personal de planta experimentado estará en los equipos clave que será capaz de hacer trabajar el equipo, y tener conocimiento del proceso así como de la seguridad en el trabajo.

El arranque no es lugar para entrenamiento de personal, especialmente personal no técnico. Así mismo será rechazada gente sin experiencia aún mandada de otras unidades.

La semana de trabajo no excederá de sus horas diarias y el número consecutivo de días trabajados no más de trece. El objeto es tener personal alerta y con la mente despejada en horas de crisis. La necesidad de operadores en los controles es establecido por la gerencia de operación durante el tiempo que se llega a la rutina de operación.

Ajuste dentro de la rutina de operación.

El arranque de una planta representa el punto de retorno económico donde comienza el flujo de efectivo. El objetivo primario del ingeniero de planta es dejar este período de transición tan pronto como sea posible para que toda la planeación cumpla su meta.

La meta secundaria es mantener informado a la gerencia y defender el equipo. El ingeniero de planta tendrá suficiente autoridad sobre el control del arranque y mantenerse en el programa de arranque.

La organización para el arranque de una planta consiste de los siguientes cuatro grupos:

1.- Un grupo de apoyo técnico será destinado específicamente para el arranque, que consiste del apoyo técnico permanente y expertos traídos justo para el arranque, este grupo controlará el arranque bajo la dirección del ingeniero de planta.

2.- El jefe de mantenimiento y el personal no técnico de laboratorio permanecerán bajo la supervisión del ingeniero de planta.

3.- Las funciones de soporte tales como compras, distribución y relaciones de empleo estarán bajo la supervisión del ingeniero de planta

4.- La superintendencia de construcción normalmente juega un significativo papel de soporte durante el arranque, algunos de estos empleados permanecen bajo la propia gerencia pero otros son prestados a la planta para que labore bajo su supervisión.

Si el arranque es de una planta grande el equipo de arranque no podrá ser detenido para recordar todos los planes programados, en tales casos el ingeniero de planta alimentará el plan al equipo de arranque continuamente, generalmente en un lapso de tres días. El plan será escrito en secciones, y que sean tan independientes como sea posible.

Se harán acuerdos para controlar los progresos y compararlos con el plan diariamente. Esta responsabilidad será asignada a una persona, para que permita determinar la lejanía de terminación del trabajo, y establecer el efecto de los problemas y cambios a la fecha de terminación y conservar el control ajustado en el presupuesto.

Un centro de información será instalado para que el personal tenga acceso a todos los datos técnicos pertenecientes a la planta tales como diagramas de flujo, hojas de registro, diagramas lógicos, manuales técnicos de proceso, procedimientos de operación, detalles técnicos meca-

nicos, manuales del vendedor y diagramas eléctricos. El acceso a este centro será estrictamente controlado, por la información confidencial que contienen.

Definiciones de pruebas especiales serán incluidas en el plan de arranque, pero pueden ser manejadas separadamente por estar involucrado personal exterior. El equipo de arranque coordinará las corridas de arranque y las propias corridas de prueba.

Incluirán pruebas típicas especiales; como la corrida de garantía de la planta, pruebas de capacidad, evaluación de criterios de seguridad no-usuales, datos ambientales para autoridades gubernamentales, y pruebas de verificación de tecnología.

Durante el arranque, habrá necesidad de toda clase de expertos asistir a la recepción de equipos. El objeto de los expertos es auxiliar a los ingenieros de planta y acompañar a estos a un arranque exitoso, para lo cual se requieren reglas como:

1.- Los expertos serán asignados a una persona de la planta para responsabilizarla de las actividades dentro de la planta y localizarlo en cualquier momento en emergencias. Un patrocinador puede también ser responsable de los expertos técnicos para la comprensión de los objetivos, para que al llegar, el equipo de arranque este listo, y contar con las herramientas apropiadas.

2.- Al llegar a la planta, los técnicos experimentados serán presentados con el superintendente o residente de construcción, además con la gente con quien trabajarán. Los objetivos serán revisados, para hacer ajustes especiales, y explicar como se hará el trabajo. Si el experto es requerido, por unas horas o por varios días.

3.- Se les proporcionará a los expertos una orientación de las reglas básicas del control, acceso a ciertas áreas, señales de emergencias y las acciones que deben tomar.

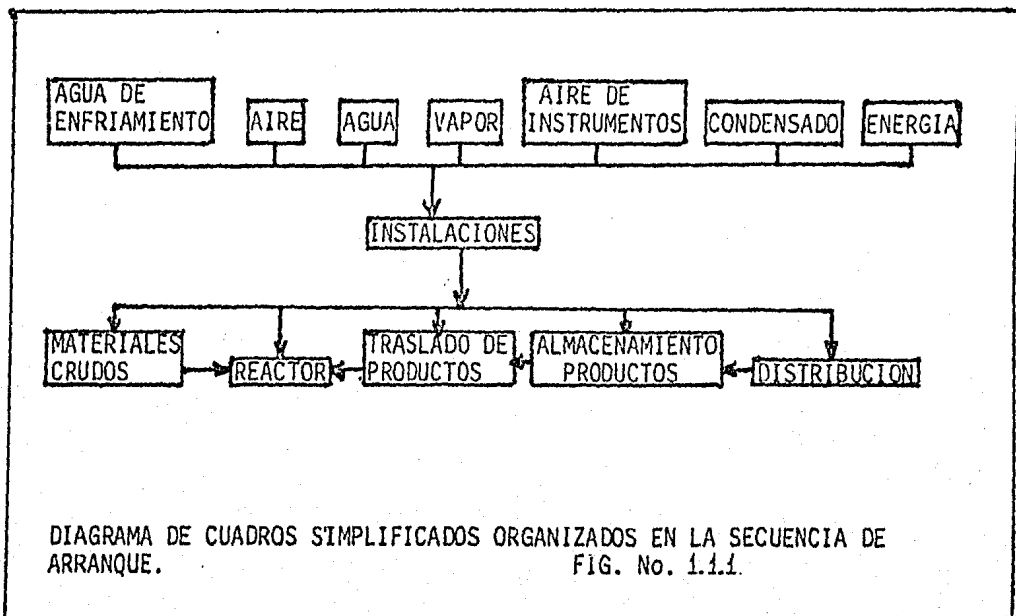
El camino general para conseguir que la planta entre en operación de rutina es sucesivamente poner en operación secciones independientes dentro de la rutina de operación, las instalaciones como distribución y almacenaje de productos pueden ser puestos dentro de la rutina de operación antes de que la planta sea arrancada.

Los cambios que ocurren cuando la planta empieza a entrar en rutina de operación incluye, el control de turno, los registros de rutina, inspección de rutina, mantenimiento preventivo, planeación de producción, y un programa de optimización.

1.1.5. La fase final: Embotellamientos.

La mayor parte de las plantas son arrancadas y puestas dentro de la rutina de operación a capacidad menor que la de diseño. Los primeros 9 a 12 meses de rutina de operación es cuando se desarrollan los embotellamientos por las condiciones al diseño y errores de construcción. Cuando la lista de estos problemas es dada a los operadores de la planta y son resueltos, el equipo de arranque y de proyecto son disueltos.

La planeación de embotellamientos a menudo dependen de lo serio que sea la restricción de capacidad por lo tanto deben de recibir alta prioridad. En el final del período de embotellamientos, se harán las pruebas de funcionamiento y corrida de garantía. El ingeniero de planta ajustará y coordinará las garantías junto con la firma licenciadora, para aclarar y entender los objetivos y criterios que sean claramente entendidos por los testigos. Calculos de operación, métodos de calculo y estadísticas de los datos serán establecidos y expedidos al personal de operación.



1.2.- COSTO Y TIEMPO DEL ARRANQUE

Costos de arranque.

Son los costos no capitalizados con respecto a las funciones del proyecto asociados con la operación de la planta, desde el arranque hasta llegar a obtener la meta pre-establecida de producción.

1.2.1.- Predicción de los costos de arranque.

I. Factores Históricos principales.

1.- Tipo de proceso

- Nuevo en la industria.
- Obsoleto en la industria
- Nuevo para la compañía.
- Duplicado en la compañía.
- De un solo tren.
- Operación por cargas.
- Basado en pruebas de laboratorio.
- Unidades múltiples interdependientes.

2.- Bases financieras.

- Máxima competitividad.
- Máxima confiabilidad.
- Máxima economía.

3.- Demanda de producción.

- Máxima al momento del arranque.
- Demanda externa.
- Demanda cautiva.

4.- Localización.

- Altamente industrializada.
- No industrializada.
- Diferentes tipos de industrias.
- Confiabilidad en el suministro de energía.

5.- Almacenamiento.

- Costo unitario.
- Eficacia.
- Formas de entrega.
- Rango de calidad.
- Riesgos.

6.- Productos.

- Uno solo.
- Varios.
- Flexibilidad.
- Valor.
- Disposición de subproductos.

II.- Desarrollos recientes.

- Reglamento sobre contaminación ambiental.
- Actitudes de la comunidad.

El costo del arranque para plantas de proceso puede estimarse multiplicando el costo total instalado (C.T.I.), por los factores de costo.

El costo total instalado es el capital empleado en el nuevo proceso.

Los factores de costo de arranque se desarrollan para:

- (1) Estimar costo de arranque conveniente para realizar estudios de factibilidad.
- (2) Enfatizar la influencia de circunstancias específicas sobre los costos de arranque de un proceso en particular.

1.2.2. FACTORES PARA EL COSTO DE ARRANQUE

I.- Caso Base

Proceso establecido en plantas existentes

Personal experimentado

Equipo suministrado a tiempo + 6.0% C.T.I.

Programas razonables

Unidad simple

Servicios auxiliares suministrados

II. Factores de cambios para el "caso base"

Pueden ser positivos o negativos.

A. Factores de Proceso

- 1.- Producto nuevo - obtenido a escala de laboratorio + 7% C.T.I.
- 2.- Producto nuevo - obtenido a escala de planta piloto + 5.5% C.T.I.
- 3.- Producto viejo - proceso nuevo + 4% C.T.I.
- 4.- Planta diseñada para un solo tren + 0.8% C.T.I.
- 5.- Unidad duplicada - 1% C.T.I.

B. Equipo*

- 1.- Proceso estandar, mayor tamaño incrementado
en todas sus partes. + 3% C.T.I.
- 2.- Nueva tecnología, servicios auxiliares típicos + 10% C.T.I.
- 3.- No disponible en estandares comerciales + 5% C.T.I.

(* Si unicamente un tercio de la nueva planta utiliza nueva tecnología, o es afectada por el incremento de tamaño, aplicar un - factor unicamente a un tercio del C.T.I.)

C. Localización de la planta.

- 1.- No industrializada + 3.5% C.T.I.
- 2.- Industria diferente + 2.5% C.T.I.
- 3.- Industrializada, similar + 1.2% C.T.I.

D. Personal.

1.- Operadores y de mantenimiento

- a) Con más del 75% de experiencia - 1% C.T.I.
- b) Con 50 al 75% de experiencia + 0% C.T.I.
- c) Con 25 al 50% de experiencia + 1% C.T.I.
- d) Con menos del 25% de experiencia + 2% C.T.I.

2.- Experiencia en supervisión.

- a) Con más de 75% de experiencia - 0.5% C.T.I.
- b) Con 50 al 75% de experiencia + 0.5% C.T.I.
- c) Con 25 al 50% de experiencia + 1.0% C.T.I.
- d) Con menos del 25% de experiencia + 2.0% C.T.I.

3.- Experiencia en supervisión de arranques.

(uno o más arranques)

- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| a) Con más del 75% de experiencia | - 1.5% C.T.I. |
| b) Con 50% al 75% de experiencia | - 0.5% C.T.I. |
| c) Con 25 al 50% de experiencia | + 0.5% C.T.I. |
| d) Con menos del 25% de experiencia | + 2.5% C.T.I. |
| e) Con cero de experiencia | + 3.0% C.T.I. |

4.- Sin disponibilidad de reemplazo + 1.5% C.T.I.

5.- Con disponibilidad de reemplazo - 0.5% C.T.I.

E. Unidades dependientes (considerar los servicios auxiliares como unidad).

1.- Dos unidades independientes + 1.0% C.T.I.

2.- Tres unidades independientes + 3.0% C.T.I.

La falla en preveer y asignar un presupuesto para arranque puede conducir a retrasos en la autorización de modificaciones de equipos nuevos con los consecuentes retrasos en el arranque. Los presupuestos de arranque pueden dividirse en tres categorías:

Costos para equipo, personal y materiales normales para el arranque.

Costos para cambios y adiciones inesperadas.

Costos para descomposturas de equipo mecánico.

De estos, los costos para equipo, material y personal normales de arranque pueden calcularse generalmente con buena precisión a partir del programa de arranque; pero los costos de contingencia inesperados son más difíciles de estimar.

El costo de cambios y adiciones son inversamente proporcionales a la investigación e ingeniería que se ha incluido en el diseño de la planta. Los costos debidos a descomposturas pueden también ser los más altos ya que puede haber un retraso prolongado en el reemplazo de las partes dañadas, sobre todo si son de fabricación extranjera.

1.3 Entrenamiento y selección de personal para el arranque.

El entrenamiento propio de operadores llega a ser un punto importante en el arranque de nuevas plantas. El programa incluye entrenamiento básico de nuevos empleados, y entrenamiento de tareas específicas de ambos, personal nuevo y experimentado. Seguridad, eficiencia, operación con un mínimo de errores durante el arranque es el principal objetivo.

1.3.1.- Entrenamiento básico de nuevos empleados

Es necesario hacer ajustes para sentirse como en su casa entre ruidos olores, y vibraciones de una planta química. Un período de entrenamiento básico antes de asumir responsabilidad de operación es darle confianza y familiarizarlos con las tareas para que así los empleados puedan más rápidamente entender las instrucciones sobre el trabajo. Esto también los orienta en la organización de la planta, informándoles de la gente con quien serán asociados (particularmente con sus supervisores inmediatos), y ayudará a realizar su trabajo como miembro de un equipo.

El manual de entrenamiento básico es una parte del programa de entrenamiento básico de los operadores químicos.

Esto incluye fundamentalmente la contribución a un mejor entendimiento de cualquier trabajo de operación. El manual es dado al operador para mantener su referencia permanente. Este contendrá información no confidencial.

Se proporcionará material impreso que sea interesante y, hasta donde sea posible, animado con ilustraciones.

El contenido del manual de entrenamiento básico es resumido como sigue:

El trabajo.

El trabajo de un operador es convertir las materias primas a productos útiles a través de seguridad y eficiencia en el control de los equipos de la planta. Con el entrenamiento básico el operador está capacitado para prever emergencias, con responsabilidad y eficiencia.

El tendrá buen apoyo y hábitos de seguridad, manteniendo una unidad informativa de las hojas de datos, y decirle al operador de relevo los factores pertinentes sobre la operación presente en su trabajo asignado.

El equipo.

Cada uno de los operadores puede visualizar el mecanismo interno de cada pieza del equipo, sin tener mucha dificultad sobre el entendimiento del proceso. Este incluye la función y explicación de mecanismos internos de válvulas, trampas de vapor, coladores, bombas, compresores, turbinas, motores, columnas, cambiadores de calor, y separadores que son más comunes en unidades químicas. Los fabricantes de equipos están más que dispuestos para proveer folletos y revistas que muestren cuadros de modelos para usarse durante la sesión de entrenamiento.

Materiales.

Este aspecto da una idea general de la naturaleza y uso de aire, gas, agua, vapor y electricidad; de dónde proviene, y como serán distribuidas en la planta. Por ejemplo se muestra un diagrama de flujo de un calentador de aire principal.

La Ciencia.

Una revisión física básica incluye tales asuntos como: estados físicos, temperaturas, presión densidad, gravedad específica, calor, presión de vapor, puntos de flasheo, y vapor sobrecalentado. Siguiendo, una revi-

sión de química básica, puede incluir explicación e información sobre ácidos, bases, sales, procesos de combustión y composición de materia,

El proceso.

En términos generales, el flujo de fluidos y transferencia de calor serán discutidos, junto con destilación, absorción, serapación, secado, crakin, compresión de gas, refrigeración y generación de vapor Fundamentos de medición.

Este punto explica medidas de presión, temperatura, nivel de líquidos y medición de flujos de fluidos,

Fundamentos de instrumentos.

Registadores con plumillas y gráficas circulares, diferentes tipos de escalas y entintado de plumillas, manejo de varios mecanismos, controladores, motoválvulas, válvulas posicionadoras, transmisores y receptores y métodos de desviación.

Seguridad.

El último capítulo del manual básico es dedicado al personal de seguridad equipos de seguridad y protección en general de fuego.

Uno de los mejores caminos para organizar el programa es reunir grupos de seis u ocho personas como grupo Cada supervisor de departamento enseñará a su grupo de la misma manera como a él le fué enseñado.

Donde sea posible el operador estará asignado desde el inicio para supervisar el equipo en el cual estará trabajando, así trabajarán y estudiarán juntos operador y supervisor con el debido respeto y autoridad que se necesite cuando la operación de los equipos se aproxime.

Al inicio del entrenamiento será dado a los operadores una prueba que les servirá como entrenamiento, para mostrarles a los capacitantes lo mucho que hay que aprender.

La misma prueba será dada al terminar el curso para indicar que tanto ellos aprendieron.

Esto es importante para mantener una atmósfera de información durante las pruebas; cada hombre guardará su propio papel, y escribirá registros de sus anotaciones hechas. En cada entrenamiento es dada una guía de estudio que contenga preguntas detalladas relacionadas al manual básico.

El estudio real puede ser conducido por lectura en silencio o de respuestas seguidas por discusión o debate. Las preguntas son resueltas y escritas por cada hombre.

Cualquier manual básico será completado por modelos de bombas, válvulas coladores, motoválvulas, y otras piezas de equipos que pueden ser usadas en el salón de clases. La clase de trabajo es mezclada con recorridos en campo junto a las unidades que están operando para ver algunos de los equipos en servicios. Donde sea posible serán usados ajustes ya experimentados, en las mismas plantas ya operando.

1.3.2.- Entrenamiento de trabajos específicos.

La operación de una unidad específica requiere entrenamiento especializado e información más allá del manual de entrenamiento básico. Por eso la instrucción del trabajo específico será conducido para adecuar los detalles de la operación real. Un manual de trabajo específico es escrito para usarse durante esta fase de entrenamiento.

Un ejemplo del contenido de un manual de trabajo específico es como sigue:

Introducción.

Poner al corriente a los capacitantes con el manual, la planta y el proceso

Definir los variados trabajos de operación y decir de los requerimientos de materias primas.

Discutir la naturaleza y uso de los productos variados y sus subproductos.

Trazo del proceso.

Una breve descripción de cada sistema en la unidad describiendo los equipos mayores y las condiciones de operación críticas. Será incluido también un diagrama de flujo del proceso completo indicando todos los equipos y tuberías principales.

Operaciones.

Cualquier proceso puede ser dividido en varios sistemas tales como:

Un sistema de almacenaje en campo, área unitaria de tanques, sistemas de sección, sistemas de recuperación, sistemas de compresión etc., pero a cintas tales como bombas centrifugas y agitadores, sellos mecánicos, etc., que serán cubiertos en esta sección. El equipo de cada sistema será descrito en detalle del tipo de sistema de venteo y material de empaque para sellos de flechas especiales y ajustes en válvulas de seguridad.

Una instrumentación completa explicando el tipo de medición, localización la condición normal de operación y las alarmas de altos y bajos puntos de cada instrumento. Cualquier instrumentación especial o complicada será claramente definida y dibujada.

1.3.3.- Entrenamiento sobre el trabajo.

Si tiempo, economía, y las circunstancias permiten, puede ser arrancada la nueva unidad con agua siguiendo el estudio del salón de clases, sesiones en el campo, y asignaciones de jefes. Esta corrida con agua da al operador la "sensación" del control del instrumento y checar la operación de los instrumentos por sí mismos.

Esto provee un período en la corrida para el equipo y una oportunidad para checar tubería y juntas para fugas junto con áreas peligrosas de fuego. Esto provee una limpieza general de equipo y tubería antes de arrancar. Cuando el agua es removida, el equipo es secado donde sea necesario y el flujo de proceso real será arrancado. Este procedimiento preliminar probablemente requerirá casi dos semanas, dependiendo del número de dificultades encontradas. Es considerable hacer una revisión periódica

seguida para la retención de los operadores de la información que ellos hayan aprendido. Este puede ser hecho de la forma de un cuestionario escrito u oral; la segunda es aménudo más práctica porque la demanda de tiempo de los operadores durante las etapas primarias de una nueva unidad. También rotación periódica de operadores de un trabajo a otro es recomendable; la frecuencia con que estos pueden ser cambiados depende de la circunstancia particular involucrada.

Evaluación del programa de entrenamiento.

Como situación previa el resultado de tal programa de entrenamiento es difícil de evaluar, sin embargo, en una unidad que fue puesta en operación antes de lo programado no hubo un mayor derrame, ni errores de operación, o daños serios. Una gran parte del crédito para este arranque estuvo dado en el programa de entrenamiento del operador descrito anteriormente.

1.3.4.- Selección de personal.

Alrededor de dos o tres meses antes del inicio de construcción el supervisor de la planta será seleccionado para ser responsable de la preparación, el arranque y la operación de las unidades. Este hombre coordinará los intereses de la planta durante la construcción y trabajará juntamente con el gerente de proyecto de la oficina central que será el responsable de la construcción.

Alrededor de seis o siete meses antes del arranque, los planes de apoyo de a planta deben ser formulados y detalles contractivos fueron discutidos con representantes del sindicato de obreros, los problemas asociados con varios dirigentes obreros con apoyo a la nueva unidad requerirá dos o tres meses para resolverse.

La selección real de los operadores para apoyar las unidades será terminada alrededor de tres meses antes del arranque. La selección de estos hombres fue hecha con la autoridad y calificación previa del contrato obrero. En cada aplicación fue dada intervención extensiva por uno o más supervisores familiarizados con su experiencia previa y habilidad.

Uno de los trabajos más consumidores de tiempo fue la preparación del manual de operación. Este proyecto fue iniciado sobre cuatro o cinco meses antes del arranque, más el trabajo comienza a hacerse por los ingenieros de arranque. Fueron presentadas todas las fases de la operación y equipos usando numerosos dibujos y pequeños diagramas. Fueron incluidas previsiones de fuego y seguridad, resúmenes de diseño, discusiones de reacción química, descripciones de proceso, instalaciones y sistemas auxiliares, procedimientos de arranque y paro, etc.

Los ingenieros de arranque y los sobrestantes deberán ser seleccionados alrededor de seis meses antes del arranque para participar en una familiarización gradual del programa de entrenamiento en el salón de clases. Será

nalmente de dos a tres horas conducidas por el supervisor encargado del arranque, durante este período cada sobrestante e ingeniero visitará la planta, se evaluarán los trabajos de entrenamiento, para evaluar lo que aprendieron durante el entrenamiento.

Cuatro semanas antes se revisará el programa de entrenamiento que será aplicado a los ingenieros y sobrestantes del arranque.

Las ultimas tres semanas antes del arranque serán dedicadas en tiempo completo a los operadores impartido por los ingenieros de arranque.

El grupo fué dividido en cuatro equipos, cada uno consistiendo de seis operadores, dos ingenieros, y un sobrestante que será el encargado del equipo.

Estos equipos se mantubieron juntos desde el inicio del entrenamiento y aun en los dos primeros meses de operación cuando se empiezan alcanzar las condiciones de diseño, cada equipo trabajará un turno extra si se requiere al arranque.

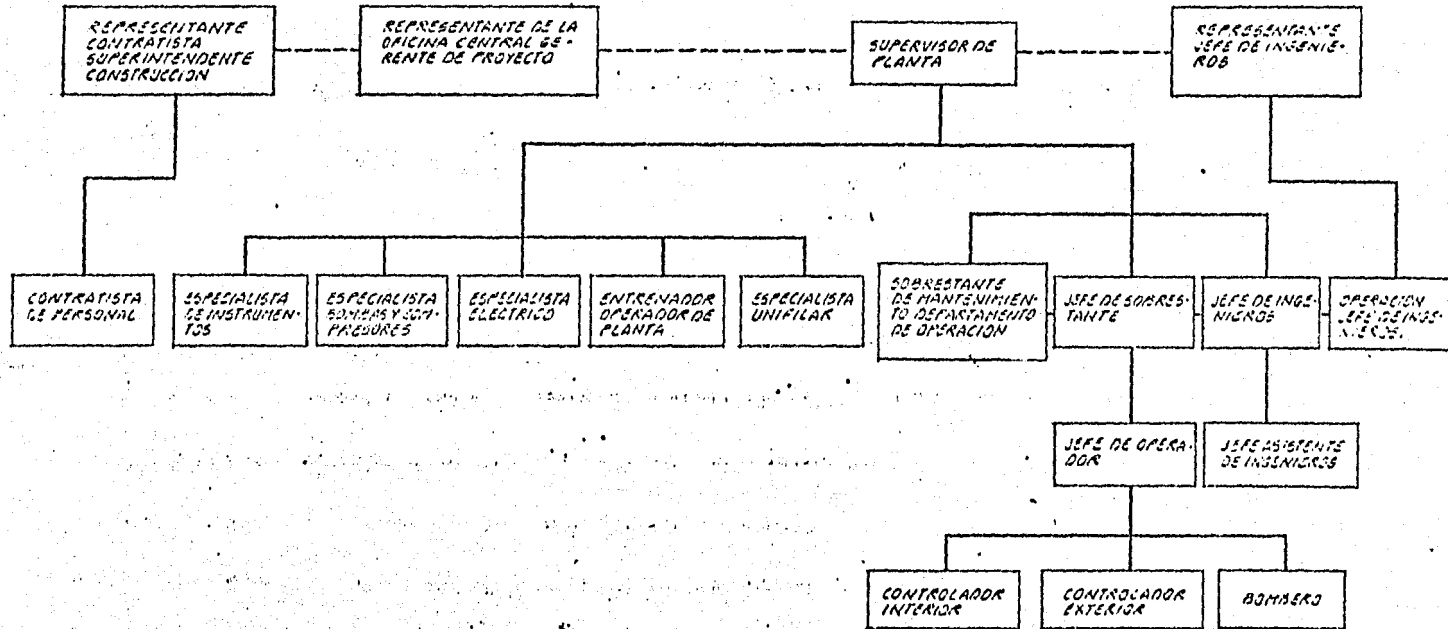
En los primeros días de entrenamiento, a cada persona le fué entregado una copia del manual de operación, cada mañana fué estudiado el manual, y por las tardes fueron utilizadas generalmente para visitas al campo, revisando lo estudiado en la mañana con la aplicación de exámenes tanto escritos como orales y así cada sobrestante será responsable de su gente para manejar el equipo.

ORGANIZACION

La prospera operación inicial de cualquier gran unidad nueva requiere de esfuerzos combinados de mucha gente con varios talentos, y hacer buenos equipos para optimizar la operación. La figura No. 111 muestra la organización usada, las posiciones sombreadas representan la organización normal del departamento de operación de planta responsable de la operación continua. Se hace necesario la presencia de especialistas transferidos de otras plantas.

El superintendente de construcción esta completamente familiarizado con la unidad y con los subcontratistas que estuvieron en la terminación de muchos equipos, y tambien un pequeño grupo de ingenieros y supervisores, que permanecerán en el area de trabajo durante las primeras etapas de la operación, en la detección de fallas de los equipos.

ORGANIZACION DE ARRANQUE DE UNA PLANTA



Como representantes de la oficina central de ingeniería y el grupo de construcción, el gerente de proyecto, (un ingeniero químico), trabajarán en este proyecto desde el inicio, y serán las personas más familiarizadas con los detalles de la unidad entera. El será el responsable de la cooperación entre la planta, oficina central y el personal de los contratistas. El mantendrá una inspección estricta de todos los equipos, como fuerón instalados y trabajados cercanamente con el personal de los contratistas y de la planta durante el arranque entero.

El licenciador de proceso enviará cuatro ingenieros (especialistas en arranque para asistir al arranque y para evaluar el funcionamiento inicial de la planta con consideración al proceso y garantías del catalizador), éstos auxiliarán en el mando de los controles y harán numerosas recomendaciones y sugerencias para improvisar el arranque.

Los especialistas con muchos años de experiencia en la capacidad de supervisores en el departamento de instrumentos de la planta trabajarán parte del tiempo en este proyecto durante el inicio del arranque.

Durante la construcción, inspeccionarán todas las instalaciones de instrumentación que fueron instaladas. Cuando la construcción este proxima a terminarse, convendrá que estos especialistas de tiempo completo se dediquen a la verificación de la instalación, calibración y servicio de todos los instrumentos.

El especialista de bombas y compresores y un sobrestante del taller de la planta, asignado de tiempo completo para cuando el arranque comienze a llegar, El trabajará con el personal del contratista observando la instalación de todas las bombas, turbinas, motores, compresores, ventiladores, etc., y harán numerosas correcciones si fuere necesario.

El especialista eléctrico será necesario por la complejidad de las instalaciones eléctricas. Este especialista también trabajará parte del tiempo durante el diseño y construcción, y tiempo completo durante el arranque.

El operador entrenado asignado será escogido por un operador a cargo de la planta en préstamo de otra planta por seis semanas.

El asistirá en el entrenamiento y empleará mucho tiempo dando entrenamiento sobre el trabajo. El también asistirá en los problemas mecánicos y análisis de operación.

Un especialista unifilar del departamento de investigación reconocido técnicamente asistirá al arranque de la planta.

Este especialista ayudará a establecer los controles de las operaciones necesarias optimizando la alimentación de materias primas a la planta.

El jefe de ingenieros asignado para los ingenieros, proveerán asistencia a los experimentados ingenieros en el manejo de problemas técnicos acumulando datos, escribiendo procedimientos de operación, haciendo procesos de cálculo, etc.

Operador normal de apoyo son cuatro por turno, pero dos operadoras extras por turno serán previstos durante el arranque. Todos los operadores estarán transferidos de otros departamentos de otras plantas similares que tengan experiencia. Este grupo con su habilidad y su contribución llevará a un arranque suave y exitoso.

El sobrestante del departamento de mantenimiento de operación estará tiempo completo trabajando en los problemas mecánicos y de mantenimiento. El es el hombre de enlace entre los departamentos de la operación y el mantenimiento para reparaciones rutinarias de trabajo.

Esta asignación produce los costos de mantenimiento y en tiempos debidos a problemas mecánicos, durante el arranque él trabajará tiempo completo en la planta.

El ingeniero en turno es asignado primariamente como un consultor técnico, del sobrestante en turno. Los dos hombres en cada turno trabajarán juntos para combinar las habilidades técnicas y organizacionales de los ingenieros con la experiencia y el trabajo direccional de las habilidades del sobrestante.

Los cuatro sobrestantes del turno que tendrán al mando a través del operador de bajo rango tendrá una experiencia promedio en plantas mucho mayor, el sobrestante con menos experiencia en previos arranques estará durante la planeación primaria, la desición es hecha para situar el sobrestante al cargo de las operaciones desde los inicios para asegurar que los hombres más capaces esten al cargo de la operación inicial; ya que no es recomendable la supervición de las unidades por gente inexperta,

El arranque será suave y progresivo dentro del programa. El itinerario tendrá días severos para contingencias, pero solamente la mitad del tiempo será estimado.

Como en cualquier primera operación habrá problemas numerosos.

1.4.5- ESTIMACION DE PERSONAL PARA UNA NUEVA PLANTA

A menudo una estimación preliminar del número de empleados necesarios para apoyo y operación de una nueva planta son requeridos, especialmente para proyectos grandes en áreas remotas. Es necesario conocer este número temprano en el proyecto para el tamaño de la infraestructura.

Del sector base de empleados construirán los requerimientos para empleados familiares en el sector secundario y el soporte terciario de escuela, hospitales, taller de almacén y recreación, pero usando un multiplicador típico.

Una correlación ha sido derivada del número de empleados, E, y la inversión de la planta, I: $E = 7.0 \times I^{0.88}$

Esta relación parece ser independiente de el tipo de planta para grandes proyectos. Esta fue derivada de datos de 35 plantas, cantidad de refineries de petróleo, plantas de minerales, aceros suaves y fundiciones no ferrosas. El número de empleados de planta es definida para incluir: Planta, trabajo de mantenimiento y soporte, un apoyo de planta y administración. Esta incluye ventas, oficinas centrales y apoyos corporativos. El número es calculado con productividad de trabajo promedio en E.U. como base, y ha sido ajustado para productividad local si el proyecto esta afuera de los E.U. la inversión de la planta es definida como promedio en E.U. costos construidos en limite de bateria en millones de dólares al final de 1978, nuevamente, ha sido ajustado para costos de construcción local.

RECEPCION DE PLANTAS

Los especialistas en arranques de plantas, dicen que al iniciar la operación (el arranque) de una planta; el 61% de las dificultades es causa do por deficiencias en el equipo, el 10% por errores de diseño, el 6% por exceso de economías en la construcción y el 13% por errores de operación. Se considera que la presencia oportuna de ingenieros en el área de construcción detectará las deficiencias en el equipo y una capacitación adecuada, evitará los errores de operación.

La presencia de personal entrenado, capaz y con experiencia es vital du rante las etapas de recepción y arranque de una planta. Por esta razón- en esta etapa, es urgente el envío oportuno de personal técnico de nuevo ingreso, para adiestramiento y calificación, con el fin de que ocupen las plazas de la planta.

Los ingenieros de reciente ingreso son una gran ayuda en la recepción de una planta nueva, y adquieren experiencia para permanecer en ella o para futuros arranques.

La experiencia de los ingenieros que hacen cabeza de grupo durante la recepción de una planta, es de mayor valor cuando han recibido plantas similares. De no ser esto posible, por problemas de tipo administrativo es conveniente comisionar personal técnico que haya participado en cualquier recepción de planta, pues hay similitud en ciertos problemas que se presentan.

También es conveniente que quienes hayan tomado parte en el diseño como residentes, participen como asesores de tiempo completo durante el arranque de las plantas.

Por supuesto que en los arranques será necesario contar con la cantidad de personal técnico, mayor a la cantidad que será requerida con la planta en operación normal.

Los pasos a seguir principalmente en la coordinación de la recepción de plantas será la de recibir los equipos en las instalaciones ya terminadas por especialidades.

El grupo de recepción entregará las plantas con los equipos probados, calibrados y requisitadas las partes de repuesto para mantenimiento.

El grupo de arranque deberá estar con anterioridad al arranque de la planta con el fin de actualizar el manual de operación y vigilar el entrenamiento de los operadores.

La sección de coordinación de recepción de plantas, tendrá como objetivo adicional el entrenamiento del personal técnico de nuevo ingreso en las especialidades, mediante instrucciones detalladas relacionadas con cada especialidad por ejemplo la operación, recepción y mantenimiento de los equipos y accesorios existentes en las diferentes plantas de los complejos industriales.

Este entrenamiento será paralelo a las funciones de la recepción de plantas, con resultados satisfactorios.

Se considera que al entregar la instalación al grupo operativo, el personal que recibe está capacitado para mantenerla.

El ingeniero de recepción debe integrarse a la planta cuando principia la instalación y montaje de los equipos, pues en esa forma, al tiempo del arranque se habrá familiarizado con los diagramas de ingeniería, los problemas para la instalación y la localización de los recipientes,

válvulas, tuberías, drenajes, etc., a medida que la construcción continúa el ingeniero de recepción inspeccionará junto con el ingeniero constructor la instalación de piezas de los equipos relacionados con la especialidad y a medida que se acerca la terminación de la obra, su tarea la irá absorbiendo más tiempo hasta que tendrá que dedicar todo el tiempo a las pruebas, comprobación y servicio de los equipos y accesorios.

Se efectúan revisiones periódicas con listas de faltantes. Este trabajo es un excelente medio de preparación para los ingenieros de cada especialidad.

Los equipos estáticos, mecánicos, eléctricos y de instrumentos deben quedar calibrados sobre su rango total de flujo, temperatura, y presión.

Se debe realizar un esfuerzo extra para lograr que todas las partes trabajen correctamente. De no hacerlo los operadores se encontrarán con dificultades para trabajar, hecho particularmente riesgoso para el arranque.

Se debe integrar un expediente completo de cada equipo y sus partes archivándolas en un folio separado. Cada folio deberá incluir diagramas de armado, lista de partes, manuales de erección y mantenimiento catálogos, hojas de especificaciones. El archivo formará parte del paquete de recepción.

Se deberá tener un inventario de partes de repuesto y elaborar las requisiciones correspondientes para su pronta adquisición de los faltantes para mantenimiento. También se dibujarán originales para control de calibraciones y partes mecánicas susceptibles de fabricarse en talleres nacionales.

El trabajo de recepción realiza bastante simplificación de las funcio

nes operativas y de mantenimiento, ya que se dispone de la infraestructura técnica para poderlas realizar.

2.1 Verificación de los (equipos) diagramas de flujo de proceso.

Una vez que se ha recopilado toda la información del proyecto, se procede a verificar que la ingeniería de detalle este completa, en los planos civiles, planos eléctricos, planos de tuberías, planos de instrumentos, etc.

Se verifica las fechas de entrega de equipos, tales como recipientes, cambiadores de calor, equipo mecánico, se verifica también que se cuente con todos los planos del fabricante.

Verificar que se cuenten con todos los equipos y materiales administrativos tales como escritorios, aire acondicionado, lockers, papelería, etc., necesarios para la iniciación del arranque.

La tramitación de la información del proyecto se hace con el Residente de Proyecto en la firma de ingeniería.

2.2. Verificación de los diagramas de flujo de servicios auxiliares.

De los planos de tubería e instrumentación de los servicios, se recopila toda la información de los equipos que serán o están ya instalados y se hace una lista de aquellos que faltan por instalarse, ya sea que estén en almacén listos para su instalación o en su defecto si todavía están en fabricación y si fuera así, que fecha de entrega tienen estos equipos, o bien si están bajo custodia aduanal.

Para la realización de estas listas es indispensable estar presente en el lugar de la obra, y estar en contacto directo con el personal del almacén, con la gente que lleva el procuramiento y hasta cierto punto con los proveedores.

Una vez teniendo estas listas se van atacando hasta reducirlas al mínimo necesario para eliminar todos los faltantes y llegar así a las pruebas preliminares para el arranque.

2.3 Verificación de suministro de materias primas.

Las materias primas y su suministro es un aspecto tan vital y muy importante para el desarrollo de un proyecto, que precisamente cuando se inicia el proyecto se debe de ver

Dicho suministro se inicia con un concurso de solicitud de cotizaciones hacia las compañías que van a proporcionar los materiales que van a servir para la integración de nuevos productos.

Emitiendo solicitudes y realizando juntas a niveles gerenciales se llega a acuerdos entre compañías con el fin de lograr la compra venta de tal o cual producto.

Para visualizar este aspecto se expone un ejemplo descriptivo al respecto, en el que el Gerente de Planeación y Desarrollo de Fertilizantes Mexicanos S.A., al Gerente de Ventas de Petróleos Mexicanos de la cual se resume lo siguiente:

Muy señores nuestros:

Por medio de la presente les comunicamos que debido a la planta de Urea de 1500 TMD de Fertilizantes Mexicanos S.A., tienen en proceso de ejecución en el complejo industrial de Pajaritos, Ver., estamos requiriendo de Petróleos Mexicanos el abastecimiento de combustible principalmente para la generación de vapor, tanto en el complejo de Pajaritos Ver., como en nuestra Unidad Minatitlán, adjunta al complejo de Cosoleacaque de Pemex.

Los consumos previstos tratandose de gas natural o de combustible como alternativa, son del orden que se indican a continuación:

Unidad Pajaritos

Gas natural 193,758m³/D (285, 148 SCFH)

Combustoleo (full oil No. 6) 166 T/D.

Unidad Minatitlán

Gas natural 221, 348m³/D (325, 751 SCFH)

Combustoleo (full oil No. 6) 183 T/D

La contestación fué de la siguiente manera:

Fertilizantes Mexicanos S.A.

At'n. Gerente de Desarrollo

Nos referimos a su oficio que trata sobre el abastecimiento de combustible para sus instalaciones auxiliares en Minatitlán Ver., informamos a ud., que las instalaciones de combustible de sus unidades deberán ser duales, es decir, capaces de utilizar gas natural o combustoleo.

Para el abastecimiento de gas natural de 6.8 millones de pies cúbicos por día para Pajaritos y 7.8 millones de pies cúbicos por día para la Unidad Minatitlán, el trámite que ya iniciaron ante la Gerencia de Ventas es el adecuado y próximamente recibirán respuesta al mismo.

A t e n t a m e n t e .

Subdirector de Producción Industrial.

Otras de las cartas enviadas a la misma compañía es la siguiente:

Gerente de Petroquímica de
Petróleos Mexicanos.
Presente.

Asunto: Planta de Urea

Estimado Ingeniero:

Con relación a la Planta de Urea de 1500 TMD que Fertilizantes Mexicanos S.A. tiene proyectado instalar en el área de Pajaritos Ver., utilizando como materias primas el amoníaco y el bióxido de carbono producidos en las nuevas plantas de amoníaco que Petróleos Mexicanos construye actualmente para que se sirva girar instrucciones, para que nos proporcionen la disponibilidad, el punto de suministro y las condiciones de entrega (presión y temperatura) para dichos productos.

At'n. Gerente de Planeación y
Desarrollo.

Minuta de la reunión celebrada en la oficina de la Subdirección de Producción Industrial de Petróleos Mexicanos con el personal de esta institución y de Fertilizantes Mexicanos S.A.

(Notas breves sobre los asuntos tratados)

1.- Amoníaco

El amoníaco para la planta de Urea I y para la futura planta Urea II, cada una de 1500 TMD y que consumirán 1740 TMD de amoníaco, se tomará del amonioducto propiedad de Pemex que va desde Cosoleacaque hasta la terminal de 20,000 ton. en Pajaritos que tiene una capacidad de transporte de 3 000 TMD, haciendo una derivación hasta nuestro terreno. En caso de falla del amonioducto se bombeará del tanque de Pemex a -28°F a nuestras

plantas previo calentamiento por Pemex, por lo que podemos diseñar nuestro almacenamiento no-creogénico. El equipo de medición será localizado de común acuerdo en terreno de Fertimex.

2.- Bioxido de Carbono

Provenirá de las plantas de Pemex en Cosoleacaque a través del carbonoducto instalado en Fertimex (y mantenido por Pemex) previa compresión en nuestra unidad Minatitlán. Se solicita que Fertimex haga el cruce del Río Coatzacoalcos al mismo tiempo que otras tuberías de Pemex para facilitar los trabajos y abatir costos.

Así mismo podemos hacer mención del Suministro de energía,

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD,

Ref.: Proyecto 75 IST Planta de Urea de 1500 TMD

Asunto: Suministro de energía eléctrica,

Se hace referencia a nuestra carta relacionada al suministro de energía para la nueva unidad productora de urea que Fertilizantes Mexicanos tiene en proceso de ejecución en el complejo de Pajaritos Ver., con este motivo les estamos enviando copias de los planos solicitados,

A t e n t a m e n t e,

Fertilizantes Mexicanos, S.A,

Coordinador de Proyecto,

y, la correspondiente respuesta.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
Dirección Oriente. .

ATTN. Director General de Fertilizantes Mexicanos S.A.

Habiendo realizado los estudios correspondientes a su solicitud de energía eléctrica a su planta de Urea informamos a ud., los resultados obtenidos: son:

1.- Características de suministro.

Tensión de suministro 115 kv., con tolerancia de $\pm 10\%$, frecuencia 60 hertz, con $\pm 2\%$ de tolerancia; y en tres fases y conductores.

2.- Obras que la comisión deberá construir para proporcionar el servicio.

Primera alternativa:

- Instalación de dos juegos de cuchillas de operación en grupo 115 kv., 600A
- Construcción de dos líneas Fertimex - entroke con la línea Minatitlán II - cloro, en postes de concreto con un calibre de 477 MCM c/u y aislada a 115 kv.

Obras definitivas:

Planta de Urea:

- S.E. Coatzacoalcos II
- Dos interruptores para la línea
- S.E. Teapa
- Dos líneas Teapa Fertimex
- S.E. Fertimex

Incremento demanda Unidad Minatitlán:

- 500 mts. de línea subtransmisión aislada a 34.5 kv., conducto 2668 MCM, postes de concreto.

-Instalación de un juego de cuchillas de operación en grupo.

3.- Tiempo necesario para la construcción de las obras y cooperación económica a cargo de Fertilizantes Mexicanos S.A.

El tiempo necesario aproximado para que la Comisión Federal construya las obras, para estar en condiciones de proporcionar el servicio es de 10 meses contados a partir de la fecha en que esta industria efectúe su pago de la cooperación económica.

Finalmente, comunicamos que previamente a la puesta en vigor del contrato que celebramos, esta industria deberá siempre cumplir con las obligaciones económicas adicionales, como son el pago de derechos de inspección de instalaciones, depósito de garantía, cuota por servicio, y cualquiera otra vigente para los consumidores de energía que resulte aplicable en su caso.

AT'N. GERENTE GENERAL DIVISIONAL

Así mismo se pueden presentar las cartas giradas a la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección General de Captaciones y Conducciones de Agua, Subdirección de Proyectos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, para los requerimientos y suministros de agua para las Plantas en construcción de Urea I y II. A partir de las obras del acueducto Río Uxpanapa - La Cangrejera, Ver.

Podemos observar que las cartas anteriores nos dan una idea clara de los trámites que se necesitan realizar para el suministro de materias primas y de servicios.

2.4 Verificación de disponibilidad de servicios.

Como toda planta química necesita de sus servicios y en primer lugar tenemos el suministro de agua, el agua puede ser suministrada por la perforación de pozos, o directamente de cualquier río.

En segundo término tenemos el suministro de corriente eléctrica, ésta puede generarse en la misma planta mediante un generador o bien será comprada a la Comisión Federal de Electricidad mediante un contrato.

El tercer aspecto importante es el suministro de aire, este podrá utilizarse para los servicios de la misma planta o bien para los instrumentos neumáticos.

Dentro de estos aspectos podemos citar la generación de vapor, que por medio de una caldera se genera el vapor que será utilizado para calentamiento de equipos o bien como fuerza motriz para el movimiento de los equipos que necesitan vapor como las turbinas.

Y sin pasar por alto está también la torre de enfriamiento que proporciona el agua para el enfriamiento de los cambiadores de calor ya sea para el proceso o bien para los equipos que necesitan enfriamiento.

2.5 Verificación de los instrumentos.

De los diagramas de instrumentación es de donde se obtiene la mayor parte de la instrumentación que tiene la planta química. Identificado el instrumento en el plano se pregunta si ya fué montado en su lugar y al conjunto de todos los instrumentos que controlan una variable se le denomina sistema de control. Es por eso que el personal responsable de los sistemas de control e instrumentos de un proyecto normalmente pregunta: ¿Esta el sistema de control listo para el arranque? cuando la fase de construcción esta cercana a su terminación.

A continuación se definen algunos aspectos que deben estar terminados antes de que el sistema de control este listo para el arranque, contiene un análisis de los elementos que caracterizan un sistema de control con sus estructuras, tableros y otros equipos como válvulas de seguridad, transductores, transmisores, interruptores, tuberías, alambrado y conexiones.

El sistema de control estará listo para arranque cuando sus componentes estén instalados, las conexiones de tubería, el alambrado, el aislamiento y pintura, que son necesarios para la operación, estén terminados, la calibración y pruebas; así como la documentación necesaria, este entregada.

Por conveniencia examinaremos estos objetivos, dividiéndolos en las siguientes fases:

Desarrollo de un plan de trabajo
Reunión de planos y datos
Realizar pruebas de presión
Realizar calibración
Efectuar pruebas eléctricas
Completar revisión de componentes sencillos
Completar pruebas a válvulas de seguridad
Revisión total de circuitos.
Recopilación de documentos.

No son pasos que deban seguir una secuencia, pero si deben realizarse antes de que se encuentre terminado.

DESARROLLO DE UN PLAN DE TRABAJO

Debe desarrollarse un plan de trabajo para definir la secuencia de pa sos para los diferentes componentes y sistemas, y quién será responsa ble de la acción de cada paso. Este plan debe desarrollarse con tiempo en el proyecto; así como la organización del mismo staff, y documentación que estarán disponibles cuando se requieran.

El plan de trabajo definirá la secuencia para que cada parte quede lista y documentada y quien tomará la acción del trabajo. Esto permite la organización y programación de la utilización de recursos, al máximo.

El total de horas - hombre gastadas en pruebas, calibración y revisión de circuitos varía del 10% al 25% de las horas de instalación y debe ser, por lo tanto, tan cuidadosamente planeado como la instalación en si misma. El plan de trabajo es lógicamente, desarrollado por el ingeniero de sistemas de control de campo, con acceso a:

- a) Ingeniería eléctrica de campo
- b) Departamento de diseño de sistemas de control e ingeniería eléctrica.
- c) Departamento de instrumentación del cliente, personal de operación y mantenimiento, y
- d) A todas las especificaciones del proyecto y a la documentación relacionada con los instrumentos.

El plan deberá permitir prevenir la duplicidad de funciones.

- 1) Proveedor, con su personal de servicio y planta, para inspección de válvulas de seguridad, tableros de control, analizadores, y otros equipos.
- 2) Personal del cliente, para inspección, calibración o revisión de esas tareas.
- 3) Personal de la oficina de proyectos en la planta del proveedor para inspección y en campo para asistencia cuando se requiera.
- 4) Subcontratistas para calibración y revisión de instrumentos, analizadores, circuitos de control y pruebas de válvulas de seguridad.
- 5) Inspección por parte del cliente; el personal de operación y mantenimiento harán inspección final y testimonio de pruebas.
- 6) Personal de construcción y técnicos de calibración para revisión de circuitos y otras actividades.

Además, el plan debe definir la secuencia de los eventos.

Por ejemplo, si los transmisores de campo, son calibrados en la planta del proveedor en el taller del cliente, en locales del subcontratista o en el mismo campo. La revisión de circuitos afectará lo programado.

Los programas preliminares, para el primer plan de trabajo, pueden ser mejorados al recibirse mayor información de los avances de construcción. Durante cada fase de la revisión algunos componentes requerirán reparación o reemplazo. El plan de trabajo define como y quien tomará acción. Una solución satisfactoria es ordenar la reparación de las piezas tan pronto como se localiza la falla y después hacer todas las reparaciones como una sola fase de la revisión final.

REUNION DE PLANOS Y DATOS.

La recolección de planos y datos necesarios para preparar un sistema algunas veces significa encontrar la información no descubierta en alguna parte o en ocasiones arreglar la información deteriorada.

La mayoría de ingenieros contratistas construyen plantas utilizando el siguiente sistema de documentación, o similar, con mínimas diferencias.

1.- P & I D (DTI) Es la forma abreviada de nombrar a los diagramas de proceso e instrumentación, esto se menciona por la monosílaba "PID".

Un "DTI", define el diagrama de control para un proceso dado.

El diagrama de flujo es una alternativa que muestra una versión más simple que un D.T.I. se complementa con planos del sistema de instrumentos que describen totalmente el sistema.

2.- LISTA DE INSTRUMENTOS también conocido como catálogo de instrumentos ó catálogo de instalación de instrumentos, es el listado completo por número de TAG de todos los instrumentos o sistemas de control conteniendo el número de los planos más relevantes, material requisitado, hojas de datos y otras informaciones para cada componente. Listas suplementarias a unas veces son utilizadas para mostrar los requerimientos de

aislamiento por frío o calor, trazas de vapor, y frecuentemente puntos de disparo de interruptores y alarmas.

Estas listas si no están correctamente documentadas, se convierten en problemas ocasionados por falta de información o puntos de ajuste contradictorios para el mismo interruptor.

3.- HOJAS DE DATOS son las que contienen toda la información para uno o más dispositivos ya marcados por su número de TAG todos los contratistas, la mayoría de personal de operación, tienen hojas de datos estandar que pueden diferir en presentación pero sirven para los mismos propósitos básicos. Algunos dispositivos marcados con su TAG, no están definidos en una hoja de datos, sino únicamente por su orden de compra. En información concerniente a componentes suministrados como unidades-paquete, frecuentemente existe dificultad para localizarlos y puede requerir considerable tiempo y esfuerzo para encontrarlos

4.- DIAGRAMAS DE MONTAJE Y DETALLE son los que muestran como deberá ser montado el instrumento. La mayoría de los contratistas utiliza una serie de detalles relativamente simples, los cuáles al ser combinados, definen la instalación que utiliza un contratista para un transmisor de nivel. Los detalles utilizados por el contratista están dados por una serie de formas:

Una será el juego de planos que muestra las tuberías, otro juego mostrará el alambrado y uno más el aislamiento. Esto se hace con la finalidad de definir el trabajo individual que requiere cada una de las partes.

En algunas ocasiones, se realiza un plano detallado para mostrar la instalación completa de alguna partida de analizadores u otros componentes complejos.

En todos los casos, el tipo y descripción de todos los materiales necesarios para la instalación deben ser claramente definidos. Esto incluye todas las conexiones de tuberías de proceso, suministro de aire y transmisiones eléctricas, trazas de vapor ó eléctricas, tierras, toda la soportería, y el cable de transmisión y tubing, elevaciones de todos los dispositivos de control que requieren suministro de aire, además, el aislamiento térmico y pintura. La pintura normalmente no es definida en planos, sino por medio de especificaciones o listados.

"Diagramas de circuitos" (lazos), Son los que muestran en detalle la instalación de los componentes de control que intervienen en el circuito. (Los planos de los diagramas de circuitos son, con frecuencia realizados con técnicas de dibujos por computadora) La información referente a los diagramas de circuitos puede también encontrarse en otros planos o documentos del proyecto.

De cualquier forma, los diagramas de circuitos son muy utilizados en la revisión de circuitos y son, además una gran ayuda para el personal de operación y mantenimiento. Una vez que toda la documentación mencionada ha sido recabada debe ser revisada totalmente, en su exactitud y consistencia. Un buen sistema de archivo diseñado para la fácil localización de todos los documentos debe realizarse y usarse básicamente en ingeniería en donde se lleve control exacto y continuo para no tener faltantes

REALIZACION DE PRUEBAS DE PRESION

Un programa amplio y complejo para pruebas de presión deberá ser implementado. Los detalles de las pruebas de presión están definidos para cada componente.

El programa puede variar; desde una prueba de servicio a una línea no crítica, que puede removerse con facilidad, hasta una prueba hidrostática o neumática completa, con toda la documentación para componentes de alto riesgo, tales como; medidores para alta presión ó mirillas para servicio con fluidos inflamables.

La planeación de las pruebas deberá incluir, todos los componentes del sistema de control; tubing, tuberías de aires y de proceso. Las pruebas deberán estar coordinadas con el programa total de líneas y deberá incluirse el soplado y limpieza de líneas que así lo requieran. Si alguna línea está siendo probada hidrostáticamente, puede aprovecharse para probar con ella algo de la tubería de instrumentos. Algunos de los instrumentos y componentes deberán ser removidos, antes de que la línea sea limpiada, soplada y probada, para prevenir daños por suciedad o rebabas. Estos componentes pueden ser probados por separado, o ya cuando la línea esté en servicio.

Recipientes, como los de los instrumentos de nivel generalmente no se incluyen en las pruebas hidrostáticas de las líneas, por lo que pueden ser instalados después de que las pruebas de presión a recipientes se ha terminado. Esto es, estos dispositivos se probarán por separado. Las mirillas de cristal deberán estar cubiertas durante la prueba, para protección del personal en caso de rotura ó estallamiento del vidrio.

Deberá considerarse en esta prueba; la duración, el fluido y la magnitud de la misma.

Los posibles efectos, ocasionados por el agua, así como las altas presiones y las suciedades y rebabas en el interior de la línea, deberán ser consideradas. Si los aparatos pudieran dañarse, deberán ser desmontados.

La prueba y la limpieza dada a la línea, generalmente se efectúan

combinadamente, con el fluido de prueba limpio y soplando con chorros de agua o aire puede realizarse la limpieza de suciedades y rebabas - que durante la construcción quedaron dentro de la línea, esto se hará antes de realizar la prueba de presión.

Después de la prueba, el fluido deberá ser removido de los componentes y líneas, para así asegurar un arranque correcto. Por ejemplo, el sistema deberá ser revisado; para eliminar bolsas de agua, que deberán drenarse y secarse (cuando sea necesario) si: (a) la prueba hidrostática se realiza en el verano, pero el arranque no está previsto sino hasta posiblemente la temporada de nieve, o (b) la línea operará a temperaturas inferiores a las de congelamiento, o (c) el medio de prueba no es compatible con el fluido de proceso. En otros casos, el medio de prueba, puede dejarse en la línea y no serán necesarios pasos adicionales.

Generalmente la prueba de presión utilizada para las líneas, es la misma que para el instrumento que se encuentra conectado a ellas. Los componentes del sistema de control, tuberías y tubing se prueban preferentemente, con aire o gases inertes; si el sistema involucrado es pequeño y los riesgos asociados con la prueba neumática en los sistemas grandes no está presente. Una excepción a esto, son las mirillas para nivel, las cuales deben ser probadas hidráulicamente a causa del peligro de los vidrios al volar.

Muchos "sub-cabezales" de aire para instrumentos, son construídos en campo y por eso, no se muestran en los planos de diseño. Estos cabezales también requerirán prueba, limpieza y secado.

REALIZAR CALIBRACION

La calibración se define como; la comparación del valor indicado por un instrumento específico, al valor indicado por un estandar conocido confiable; y el registro del resultado de esta comparación.

La calibración de los componentes de un sistema de control puede efectuarse por cualquiera de los siguientes personas

- 1.- Por personal del; contratista, usuario, proveedor o del subcontratista, en el local del proveedor o en otro sitio apropiado antes del embarque al sitio de trabajo para ser instalado.
- 2.- Por personal del contratista, usuario, vendedor o del subcontratista en talleres del lugar de trabajo, como recepción, pero antes de la instalación.
- 3.- Por personal del contratista, usuario, vendedor o del subcontratista después de la instalación, y como parte o por separado de la revisión de circuitos
- 4.- Por el vendedor, debido al normal control de calidad (esto cuando no se requiere calibración especial)

En una planta típica de proceso, la calibración de los componentes incluye los métodos anteriores. Por ejemplo, por economía, es común:

*Calibrar las celdas de presión diferencial inmediatamente después de la recepción en la planta como entrenamiento del grupo de mantenimiento.

*Aceptar el control de calidad del fabricante para manómetros y termómetros de carátula.

*Calibrar todos los interruptores de nivel y presión por el personal del contratista, durante la revisión de circuitos,

*Prueba, por un subcontratista, de todas las válvulas de seguridad en un lugar especializado fuera de la fábrica del vendedor.

*Calibración de todas las tablillas montables de control, en el local del vendedor, como parte del testimonio de inspección de embarque.

*Servicio del personal del proveedor para calibración, en campo, de dispositivos especiales como los analizadores.

Es imperativo que, un amplio plan de calibración, sea realizado acordado por las partes más interesadas antes de iniciar el programa, ya que, existen muchas alternativas para calibración y porque cada alternativa requiere personal y equipo especializado.

Por supuesto que, toda la calibración, deberá ser registrada y, es deseable, se obtenga la fecha e identificación del calibrador. El equipo de calibración, en si, tardará tiempo en ser pedido y entregado, por lo que el plan deberá permitir suficiente tiempo de anticipación. Deben desarrollarse los medios para revisión del equipo de calibración con estandares de calibración conocidos, tales como, manómetros, balanzas de pesos muertos, probadores, y gases patrón.

Puede usarse un simple sistema de etiquetado para rápida identificación de los componentes calibrados. Los instructivos de calibración pueden obtenerse con el mismo fabricante de los dispositivos. Con una planeación suficientemente anticipada, todos los instructivos de calibración llegarán al sitio de calibración antes o al mismo tiempo que el dispositivo. Los registros de calibración forman, normalmente, parte de los registros permanentes de los componentes del sistema de control.

Muchos clientes utilizan esos registros para comenzar sus archivos de mantenimiento.

EFFECTUAR PRUEBAS ELECTRICAS

La siguiente parte, de los sistemas eléctricos, deberán ser terminados antes de que el circuito de control esté listo para revisión.

1.- ALAMBRADO ELECTRICO de señales de transmisión y de suministro eléctrico.

2.- ALAMBRADO DE TERMOPARES en componentes de termopares sencillos y de multipunto.

3.- SUMINISTRO DE ENERGIA en suministro normal y necesidades de emergencia y retorno de energía para los componentes de los sistemas de control. Los sistemas alternativos de suministro, deben ser revisados operativamente por completo. El sistema de paro normal de emergencia deberá revisarse, simulando una falla del suministro normal. (La ocasión para asegurarse de que el sistema trabaja es durante la prueba, no a las 3:00 A.M. ni con frío ni una noche nevada en invierno)

4.- ALAMBRADO DE CONTROL en control de motores e interlocks. El sistema completo deberá revisarse en conjunto, pero en éste caso, el total no es igual a la suma de las partes; revise las partes, después revise el sistema completo para asegurarse de que trabajará como una unidad. Existen muchas tierras y circuitos problema, que pueden ser identificados y reparados antes de que el sistema sea en verdad arrancado.

5.- SISTEMA DE TIERRA en las conexiones a tierra de todos los sistemas de control.

COMPLETAR REVISION DE LOS COMPONENTES SENCILLOS.

Verificar todos los componentes sencillos de los sistemas de control como; los medidores de presión, temperatura y nivel sean instalados de acuerdo con las especificaciones y planos de ingeniería.

Los componentes sencillos no incluyen los circuitos. Los componentes del circuito serán revisados durante la verificación de circuito. Las válvulas de seguridad son consideradas como componentes simples, con la suficiente importancia para ser manejadas como un renglón aparte.

Muchos componentes sencillos no requieren calibración, o haber sido calibrados antes de su montaje en campo. Sin embargo, en la inspección final, deberá confirmarse esto y ser además completamente independiente de la inspección efectuada en el local de ventas o en la fábrica por el proveedor o el personal del contratista o del cliente y las inspecciones que puedan hacerse en la recepción o almacenamiento por personal del contratista o del cliente.

Si la inspección de campo, es la inspección final, el componente deberá ser marcado como listo por la persona encargada de la inspección y, si se desea presenciada por un representante del usuario. La marca puede ser tan simple como una palomita y la fecha e iniciales de la persona que efectuó dicha inspección colocada junto al número de etiqueta del componente en la lista de componentes del control maestro, o tan complejo como hojas de inspección con las firmas del usuario, contratista y quizá de otro inspector.

No obstante, esto deberá ser un paso definido y no solo un paseo por la planta diciendo: "A mi, me parece todo correcto". Esta es la inspección final de los dispositivos sencillos, como son: termómetros de carátula, medidores de nivel, orificios de restricción y mirillas indicadores de flujo.

Los documentos del marcaje deben utilizarse para organizar un archivo para cada componente, para uso en el mantenimiento de la planta y requerimiento histórico. Por ejemplo, las hojas de datos originales, los detalles de instalación, detalles de comportamiento a baja temperatura, reportes de prue

bas y las copias de las requisiciones de material y órdenes de compra. Estarán en archivo de información general estando a disposición del personal de mantenimiento unicamente para saber si la instalación está completa.

VALVULAS DE SEGURIDAD

La prueba de válvulas de seguridad merece especial atención, ya que son vitales para la seguridad del personal y de la planta, su reparación es, muchas veces, costosa en tiempo y material y, con frecuencia, tristemente descuidada. Existen varios estandares, códigos, normas de seguridad de las aseguradoras, requisitos especiales para licencias, estandares de la industria y usuarios y en algunos países como requerimientos nacionales cubrir todos los aspectos de las pruebas e instalación de las válvulas de seguridad.

Bajo ciertas condiciones, todas o algunas válvulas de seguridad pueden probarse durante el inicio del arranque de la planta. Los ingenieros de arranque, como rutina para equipos generadores de vapor, presurizan la caldera para la prueba con las válvulas de seguridad amordazadas.

Una mordaza de prueba es un dispositivo mecánico utilizado para evitar que la válvula de seguridad abra y releve. Es claro que; solamente se emplea bajo condiciones de prueba cuidadosamente controladas, y nunca durante la operación, después de éste paso las válvulas son el comienzo de los preparativos para el arranque. Sin embargo, sería prudente tener las partes de repuesto necesarias y asentado el equipo disponible, o saber que las válvulas pueden ser reparadas rápidamente, si fuera necesario.

La API (Instituto Americano del Petroleo) ha emitido estandares para rugas en válvulas de seguridad. Estos estandares determinan los ran

gos aceptables de fuga y los métodos de prueba para varios grados de hermeticidad "de burbuja" y los no hermeticos. El fabricante puede ser consultado para conocer que estandares de fabricación empleó, y tener información disponible a mano.

REVISION TOTAL DE CIRCUITOS.

Primero definiremos un circuito, La definición que prefiero es: "UN Circuito consiste de dos ó más componentes del sistema de control que intercambian información común". De esta definición, un circuito puede ser tan simple como un interruptor de presión montado en campo, activando una alarma ó luz localizados cerca, ó tan complejo como el sistema de alimentación de agua a caldera, con 3 elementos ó, el sistema de disparo de un compresor. Otros limitan el circuito a dispositivo analógico, ó a los últimos dispositivos, cuya información transmitida, varía con los cambios dinámicos del proceso. Pero, lo importante no es preocuparse por la definición sino confirmar que todos los dispositivos operarán como fueron diseñados.

Por consiguiente, deben ser revisados durante la fase de preparación de manera organizada y documentada, además de, con lógica y prioritariamente.

La revisión de circuitos, es la última revisión completa de todos los sistemas de control etiquetados, tomados ya como una unidad. La calibración será corroborada, los puntos de disparo de los interruptores, serán revisados nuevamente, y la acción del circuito será verificada simulando la variable del proceso, en donde sea posible. La revision del circuito reúne todos los trabajos previos de revisión y prueba y completa aquellas áreas que fueron pasadas por alto ó no fueron documentadas adecuadamente.

Naturalmente, el suministro de aire y de energía deben revisarse para evitar pérdidas. Un poco de prudencia es necesaria antes de conectar el suministro de aire, para asegurar que polvo y humedad sean venteados a la atmósfera y no dentro de las líneas neumáticas, filtros o instrumentos. La revisión visual, debe ser también completa, antes de conectar la energía, para asegurar que el suministro de corriente sea alimentado con normalidad en los puntos de conexión. Con el sistema de etiquetado deberá emplearse para avisar al personal de construcción que el sistema está energizado y que algunas cajas de conexiones, cables y componentes están ahora " vivos " .

Las válvulas de control deberán activarse para confirmar que abren y cierran totalmente, cuando la señal correspondiente es aplicada. La acción de los controladores, se verifica, y de modo preliminar, se ajustan las constantes de los controladores tradicionales, banda proporcional, integral (reset) y derivativo (arte).

Ya sea que se utilice una revisión de 3 puntos (0%, 50%, 100%), de 4 puntos (0%, 30%, 60%, 100%) o de 5 puntos (0%, 25%, 50%, 75%, 100%), no es tan importante como que se llegue a un acuerdo, y que cualquier tipo de revisión realizado sea el adecuado y aceptado por todas las partes involucradas.

La revisión de circuitos si se hace total y correcta, es la clave de un arranque exitoso.

Deberá ser documentada, como anteriormente indicamos de preferencia supervisada y atestiguada por medios independientes tales como inspectores del o parte del cliente.

Los planos de circuitos y las hojas de datos de instrumentos, son la base para esas revisiones.

REVISION DE DOCUMENTOS

Las partes terminadas de la planta, junto con sus sistemas de control asociados, son entregadas al personal de operación conforme construcción las termina.

Por ejemplo, el sistema de control no puede estar listo para operación hasta que el suministro de aire de instrumentos se encuentre presurizado y su operación, sea normal; el suministro de energía eléctrica, para todos los dispositivos, esté en servicio continuo; las trazas de vapor, aislamientos y pintura estén terminados; y estén en operación servicios tales como el cuarto de control, aire acondicionado o calefacción.

Los documentos de entrega deberán ser, lógicamente arreglados, en orden número, y todos los documentos del círculo unidos por un clip o en grapados sin temor de pérdida.

Una vez reunidos, los documentos deberán ser revisados para su terminación, conformidad con los estándares, firma y envío. Claro que una copia deberá ser guardada por el grupo de inspección. Coincidentemente con la entrega de los planos del equipo suministrado como "paquete", que también deberá ser archivado.

El grupo de inspección ha formado un archivo completo de propaganda; instructivos, y catálogos, que también deberán estar ordenados en forma cronológica o tal vez por número de etiqueta ó por orden de compra, Los anteriores procedimientos serán realizados como paso de rutina.

CAPITULO III Pruebas preliminares para el arranque de la Planta.

Las pruebas preliminares se refieren a la serie de actividades que se llevan a cabo previamente al inicio del arranque de cualquier planta industrial.

Objetivo

Las pruebas preliminares o pruebas de prearranque tienen como objetivo probar las líneas, equipos, la instrumentación y el equipo mecánico antes de ponerse en servicio, para que cumplan con lo especificado por el diseño; así como para que en su oportunidad se encuentren listos para su funcionamiento real de rutina.

De acuerdo a lo anterior, para lograr resultados satisfactorios en la aplicación de cada una de las pruebas, la planta se divide en circuitos.

Circuitos de prueba

Un circuito de prueba es el conjunto de líneas y equipos que están diseñados para trabajar a las mismas condiciones de operación, es decir las mismas condiciones de presión y temperatura.

3.1 Actividades preoperacionales del contratista.

El equipo de operación del contratista va sobre la unidad de entrada en cooperación con el personal de construcción. Ningún detalle mecánico o de proceso es dejado sin checar, aunque el grupo de construcción hubo ejercitado constante supervisión cuidadosa todos estos esfuerzos son necesarios por el equipo de operación de los contratistas.

El contratista es responsable de hacer que ciertos equipos mecánicos estén trabajando en propio orden y preparados para la prueba a presión. Es también responsable de la limpieza exterior y pruebas hidrostáticas en recipientes, tanques y tuberías.

La calibración será un esfuerzo de empalme, que el contratista tiene como primera responsabilidad. La ventaja de este procedimiento para el dueño es que su personal de instrumentos le es familiar la localización de los mismos en operación.

Otras fases del trabajo tales como limpieza química, secado exterior, pruebas de continuidad de los sistemas y la circulación de fluidos serán manejados por el dueño. Esta división de responsabilidad de costos del dueño reduce el pago de tiempo extra para la labor de construcción.

Esto también da a los operadores de planta entrenamiento excelente. El personal de construcción del contratista estará disponible para cubrir asistencia en otra área.

La división de esfuerzos trazados es, de ningún modo riguroso y rápido.

Preparación de la lista de chequeo.

La lista de chequeo preoperacional de las partidas tomarán prioridad antes de que los equipos sean alimentados. Esta se elaborará como guía de los pasos a seguir como un valor adicional a los progresos preoperacionales.

Pruebas de continuidad y operación simulada.

Los pasos preoperacionales, pruebas de continuidad y operación simulada están incluidas en la lista de chequeo. En las pruebas de continuidad trabajando bajo presión son aplicados aire, gas inerte o agua pasada a través de líneas o equipos, o retenido en ellos.

Pruebas con jabón serán aplicadas para las juntas que no hayan sido probadas previamente. De esta manera, se demuestra que la planta está herméticamente cerrada

Una cantidad considerable de limpieza de equipos y líneas puede ser acompañada de esta manera. Numerosos instrumentos pueden ser puestos en operación, junto con la sección final de los puntos de ajuste que serán definidos frecuen

temente.

Una segunda etapa de operación simulada (que es algunas veces muy efectiva) involucra el uso de materiales similares en composición que serán realmente procesados. A menudo, mezclas sintéticas pueden ser preparadas, fraccionadas y recirculadas. Muchos de los equipos pueden estar colocados cerca de las condiciones finales después que la alimentación es cargada y los problemas de arranque limitados a una parte relativamente pequeña de la planta.

3.1.1. Actividades preoperacionales del contratista al arranque

La última fase del trabajo del contratista en el sitio de la obra es la participación de su equipo de operación en el arranque. (El alcance de derechos serán ajustado entre el dueño y contratista, responsabilidades previamente referidas). Es preferible generalmente que el personal del contratista sirva como capacidad consultiva, ellos participarán en la operación real solamente en casos de emergencias y dictarán las condiciones de operación solamente cuando se hagan pruebas aceptables. Ellos actúan como consejeros y; por eso no tienen responsabilidad de supervisión. Los representantes del contratista pueden dedicar el tiempo necesario para el análisis y solución de cualquier problema especial que pueda surgir, los hombres del contratista, por

dibujos o su extensa experiencia y conocimientos de diseño de la planta en particular, pueden ofrecer muchas sugerencias que ayudarán a conducir a la planta a producción total en un tiempo mínimo.

A continuación se detalla una lista de los aspectos que deben verificarse antes del arranque.

3.1.2. LISTA DE CHEQUE PREOPERACIONAL

CHEQUEO GENERAL DE PLANTA

- Terminación de tubería
- Ajuste de válvulas de seguridad
- Expansión y soporte de tuberías
- Operabilidad
- Accesibilidad
- Detalles de congelamiento
- Limpieza de tuberías críticas
- Pruebas provisionales
- Detalles de equipos críticos
- Expansión de equipos
- Aislamiento
- Aislamiento y seguridad
- Lubricantes y Empaques.

AIRE DE SERVICIOS

- Limpieza (soplado con aire)

Conservación drenado de agua

DRENAJE SUBTERRANEO

Limpieza de líneas

Sellos establecidos

Flujo libre

Espesores

VAPOR *

Lubricantes y empaques

PRUEBAS DE PRESION Y LIMPIEZA

Pruebas de presión de equipos

Pruebas de presión de tuberías

Limpieza de equipos

Limpieza de tuberías

Agua de drenado para prevenir heladas

Pruebas de continuidad selecciona
con aire

COMISION DE INSTALACIONES, ENERGIA
ELECTRICA Y ALUMBRADO

Chequeo general

Chequeo de equipos

Previsiones de seguridad personal

GASES INERTES

Identificación y suministro de
advertencias

Soplado de aire

Aislamiento y purga

COMBUSTIBLE ACEITE

Identificación y suministro de
advertencias

Soplado de aire

Aislamiento y purga

* Soplar principales cabezales

Soplados laterales

Instrumentos

CONDENSADO

Disponibilidad para drenaje

Trampas

AGUA DE ENFRIAMIENTO

Flujo repentino laterales

Flujo de líneas de retorno

Instrumentos

Drenado para prevenir congelamiento

AIRE DE INSTRUMENTOS

Soplado con limpieza de aire

Secado exterior

PROTECCION CONTRA FUEGO

Acceso para luchar contra fuego

Chequeo de líneas subterráneas

Protección de congelamiento

Flujo de líneas

GAS COMBUSTIBLE

Identificación y suministro de advertencias

Soplado de aire

Aislamiento y purga

COMISION DE EQUIPOS

Instalación temporal de filtros

Calentadores de fuego

Instrumentos y controles

Calentadores de fuego

Chequeo de filtros de tuberías

en equipos

Motores eléctricos

Rotación

Secado exterior

Pruebas sin carga

TURBINAS DE VAPOR

Chequeo auxiliar de lubricación
y sistemas de enfriamiento

Instrumentos

Pruebas sin carga

Pruebas con carga ligera

MAQUINAS DE GAS QUE MANEJAN COMPRESORES

Cheques auxiliares

Instrumentos

Pruebas descoplado

Operación del compresor con aire

TURBINAS DE GAS

Limpieza de la lubricación de aceite
y sistemas de gobernador y sellos

Instrumentos y control de velocidad

Sistema auxiliar de recuperación de
calor

COMPRESORES CENTRIFUGOS

Limpieza de sistemas de lubricación
y sellos de aceite

EQUIPO DE VACIO

Bombas

Chequeo de alargamientos de maquinaria caliente en movimiento

PREPARACION FINAL

Instalación de placas de orificio

Pruebas de vacío

Pruebas de continuidad general

Sistemas de secado exterior

Proceso

Refrigeración

Operación simuladas

Carga de químicos auxiliares

(Por ejemplo cuásticos)

Carga de agentes de tratamiento espe-

cial (Por ejem. catalizadores)

Purgas

3.2 Limpieza de equipo

A. Lavado

El lavado debe proporcionarse a todas las líneas y equipos de la Planta, con el fin de eliminar todos los residuos que quedaron durante la construcción.

Es recomendable utilizar agua limpia y de preferencia agua desmineralizada para evitar la formación de cloruros y evitar la corrosión.

B. Soplado

Para las líneas que van a manejar gases, la limpieza se hace con sopladors con aire, y poniendo placas testigo para la comprobación de la limpieza de la línea que se está soplando.

Para mayor información al respecto de la limpieza de tuberías y equipos vease la parte 5.2.2. (limpieza de líneas y equipos) de la sección 5.3 (preparativos para el arranque de la planta) del capítulo V, de esta monografía.

Limpieza de equipos y líneas especiales.

Este tipo de limpieza es denominada química, tiene como objetivo eliminar aceites, grasas, escamas u óxidos, metálicos dejados por los procedimientos de construcción.

Esta limpieza se aplica a: líneas de succión de compresores, líneas de sistemas de lubricación y equipo especial.

3.3 Pruebas de Operación

Las pruebas de operación se realizan de la siguiente manera:

3.3 PRUEBAS DE CIRCUITOS ELECTRICOS

Una vez que se realizó la verificación de la información del proyecto eléctrico; diagramas unifilares, transformadores, tableros CCM, planos de diseño, distribución de fuerza, tierras alumbrado, la revisión mecánica del equipo instalado como motores, transformadores, tableros, etc., se procederá a la prueba de los mismos.

Para la inspección, comprobación y pruebas del equipo eléctrico, es necesario que el personal especializado en esta área sea el encargado.

El personal especialista procederá a hacer las pruebas en las líneas de conducción, subestaciones, transformadores, centros de control de motores y la rotación de los motores.

Un equipo de control para motor eléctrico puede definirse como un dispositivo o combinación de dispositivos usados para arrancar y parar un motor. También dependiendo del tipo de motor y de su servicio, el control puede desempeñar otras funciones tales como invertir rotación, control de velocidad, etc.

Además de la función de control deberá cumplir con otros requisitos, siendo estos protección contra sobrecargas, bajo voltaje, medio de desconexión, etc.

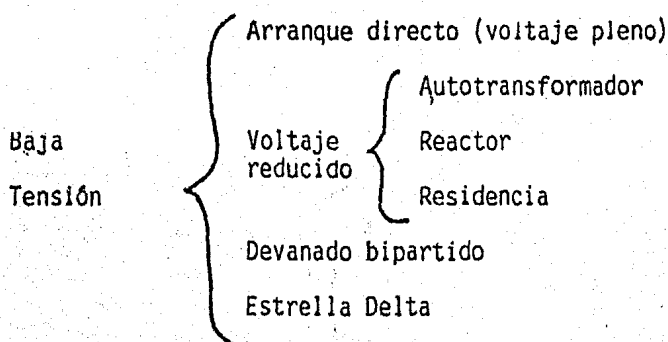
Cuando se va a seleccionar el equipo de control para cualquier motor hay que considerar los siguientes factores:

- a) El tipo y diseño del motor (HP, corriente, voltaje, velocidad, número de fases, factor de servicio).
- b) Reglamentos y normas.
- c) Medio ambiente.
- d) Fuente de alimentación: frecuencia, voltaje, limitaciones de corrientes de arranque y niveles de corto circuito.
- e) Características de la máquina a mover; rotación, ciclo de trabajo, limitaciones de aceleración y desaceleración.

El ingeniero que estudio la aplicación de un motor está en mejor posición que cualquier otro para seleccionar su equipo de control debido a los requisitos que usualmente hay que considerar.

Para comenzar, el ingeniero debe conocer la potencia del motor, la tensión de operación fases y frecuencia, siguiendo con el ciclo de trabajo que define el tiempo de aceleración, tiempo de frenado, cambio de marcha, etc. El factor de servicio y el diseño del motor para determinar la protección de sobrecarga y seleccionar el dispositivo de protección contra corto circuito.

En general podemos distinguir los diferentes tipos de control para motores como sigue:



Los sistemas de arranque directo sobre la línea son los más sencillos, confiables y fáciles de mantener y deberán seleccionarse siempre que se pueda. Su principal limitación son los disturbios que pudiera causar en el sistema debido a la corriente de arranque.

El arranque a voltaje reducido se utiliza ya sea para reducir las corrientes de arranque y por lo tanto las caídas de tensión durante el arranque del motor, o bien para reducir los pares de aceleración y proporcionar a la máquina un arranque amortiguado.

Una caída de tensión momentánea resultante del arranque de un motor puede o no ser objetable dependiendo del parpadeo permisible en lámparas u otras cargas afectadas y de la frecuencia de los arranques.

Es evidente por ejemplo que una carga de aire acondicionado en un auditorio causará un parpadeo más objetable, que el arranque del motor de una bomba de pozo profundo en una línea rural.

Usualmente en estos sistemas de arranque, el elemento principal es el contactor, manual o magnético, que tiene la función de conectar y des conectar el motor a la línea y que trabaja en relación muy directa con el equipo de control y los dispositivos de protección; proporcionando este sistema el arranque y bajo voltaje.

3.3.1 Instalación y mantenimiento de motores eléctricos.

En el terreno de la práctica y por razones obvias es normal que previo a la instalación del equipo se efectúe un estudio y revisión del mismo los motores eléctricos no son la excepción, si bien, ha de reconocerse que las reglas a seguir son bastante simples y muy importantes, ya que de llevarse a efecto, se obtendrá "una prolongada, correcta y económica operación".

En seguida se hace una breve exposición de las mencionadas reglas que se inician desde su:

Recepción:

Desempaque el motor con cuidado y asegúrese que no sufrió daño alguno durante su embarque y transporte, cerciorándose de que la flecha se mueve libremente, haciéndola girar con la mano.

La capa protectora contra oxidación y corrosión con que va cubierta la extensión de flecha, puede eliminarse tomando las medidas de seguridad correspondientes con la aplicación de un solvente como: thinner, gasolina, petróleo o cualquier otro similar.

Compruebe que los datos de placa correspondan a la tensión y frecuencia de la red de energía eléctrica con que se va a alimentar el motor.

Efectúe cuidadosamente las conexiones en las terminales siguiendo las instrucciones indicadas en la placa descriptiva.

Instalación:

El motor debe instalarse en un lugar donde se tenga libre flujo de aire, aun en aquellos casos donde se requiera usar alguna caseta o pantalla protectora.

La temperatura ambiente (excepto casos de fabricación específica) no deberá exceder de 40°C al nivel del mar o de 30°C a una altura máxima de 2,280 metros sobre el nivel del mar.

El motor deberá montarse sobre una cimentación rígida, procurando que asiente perfectamente la base y fijándolo por medio de tornillos o pernos del diámetro permisible por los barrenos de las patas.

Un montaje defectuoso puede motivar:

- I) Vibración excesiva.
- II) Ruido.
- III) Corrientes altas
- IV) Operación a altas temperaturas.
- V) Falla de baleros.

I) Vibración excesiva

Un problema frecuente en los motores es la excesiva vibración. Se tiene perfectamente entendido que todo motor o maquinaria en movimiento siempre tendrá cierta vibración que los mejores métodos de balanceo no pueden evitar totalmente. Cuando un motor es alimentado, la vibración aparece y consecuentemente se puede llegar a pensar que el motor es la causa del problema.

Normalmente un motor forma parte de un equipo que está constituido por uno o más mecanismos, pudiendo ser cualquiera de ellos el origen de la vibración.

Las causas más comunes que provocan vibración excesiva son:

- 1.- Resonancia en la cimentación o estructura
- 2.- Alineamiento defectuoso
- 3.- Falsa sujeción de los tornillos o pernos que se encuentran dentro de la estructura y que fijan el motor a la cimentación.
- 4.- Desbalance en el copie, polea, engrane o similar.

En el caso de vibración excesiva, se recomienda efectuar un estudio de la amplitud y frecuencia de la vibración siguiendo los pasos descritos

a continuación:

1) Resonancia en la cimentación o estructura

a) Durante la operación, mida la amplitud de la vibración con un vibrómetro (analizador de vibración) directamente sobre las cajas de los baleros en ambas tapas en sentido horizontal, vertical y axial.

b) Mida la amplitud de la vibración en la cimentación o estructura durante la operación hasta determinar el antecedente de la vibración (si la cimentación vibra al mismo tiempo que se manifiesta el efecto de resonancia o la vibración tiene origen en una fuente externa, esta vibración se registrará en el motor).

Si la frecuencia de la vibración en la cimentación es baja (menos de 50%) comparada con la del motor a su velocidad de operación, el movimiento de la cimentación tenderá a estar en fase con el movimiento del motor. Por consiguiente la amplitud total de la vibración registrada en el motor será la suma de la vibración del motor más la vibración de la cimentación.

Si la frecuencia de la vibración en la cimentación es alta (más del 150%) respecto a la del motor a su velocidad de operación, el movimiento de la cimentación tenderá a ser en dirección opuesta (defasada 180° aproximadamente) al movimiento del motor, siendo la amplitud de la vibración registrada en el motor en forma aproximada, (esta condición es extremadamente rara y casi siempre tiene su origen en una fuente externa al motor y a la estructura de la cimentación)

Cuando la frecuencia de la cimentación se encuentra entre los rangos del 50% al 150% de la frecuencia de operación, la relación de fases entre el motor y las amplitudes de la cimentación resultan complejas requiriéndose para una completa determinación el uso de un vibrómetro provisto de un filtro para medir la amplitud y fase de cada componente de la frecuencia. Tales medidas y análisis son usualmente requeridos sólo para identificar una fuente externa de vibración eliminable.

c) Determine la frecuencia natural de la vibración con el sistema rotatorio en reposo. La vibración a la frecuencia natural puede ser inducida originando movimientos en el motor (desacoplándolo del mecanismo respectivo y operándolo en vacío) en la misma localización y plano donde se registró la vibración máxima (paso a).

Si la frecuencia natural es cercana (en el rango de $1/2$ a $3/2$) a la frecuencia de operación o a un múltiplo de la frecuencia de operación (llamado armónica) deberán efectuarse cambios para evitar resonancia. Esto puede lograrse reforzando el sistema de cimentación.

La vibración puede tener origen en la base de la cimentación si la construcción carece de la masa necesaria en la cimentación. La estructura de la cimentación está formada por concreto o acero o una combinación de los dos.

Valores máximos permisibles para amplitud de vibración en motores eléctricos.

TAMAÑO DE ARMAZON	AMPLITUD TOTAL DE LA ONDA VIBRATORIA	
	m.m.	(plg)
182 a 215	0.025	(0.001)
254 a 286	0.037	(0.0015)
324 a 500	0.050	(0.002)

Una estructura de concreto puede incrementar su masa o peso agregando en la cantidad requerida una capa más de concreto. Si esto no es conveniente, puede también solucionarse (agregando masa e impidiendo la resonancia), haciendo un agujero en la base y llenándolo con plomo de retido. El agujero puede ser localizado en un lugar conveniente en la cimentación en sentido horizontal, vertical o con un determinado ángulo.

En el caso de viguetas de acero de perfil "U" o "I" pueden tener insuficiente masa y características de resonancia sumamente perjudiciales si la capa de concreto no tiene el espesor necesario, esto puede corregirse agregando una capa más de concreto.

2) Alineación defectuosa

a) Revise y corrija la alineación de su sistema de acoplamiento antes de iniciar la operación de trabajo (en frío) y después de éste (en caliente). Para máquinas cuya velocidad de operación es menor a 2000 R.P.M., la alineación (paralelismo y angularidad) deberá efectuarse con una tolerancia de ± 0.051 mm. (0.002") Para máquinas con veloci

dad de operación de 2000 R.P.M. o más, la lineación deberá efectuarse con una tolerancia de ± 0.025 mm. (0.001").

3) Falsa sujeción de los tornillos o pernos "anclados" en la cimentación.

Si la frecuencia natural se encuentra arriba de la frecuencia de operación (150% de la velocidad de operación o más) y no es armónica, asegúrese que los tornillos o pernos anclados en la cimentación (para fijar el motor a la misma) estén firmemente sujetos a todo lo largo, evitando que tengan juego con respecto a los barrenos de la estructura.

4) Desbalance en el cople, polea, engrane o similar.

Siguiendo las instrucciones indicadas en el paso "1", mida la amplitud de vibración. Deberá tenerse plena seguridad de que no hay resonancia. Si la amplitud de vibración excede los valores indicados por las mencionadas normas para motores eléctricos (ver tabla 1), significará que el cople, polea, engrane o similar, según el sistema de transmisión usado, está desbalanceado.

II) Ruido

Es muy importante definir el tipo de ruido que puede llegar a manifestarse en un motor eléctrico, ya que su inmediata identificación impedirá daños que podrían perjudicar seriamente alguna de sus partes.

a) Rechinidos.

Este tipo de ruido indica que las superficies de partes que giran están en contacto directo. El origen de este ruido debe ser localizado y reparado de inmediato. Las probables causas son: ventilador corrido rozando contra la pantalla, flecha rozando contra la cubierta de

los baleros, etc.

b) "Ruido sordo"

Estos ruidos indican un balero en mal estado. El continuar la operación con este desperfecto puede ocasionar rozamiento del rotor con el estator.

c) "Fuertes ruidos magnéticos"

Los ruidos magnéticos son originados por: falla en las conexiones, corto circuito, operación con una fase. Si se continúa operando el motor con cualquiera de estas fallas puede llegar a quemarse.

Es probable que a pesar de haber revisado lo antes indicado, el motor continúe operando con ruidos; deberá pensarse que el origen de estos ruidos es una fuente externa o en realidad se trate de vibración.

III) Corriente alta

La corriente indicada en la placa descriptiva corresponde a la tensión nominal y a plena carga, por tanto en caso de llegar a tener lecturas de corriente diferente a la de la placa, se deberá medir la tensión de alimentación. Cuando la tensión de línea es más alta que la indicada en la placa descriptiva, aumentará la corriente en el motor apreciablemente hasta que la saturación magnética de los materiales alcance un punto tal, que la corriente se incrementa rápidamente hasta quemarse el motor. Según "Norma de calidad y Funcionamiento D.G.N.J-75-1966", y "Nema" los motores deberán operar correctamente a carga nominal bajo una variación de tensión de $\pm 10\%$ y una variación en la frecuencia de $\pm 5\%$. Su funcionamiento dentro de esta variación combinada no deberá estar necesariamente de acuerdo con las normas establecidas para su operación a tensión y frecuencia nominales.

- c) Sobrecarga
- d) Ajuste incorrecto
- e) Daños durante la instalación
- f) Vibraciones durante el reposo
- g) Corrosión
- h) Paso de corriente eléctrica al balero
- i) Balero(s) incorrecto(s) o defectuoso(s)

a) Lubricación

La causa más común en la falla de los baleros es lubricación defectuosa. Si el suministro de grasa es inadecuado, el balero trabajará en seco con el consecuente sobrecalentamiento y falla. Si el sobrecalentamiento del balero es excesivo el balero se pegará casi de inmediato de no suceder así, quedarán rayadas las pistas y balas, teniéndose como consecuencia una operación ruidosa y con vibraciones.

El balero requiere de sólo una pequeña cantidad de lubricante en su interior para su correcta operación y evitar la oxidación; el espacio o caja que esta localizada en la tapa y junto al balero tiene por objeto almacenar la grasa. Demasiada lubricación provoca el mismo efecto que la escasez de la misma; en cuanto la bala o rodillo empieza a girar, cualquier exceso de lubricación será expulsada a un lado de la pista; si el balero no puede desalojar el exceso por sí mismo; comenzará a batirlo generando presiones en su interior y por consiguiente alta temperatura.

Se recomienda para el motor, quitar el tapón de la purga y por medio de un inyector manual lubricar el interior. También es de suma importancia usar la grasa especificada o un sustituto autorizado. En el caso de aceite debe tener la suficiente viscosidad para que la película no se rompa bajo la carga, pero debe evitarse el exceso de viscosidad.

el motor. En los sistemas de transmisión por banda, a mayor diámetro de la polea receptora será mayor la carga axial impuesta a la flecha del motor y por consiguiente a los baleros; lo mismo sucede en los sistemas de transmisión por banda tipo V aún en el caso de usar la mínima cantidad posible, ya que con el objeto de evitar deslizamiento las someten a fuertes tensiones, que en caso de ser excesivas acortarán sensiblemente la vida de los baleros.

d) Ajuste incorrecto

Son cuatro las áreas importantes donde el ajuste entre el balero y las otras partes del motor deben quedar dentro de los límites prescritos con el objeto de prevenir falla en la operación

- 1) El ajuste entre el anillo interior del balero y la flecha
- 2) El ajuste entre el anillo exterior del balero y la caja en la tapa
- 3) El claro o entrehierro entre las balas o rodillos del balero y sus pistas.
- 4) El ajuste total entre el rotor y flecha y los baleros

1) Cuando el balero entra relativamente holgado a la flecha, una vez que inicia su operación éste tenderá a "patinarse" en la flecha, originando suficiente temperatura hasta quedar inutilizado en pocas horas. La interferencia entre el anillo interior del balero y la flecha es de .0254mm (.001") a .03048 mm (.0012") para motores de armazones pequeñas y de .0076 mm (.0003") a .0381mm (.0015") para motores de armazones grandes.

En el caso de motores que estén expuestos a goteo o salpicadura de agua, líquidos corrosivos o compuestos químicos, deberá efectuarse la limpieza con mayor frecuencia.

b) Verificar que la operación de los baleros sea sin ruido o vibraciones para los motores con baleros reengrasables; seguir las instrucciones según número de horas de trabajo así como tipo de grasa indicadas en el motor.

c) Revisar montaje y alineación

d) Efectuar mediante un reporte periódico lecturas de corriente y watts de entrada.

IV) Operación a altas temperaturas

Lo primero es determinar la temperatura a la que está operando el motor; el poner la mano sobre el mismo y pensar que está caliente, no significa que realmente el motor esté operando con exceso de temperatura, ya que deberá tenerse presente que el uso de aislamiento clase "B", permite sobrecargas en los motores que originen una temperatura total máxima de 130°C en el cobre a 50 o 60 Hertz, por tanto es preferible hacer uso de un termómetro.

A continuación se indican las posibles causas de alta temperatura:

1) Verificar si el motor tiene suficiente aire frío para su ventilación; la ventilación es efectiva si:

a) La flecha del ventilador está limpia

b) No hay obstáculos en la entrada y salida del aire

c) No hay recirculación en la entrada del motor (la temperatura del aire de entrada no debe ser mayor de 5°C sobre el ambiente)

d) La diferencia entre las temperaturas de entrada y salida indican un incremento normal.

e) Cantidad de aire. Verifique que la pantalla (en los motores a prueba de goteo) está en su lugar; la distancia entre la cara interior de la tapa y la pantalla debe ser aproximadamente de 6.35mm (1/4")

f) La velocidad "correcta". Compruebe que la velocidad del motor sea la indicada en la placa respectiva para plena carga.

2) Verificar que la carga que mueve el motor es correcta.

a) En caso de que el ciclo de trabajo sea intermitente evitar que los arranques y paradas sean demasiado frecuentes.

b) Revisar la tensión de línea. El voltaje incorrecto origina excesi

va corriente a plena carga

c) Revisar la frecuencia de la línea; las normas consideran permisible que los motores operen con variaciones de $\pm 5\%$ de la frecuencia nominal.

d) Comprobar que no exista desbalance de tensión entre fases.

e) Revisar tensión y corriente a plena carga.

3) Desacoplar el motor y tomar lecturas entre fases de tensión de alimentación, corrientes y watts, para determinar si son normales.

4) Verificar que los baleros se encuentren en buen estado, ya que en caso contrario aumentará la carga del motor y esto en motores de poca capacidad representa un gran porcentaje de sobrecarga y de incremento en la temperatura.

5) Si todos los casos anteriores se reportan como normales, la capacidad del motor no es la indicada.

V) Fallas de baleros

La falla o mal funcionamiento de los baleros es un problema atribuible a cualquiera de las siguientes causas:

a) Excesiva o mala lubricación.

b) Motor no alineado.

Es obvio que el desalineamiento de flecha acarrearía serias consecuencias al balero, ya que por cada revolución de carga se manifestará en

mayor intensidad en una parte del balero, dañando hasta la fatiga de los materiales todos sus componentes. A la velocidad de operación estos continuos cambios de carga tendrán similitud con el efecto de un golpe sólido en la superficie de las balas o rodillos y pistas.

C) Sobrecarga

Se tiene como una regla, que la vida de los baleros es inversamente proporcional al cubo de la carga, de aquí que un pequeño incremento de carga acorte sensiblemente la vida de los mismos. El material de las pistas se va deformando al continuo paso de las balas o rodillos hasta que sufre fatiga y fractura o adelgazamiento del material que finalmente y en forma de rebaba acaba por incrustarse en todo el balero.

Las pesadas cargas radiales sobre un balero pueden ser producidas por desalineamiento o por excesiva tensión de la banda, cuando se usa este tipo de transmisión. Con motivo del desalineamiento pueden originarse fuertes cargas que perjudiquen el equipo al cual está acoplado.

2) El ensamble entre los baleros y las cajas en las tapas se efectúan dejando un "claro", evitando que gire libremente, ya que provocaría el mismo efecto del caso 1. El claro entre el anillo exterior y la caja es de .0254mm (.001") a .033mm (.0013") para armazones pequeñas y de 0101mm (.004") a .060906mm. (.0024") para armazones grandes.

3) El claro o entrehierro que debe haber entre las balas o rodillos y las pistas es muy importantes, ya que de no existir, el balero se pegará casi de inmediato. Normalmente el anillo interior del balero y la flecha trabajan a mayor temperatura que el anillo exterior de ahí que la expansión de estas partes sea mayor. El ensamble del balero y la caja en la tapa con su "claro" correspondiente permitirá la expansión y por consiguiente y debido al contacto de las superficies la radiación de temperatura hacia el exterior.

4) Ajustes erróneos motivados por dimensiones incorrectas y aún el caso de flechas "torcidas" motivan también la falla prematura de los baleros

e) Daños durante la instalación

Los daños durante la instalación son usualmente, falta de cuidado o ignorancia. El golpear los baleros en las caras de los sellos o el anillo exterior al montarlo en la flecha, así como colocarlos mediante una prensa neumática careciendo de los instrumentos indicados, son errores que generalmente disminuyen la vida de los mismos. Es más aconsejable introducir el balero en aceite caliente (abajo en la temperatura de flamación del mismo) y enfriar la flecha (con hielo seco) para un correcto montaje.

f) Vibraciones durante el reposo

Si los motores equipados con baleros de balas o rodillos están sujetos a vibraciones durante un largo período de tiempo en que el motor permanece en reposo, marcará las pistas en los puntos de contacto.

Este daño puede causarse cuando el motor es transportado largas distancias sin los cuidados necesarios.

g) Corrosión

La corrosión en los baleros es el resultado de un prolongado almacenamiento en lugares de alto promedio de humedad en el ambiente y la oxidación por humedad ataca las superficies de balas o rodillos y pistas inutilizándolos totalmente. Los motores deben almacenarse en un lugar limpio y seco.

Lubricando periódicamente los baleros y demás partes con el objeto de mantener una película de lubricante.

h) Paso de corriente eléctrica al balero

La falla de baleros originada por el paso de corriente es sumamente rara. En caso de haber sucedido así, deberá solicitarse de inmediato diagnóstico y corrección de la falla.

i) Baleros incorrectos o defectuosos

La mayor parte de los motores están equipados con baleros prelubricados estos baleros tienen la cantidad y características de grasa requerida están sellados por ambos lados con unas cubiertas de lámina para impedir la fuga de grasa y la entrada de materias extrañas que podrían dañarlos; el resto de los motores tienen sistema de lubricación y baleros deberá acudir a la placa descriptiva para conocer ta

maño y tipo de los mismos. Revisar que los baleros se encuentren en buen estado y que realmente son del mismo tipo que los que van a ser repuestos asegurando una eficiente operación.

3.3.2 Necesidades de instalación.

Es de primera importancia conocer las necesidades de montaje, el tipo de trabajo a efectuar y la instalación del caso en particular. Todos los motores horizontales pueden ser sometidos a operación vertical previa indicación de la fábrica. En algunos casos y debido a lo específico de la operación será necesario cambiar baleros. En la mayoría de los motores horizontales de baja capacidad es permisible, sin ningún cambio, poder operarlos en posición vertical con la flecha hacia arriba o hacia abajo siempre que el peso de la polea, cople, engrane o similar no exceda el peso del rotor.

Los motores para operación horizontal que sean destinados a transmisión por banda (cualquier tipo de banda), cadena o similar, podrán ser montados en rieles tensores para que de acuerdo a las necesidades pueda ajustarse a la tensión correcta de igual forma deberá tenerse mucha precaución al alinear las poleas, engranes, piñones o similar, ya que cualquier desalineamiento provocará incremento en la carga radial disminuyendo la vida de los baleros para acoplamiento directo.

3.3.3. Mantenimiento.

El mantenimiento de los motores se reduce a lo siguiente:

a) Limpiar o sopletear con aire limpio y seco y a una presión menor de 3Kg. por cm^2 ., la superficie del motor, así como sus partes internas (en motores abiertos).

3.3.4. Incremento de temperatura.

El Incremento de temperatura observable bajo las condiciones de carga de cada una de las variadas partes del motor de inducción, sobre la temperatura del aire de enfriamiento, no debe exceder a los valores - dados en la tabla de 3,3.4.1, la temperatura máxima permisible del aire de enfriamiento que entra por el ventilador debe ser de 40 °C. La temperatura estará determinada de acuerdo con el procedimiento de pruebas para los motores de inducción.

Tabla 3.3.4.1.

parte de la partida maquina	Método de deter- minación de Temp.	Elevación de temperatura° C.			
		A	B	F	H
A) aislamiento del devanado					
a) Todas las ra zones de potencia	resistencia	60	80	105	125
b) 1500 HP y meno res	detector embutido	70	90	115	140
c) sobre 1500 HP					
(1) 7000 Volts me nores	detector embutido	65	85	110	135
(2) sobre 7000 V	detector embutido	60	80	105	125

b) Núcleo, partes mecánicas y devanado de jaula de ardilla, tal como anillo colector y escobillas, pueden alcanzar tales temperaturas sin poder dañar la máquina en cualquier aspecto.

3.3.5 Número de arranques-

A.- Los motores de inducción de jaula de ardilla soportan dos arranques sucesivos cuando se encuentran en una temperatura inicial igual a la temperatura ambiental ó bien a una temperatura mayor a la ambiental pero menor que la máxima de operación :

B.- Si arranques adicionales son requeridos, es recomendable que ninguno sea hecho hasta que todas las condiciones que afectan la operación hayan sido cuidadosamente investigadas y los aparatos examinados. Para pruebas; de calentamiento excesivo es necesario que el número de arranques se mantenga en un mínimo ya que la vida del motor está afectada por el número de arranques.

3.3.6. Pruebas de Rutina.

1. Mediciones de la resistencia del devanado
2. Lecturas de corriente y velocidad a frecuencia y voltaje normal, para motores sin carga. En motores de 50 Hertz, estas lecturas pueden ser realizadas a 60 Hertz si lo 50 Hertz no están disponibles. En motores provistos con flechas y cojinetes, estas pruebas no se llevarán a cabo.
3. Medición de razón de voltaje de circuito abierto en motores de rotor devanado.
4. Prueba de alto potencial.

3.3.7. Ruido en Máquinas.

A. Calidad del Ruido

La calidad del ruido que es, la distribución de intensidad de sonido efectivo como función de la frecuencia, afecta la desagradabilidad del sonido.

Una medición del ruido total no estará completamente definida como ruido aceptablemente porque las máquinas con el mismo promedio de decibeles del nivel del ruido puede tener una diferente de calidad del ruido. Por estas razones el ruido de las máquinas será especificado en términos de (1) ruido total y (2) bandas octavas.

B. Medición de ruidos

El ruido en las máquinas será medido de acuerdo con los siguientes métodos:

1.- Método de nivel de energía del sonido en el hemisferio de la octava banda.

2.- La quinta posición de la octava banda del nivel de presión de la frecuencia de análisis con un microfono a 5 pies de la superficie de la máquina.

Las pruebas de ruido serán tomadas con la máquina sin carga por lo impráctico de aislar el ruido de la carga.

Se será reconocido que la medición de decibeles no es exacto y esta sujeto a muchas influencias externas.

Balance de máquinas.

El balance de los motores de inducción será como sigue:

Velocidad	Amplitud en pulgadas de punta a punta
3000 y mayores	0.001
1500-2999, inclusive	0.002
1000-1499, inclusive	0.0025
999- y menores	0.003

(NEMA estandar 7 - 16 - 1969)

3.3.8. Métodos de medición de vibración del motor.

La medición será tomada mientras la máquina esta montada sobre una dotación de frecuencia natural, es removida por el 25% de la frecuencia rotacional de excitación. (Máquinas pequeñas pueden ser situadas en un montaje elástico.)

La amplitud de la vibración será medida en una caja de chumaceras, en cualquier dirección con los ejes de la flecha en posición normal con la operación del motor operando sin carga, será balanceada con llave estandar de 1/2 en el cuñero; que es una llave de longitud completa para nivelar con la parte superior del cuñero.

La máquina será operada a la razón de frecuencia y voltaje.

(NEMA estandar 7 - 16 - 1969)

3.4 Pruebas hidrostáticas y neumáticas.

Se realizan pruebas hidrostáticas y neumáticas para verificar que líneas y equipos han sido fabricados de acuerdo a las especificaciones del proyecto, para soportar las condiciones de operación sobre todo en la presión a la cual van a trabajar.

Para la realización de las pruebas hidrostáticas o neumáticas es necesaria la verificación y estudio de la información sobre: listas de equipo, hoja de datos, especificaciones del equipo, estudio de los planos del fabricante, y revisión final de la instalación, revisión y prueba de recipientes y equipo, índice de líneas, especificaciones, planos de tubería, soldaduras, empaques, pintura, condiciones de diseño, condiciones de operación, materiales de construcción, revisión de soportes de tuberías para verificar flexibilidad para absorber expansión térmica, pruebas de diseño; revisión y calibración de válvulas de seguridad; condiciones de diseño, condiciones de operación, materiales de construcción y calibración (fecha).

Así mismo se revisan las estructuras, plataformas, soporterías, instalaciones y maniobras; como también proveer materiales necesarios para el arranque, tales como grifos tableros, escaleras móviles, gruas etc. Realizar las modificaciones, cambios o adiciones solicitadas por la superintendencia de operación y ejecutarlos si son necesarios.

Aplicación:

Las pruebas hidrostáticas se aplican principalmente a cambiadores de calor, calentadores a fuego directo, generadores de vapor, líneas y recipientes, torres, válvulas e instrumentación.

3.5 Pruebas hidrodinámicas y neumáticas.

Las pruebas dinámicas en circuito cerrado con fluidos inocuos, consisten en operar el equipo o los sistemas con aire, agua, gas inerte, etc. Este permite la prueba con flujo en el equipo; da la primera indicación de como responden los circuitos de control; sobre todo familiariza a fondo a los operadores con el equipo antes de alimentar materiales peligrosos.

Es peligroso abstenerse de hacer las pruebas dinámicas ya que pueden conducir retrasos costosos porque es mucho más fácil reparar un equipo cuando únicamente contiene aire, nitrógeno o agua.

Durante estas pruebas dinámicas, se debe tener extremo cuidado para evitar dañar el equipo si se llegara a operar en condiciones diferentes a las especificadas. Por ejemplo, el equipo diseñado para hidrocarburos ligeros no puede operarse con aire o con agua sin tomar precauciones especiales.

Igualmente la operación de agitadores en un recipiente vacío puede provocar vibración excesiva en la flecha, mientras que la operación con agua puede sobrecargar el motor. Los compresores diseñados para etileno pueden sobrecalentarse cuando se operan con aire o con nitrógeno; las bombas diseñadas para hidrocarburos pueden sobrecargarse o desarrollar presiones de descarga excesivas cuando se operan con agua.

Algunas veces, ciertas secciones del proceso se bloquearán para probarlas en circuito cerrado con un solvente recirculando que sea relativamente seguro o que se haya especificado para el proceso. Particularmente en procesos donde el óxido o la suciedad pudieran catalizar reacciones indeseables las pruebas dinámicas podrán hacerse con solventes diseñados.

dos para limpiar y luego neutralizar el sistema

Al igual que en otras pruebas dinámicas, los circuitos de equipos e instrumentos deberán probarse a las condiciones de diseño o cerca de las mismas, pero también, se debe tener gran cuidado para evitar daños.

Como última etapa de las pruebas dinámicas, el fluido de proceso podrá alimentarse dentro de la unidad y circularse cerca de las capacidades de diseño, pero sin permitir que se efectúen reacciones.

Al concluirse estas pruebas, el grupo de operación habrá aprobado el funcionamiento mecánico del equipo en condiciones de operación; tendrá operadores familiarizados con la planta en sus condiciones operativas adecuadas y se habrán completado las modificaciones requeridas y necesarias para el control y funcionamiento mecánico.

Para la mayoría de las plantas, las pruebas dinámicas pueden efectuarse en una o tres semanas después de haber hecho pruebas sin carga y pruebas en caliente. Sin embargo, cuando es un proceso nuevo, los operadores inexpertos o dificultades encontradas en el equipo, extenderán el período de pruebas dinámicas deberá extenderse hasta que todos los factores sean definitivamente favorables al arranque.

Siempre deberán hacerse las pruebas en circuito cerrado con agua o aire excepto cuando pueda haber corrosión, falla mecánica u otras dificultades.

Durante estas pruebas, el aire y el agua deberán recircularse en circuitos tan grandes como sea posible y que sigan la secuencia del proceso lo más aproximadamente posible.

Más aún las pruebas deberán dejarse correr continuamente por varios días, para dar oportunidad a los operadores de turno a que se familiaricen con la prueba y a que puedan repetirla si no se obtienen los resultados esperados. A las pruebas con aire y agua deberán seguir las pruebas con solvente, hasta donde sea posible en los mismos circuitos.

Durante estas corridas de prueba, los instrumentos críticos deben calibrarse en su rango total bajo condiciones esperadas para el proceso. Al mismo tiempo, cada componente deberá verificarse independientemente, por ejemplo, los transmisores, deberán verificarse con manómetros de Precisión "Spanning", y los termopares se verifican con potenciómetros.

Se deberá dibujar un diagrama sencillo de flujo para las pruebas con aire y agua, que contenga toda la información de flujo, temperatura, presión, transmisión de calor, consumo de potencia, etc., con el fin de comprobar la efectividad de las pruebas y estar al tanto de cualquier falla para proteger al equipo de sobrecarga, sobrepresión o sobreesfuerzos.

Los circuitos que manejen lodos o suspensiones y los equipos de manejo de sólidos, presentan problemas especiales para las pruebas dinámicas y se pueden volver costosas si se aplican todas las reglas sin embargo, los costos generalmente se justifican.

Donde sea posible, se deberá hacer que el equipo sobrepase sus límites de operación durante las pruebas dinámicas. Las torres, por ejemplo, deberán hacerse que se inunden, los compresores deberán operarse con cargas suaves y graficarse las curvas del mismo; los condensadores deberán sobrecargarse, y los hornos deberán operarse lo más cerca posible de las máximas condiciones permisibles

de temperatura. Si se siguen esos principios, se puede obtener datos significativos, detectar deficiencias, y evitar la posibilidad de retrazos costosos.

También debe hacerse notar que las pruebas dinámicas no serán significativas si no se mantienen la operación de acuerdo a las hojas de datos mientras se hacen las pruebas y si no se ejecutan todos los procedimientos posibles de cálculo. La operabilidad y la confiabilidad de los sistemas de paro y alarmas de emergencia deben quedar establecidos más allá de toda duda razonable antes de que se pueda considerarse un arranque real.

3.6 Prueba de Equipos Especiales.

Las pruebas de equipos especiales generalmente se realizan con el técnico de la firma que vendió el equipo y siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

A continuación se mencionan los pasos que deberán efectuarse:

- 1.- Revisar que las líneas de succión, descarga, de entrepasos y de recirculación se encuentren limpias y libres.
- 2.- Cuando existan turbinas deberán de desacoplarse para efectuar su revisión general.
- 3.- Los sistemas de lubricación deberán ser lavados antes de ser puestos en operación.
- 4.- Revisar que el agua de enfriamiento circule libremente y que no existan fugas.
- 5.- Antes de arrancar el compresor, turbina o bomba cerciórese de que giren libremente.
- 6.- Revise que los instrumentos, alarmas, protecciones, partes de las máquinas y demás equipos auxiliares trabajen correctamente.

CAPITULO IV

ARRANQUE DE PLANTA

El arranque real empieza cuando todas las pruebas preoperacionales han sido satisfactorias y cuando se considera que los operadores están adecuadamente entrenados. A estas alturas, las pruebas dinámicas han permitido que practiquen los diferentes grupos en la operación de los equipos, y las instrucciones originales de operación posiblemente, ya habrán sido modificadas de acuerdo a la experiencia obtenida en estas pruebas.

Generalmente es prudente contar con doble cubrimiento de personal en los primeros días del arranque real. Además existe generalmente una tendencia a que estén presentes muchos funcionarios y otras personas curiosas no invitadas.

Conforme se arranca cada sección de la planta, deberá llevarse a las condiciones de operación esperadas tan pronto como sea posible. Sin embargo, si llegará a presentarse algún problema no deberá dudarse en ejecutar un paro de emergencia antes que arriesgar las vidas o el equipo.

En caso de paro los datos obtenidos y las observaciones hechas durante el paro, pueden entonces estudiarse con calma para determinar que tan bien estaba operando la planta y que fué lo que causó la dificultad. Si no se presentan problemas, o si son únicamente menores que puedan resolverse fácilmente, la planta deberá llevarse cuidadosamente hasta las condiciones operativas de diseño. Esto se hace generalmente en pasos, evaluando en cada etapa la operación y la calidad del producto.

Aún durante un arranque relativamente bueno, habrá fallas menores del equipo muchas de las cuales serán obvias y no afectarán seriamente la operación continua del proceso. Por ejemplo, las fallas en sellos y en empaques de las bombas son muy comunes pero no pasarán de ser una pequeña molestia siempre y cuando se hayan instalado bombas de reservas.

Las fallas de los sellos en agitadores y otros equipos para los cuales no existan equipos de relevo, son más serias y pueden requerir un paro.

En muchos otros casos, la causa de la falla no es tan obvia y su diagnóstico puede presentar dificultades. En estos casos, es redituable hacer una revisión completa de las temperaturas, presiones y consumo de los servicios en el área afectada del proceso, incluyendo una revisión de bombas, motores, agitadores, etc., con el propósito de determinar sus cargas de trabajo.

Por ejemplo, el perjuicio causado por introducción de aire, agua, aceite, y grasa dentro del flujo del proceso a través de sellos rotos, traerá nuevas sorpresas. Las torres harán espuma y se inundarán; incrustaciones inesperadas aparecerán en la tubería y en cambiadores de calor aparecerán subproductos que alterarán todos los análisis de rutina; habrá bombas con succión insuficientes, etc.

Cuando esos problemas no pueden analizarse rápidamente o cuando persisten después de haber aplicado los remedios más obvios, se recomienda incrementar la automatización, por lo común eso significa instalar más registradores; y cada planta deberá estar equipada con uno o

o dos registradores de velocidad variable y plumilla múltiple, los cuales han probado que son bastantes útiles para localizar donde están los problemas.

Frecuentemente se tendrán que instalar más controladores para uniformizar las operaciones. Estos controladores tendrán además la ventaja de liberar a los operadores para que dediquen más atención a áreas específicas de investigación. Generalmente los problemas de la planta se resolverán más rápidamente cuando se les proporciona a los operadores un ambiente más confortable. Cosas tales como protección del clima, calentadores y climas acondicionados de refrigeración pueden lograr rápidos dividendos en áreas que requieren mantenimiento y atención frecuente.

No se deben pasar por alto los drenajes, los venteos y los sistemas de servicios cuando se trate de resolver las dificultades del arranque. Frecuentemente, las presiones temperaturas y caudales de los servicios no se conocen y esas variables deben registrarse temporalmente para resolver un problema. Sobre todo el proceso debe estar instrumentado adecuadamente para hacer balances de materiales rápidos y precisos en el contorno de la sección afectada.

La dificultad principal en la resolución de problemas de calidad del producto estriba en la localización del área específica del proceso o la parte del equipo que está causando el problema, se requiere una evaluación de los análisis y datos del laboratorio, así mismo se puede requerir un programa entero de análisis para corrientes del proceso que normalmente no son muestreadas.

Trazas de impurezas que se detectan en la alimentación o que entran con los servicios como resultado de reacciones laterales, son el

origen de muchos problemas con la calidad tales impurezas son difíciles de rastrear, pero deben ser encontradas y eliminadas para que el arranque sea exitoso.

También el grupo de construcción aún cuando no es parte del grupo de arranque estará asociado cercanamente con las primeras fases del arranque. Las fases finales de construcción requieren coordinación estrecha con el trabajo de arranque a fin de evitar interferencias que hacen perder tiempo.

El grupo técnico operativo incluirá una tripulación de ingenieros de turno (uno por turno) más un staff de especialistas para prueba cálculo y evaluación de datos de operación. Los especialistas incluirán ingenieros químicos, químicos, ingenieros mecánicos y de instrumentos, todos ellos altamente adiestrados y experimentados al menos parte de este grupo será asignado al proyecto con suficiente anticipación para que se familiarice a fondo con la planta y que trabaje con el personal de construcción antes de que se termine la planta.

La operación minuto a minuto de la planta durante el arranque será responsabilidad de los ingenieros de turno, los cuales supervisarán la recolección de datos y harán los cálculos sencillos. Esta gente tendrá la responsabilidad de resolver problemas y hacer el diseño del proceso para cualquier modificación que deba hacerse.

El grupo de mantenimiento es extremadamente importante para un arranque exitoso debido a que la cantidad de tiempo perdido durante los primeros arranques depende de que tan rápidamente este grupo pueda efectuar las modificaciones necesarias. Ya que puede ser necesario un número extraordinario de personal adiestrado antes de que la operación se vuelva una rutina, el formar el grupo de mantenimiento es uno de los problemas más difíciles de un arranque. Algunas de las gentes requeridas son:

- Mecánicos de ajuste de máquinas, con acceso a un taller bien equipado. Ellos se encargarán del equipo operante tal como bombas, agitadores, centrífugos compresores, etc., la experiencia muestra que por lo menos se requiere un ajustador de tiempo completo durante el arranque y, hasta cinco se pueden necesitar durante los paros.
- Tuberos y soldadores, hacen reparaciones y cambios a la tubería y recipientes. Dos tuberos se requerirán en todo tiempo y aproximadamente diez durante un paro.
- Un electricista.
- Personal de aislamiento, el cual aplicará aislamiento térmico para protección del personal ya que el aislamiento se especifica únicamente en términos generales durante el diseño y no siempre es colocado por los obreros de construcción.
- Personal instrumentista para cubrir cada turno, y un ingeniero de instrumentos para el arranque.

Dirección del arranque.

El ingeniero jefe de operación debe tener control técnico de la planta durante el arranque, mientras que la supervisión de los empleados que trabajan por hora estará bajo la administración de la planta (operación). Es esencial que los grupos que componen el equipo de arranque estén de acuerdo en todos los detalles. Pero, debido a que la situación cambia rápidamente durante las etapas iniciales del arranque conforme sale a la luz nueva información o conforme surgen problemas, es necesario que los grupos de arranque tengan reuniones diariamente para ponerse de acuerdo en los procedimientos y coordinar sus esfuerzos.

En estas reuniones, el operador jefe deberá tener perspectiva y un punto de vista objetivo. No se espera que él defienda la planta como podría hacerlo el que la diseñó, pero tampoco se espera que encuentre fallas como podría hacerlo el personal dirigente de la planta que va a operar la planta después del arranque.

Bajo la guía del operador jefe, los grupos de arranque y el de administración (operación) de la planta cooperarán a través de las tres etapas generales de operación-planeación y organización: pruebas de pre-arranque, y pruebas de arranque. El alcance de la planeación y organización ya fué descrito; a continuación se describen los procedimientos de pre-arranque y arranque.

4.1 Fases y Funciones de un Arranque

Las funciones primordiales a desarrollar son las siguientes:

- Asesorar en la construcción de la planta para que se lleve con una secuencia óptima para su arranque, preparando todo el equipo en condiciones de funcionamiento para su arranque.
- Coordinar la información de la Gerencia de Ingeniería de proyecto con la Gerencia de Construcción.
- Colaborar en la programación de construcción de la obra.
- Jerarquizar las prioridades de construcción en función de las necesidades de arranque de la planta.
- Coordinar la entrega de la planta de parte de la Gerencia de Construcción a la Gerencia de Operación.
- Colaborar en el pre arranque con la Gerencia de Operación según se requiera.

Todas las actividades a desarrollar van encaminadas a lograr un solo objetivo que es el de producir.

Están enfocadas con una mentalidad eminentemente de producción con todos los medios y facilidades de mantenimiento, seguridad, calidad eficiencia etc.

Las fases de un arranque se pueden clasificar como sigue:

- 1.- Revisión general del proyecto
- 2.- Proceso
- 3.- Operación.
- 4.- Laboratorio
- 5.- Tanques de almacenamiento
- 6.- Seguridad.
- 7.- Coordinación de las instalaciones electromecánicas
- 8.- Entrega y recibo de la planta.

4.2 Grupo de arranque.

El arranque de una planta es considerado como la etapa culminante y más importante de un proyecto industrial, por lo tanto es necesario construir una organización competente denominada "Grupo de arranque" que se encargue de realizar dicha tarea.

Este grupo se encargará de la planeación total para el arranque así como de las decisiones día a día. Será su empuje el que promueva las actividades y se deberán seguir sus recomendaciones para realizar el arranque.

El grupo de arranque deberá estar constituido por estos elementos esenciales:

- 1.- Un grupo técnico operativo formado especialmente para el arranque.
- 2.- Un grupo administrativo de planta del cual se espera mantenga control supervisor y de línea sobre el personal no técnico de operación y el cual asumirá el control técnico de la planta cuando el arranque haya pasado.
- 3.- Un grupo de mantenimiento que puede ser parte del staff normal de la planta, reforzado con ingenieros adicionales para el arranque.
- 4.- Un grupo de laboratorio, el cual será parte del staff normal de la planta, con asesores técnicos adicionales durante el arranque.

4.3 Planeación y Programas de arranque.

Es de gran importancia planear la acción completa del grupo de arranque definiendo cada uno de los objetivos y las funciones de cada especialidad, así como resaltar la importancia que cada una va teniendo y la interrelación que guarda con las demás, para realizar el arranque.

Programa de arranque.

El programa de arranque, debe comprender cada una de las actividades que es necesario realizar, clasificadas de acuerdo a su importancia y en forma secuencial de acuerdo a los siguientes diagramas secuenciales:

- 1.- Listar las actividades
- 2.- Desarrollar paso a paso las actividades
- 3.- Hacer estimación de tiempos de cada actividad incluyéndolos en los diagramas.
- 4.- Desarrollar un programa basado en tiempo
- 5.- Desarrollar una tabla de fuerza de trabajo
- 6.- Anotar detalladamente cada paro en el diagrama
- 7.- Revalorizar el tiempo del programa y la fuerza de trabajo
- 8.- Asignar responsabilidades
- 9.- Desarrollar un diagrama de flujo y un sistema de reporte de avance.

P R O G R A M A

GERENCIA TECNICA ADJUNTA	CONSTRUCCION % AVANCE										ENTREGA Y PREARRANQUE	GERENCIA OPERATIVA ARRANQUE	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			100
COORDINADOR DE PLANTA												→	
CONTROL ING. Y MATERIA LES												→	
PROGRAMACION												→	
PROCESO												→	
INSTRUMENTOS												→	
OPERACION												→	
MECANICO												→	
RECIPIENTES												→	
ELECTRICO												→	
CIVIL												→	

4.4 Detección de posibles problemas

Un estudio detallado del proceso, condiciones de operación, equipos materiales, métodos de laboratorio y servicios auxiliares, ayudará a la detección y solución de los problemas que pudieran presentarse durante el arranque o más adelante en la operación de la planta. Las experiencias tenidas en plantas similares, debidamente analizadas, son de gran ayuda para la detección de problemas y para planear los procedimientos a seguir. Los siguientes puntos pueden originar problemas:

- 1.- Transpaso de los datos de laboratorio y planta piloto a escala industrial.
- 2.- Coordinación entre las firmas de ingeniería que proveen el diseño.
- 3.- Cambios al diseño en un área, sin analizar consecuencias en el resto del proceso.
- 4.- Inapropiada definición sobre la inspección en campo y/o inspección, mal ejecutada.
- 5.- Capacidad y entrenamiento deficiente del grupo de arranque.
- 6.- Problemas con materias primas.
 - a) Falla al comunicar las especificaciones críticas.
 - b) Falla al reconocer los rangos de calidad necesarios.
 - c) No definir alternativas para las fuentes de suministro.
 - d) Almacenamiento inadecuado
 - e) Problemas causados por errores operación por ejemplo: envenenamiento de catalizadores.

- 7.- Inadecuada previsión en el diseño para reconocer la interdependencia de unidades múltiples.
- 8.- Falta o provisión inadecuada de muestreo para detección de problemas.
 - a) planes para disposición de producto fuera de especificación
 - b) previsiones para recirculación
 - c) deterioro de la calidad.
- 10.- Falla al desarrollar planes de acción para emergencias
- 11.- Falla al estipular las emisiones contaminantes arriba de las consideradas en diseño. (emisiones múltiples de dos o más unidades, en condiciones de arranque)
- 12.- Nueva tecnología no reconocida:
 - a) Unidades proporcionadas por diferentes proveedores que no ensamblan.
 - b) Cambios de materiales de construcción
 - c) Pequeñas diferencias en las condiciones de operación (presión, temperaturas, flujos, materiales del proceso, corrosividad)
- 13.- Condiciones no adecuadas de la instrumentación para el arranque (instalación y/o mala calibración).
- 14.- Falla en el entendimiento correcto de la organización del arranque que con respecto a la definición de autoridad y responsabilidad de los asistentes. Para evitar esto se recomienda:
 - a) revisar en conjunto las relaciones de trabajo
 - b) no permitir el brinco de autoridad
 - c) que sea un grupo de arranque y no un comité.
- 15.- Falla al prepararse para problemas de mantenimiento poco usuales
- 16.- Falla al definir el método de comunicación con los vendedores
- 17.- Identificación inadecuada de equipo y tubería
- 18.- Arreglo inadecuado de la información (clasificación, identificación, localización, etc).
- 19.- Poca atención a los planes de limpieza de equipo, tuberías.

20.- Problemas debidos a la localización de la planta.

Fuente de problemas de equipos

A) INGENIERIA

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1.- Diseño | 4.- Nueva tecnología |
| 2.- Aplicación | 5.- Incremento de tamaño |
| 3.- Especificación inadecuada | 6.- Selección del proveedor. |

B) FABRICANTES

- 1.- Calidad pobre de los componentes
- 2.- Ensamblaje inapropiado
- 3.- Falta de medios para hacer limpieza
- 4.- Tolerancia mal especificada
- 5.- Materiales incorrectos

C) MAL MANEJO

- 1.- Embarque
- 2.- Descarga
- 3.- Movimiento de planta

D) INSTALACION

- 1.- Desalineamiento
- 2.- Mal ensamble de internos
- 3.- Daños no corregidos
- 4.- Limpieza
- 5.- Circuito inapropiado del sistema auxiliar

E) DETERIODO DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Síntesis de las fuentes de problemas en el arranque.

A) manejo inadecuado a la iniciación del proyecto:

- 1.- Inexperiencia
- 2.- Consideraciones financieras inadecuadas.
- 3.- Planeación pobre

B) Ejecución pobre del proyecto

- 1.- Inexperiencia
- 2.- Grupo inadecuado
- 3.- Restricciones de los presupuestos
- 4.- Debilidad en el liderazgo

C) Mala operación

- 1.- Inexperiencia
- 2.- Preparación inadecuada de equipo, instrumentación, etc., para ponerlos en servicio.
- 3.- Presiones para cumplir con el programa
- 4.- Presiones financieras.

4.5 Ideas para disminuir los problemas por deficiencias de seguridad en el arranque.

- a) Procedimientos de seguridad y pruebas de seguridad en el arranque y en la operación.
- b) Prevenir las emergencias y desarrollar planes de acción
- c) Identifique e instruyase en todas las posibilidades de intoxicación
- d) Maximizar las disponibilidades para control de fuego
- e) Estudiar concienzudamente las posibilidades de control del proceso, variando las condiciones del arranque, condiciones inestables del proceso, excesiva temperatura, presión o flujos.
- f) Revisar el suministro de servicios auxiliares para las condiciones de arranque.
- g) Rechechar los dispositivos de seguridad antes de arrancar.
- h) No comience actividades de larga duración con personal cansado.
- i) Instruir a conciencia a cada uno de los participantes, con respecto a los riesgos de elementos tóxicos.
- j) Apegarse a una "lista de chequeo" para revisión final
- k) Desarrollar procedimientos de paro.

Medidas de Seguridad:

Es necesario adoptar las siguientes medidas de seguridad:

- a) Determinar las áreas peligrosas y dar recomendaciones en posibles emergencias y equipo de seguridad requerido.
- b) Identificar los equipos en prueba y que departamento es el responsable
- c) Aislar las áreas en operación y restringir el acceso a éstas.
- d) Identificar los equipos y líneas en operación.
- e) Hacer una revisión total de todos los reactivos catalizadores e hidrocarburos, para determinar su toxicidad, inflamabilidad, corrosividad, explosividad, etc.
- f) Capacitar al personal en el uso del equipo de protección personal y equipo contra incendio.
- g) Simular emergencias y evaluar las acciones tomadas, así como el comportamiento del personal
- h) Utilizar carteles y boletines de seguridad.

4.6 Centro de Información

Disponer de un centro de información es esencial para un arranque exitoso.

Este centro de información puede estar constituido de diferentes maneras las cuales van desde un simple sistema organizado con carpetas, hasta un sistema computarizado.

Contenido del centro de información

- 1.- Información de diseño del proyecto
- 2.- Información de proceso
- 3.- Información de Ingeniería
- 4.- Información de distribución en la planta
- 5.- Instrucciones de operación,
- 6.- Procedimientos analíticos
- 7.- Hojas de lectura y procedimiento de cálculo.

4.7 Juntas de Trabajo.

Es importante que el personal del "Grupo de arranque", esté enterado del desarrollo del programa de arranque y de la exactitud con que se van logrando los objetivos: por lo que se recomienda. realizar juntas de trabajo.

Actividades de las juntas.

- 1.- Comentar el programa de arranque
- 2.- Asignación de responsabilidad
- 3.- Revisión de objetivos
- 4.- Unificación de criterios.

De cada junta deberá hacerse la correspondiente minuta, con los puntos tratados y las conclusiones acordadas.

4.8 Pruebas de comportamiento y garantías.

Generalmente, la nueva planta habrá sido garantizada por una firma licenciadora, un departamento o una firma de ingeniería, y se deben efectuar ciertas pruebas en la planta cuando aún esta bajo la supervisión técnica de quien garantiza.

Las condiciones de estas pruebas están claramente delineadas en el contrato. Sin embargo, el método de hacer las mediciones se deja frecuentemente al criterio del representante de la garantía y de los directivos de operación de la planta.

Generalmente, las pruebas se harán conforme a las siguientes reglas:

- Se debe establecer una hora definida para el arranque de tal forma que los datos o lecturas del inventario puedan ser verificadas por ambas partes.
- El personal operativo se debe adherir estrictamente a las condiciones de operación que se hayan fijado por el operador jefe o por el representante de la firma garantizadora.
- Los métodos para calcular los rendimientos deben establecerse antes de la corrida de prueba y deben de haberse simplificado a una rutina preferiblemente en alguna especie de hoja de bitácora.
- Los datos se deberán registrar exactamente y todas las lecturas pertinentes serán verificadas por representantes de la firma garantizadora y de la administración de la planta.

4.4 . EQUIPO ESPECIALIZADO PARA EL ARRANQUE.

EN UN ARRANQUE DE PLANTA SE VEN INVOLUCRADOS DIFERENTES ESPECIALIDADES, COMO SON: ELECTRICO, ELECTRONICA, MECANICA, DUCTOS Y TUBERIAS, INSTRUMENTOS, QUIMICA, COMPRAS, ETC., POR LO TANTO DEBE DE CUBRIRSE ESTAS --- AREAS CON EL PERSONAL CALIFICADO EN CADA ESPECIALIDAD.

DEBE DE CONTARSE CON INGENIEROS TALES COMO: INSTRUMENTISTAS, ELECTRICISTAS, MECANICO, DE PROCESO, ASI COMO DE INGENIEROS QUE SERAN LOS QUE SE-QUEEDEN A OPERAR LA PLANTA.

HAY OCASIONES EN QUE CADA EQUIPO DE PLANTA SERA NECESARIO PARA EL PRIMER ARRANQUE UN TECNICO DE LA COMPANIA QUE ESTA SUMINISTRANDO EL EQUIPO, --- COMO SON: LOS COMPRESORES DE AIRE , LA CALDERA, BOMBAS ESPECIALES, O EQUIPOS QUE SON DE DIFICIL OPERACION Y QUE SE TIENE POCA ESPERIENCIA EN ---- ELLO,

4.10 PRIMER ARRANQUE CONDICIONES DISTINTAS CON EQUIPO USADO.

CUANDO SUCEDE QUE EN ALGUNA UNIDAD DE PRODUCCION SE QUIERE AUMENTAR LA -- EFICIENCIA DE ALGUN PROCESO, O BIEN SE EXPANDE UNA PLANTA QUE ESTA OPERANDO, SE VE LA NECESIDAD DE ARRANCAR CON EQUIPO USADO, ESTO TRAE COMO CON-- SECUENCIA QUE SE DEBA PRESENTAR MAYOR ATENCION, Y MAS VERIFICACION DE ES-- PECIFICACIONES Y UNA MAYOR Y MAS DETALLADA INSPECCION, O BIEN QUE SE ES-- TEN LOS EQUIPOS RESPALDADOS POR UNA FIRMA O COMPANIA QUE SE RESPONSABILI-- CE DE QUE LAS CONDICIONES DE OPERACION AL CUAL VA A ESTAR TRABAJANDO.

ESTO DEPENDE DEL EQUIPO USADO QUE SE VA A INSTALAR, YA QUE SI SON EQUIPOS ESTATICOS QUE VAN A ESTAR PRESIONADOS, AUN TENIENDO YA UN CERTIFICADO DE-- RESPALDO, DEBERA PROCEDERSE A LAS PRUEBAS COMO SI FUERA UN EQUIPO DE FA-- BRICACION RESIENTE , COMO LA PRUEBA HIDROSTATICA, ETC.

CUANDO EL EQUIPO ES DINAMICO, DEBERA DE INSPECCIONARSE Y RESPALDARSE POR-- UN CERTIFICADO EXPEDIDO POR AUTORIDADES QUE SE RESPONSABILICEN DEL EQUIPO, DESPUES DE ESO SE HARAN LAS PRUEBAS NECESARIAS PARA VERIFICAR LA CAPACI-- DAD Y LAS CONDICIONES DE OPERACION EN QUE SE ENCONTRARA EL EQUIPO, COMO - N.P.S.H, LA PRESION DE DESCARGA, TEMPERATURAS Y ESPECIFICACIONES DE MATE-- RIAL QUE VA A MANEJAR.

CAPITULO V ESTUDIO DEL ARRANQUE DE UNA PLANTA DE UREA.

- 5.1 INFORMACION PRELIMINAR
 - 5.1.1 Descripción del proceso
 - 5.1.2 Descripción del equipo
 - 5.1.3 Diagramas de flujo
 - 5.1.4 Lista de equipo

5.1.1 Descripción del proceso

La urea es producida mediante la síntesis de amoníaco líquido y dióxido de carbono gaseoso. El amoníaco es bombeado al tanque receptor V-1 y de aquí es succionado por medio de las bombas P-5-A/B y descargado a 22 ATA.

Una parte de éste NH_3 es enviado al absorbedor de media presión C-1, el resto entra al circuito de síntesis, se comprime por medio de las bombas reciprocantes P-1 A/B/C a la presión de 240 ATA y antes de entrar al reactor R-1 se utiliza como fluido motriz en el evector de carbamato EJ-1 donde se comprime el carbamato que proviene del separador MV-1 a la presión de síntesis.

La mezcla de NH_3 y carbamato líquido entra al reactor R-1 a la presión de 156 ATA donde reacciona con el CO_2 .

La corriente de CO_2 viene de la Planta de Minatitlán donde se comprime hasta 29 ATA, se seca y se envía a Pajaritos a través de un conducto de 28 km. de longitud, llegando a la planta de urea a una presión de 21.7 ATA. Un segundo compresor K-1 comprime el CO_2 a la presión de síntesis. Los gases que provienen de la parte alta del Stripper E-1, mezclados con la solución que viene de la sección de recuperación reacciona en los condensadores de carbamato E-5/6, formando una solución de carbamato, se lleva a cabo a la presión de síntesis y el alto calor generado se recupera generando vapor de 4.5 ATA.

Los gases no condensados que salen por el tope del MV-1 los cuales consisten de gases inertes saturados con amoníaco y CO_2 son enviados al descompositor de media presión E-2. Como ya se dijo anteriormente el amoníaco junto con el CO_2 y el carbamato líquido alimentados al reactor, originan la reacción para la formación de la urea

pero unicamente una parte de los reactivos son transformados en urea.

Por lo tanto el carbamato y el exceso de NH_3 deberán de ser recuperados.

Esta solución entra al Stripper E-1 donde hace contacto a contracorriente con NH_3 gaseoso el cual se evapora de la solución y desprende el CO_2 , generado durante la descomposición del carbamato el calor es suministrado mediante vapor de 26 ATA.

La solución que sale por la parte baja del Stripper con un bajo contenido de CO_2 se expande a una presión de 18 ATA y entra al ier. descompositor de película descendente E - 2.

Este se divide en dos partes:

- Cabeza (separador MV-2). En esta sección al entrar la solución se produce un flasheo y se desprenden gases antes de que la solución entre al haz de tubos.

- Sección de descomposición (E-2). Aquí se descompone el carbamato que aún se encuentra en la solución.

El calor requerido es suministrado por medio del condensado que proviene de la envolvente del Stripper E-1.

Los gases inertes que provienen del tope del separador de carbamato MV-1 son enviados al fondo del descompositor E-2 para separar el NH_3 y el CO_2 , de la solución.

Los gases ricos en NH_3 y CO_2 que salen por el tope o cabeza del separador MV-2 son enviados al condensador de media presión E-7, en el cual son absorbidos por una solución acuosa de carbamato la cual viene de la sección de recuperación a 4.5 ATA en la cual se condensan la mayoría de los gases.

El calor generado en la absorción es eliminado utilizando agua de enfriamiento.

El carbamato junto con los gases no condensados en el E-7 entran al fondo de la columna C-1 burbujeándose en un baño líquido.

La columna se encuentra dividida en dos partes:

Una para la absorción del CO₂, y la segunda con platos de burbujeo para la rectificación del amoníaco.

El CO₂ es absorbido casi en su totalidad en la parte baja de la columna y la fase gaseosa que asciende a través de los platos es bañada por una solución de agua saturada con amoníaco.

Los platos de la sección de rectificación son alimentados con un reflujo de amoníaco puro, el cual viaja en contracorriente a los vapores removiéndose los residuos de CO₂ y el agua que contenga.

Mediante las bombas centrífugas 5 A/B el amoníaco del tanque V-1 es enviado a la columna C-1 para el reflujo.

La solución de carbamato que sale del fondo de la columna C-1 es tomada por las bombas reciprocantes P-2 A/B y es enviada al mezclador de carbamato recuperando de esta manera los reactivos en el circuito de síntesis.

La corriente gaseosa que sale por la parte superior de la columna, está constituida por amoníaco, inertes y trazas de CO₂ (20-100 ppm). El amoníaco se condensa en el condensador E-9 A/B y se recupera en el tanque V-1. El amoníaco saturado con inertes va a las torres de recuperación C-5 donde es enfriado y parte del amoníaco gaseoso es condensado por medio de una corriente de amoníaco frío el cual proviene del límite de baterías.

Los gases inertes con amoníaco a baja temperatura son enviados al absorbedor de película E-11 en donde se absorbe el amoníaco por medio de agua la cual fluye a contracorriente. El calor generado debido a la absorción es eliminado con agua de enfriamiento. Por medio de las bombas centrífugas P-7 A/B la solución de amoníaco que sale del fondo del absorbedor es enviada a la columna C-1. Los inertes que salen de la parte alta del absorbedor E-11 son descargados a la atmósfera.

La solución que sale del fondo del descompositor de media presión E-2 se expande a una presión de 4.5 ATA y entra al descompositor de baja presión E-3 (tipo película).

Este se encuentra dividido en dos partes:

- Cabeza (separador MV-3).- Aquí se produce un flasheo y los gases se desprenden antes que la solución entre al haz de tubos.

- Sección de descomposición (E-3).- Aquí es donde el carbamato residual se descompone. El calor necesario es suministrado utilizando vapor de 4.5 ATA.

Los gases que salen de la parte alta del separador MV-3 junto con la solución de carbamato que viene de la columna de destilación de recuperación de agua (C-2), son enviadas al condensador de carbamato E-8 donde se recupera el amoníaco y el CO₂.

El calor generado por la condensación es eliminado por medio de agua de enfriamiento.

De la parte alta del condensador E-8 la fase líquida es enviada al tanque de carbonato V-3 y de aquí al condensador de media presión E-7 por medio de las bombas centrífugas P-3 A/B

La solución de urea que sale del fondo del descompositor de baja presión E-3 a una concentración de 72 a 75% es enviada a la sección de concentración a vacío, lugar donde se elevará la concentración hasta 99.8% y posteriormente enviada a la sección de aperdigado.

La solución que sale del descompositor E-3 entra al primer concentrador a vacío E-14 el cual opera a una presión de 0.3 ATA y a una temperatura de 130° C.

El flujo en dos fases que sale del E-14 entra al separador líquido gas MV-6 lugar donde se efectúa la extracción de vapores a vacío por medio del primer sistema de vacío ME-4. La solución que sale del separador MV-6 entra en el segundo paso de concentración E-15 el cual opera a una presión de 0.03 ATA y a una temperatura de 140°C

El flujo en dos fases que sale del E-15 entra al separador líquido gas MV-7 donde se efectúa la extracción de vapores a vacío por medio del segundo sistema de vacío ME-5.

Las aguas amoniacales que salen del primer y segundo sistemas de vacío, son recolectadas en el tanque V-5.

Antes de alimentar el agua amoniacal a la columna de tratamiento C-2 la solución es precalentada en el cambiador de calor E-18 A/B, con agua proveniente del rehervidor E-16.

El agua que sale de la columna C-2 es enviada a límite de baterías después de ser enfriada en el E-18 A/B y posteriormente en el E-17 A/B,

Los vapores que salen de la parte alta de la columna C-2 son condensados en el condensador E-20 y de aquí son enviados al acumulador de reflujo V-8 en donde parte se recircula a la columna C-2 y el resto es enviado al condensador de baja presión E-8.

El calor requerido para la destilación de las aguas amoniacaes es suministrado utilizando vapor en el rehedidor E-16 instalado en el fondo de la columna.

La urea que sale del segundo separador MV-7 es enviada mediante las bombas centrífugas P-8 A/B a la torre de aperdigonado ME-6 y aperdigonada en las canastillas ME-8 A/B.

La urea aperdigonada que es recolectada en el fondo de la torre, es removida por medio del transportador MT-1.

5.1.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO:

A continuación se menciona el equipo principal así como su operación.

A.1 TANQUE DE AMONIACO V-1

USO

En este tanque se almacena el amoniaco recuperado durante los pasos de producción cuando se vacía el equipo de alta presión. También el amoniaco condensado en el sistema de recuperación.

El amoniaco que proviene de límite de baterías es enviado a este tanque antes de ser enviado al reactor. Este amoniaco es medido mediante el FR-7 antes de entrar al tanque.

OPERACION

Para poder recuperar todo el amoníaco en caso de un paro de la planta el tanque se deberá operar a un nivel mínimo.

Un gasto mayor podría ser debido a taponamiento en la línea de recuperación de amoníaco del condensador E-9 A/B o debido a que el LRC-11 se encuentra fuera de servicio.

A.2 BOMBA BOOSTER DE AMONIACO P-5 A/B

USO

La bomba booster envía el amoníaco a la succión de la bomba recíproca que alimenta al reactor y a la columna de absorción de CO_2 (C-1).

OPERACION

La bomba booster está equipada con un sello mecánico lavado con amoníaco.

El prensaestopas es lavado con agua para evitar posibles pérdidas de amoníaco. La bomba es del tipo de un sólo paso y es accionada con motor eléctrico.

Esta diseñada para una presión diferencial de 5 kg/cm^2 . No ha sido diseñada para bombear agua a plena carga.

A.3 BOMBA DE AMONIACO P-1 A/B/C

USO

La bomba está diseñada para bombear amoníaco líquido dentro del reactor a través del eyector de carbamato.

OPERACION

La bomba es de tipo quintuplex accionada con motor eléctrico. Ha sido diseñada para una presión diferencial de 220 kg/cm². La bomba está equipada con un convertidor de torque el cual se utiliza para controlar el gasto de amoniaco.

A.4 EYECTOR DE CARBAMATO EJ-1

USO

Reciclar el carbamato al reactor utilizando amoniaco líquido como fuerza motriz.

En el eyector la gran presión a la cual entra el amoniaco líquido es transformada en alta velocidad para permitir que el carbamato entre al reactor.

OPERACION

Mediante el controlador de presión PRC-8 se fija la posición de la aguja. del eyector.

Cuando la presión del flujo motriz aumenta, es necesario cerrar la aguja y en caso de querer decrementar la presión, se procederá a abrir la aguja.

El gasto de carbamato succionado por el eyector depende del gasto y presión del amoniaco a la entrada del eyector.

Si el nivel del separador MV-1 aumenta y se tiene la válvula de salida del reactor completamente abierta, quiere decir que el valor al cual está fijada la presión es muy bajo y que deberá ser aumentado para incrementar el flujo de solución de carbamato alimentado al reactor.

Cuando se utiliza una presión del amoniaco mayor a la requerida se tiene el riesgo de causar erosión en la aguja del eyector.

A.5 REACTOR R-1

USO

El reactor tiene el volumen requerido para permitir el tiempo de residencia necesario para la deshidratación del carbamato en urea y agua.

El reactor está equipado con platos los cuales sirven para prevenir el escape de CO₂ gaseoso el cual debe de reaccionar en la parte baja del reactor con el amoníaco y evitar el flujo inverso de los productos de reacción formados, los cuales tienen una gravedad específica mayor que los reactivos y que se encuentran en la zona superior.

OPERACION

Para una operación correcta, los gastos de los reactivos se deberán mantener lo más constante posible, esto es para garantizar que se mantenga constante la temperatura, la relación molar, la razón de conversión y la producción.

Se considera normal una temperatura y presión de 185°C y 150 ATA respectivamente.

Durante el calentamiento se deberán de evitar cambios bruscos de temperatura los cuales pueden ocasionar rupturas en las soldaduras.

El reactor deberá ser calentado a 150°C utilizando vapor antes de introducir el amoníaco.

El reactor está provisto de perforaciones testigo para la detección de posibles fugas entre la pared de acero inoxidable y la de acero al carbón.

En caso de detectar una fuga en los testigos la planta deberá pararse inmediatamente.

Para proteger el reactor en caso de que ocurra un aumento de presión repentino se cuenta con un sistema automático, el cual para la admisión de fluidos.

Si se efectúan reparaciones, se deberá efectuar la prueba hidrostática, antes de volver a arrancar la Unidad.

A.6 STRIPPER E.1

USO

Los productos que salen del reactor son enviados al stripper para la descomposición del carbamato.

OPERACION

La temperatura de la solución que sale del stripper es mantenida de 205 a 210°C variando la presión del vapor en la carcaza.

A esta temperatura se descompone aproximadamente el 85% del carbamato contenido en solución. La válvula de control de nivel se encuentra encaquetada con agua para prevenir corrosión.

A.7 CONDENSADORES DE CARBAMATO - TIPO KETTLE E-5/6

USO

Los gases que salen de la parte alta del stripper E-1 se mezclan con el carbamato proveniente del fondo de la columna C-1 y se condensan. En la carcaza de los condensadores se produce vapor de baja presión el cual se alimenta a la red de vapor de baja.

OPERACION

El nivel de condensado y la presión del vapor deberán mantenerse constantes.

A.8 SEPARADOR MV-1

USO

Para separar el líquido de los gases inertes y mantener una cabeza de líquido en el eyector.

Está provisto de un control de presión automático para el flujo matriz NH₃ (PRC-8) de acuerdo a los valores del LR-1 montado en el mismo separador MV-1 en el PRC-8 abrirá o cerrará una aguja del eyector. También se puede mantener el nivel del MV-1 mediante la válvula HIC-6 para variar la caída de presión entre el reactor y el stripper.

OPERACION

El nivel del carbamato en el MY-1 se mantiene constante mediante la válvula neumática que se encuentra en la línea de salida del reactor. Cuando el nivel aumenta, la válvula tiende a abrir causando una pequeña caída de presión en el reactor, permitiendo con ésto una mayor circulación de la solución de carbamato.

A.9 DESCOMPOSITOR DE MEDIA PRESION E-2

USO

Descomponer carbamato no descompuesto en el stripper o incrementar la concentración de urea que sale por el fondo.

Esta reacción requiere calor, el cual es suministrado utilizando condensado proveniente del stripper.

OPERACION

La temperatura final de operación está determinada por la concentración de la solución de urea requerida a la salida.

El porcentaje de amoníaco a la salida está entre 6 y 7% y el porcentaje de CO₂ entre 1.8 y 2.3%.

Estas concentraciones son obtenidas con una temperatura aproximadamente de 156°C y una presión de 18 ATA.

En caso de que la presión de operación sea mayor, la temperatura deberá ser mayor. El nivel de la solución se controla mediante la LIC 8.

Los gases que salen por la parte superior son condensados en el condensador E-7 y recuperados en la columna C-1

A.10 DESCOMPOSITOR DE BAJA PRESION E-3

USO

Descomponer carbamato no descompuesto en el E-2 y separarlo de la solución de urea.

OPERACION

La temperatura final de operación está determinada por la concentración de solución de urea, requerida a la salida.

El porcentaje de amoníaco a la salida está entre 1.7 y 1.9%, y el porcentaje de CO₂ entre 0.6 y 0.9%, estas concentraciones son obtenidas con una temperatura aproximadamente de 140°C y una presión de 4.5 ATA.

En caso de que la presión de operación sea mayor, la temperatura aumentará de acuerdo al aumento de presión.

A.11 PRECONDENSADOR E-7

USO

Condensar los gases provenientes del MV-2.

OPERACION

La solución de carbamato que viene de las P-3 A/B entra al condensador mezclándose con los gases que provienen del MV-2.

El calor de reacción es removido mediante agua de enfriamiento.

A.12 COLUMNA DE ABSORCION C-1

USO

Absorber CO₂.

OPERACION

La solución de carbamato proveniente del E-7 entra por el fondo junto con los gases que contienen CO₂ los cuales deberán de ser absorbidos.

El calor de reacción es removido con NH₃ proveniente de las P-5 A/B.

El nivel del fondo y la temperatura deberán mantenerse constantes. En caso de que los platos se tapen con carbamato, podrán ser lavados con agua mediante la válvula FIC-5. La temperatura de cada plato es detectada mediante termopares instalados en los bajantes de los platos. El nivel de la columna también se puede controlar mediante las mirillas instaladas en la parte inferior.

A.13 CONDENSADOR E-9 A/B

USO

Condensar los vapores de NH_3 provenientes de la columna C-1.

OPERACION

Los gases de amoníaco que salen por la parte superior de la columna C-1, son condensados en estos enfriadores con agua y posteriormente recuperados en el tanque V-1.

Se deberá prestar atención en particular a la operación de la columna C-1 para evitar el paso de carbamato, el cual taparía los condensadores.

A.14 ABSORBEDOR DE AMONIACO E-11

USO

Absorber en agua los vapores de amoníaco provenientes de C-5.

OPERACION

Los vapores de amoníaco no condensados en el E-9 A/B, salen de la C-5 y son absorbidos con agua en el E-11, donde se forma una solución de amoníaco la cual será enviada al tercer y cuarto plato de la columna C-1, mediante las bombas P-7 A/B.

El nivel en el E-11 es controlado por el LIC-12.

A.15 CONDENSADOR E-8

USO

Condensar los vapores de NH₃-CO₂-H₂O, provenientes del separador de baja presión MV-3

OPERACION

Los gases son absorbidos en la solución que viene de las bombas P-15 A/B.

La solución que se forma en el E-8 es enviada al tanque V-3.

El calor que se genera es removido con agua de enfriamiento.

A.16 TANQUE V-3

USO

Se utiliza para recuperar el amoníaco y CO₂ cuando se vacía el equipo de alta presión en un paro de planta.

Normalmente recolecta la solución diluída de carbamato que viene del E-8 y en algunos casos descarga de solución de la columna C-1.

OPERACION

La solución diluída de carbamato recolectada en el tanque es reciclada al E-7.

El nivel del tanque (LI-14), deberá mantenerse al mínimo para poder recuperar todo el carbamato en caso de tener un paro de planta.

La presión del tanque es controlada mediante el PRC-25.

A.17 BOMBA DE CARBAMATO DE ALTA PRESION P-2 A/B

USO

Bombear carbamato de la columna C-1 a los condensadores de carbamato E-5/6.

OPERACION

El líquido es succionado del fondo de la columna C-1 a los condensadores de carbamato E-5/6

Para modificar el gasto se utilizará el convertidor de torque al cual la bomba está conectada.

La bomba es de tipo quintuplex. Los materiales de la bomba que hacen contacto con el líquido están contruidos en inox 316L.

La temperatura del líquido bombeado deberá de ser controlada para -- evitar cristalización.

La presión diferencial en condiciones normales es de 131kg/cm^2 .

A.18 BOMBA DE CARBAMATO DE MEDIA PRESION P-3 A/B

USO

Bombear carbamato del V-3 al E-7.

OPERACION

En condiciones normales, el líquido es succionado del fondo del V-3 a una temperatura de 40°C .

La bomba está contruida en inox 316L, equipada con sello mecánico y accionada por un motor eléctrico.

Ha sido diseñada para una temperatura de líquido bombeado hasta de 100°C y para una presión diferencial en condiciones normales de 21kg/cm^2 .

A.19 BOMBA DE LAVADO P-11

USO

Lavar las tomas de muestreo antes y después de tomar la muestra - para análisis, efectuar pruebas hidrostáticas en el circuito de - síntesis, limpiar las líneas de proceso de alta presión después de un paro y para lavar las líneas en caso de taponamiento por cristalización de la solución.

OPERACION

La bomba está accionada por medio de un motor eléctrico y bombea condensado.

Ha sido diseñada para una presión diferencial de 156 kg/cm^2 y una temperatura entre 70 y 130°C .

Su capacidad de bombeo es de $6 \text{ m}^3/\text{hr}$ y se controla por medio del PIC-204.

A.20 BOMBA DE SOLUCION DE AMONIACO P-7 A/B

USO

Bompear solución de amoníaco del E-11 a la C-1 para recircular el amoníaco recuperado y mantener limpios los platos.

OPERACION

La bomba está accionada por un motor eléctrico y ha sido diseñada para una presión diferencial de 5 kg/cm^2 y una temperatura de succión de 32 a 60°C .

Está equipada con un sello mecánico lavado con líquido del proceso.

El nivel en el E-11 se controla mediante el LIC-12

A.21 BOMBA DE UREA FUNDIDA P-8 A/B

USO

Bompear urea fundida del ME-19 a la canastilla de aperdigonado.

OPERACION

La bomba está accionada por motor eléctrico y está construida con AISI 316L y diseñada para una temperatura de succión de 135 a 170°C a una presión diferencial de 14.5 kg/cm^2 .

Está equipada con un sello mecánico calentado con vapor y lavado con urea fundida.

Deberá ser lavada con agua cada vez que se pare.

El nivel de la urea fundida en el ME-19 se controla mediante el LRC-16.

A.22 EVAPORADOR AL VACIO E-14

USO

Evaporación parcial del agua presente en la solución de urea que proviene de la última unidad de recuperación.

OPERACION

El calor necesario para la evaporación es suministrado con vapor.
El separador se alimenta con solución de urea a 90°C.

A.23 EVAPORADOR A VACIO E-15

USO

Evaporación total de agua presente en la solución de urea que viene del MV-6.

OPERACION

El calor requerido para la evaporación del agua es suministrado con vapor.
Se alimenta solución de urea a una temperatura de 130°C.

A.24 SEPARADOR MV-6

USO

Separar el vapor y vapores de NH₃ y CO₂ que se encuentran en la solución de urea que viene del E-14.

OPERACION

Los gases que salen por la parte alta son condensados y la solución que sale del fondo es mandada al E-15 mediante diferencia de presiones.

A.25 SEPARADOR MV-7

USO

Separar vapor y vapores de NH₃ y CO₂ que se encuentran presentes en la solución de urea que viene del E-15.

OPERACION

Los gases que salen por la parte alta son condensados y la solución que sale por el fondo se recolecta en el ME-19, de aquí es succionado con las bombas P-8 A/B y enviado a las canastillas de aperdigonado.

A.26 SISTEMAS DE VACIO ME-4 ME-5

USO

Hacer vacío en los dos sistemas de evaporación para poder concentrar la solución proveniente de la última sección de recuperación.

OPERACION

Se mantiene un vacío distinto entre los equipos E-14, MV-6 y los E-15, MV-7, para permitir la máxima evaporación de agua.

El hecho de evaporar al vacío impide alcanzar altas temperaturas, con lo cual se evita el aumento en la concentración de biuret en la urea.

La solución pasa de un sistema de evaporación al siguiente, sin necesidad de utilizar bombas debido a que operan a diferentes presiones.

Los separadores deberán de trabajar vacíos para reducir el tiempo de retención de la solución.

A.27 CANASTILLA DE APERDIGONADO

USO

Aperdigonar la solución de urea fundida que viene del sistema de evaporación

OPERACION

La urea fundida entra a la canastilla rotatoria de aperdigonado, la cual la distribuye en la torre de aperdigonado en donde se cristaliza mediante el aire que viaja a contracorriente.

La urea aperdigonada es recolectada en el fondo de la torre de aperdigonado y luego es enviada al almacén a través de un sistema de transportadores.

A.28 UNIDADES AUXILIARES

De la torre, la urea aperdigonada es enviada a una criba ME-10 para separar el producto en su tamaño deseado y de aquí es enviado al almacén mediante el transportador de banda MT-4 después de haber sido pesada en la báscula WD-1.

Algunos otros equipos auxiliares con los que cuenta la planta son:

a) Tanque V-7.- Este tanque es utilizado para disolver el material separado del producto en la criba, transformándolo en una solución de urea a una concentración entre 72 y 75%.

También se utiliza para recuperar la urea que es purgada o lavada de los sistemas.

El tanque está equipado con un mezclador ME-17 y en el fondo cuenta con un sistema que permite la entrada de vapor directo a la solución.

b) Bomba vertical P-9 A/B.- Esta bomba envía la solución preparada en el tanque V-7 al tanque V-4 en donde la bomba P-20 A/B la recircula a la línea que entra en el primer concentrador a vacío E-14.

c) Tanque de urea V-4.- Este tanque es utilizado para recuperar toda la urea fundida en caso de parar la sección de aperdigonado.

d) Tanque de drenado V-6.- Se utiliza para recuperar la solución de carbamato o amoníaco proveniente de posibles purgas o lavados.

e) Bomba centrífuga P-12 A/B.- Esta bomba envía la solución del tanque V-6 para su recuperación al tanque V-5

f) Bomba centrífuga P-10 A/B.- Se utiliza para proveer agua de lavado de media presión.

Se encuentran provistas de un sistema de control de flujo para asegurar la mínima cantidad de flujo permisible, por lo tanto la bomba P-10 A y la P-10 B, no deberán operarse simultáneamente.

5.1.3 . DIAGRAMAS DE FLUJO

1. Símbolos de los diagramas de instrumentos y tubería. 01-GD-C-06020
2. Balance de material 01-GD-3C-06001
3. Balance de material de operación. 01-GD-D-06023
4. Sistema de agua de enfriamiento (Area de Minatitlán) 02-GD-E-06005
5. Sistema de agua de enfriamiento (Area de Pajaritos) 01-GD-D-06003
6. Balance de vapor y condensado (Area de Minatitlán) 02-GD-B-07601
7. Balance de vapor y condensado (Area de Pajaritos) 01-GD-3C-07600
8. Diagrama P & I del sistema de compresión booster de CO2 y secadora 02-GD-A-06009
9. Diagrama P & I del compresor 01-K1-CO2 01-GD-A-06010
10. Diagrama P & I de la sección de alta presión 01-GD-A-06011
11. Diagrama P & I de la sección de media presión 01-GD-A-06012
12. Diagrama P & I de la sección de baja presión 01-GD-A-06013

13. Diagrama P & I de la sección de evaporación a vacío. 01-GD-A-06014
14. Diagrama P & I de la sección de aperdigonado 01-GD-A-06015
15. Diagrama P & I de la sección de tratamiento de aguas amoniacaes 01-GD-A-06016
16. Diagrama de bloques del circuito de síntesis 01-GD-A-06022
17. Diagrama P & I de recuperación de condensado de sobrecalentado del sistema de recuperación 01-GD-A-62400
18. Diagrama P & I del sistema de distribución de vapor y condensado 01-GD-A-62401
19. Diagrama P & I del sistema de purgas 01-GD-A-62402
20. Diagrama de aire de servicios generales & nitrógeno 01-GD-A-62403
21. Diagrama P & I del sistema de drenado de proceso 01-GD-A-62404
22. Diagrama P & I del sistema de condensado de lavado 01-GD-A-62405
23. Diagrama P & I del sistema de distribución de agua de enfriamiento y agua potable 01-GD-A-62406
24. Diagrama P & I del sistema de accesorios de la estación de compresión booster y secadora 02-GD-A-62800

5.1.4 LISTA DE EQUIPO

NOTA:

- 1.- El número clave 01 indica equipos que se encuentran dentro del límite de baterías de la planta de urea. (Área de Pajaritos)
- 2.- El número clave 02 indica equipos que se encuentran fuera del límite de baterías de la planta de urea. (Área de Minatitlán ó líneas de NH₃ y CO₂).

EQUIPO

SERVICIO

1. TORRES

01-C-1

Absorbedor de media presión

01-C-2

Torre de destilación

01-C-3

Absorbedor de amoniaco media presión.

01-C-4

Absorbedor de amoniaco baja presión

01-C-5

Torre de recuperación de amoniaco.

2. REACTORES

01-R-1

REACTOR

3. RECIPIENTES

01-V-1

Tanque recibidor de amoniaco

01-V-2

Tanque de condensado

01-V-3

Tanque de solución de carbamato

01-V-4

Tanque de solución de urea

01-V-5

Tanque de aguas amoniacaes

01-V-6

Tanque colector de drenados

01-V-7

Tanque recuperador de sol. urea

01-V-8

Acumulador de reflujo

01-V-9 A/B (*)

Secadores de CO2

01-V-11 (1)

Tanque de almacenamiento de N2 líquido.

01-V-12

Tambor de condensado del sello de las turbinas.

01-V-13 (**)

Reserva de aceite del 01-K-1

01-V-14 (**)

Tanque elevado de aceite para sellos.

01-V-15 (**)

Tanque elevado de aceite para lubrteación

01-V-16 (**)	Tanque de degasado del aceite de sellos
01-V-17 (**)	Acumulador de aceite del 01-K-1
01-V-18 (**)	Acumulador del aceite del gobernador de la 01-TK-1
02-V-19 (***)	Reserva de aceite del 02-K-2
02-V-20 (***)	Tanque elevado del aceite de lubricación del 02-K-2
02-V-21 (***)	Acumulador de aceite del 02-K-2
02-V-22 (***)	Acumulador del aceite del gobernador de la 02-TK-2

NOTA:

(*) Equipo incluido en paquete junto con el 02-ME-22

(1) Unidad en paquete (sistema de nitrógeno)

Los equipos marcados con (**) son unidades en paquete del sistema de sellos y lubricación del 01-K-1/01-TK-1.

Los equipos marcados con (***) son unidades en paquete del sistema de sellos y lubricación del 02-K-2/02-TK-2.

4. SEPARADORES

01-MV-1	Separador de carbamato
01-MV-2	Separador de media presión
01-MV-3	Separador de baja presión
01-MV-4	Tambor de condensado del stripper
01-MV-5	Separador de aceite de las bombas de amoniaco de alta presión.
01-MV-6	Primer separador de vacío
01-MV-7	Segundo separador de vacío
01-MV-8 A/B	Amortiguador de las bombas de carbamato de alta presión

01-MV-10		Tambor de descarga del 01-K-1
02-MV-11		Tambor de balance de succión del 02-K-2
01-MV-12		Separador NH3/aceite
01-MV-13	A/B/C	Amortiguador de las bombas de NH3 de alta presión
01-MV-14		Separador de condensado de vapor
01-MV-15		Primer separador de entrepaso del 02-K-2
02-MV-16		Segundo separador de entrepaso del 02-K-2
02-MV-17		Separador final del 02-K-2
02-MV-18	(1)	Separador CO2/H2O
02-MV-19		Separador de condensado de vapor
01-MV-21		Tambor de balance de succión de 01-K-1
01-MV-22		Separador de entrepaso del 01-K-1
01-MV-23		Separador a la descarga del 01-K-1
01-MV-24		Amortiguador del lavado de las celdas D.P.

(1) Equipo incluido en el paquete del 01-ME-22

5. CAMBIADORES DE CALOR

01-E-1	Stripper
01-E-2	Descompositor de media presión
01-E-3	Descompositor de baja presión
01-E-5	Primer condensador de carbamato
01-E-6	Segundo condensador de carbamato
01-E-7	Condensador de media presión
01-E-8	Condensador de baja presión
01-E-9	A/B Condensador de amoníaco
01-E-11	Absorbedor de amoníaco de media presión
01-E-12	Absorbedor de amoníaco de baja presión
01-E-14	Primer concentrador a vacío

01-E-15		Segundo concentrador a vacío
01-E-16		Rehervidor
01-E-17	A/B	Enfriador de aguas amoniacales
01-E-18	A/B	Pre calentador de solución
04-E-19		Condensador de vapor de baja presión
01-E-20		Condensador de reflujo de la torre de destilación
U1-E-21		Enfriador de entrapaso del 01-K-1
U1-E-22		Enfriador de derivación del 01-K-1
01-E-23	A/B (**)	Enfriadores de aceite 01-K-1
01-E-24	(1)	Vaporizador de nitrógeno
01-E-25		
01-E-26	(*)	Condensadores del sistema de vacío
01-E-27		
01-E-28		
01-E-31	(2)	Enfriador de regeneración del CO2
02-E-32		Primer enfriador de entrapaso del 02-K-2
02-E-33		Segundo enfriador de entrapaso del 02-K-2
02-E-34		Enfriador final del 02-K-2
02-E-35	(2)	Calentador de regeneración de CO2
02-E-36		Condensador de la 02-TK-2
01-E-37		Condensador de vapor del sello de la turbina 02-K-1
02-E-38	A/B (***)	Enfriador de aceite del 02-K-2
02-E-39		Condensador del 02-K-2
01-E-29		Enfriador de condensado de vapor

NOTA:

Los equipos marcados con (*) están incluidos en paquete del 01-ME-4 y 01-ME-5

(1) Unidad paquete (sistema de nitrógeno)

Los artículos marcados con (**) vienen en paquete con el sistema de aceite de lubricación y de sellos del 01-K-1/01-TK-1.

Los artículos marcados con (***) vienen en paquete con el sistema de aceite de lubricación y de sellos del 02-K-2/02-TK-2

(2) Unidad paquete incluido en el 02-ME-22.

6. BOMBAS

01-P-1	A/B/C	Bombas de alimentación de NH ₃ al reactor
01-P-2	A/B	Bombas de solución de carbamato de alta presión
01-P-3	A/B	Bombas de solución de carbamato de media presión
01-P-4	A/B	Bomba de alimentación a la torre de destilación
01-P-5	A/B	Bomba booster de amoniaco
01-P-6	A/B	Bomba de amoniaco de limite de baterías
01-P-7	A/B	Bomba de solución de amoniaco
01-P-8	A/B	Bomba de urea fundida
01-P-9	A/B	Bomba de recuperación de urea fundida
01-P-10	A/B	Bomba de agua de lavado de media presión
01-P-11		Bomba de agua de lavado de alta presión
01-P-12	A/B	Bomba de recuperación de drenado
01-P-13	A/B	Bomba de recuperación de condensado
01-P-14	A/B	Bomba de aguas amoniacaes
01-P-15	A/B	Bombas de reflujó
01-P-16	A/B/C/D	Bombas del sistema de recuperación de polvos (futuro)
01-P-17	A/Bi	
01-P-18	A/B	Bombas de lavado para la celda D.P. del stripper
01-P-19		Bomba de recirculación de agua de enfriamiento del 01-E-7
01-P-20	A/B	Bomba de solución de urea
01-P-23	A/B (*)	Bomba para aceite de lubricación del 01-K-1/01-TK-1
01-P-24	A/B (*)	Bomba para aceite de sellos del 01-K-1/01-TK-1
01-P-26	A/B/C (***)	Bombas de aceite de lubricación para las 01-P-1A/B/C
01-P-27	A/B/C (***)	Bombas de inyección de aceite para las 01-P-1 A/B/C
01-P-28	A/B (****)	Bombas de aceite de lubricación para la 01-P-2 A/B

01-P-29	Bomba para el trinquete de TK-1
01-P-30 A/B (****)	Bombas de inyección de agua para 01-P-2 A/B
02-P-31 A/B (**)	Bomba de aceite de lubricación del U2-K-2/02-TK-2
02-P-32 A/B	Bombas de extracción de condensado del 02-E-36
01-P-33 A/B (****)	Bomba de inyección de agua recíproca para el 01-P-2 A/B
02-P-34	Bomba para el trinquete de TK-2
01-P-35 A/B (*)	Bomba de aceite para el engrane del clarificador
02-P-36 A/B (**)	Bomba de aceite para el engrane del clarificador.

NOTA:

Los equipos marcados con (*) vienen en paquete con el sistema de aceite de lubricación y sellos del 01-K-1/01-TK-1.

Los equipos marcados con (**) vienen en paquete con el sistema de aceite de lubricación y sellos del 02-K-2/02-TK-2.

Los equipos marcados con (***) vienen en paquete con las bombas de amoníaco de alta presión 01-P-1 A/B/C

Los equipos marcados con (****) vienen en paquete con las bombas de solución de carbamato de alta presión 02-P-2 A/B

7 COMPRESORES Y VENTILADORES

01-K-1	Compresor de CO ₂ (Pajaritos)
02-K-2	Compresor booster de CO ₂ (Minatitlán)
01-K-2	Aire en la torre de desperdido

8. TURBINAS

01-TK-1		Turbina de vapor para 01-K-1
02-TK-2		Turbina de vapor para 02-K-2
01-TP-23	B	Turbina de vapor para 01-P-23 B
01-TP-24	B	Turbina de vapor para 01-P-24 B
02-TP-31	B	Turbina de vapor para 02-P-31 B
02-TP-32	B	Turbina de vapor para 02-P-32 B

9. FILTROS

01-FL-1	A/B	Filtros de solución de urea
01-FL-3	A/B (*)	01-K-1 filtros de aceite
02-FL-4	A/B (**)	02-K-2 filtros de aceite
01-FL-5	A/B	Filtros a la descarga de las 01-P-18 A/B
02-FL-6		Filtro de aire

NOTA:

Los artículos marcados con (*) vienen en paquete con el sistema de aceite de sellos y lubricación del 01-K-1/01-TK-1

Los artículos marcados con (**) vienen en paquete con el sistema de aceite de sellos y lubricación del 02-K-2/02-TK-2

10. EYECTORES

01-EJ-1		Eyector de carbamato recirculado al reactor	
01-EJ-2	}	Eyectores del sistema de vacío (primer y segundo sistemas)	
01-EJ-3			(*)
01-EJ-4			
01-EJ-5			
02-EJ-8		Eyector para arranque de 02-E-36	
01-EJ-9		Eyector del condensador de sellos de la turbina 01-TK-1	
01-EJ-10	A/B	Eyectores del primer paso para el 02-E-36	

02-EJ-11 A/B

Eyectores del segundo paso para el
02-E-36

01-EJ-12

Eyector para el 01-E-37

NOTA:

(*) Son los equipos incluidos en el paquete del artículo 01-ME-4 y 01-ME-5

11. EQUIPO ESPECIAL

01-ME-1	Mezclador de carbamato
01-ME-2	Sección de retención del descompositor de media presión
01-ME-3	Sección de retención del descompositor de baja presión
01-ME-4 (*)	Primer sistema de vacío
01-ME-5	Segundo sistema de vacío
01-ME-6	Torre de aperdigonado
01-ME-7	Elevador de la torre de aperdigonado
01-ME-8	Canastilla de aperdigonado
01-ME-9	Soporte de la canastilla de aperdigonado
01-ME-10	Criba
01-ME-11	Desobrecalentador de vapor de media presión
01-ME-12	Raspador rotatorio de la torre de aperdigonado
01-ME-13	Desobrecalentador de vapor de baja presión
01-ME-14	Venteos
01-ME-15	Primera chimenea
01-ME-16	Segunda chimenea
01-ME-17	Mezclador de solución de urea
01-ME-18	Silenciador del venteo de CO ₂
01-ME-19	Sección de retención del segundo separador al vacío
01-ME-20 (***)	Clarificador de aceite para el 01-K-1/ 01-TK-1
01-ME-21 (****)	Clarificador de aceite para el 02-K-2/ 02-K-2

02-ME-22 (**)	Sistema de secado de CO2
02-ME-23	Trinquete para el 02-TK-2
02-ME-24	Enfriador para la muestra de condensado
01-ME-25	Enfriador para la muestra de vapor
01-ME-26	Sistema de agua de bebederos
01-ME-27	Sistema antipolvos (futuro)
01-ME-28	Silenciador del vent del carbonoducto
01-ME-29 A/B	Trampas de aceite de sellos del 01-K-1
01-ME-30	Trinquete del 01-Tk-1
02-ME-31	Silenciador de entrapaso del 02-K-2
01-ME-32	Grúa viajera para 01-K-1
02-ME-33	Grúa viajera, para 02-k-2
02-ME-34	Silenciador del venteo de aire

NOTA:

(*) Equipos en paquete con el 1er. y 2do. sistemas de vacío, incluyen el juego completo de equipo (separadores, condensadores, eyectores, etc.)

(**) Equipos en paquete con 02-V-9 A/B; 02-MV-18; 02-E-31; 02-E-35

(***) Equipos en paquete con el sistema de aceite de sellos y lubricación del 01-K-1/01-TK-1

(****) Equipos en paquete con el sistema de aceite de sellos y lubricación del 01-K-2/02-TK-2.

12. TRANSPORTADORES DE BANDA

01-MT-1	Transportador de banda de la torre de aperdigonado
01-MT-2	Transportador de banda de la urea recirculada
01-MT-3	Transportador de banda a la máquina - pesadora
01-MT-4	Transportador de banda de producto - terminado.

13. CALENTADORES ELECTRICOS

01-EE-1	Pre calentador del aceite de lubricación y aceite de sellos del 01-K-1/01-TK-1
02-EE-2	Pre calentador del aceite de lubricación y aceite de sellos del 02-K-2/02-TK-2
01-EE-3	Calentador para degasado del aceite de sellos.

14. MAQUINAS PESADORAS

01-WD-1	Máquina pesadora de urea
---------	--------------------------

15. MOTORES ELECTRICOS

01-MP-1	A/B/C	Motor eléctrico para 01-P-1 A/B/C
01-MP-2	A/B	Motor eléctrico para 01-P-2 A/B
01-MP-3	A/B	Motor eléctrico para 01-P-3 A/B
01-MP-4	A/B	Motor eléctrico para 01-P-4 A/B
01-MP-5	A/B (*)	Motor eléctrico para 01-P-5 A/B
01-MP-6	A/B	Motor eléctrico para 01-P-6 A/B
01-MP-7	A/B	Motor eléctrico para 01-P-7 A/B
01-MP-8	A/B	Motor eléctrico para 01-P-8 A/B
01-MP-9	A/B	Motor eléctrico para 01-P-9 A/B
01-MP-10	A/B (*)	Motor eléctrico para 01-P-10 A/B
01-MP-11	(*)	Motor eléctrico para 01-P-11
01-MP-12	A/B	Motor eléctrico para 01-P-12 A/B
01-MP-13	A/B	Motor eléctrico para 01-P-13 A/B
01-MP-14	A/B	Motor eléctrico para 01-P-14 A/B
01-MP-15	A/B	Motor eléctrico para 01-P-15 A/B
01-MP-18	A/B	Motor eléctrico para 01-P-18 A/B
01-MP-19		Motor eléctrico para 01-P-19
01-MP-20	A/B	Motor eléctrico para 01-P-20 A/B
01-MP-23	A	Motor eléctrico para 01-P-23 A
01-MP-24		Motor eléctrico para 01-P-24
01-MP-26	A/B/C	Motor eléctrico para 01-P-26 A/B/C
01-MP-27	A/B/C	Motor eléctrico para 01-P-27 A/B/C

01-MP-28 A/B	Motor eléctrico para 01-P-28 A/B
01-MP-29 (*)	Motor eléctrico para 01-P-29
01-MP-30 A/B	Motor eléctrico para 01-P-30 A/B
02-MP-31	Motor eléctrico para 02-P-31
02-MP-32	Motor eléctrico para 02-P-32
02-MP-34	Motor eléctrico para 02-P-34
01-MP-35 A/B	Motor eléctrico para 01-P-35 A/B
02-MP-36	Motor eléctrico para 02-P-36
01-MMT-1	Motor eléctrico para 01-MT-1
01-MMT-2	Motor eléctrico para 01-MT-2
01-MMT-3	Motor eléctrico para 01-MT-3
01-MMT-4	Motor eléctrico para 01-MT-4
01-MME-7 (*)	Motor eléctrico para 01-ME-7
01-MME-8 A/B	Motor eléctrico para 01-ME-8 A/B
01-MME-12	Motor eléctrico para 01-ME-12
01-MME-17	Motor eléctrico para 01-ME-17
01-MME-9 A/B	Motor eléctrico para 01-ME-9 A/B

NOTA:

Los artículos marcados con (*) se encuentran conectados al grupo de emergencia:

01-MME-32 A/B/C	Motores eléctricos para 01-ME-32
02-MME-33 A/B/C	Motores eléctricos para 02-ME-33
01-MK-2	Motor eléctrico para 01-K-2

5.2 PREPARATIVOS Y ACONDICIONAMIENTO DE LA PLANTA PARA SU

ARRANQUE

- 5.2.1 Prueba de presión
- 5.2.2 Limpieza de líneas y de equipo
- 5.2.3 Inspección final de la planta
- 5.2.4 Acondicionamiento de los servicios auxiliares
- 5.2.5 Puesta a punto y prueba de:
 - 5.2.5.1 Compresores centrífugos
 - 5.2.5.2 Compresor de CO2 operado con aire
 - 5.2.5.3 Bombas reciprocantes.

5.2.1 PRUEBA DE PRESION

La prueba de presión se efectúa una vez que la planta se ha terminado de construir, o después de realizar algún tipo de reparación, esto se hace con el fin de verificar la resistencia del equipo y líneas con respecto a las condiciones especificadas en las normas de diseño.

Esta prueba se realiza llenando los equipos y las líneas con agua, purgando el aire en los puntos más altos, una vez realizado esto, se aumenta la presión mediante una bomba recíproca hasta alcanzar los valores de operación.

La ejecución de la prueba de presión (hidrostática) por lo general es realizada por el personal de construcción.

La planta se subdivide en secciones dependiendo del arreglo que tengan los equipos y de la presión a la que se va a llevar a cabo la prueba.

Se deberá tener la certeza de que las conexiones de los instrumentos se encuentren desconectadas, que las líneas y los aparatos estén con bridas ciegas, las máquinas desconectadas y bridadas con ciegos al igual que las válvulas de seguridad.

Al final de la prueba antes de vaciar toda el agua de los equipos se procederá a abrir un venteo en la parte superior para permitir la entrada de aire y prevenir la formación de vacío.

5.2.2 . LIMPIEZA DE LAS LINEAS Y EQUIPO

Es necesario realizar un lavado completo de la planta para eliminar polvo, suciedad, materiales y cualquier tipo de objetos que se encuentren dentro de las líneas y equipos.

Parte de los objetos y materiales que se encontraban dentro de las líneas y equipos se ha evacuado en el momento de descargar el agua que se utilizó para la prueba hidrostática. A pesar de esto, se deberá efectuar la limpieza y se llevará a cabo en una manera sistemática para asegurar que en el momento del arranque no se contará con objetos ajenos al proceso circulando a través de líneas y equipos.

Las reglas principales a seguir son las siguientes:

1. Todas las líneas y equipo deberán ser lavados con agua tratada. También se deberán lavar las líneas de los tanques de alimentación y las de almacén del producto. Como regla, se puede decir que el lavado se deberá efectuar de arriba hacia abajo y siguiendo el circuito normal de las líneas.

El agua se alimentará a los circuitos mediante mangueras o conexiones provisionales.

Para poder realizar un buen lavado, se deberá tener una velocidad del flujo de agua no menor a 2-3 mts/seg.

Antes de realizar el lavado es recomendable efectuar una limpieza manual evitando con esto taponamientos cuando se lave con agua.

El personal escogerá los circuitos que se laven subsecuentemente y los que se podrán lavar simultáneamente.

Se utilizarán los diagramas del sistema para programar los circuitos de lavado y para llevar un control del mismo. La limpieza final de equipos y torres se efectuará manualmente durante la inspección final.

2. Primero se lavarán las líneas del sistema de agua mediante las cuales se llevará a cabo la limpieza de toda la planta. Esta agua deberá estar limpia y libre de iones cloro.

3.- Todas las válvulas de control (automáticas, HCV, válvulas de disco, etc), placas de orificio y rotámetros deberán de ser desmontadas.

4. Se deberán de desconectar todas las líneas de instrumentos.
5. Se deberán instalar filtros o coladores provisionales a la succión de las bombas.
6. Desmonte (o derive) las trampas de vapor y cuando sea necesario desmonte los internos de las válvulas de no retorno (check)
- 7.- Las líneas conectadas a columnas deberán de lavarse en sentido de la columna hacia afuera y la línea que sale de la parte superior de la columna se lavarán llenando la columna y descargando rumbo al condensador.
Se evitará el soplar o lavar los cambiadores de calor.
Los acumuladores y tanques se lavarán llenándolos hasta el tope y después vaciándolos.
8. Algunos venteos deberán de permanecer abiertos tanto al llenar como al vaciar para evitar sobrepresiones y vacío en equipo y líneas.
9. Los circuitos de lavado se harán para poder descargar a través de las líneas de drenado y también se efectuarán desconectando algunas líneas de drenado y así como desconectando algunas líneas como en el caso de aquellas que tengan un gran diámetro para provocar una mayor velocidad de flujo y con esto asegurar el éxito de esta operación.
El lavado se efectuará con la máxima seguridad posible para evitar accidentes debido a la alta velocidad del flujo al ser descargado.
10. Las líneas que se encuentren conectadas en la parte superior de equipos, los cuales contengan eliminadores de niebla o cualquier tipo de aditamento especial, se lavarán llenando el equipo desde el fondo y de éste hacia afuera se lavará la línea para evitar taponamientos en la malla.
11. Las líneas que se encuentran conectadas a equipos los cuales no tengan partes internas, se podrán lavar en cualquier sentido, los cuales después serán inspeccionadas. Es recomendable evitar lavar hacia adentro de los equipos ya que la basura se depositará en ellos.
12. Las líneas conectadas a los cambiadores de calor se deberán desconectar, para evitar el descargar dentro del cambiador.
Si no es posible completar esto, una vez terminado el lavado se procederá a abrir el cambiador y limpiarlo hasta estar seguro que no existe suciedad. La mejor forma de efectuarlo es desconectando la brida de entrada y colocarle un ciego (comal), lavar la línea corriente arriba, conectar de nuevo la línea de entrada; lavar continuando con la línea de salida del cambiador.

13. Las válvulas de bloqueo y cualquier otro tipo de válvulas que no hayan sido desmontadas durante el lavado, deberán de revisarse en cuanto al cierre 100% y, si es necesario, se desmontarán y limpiarán.

Al revisar el cierre 100% no se deberá forzar su cierre total, ya que se puede encontrar algún objeto entre el asiento y el disco, causando con esto un daño al asiento.

Por lo tanto se deberá desarmar y limpiar.

14. Todos los ciegos que se hayan instalado deberán de ser removidos inmediatamente después de haber realizado el lavado.

Una vez que se revisen los diferentes puntos de drenado y que se tiene la certeza de que todo está limpio, se podrá dar por terminado el lavado.

Toda el agua se deberá descargar siempre por los puntos más bajos posibles.

Una vez realizadas las operaciones anteriores se procederá a realizar lo siguiente:

- Montar las válvulas de control
- Montar las placas de orificio
- Conectar los instrumentos
- Instalar los internos de las válvulas check
- Remover las conexiones temporales y reinstalar las finales
- Remover de la planta todo el equipo utilizado en la construcción y limpieza de la planta.

5.2.3. INSPECCION FINAL DE LA PLANTA

Después de terminar la prueba hidrostática de líneas y equipo, es necesario hacer la limpieza para verificar que, antes de cerrar los equipos y columnas, no existan depósitos, telas, estopa, cartón o cualquier otro tipo de materiales ajenos al proceso y que los termopozos, diafragmas, coladeras, instrumentos y todo tipo de instrumentos internos se encuentran conectados, en posición correcta y que sean los especificados según los diagramas de construcción.

Todas las piezas internas de los equipos que hayan sido quitadas durante el lavado deberán ser instaladas de nuevo en su posición correcta.

Para realizar la inspección final se pueden seguir los siguientes pasos:

1. Verificar que todas las válvulas de control y check se encuentran instaladas correctamente con respecto a la dirección del flujo y que se pueden operar fácilmente. En las válvulas neumáticas se verificará que actúen de acuerdo a la señal de aire.
2. Verificar que todos los instrumentos se encuentran instalados y listos para operar y lo mismo se deberá efectuar para venteos, tomas de muestra y drenes.
3. Verificar que las bombas giran libremente y revisar rotación; junto con esto, revisar que los circuitos de lubricación, enfriamiento y sellos están de acuerdo a los diagramas de construcción.
4. Verificar que las trazas de vapor han sido instaladas y conectadas a sus cabezales respectivos.
5. Verificar que los prensaestopas de las válvulas se encuentran con su empaque adecuado.
6. Verificar que hayan sido quitados todas las bridas ciegas que se instalarán para la operación de lavado.
Haga una lista de los ciegos que no hayan sido removidos para llevar un control de ellos y no caer en la posibilidad de que, llegado el momento de arrancar la planta, se presenten problemas debido a ellos.
7. Verificar que toda el área de la planta y los pasillos de la misma se encuentran libres de materiales y basura los cuales pueden causar problemas en el momento de operación e incluso accidentes.
8. Verificar que se hayan terminado todos los trabajos de acuerdo a los diagramas mecánicos.
9. Verificar la instalación apropiada, calibración y cierre de las válvulas de seguridad.

10.- Verificar que todas las demás válvulas cierren correctamente.

11. Verificar la operación de las alarmas, sistemas de bloqueo y dispositivos de seguridad.

12. Verificar la operación de las válvulas operadas con motor.

13. Verificar que todo el equipo de seguridad, tal como mascarillas anti-gas, lavaojos, regaderas, anuncios indicando algún peligro, etc., han sido instalados en el lugar apropiado.

14. Verificar que todo el equipo contra incendio, tal como extinguidores, hidratantes, mangueras (tanto para agua, como para vapor), detectores de fuego, alarmas, etc. haya sido instalado adecuadamente

5.2.4. . ACONDICIONAMIENTO DE SERVICIOS AUXILIARES

Las líneas de servicios auxiliares se deberán de lavar preferentemente con el fluido que van a manejar.

A continuación se indica el criterio de operación para cada fluido en particular.

1. Vapor

Desconecte (o derive) todas las trampas de vapor, abra todos los venteos y drenes a la atmósfera y lentamente meta vapor dentro del sistema. Desconectando las bridas al final de las líneas, lávese primero los cabezales principales y después los ramales hasta la entrada de los equipos.

Se deberá de tener cuidado ya que al comenzar a meter vapor las líneas se encuentran frías, lo cual ocasionará condensación dentro de las mismas y, como se está metiendo vapor a alta velocidad, puede ocasionar golpes de ariete o lo que comunmente se llama martilleo de agua, ocasionandose severos daños en las líneas.

En caso de tener golpes de ariete se procederá a reducir la entrada de vapor y de inmediato drenar el condensado a través de los drenes que se encuentren en los niveles más bajos.

Cierrense todos los venteos cuando se considere que todo el aire ha sido evacuado y cuando se haya terminado el lavado se procederá a conectar las trampas de vapor revisándose su funcionamiento.

2. Aire de servicios generales

Sople las líneas del sistema con aire, efectúe pruebas de hermeticidad, elimine fugas y elimine la humedad mediante los sopladors.

3. Aire de instrumentos

Desconecte todo el equipo neumático del circuito de aire de instrumentos, presione el sistema con aire, revise y elimine las fugas.

Toda la humedad se deberá de eliminar llevando a cabo a varias sopladors.

Instale los filtros y conecte los instrumentos.

4. Agua de servicios generales, proceso y condensado

Se deberá de lavar primero los cabezales después los ramales hasta la entrada de los equipos.

5. Agua de enfriamiento

Desconecte las bridas de las líneas de agua de enfriamiento a la entrada de los equipos y proceda a lavar las líneas; una vez que el agua sale totalmente clara y limpia, proceda a conectar y continúe el lavado.

Cuando el lavado se ha terminado, se procederá a efectuar la prueba de hermeticidad del sistema.

Durante las pruebas, si encuentra pérdida de presión, se deberán revisar los intercambiadores.

6. Sistema de nitrógeno

Efectúe la prueba de hermeticidad a través de todo el sistema de nitrógeno con aire, siguiendo el mismo procedimiento que en el punto tres.

Una vez que se ha terminado la prueba de hermeticidad se procederá a introducir el nitrógeno, ejecutando algunos sopladitos para eliminar todo el aire.

7. Equipo eléctrico

El acondicionamiento del equipo eléctrico será ejecutado por personal altamente calificado de acuerdo a la experiencia práctica de la unidad.

5.2.5. PUESTA A PUNTO Y PRUEBA DE LA MAQUINARIA

Después del lavado de líneas y equipo, todas las bombas centrífugas deberán de ser revisadas y probadas de acuerdo a las siguientes instrucciones.

1. Efectúe sistemas de circulación de agua, abriendo los venteos en los puntos más altos, para permitir tener una o más bombas trabajando simultáneamente.

Al realizar esta operación se deberá de tener la precaución de no trabajar una bomba por abajo de su mínimo gasto permisible.

2. Instale coladores temporales a la succión de las bombas con una malla entre 3 y 5 mesh, cubierto por otra malla de 20 mesh para prevenir un posible daño a las bombas debido a la introducción de materiales dentro de los impulsores.

3. Alinee las bombas con sus motores respectivos antes y después de ser conectadas con su línea de succión y de descarga.

Revise de nuevo la alineación cuando se alcance la temperatura de operación.

4. Lave varias veces con aceite limpio las cajas de baleros para remover grasa o cualquier material protector que se haya utilizado para protección durante su transporte.

Llene sus recipientes de aceite, con el aceite adecuado al nivel especificado por el fabricante.

5. Revise que la grasa y el aceite a usar sean los especificados por el fabricante o, en dado caso, utilice un equivalente. Asegúrese de que el cople se encuentre lubricado en caso de ser necesario.

6. Revise que los instrumentos se encuentran instalados y que el motor cuente con suministro de corriente eléctrica.

7. Asegúrese de que la rotación del motor es la adecuada.

Se recomienda trabajar el motor separado de las bombas durante algunas horas para revisar su instalación, rotación, vibraciones, etc.

8. Revise la posición correcta de los venteos y drenes.

9. Revise que todo el sistema de enfriamiento está de acuerdo a los diagramas de construcción y póngalo en operación. Los sellos mecánicos deberán ser lavados antes de arrancar la bomba.

10. Gire manualmente la bomba y asegurese de que gire libremente.

Revise que el protector del cople se encuentre instalado y en posición antes de arrancar la bomba.

11. Alínie la bomba al circuito mencionado en el punto 1, con la succión abierta y la descarga cerrada (para válvulas de gran capacidad proceda a abrir ligeramente, para que sea más fácil abrirla totalmente en el momento en que la bomba este trabajando).

Abra los venteos en los puntos más altos hasta que el agua desborde y abra la línea de recirculación si es que cuenta con ella.

12. Arranque la bomba y mida la presión de descarga. En caso de que el manómetro no indique presión, pare de inmediato la bomba y encuentre la causa.

Si la presión indicada es la correcta abra lentamente la válvula de descarga hasta obtener el gasto deseado.

No trabaje la bomba con la válvula de descarga cerrada, excepto por periodos cortos, para prevenir el sobrecalentamiento de líquido el cual se puede evaporar causando con ello que la bomba cavite.

13. Se deberá calcular la presión de descarga cuando la bomba opere con agua y se mantendrá este valor mediante la válvula de descarga para con ello evitar una sobrecarga del motor.

14. Revise la temperatura de los baleros así como la amplitud de las vibraciones.

15. Tome nota de cualquier condición de trabajo anormal, tal como:

- a. Excesiva temperatura de los baleros
- b. Muy bajo nivel de aceite
- c. Cople sumamente ruidoso
- d. Asientos del sello muy caliente
- e. Valores anormales de vibración
- f. Flujo ruidoso
- g. Vibraciones en la línea
- h. Alto amperaje

NOTA: Revise que la corriente alimentada al motor es del voltaje correcto.

16. Mantenga trabajando cada bomba al menos durante 5 horas.

17. Una vez que se ha trabajado la bomba párela, limpie los coladores, quite la malla de 20 mesh y alíne nuevamente motor y bomba; en caso de que la bomba permanezca parada por corto tiempo, no remueva la malla.

5.2.5.1 COMPRESORES CENTRIFUGOS

Cumpla estrictamente con las instrucciones del fabricante.

A continuación se dan algunas indicaciones, las cuales pueden ser de gran ayuda.

1. Revise que la línea de succión y de descarga no causen esfuerzos no permitidos en las bridas.

2. Revise que los sistemas de enfriamiento y lubricación estén de acuerdo a los diagramas del fabricante.

3. Revise que la línea de succión, descarga, de entrapasos y de recirculación se encuentren limpias y libres de cualquier tipo de material extraño y que las válvulas de bloqueo trabajen adecuadamente.

Revise que los separadores de condensado estén limpios y libres de materiales extraños, además de que se encuentren propiamente instalados.

4. De acuerdo a las instrucciones del fabricante se deberá de trabajar la turbina desacoplada del compresor para efectuar una revisión general.
5. El sistema de lubricación del compresor deberá de ser lavado antes de ser puesto en operación mediante el bombeo manual del lubricante a través de las líneas previamente desconectadas.
Después del lavado conecte las líneas y revise que no hay fugas. Arranque el sistema de lubricación asegurándose de que todas las líneas de aceite se encuentran llenas, que el nivel del tanque de aceite de lubricación se encuentre en el nivel correcto, y que se alcanzan todos los puntos que deban de ser lubricados.
6. Admita agua de enfriamiento a los enfriadores de entrapaso y a los enfriadores de aceite, revisando que el agua circule libremente y que no existan fugas.
7. Antes de arrancar la turbina, gire el compresor para verificar que gira libremente.
8. Arranque el compresor y trabajelo por aproximadamente 24 horas alcanzando su máxima velocidad.
Revise todas las partes de la máquina, controle el flujo de aceite, las temperaturas, etc.
9. Revise que los instrumentos, alarmas, protecciones y demás equipos auxiliares trabajen correctamente.
10. Conecte al compresor al circuito de CO₂ y arranquelo de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
Controle y registre las presiones y temperaturas en los diferentes pasos durante el aumento de carga, teniendo la debida precaución de no exceder las condiciones normales de operación.
Asegúrese de que la temperatura de succión del cuarto paso está de acuerdo a la especificada y que las condiciones de presión y temperatura se encuentran alejadas de los valores de licuefacción del CO₂.

11. Después de haber levantado gradualmente la carga hasta llegar a su máximo, opere el compresor entre 12 y 24 horas y efectúe la prueba de flujo.

5.2.5.2 : ARRANQUE Y PRUEBAS DEL COMPRESOR O2-K-2 CON AIRE

Procedimiento preliminar:

- Instale filtro de aire O2-FL-6 en línea de succión
- Desconecte la línea de antisurge corriente abajo de O2-HIC-2V (ver diagrama O2-GD-A-06009).

Procedimiento de Arranque y Pruebas.

- La válvula de venteo entre el primer y segundo paso (VD-04), la de venteo entre el segundo y tercero (O2-HIC-1V), y la de antisurge (O2-HIC-2V), deberán estar completamente abiertas.
- Arranque el compresor
- Opere hasta 7200 RPM y revise vibraciones y temperatura en los baleros.
- A 7200 RPM vaya cerrando lentamente las tres válvulas antes mencionadas

Se deberán de alcanzar y mantener constantes las siguientes presiones:

Descarga primer paso	3.0 ATA
Descarga segundo paso	8.5 ATA
Descarga tercer paso	9.5 ATA

= En caso de que el compresor sea utilizado para barrer la línea, se deberá vigilar continuamente la presión de descarga del tercer paso ya que está puede tener grandes variaciones debido al avance de la suciedad a través de la tubería.

Estas vibraciones pueden cambiar la presión de descarga pero en ningún caso deberán exceder la presión de 9.5 ATA

Para mantener esta presión se utiliza la válvula antisurge (O2-HIC-2V)

- Es posible que durante el secado de la línea con aire la presión del tercer paso sea menor a 9.5 ATA (debido a las pérdidas por fricción a través de la línea) aún con toda la válvula antisurge cerrada.

En cualquier caso, los valores de las presiones de descarga del primer paso y del segundo paso deberán mantenerse constantes en 3 y 8.5 ATA respectivamente.

5.2.5.3 BOMBAS RECIPROCANTES

La prueba de presión para bombas reciprocantes de alta presión (carbamato y amoníaco) y las instrucciones para el primer arranque son suministradas por el fabricante, quien con su personal, estará muy relacionado con estas operaciones.

A continuación se muestra una guía que puede ser de gran ayuda:

1.- Revise que la línea de succión y descarga no causan esfuerzos no permitidos en las bridas de las bombas y que los soportes y ménsulas se encuentran instalados en los lugares apropiados.

2.- Revise que los sistemas de lubricación y enfriamiento cumplen con los requisitos de los diagramas de construcción.

3.- Revise que las líneas de succión, descarga y recirculación se encuentren perfectamente limpias y libres de materiales extraños, y que las válvulas de bolqueo actúen perfectamente.

Revise que los amortiguadores de pulsación, se encuentren libres de materiales y que estén instalados adecuadamente.

4.- Revise la rotación del motor y trabájelo por separado para revisar temperaturas, vibraciones y amperaje.

5.- Los sistemas de lubricación de los pistones deberán estar limpios antes de ponerlos en operación. Esto se realiza desconectando las líneas y bombeando el lubricante para lavarlos.

Después de limpiar las líneas, conecte y verifique que no haya fugas.

Accione el cran del sistema de lubricación y asegúrese de que el aceite del carter se encuentra en el nivel especificado y que el aceite llega a todos los puntos de lubricación deseados.

6.- Admita agua de enfriamiento en el enfriador de aceite y en el enfriador del convertidor de torque, revisando que el agua fluya libremente y que no existan fugas.

7.- Instale filtros adecuados a la succión de la bomba, para prevenir la entrada de materiales que se puedan encontrar dentro de las tuberías debido a la construcción, los cuales dañarían la bomba.

8. Rote manualmente el cople entre el motor y la caja de engranes de reducción de velocidad para verificar que la bomba se encuentra libre.

9. Verifique que las alarmas e instrumentos de bloqueo están conectadas y operan apropiadamente.

10. Arranque la bomba de lubricación a los pistones y contra la presión si es necesario, con la válvula de derivación.

La válvula de agua al enfriador de aceite deberá estar cerrada hasta que el aceite alcance su temperatura de operación.

11. Las corridas de prueba generalmente se ejecutan con agua desmineralizada. Para las bombas de carbamato el agua es enviada a las de lavado y descargada a través de las líneas de descarga.

Para las bombas de amoníaco se necesitará llenar el tanque receptor de amoníaco (V-1) para mandar el agua a la de las bombas reciprocantes a través de las bombas booster P-5. Como el sistema de amoníaco es de acero es necesario drenar el agua y secar perfectamente el sistema, después de la corrida de prueba, para evitar oxidación.

Para efectuar el secado se soplará con nitrógeno.

Tan pronto como sea posible se deberá cargar el circuito de amoníaco.

12. Para poder arrancar la bomba se deberá tener la absoluta certeza de que existe líquido en la succión y que el disponible es mayor que el requerido por la bomba.

12. Abra la succión, descarga y válvula de derivación y el de la corrida de prueba. Al efectuar la prueba se debe descargar a un sistema sin presión

14. Al arrancarla por primera vez hágalo sin carga por algunos minutos revisando los empaques, ruidos, temperaturas, presiones, etc., después párela.

15. Arranque la bomba y comience a aumentar la carga hasta 100 kg/cm² y manténgase en este valor.

Esto se realiza mediante el ajuste de la válvula de recirculación al tanque V-1 y, en el caso de la bomba de carbamato, mediante el drenaje de descarga.

Para variar el flujo utilice el convertidor para variar las revoluciones.

16. Revise la temperatura de los pistones y la de los prensa estopas; para ajustar su apriete durante la corrida, verifique que funcione correctamente el sistema de lubricación e inspeccione todas las piezas y partes después de parar la bomba.

17. Arranque de nuevo la máquina y opérela haciendo incrementos graduales de carga de acuerdo al procedimiento dado por el constructor o fabricante hasta llegar a la presión y flujo máximo.

La máquina deberá operar en estas condiciones durante unas 12 a 25 horas durante las cuales no deberá de haber variaciones de temperatura en los baleros y empaques.

18. Las bombas probadas de esta manera garantizarán una operación normal desde el punto de vista mecánico, cuando llegado el momento, se utilicen con los líquidos de proceso.

Las bombas de carbamato, solo podrán probarse con el líquido de proceso al arrancar la planta y ;... la de amoníaco podrá ser probada con NH_3 antes del arranque.

5.3 ARRANQUE

- 5.3.1. GENERAL
- 5.3.2. INSTALACION Y REMOCION DE CIEGOS
- 5.3.3. PRUEBA DE HERMETICIDAD
- 5.3.4. PRUEBA EN CALIENTE DEL CIRCUITO DE SINTESIS
- 5.3.5. CALENTAMIENTO DE LA PLANTA ANTES DEL ARRANQUE
- 5.3.6. PROCEDIMIENTO GENERAL DEL ARRANQUE.
- 5.3.7. ESTABILIZACION DE LAS CONDICIONES DE OPERACION

5.3.1. GENERAL

Asumiendo que todas las operaciones de prearranque y revisión de equipo han sido efectuadas, todas las líneas que se encuentran fuera del límite de baterías han sido probadas, lavadas y purgadas, a continuación se da una guía de las operaciones a realizar para el arranque de la planta las cuales son: prueba de hermeticidad, purga del circuito de amoniaco, calentamiento de la planta, prueba en caliente del circuito de síntesis, alineación de los circuitos y carga de los mismos.

5.3.2. INSTALACION Y REMOCION DE CIEGOS

Revise que todos los ciegos que hayan sido instalados en operaciones posteriores sean removidos.

Se deberá efectuar una lista de la localización de las bridas ciegas efectuándose diariamente anotaciones sobre los cambios que se hallan realizado para llevar un control y evitar errores operacionales.

5.3.3 PRUEBA DE HERMETICIDAD

La unidad se encuentra subdividida en las siguientes secciones:

- 5.3.3.1 Sección de alta presión
- 5.3.3.2 Sección de media presión
- 5.3.3.3 Sección de baja presión
- 5.3.3.4 Sección de evaporación al vacío
- 5.3.3.5 Sección de tratamiento de aguas amoniacaes.

Para realizar la prueba de hermeticidad en el circuito de síntesis se utiliza condensado, el cual es tomado del tanque de condensado.

El sistema se llena utilizando la bomba de lavado de media presión y posteriormente se eleva la presión con la bomba recíproca de lavado de alta presión.

La prueba de hermeticidad para el sistema de media presión se efectúa mediante la presurización con nitrógeno el cual es alimentado a través de las conexiones de las bombas de amoníaco.

Para las secciones de baja presión, evaporación al vacío y tratamiento de aguas amoníacales la prueba se realiza con aire.

5.3.3.1 Sección de alta presión

Esta sección incluye el reactor, el stripper, los condensadores de carbamato y el separador de carbamato.

La válvula de bloqueo de la línea de CO₂ al reactor debe haber sido probada durante las pruebas de carga de la bomba de NH₃ de alta presión. La línea de carbamato hasta la entrada del mezclador será probada durante la prueba de carga de las bombas de carbamato de alta presión.

1. Cierre todos los drenes de líneas y equipos

Cierre las válvulas de bloqueo de entrada al reactor (tanto de NH₃, como la de CO₂); utilizando el volante manual, cierre las válvulas de control del stripper y del separador de carbamato en las líneas que van a la sección de media presión.

2. Abra todas las válvulas de bloqueo y conexiones de instrumentos para que todo el equipo y las líneas se presionen al mismo tiempo.

3. Abra los venteos de los puntos más altos y llene el sistema con condensado mediante la bomba P-10

4. Cuando el agua comienza a salir por los venteos estos deberán ser cerrados y la presión del sistema llegará a igualarse con la presión de descarga de la P-10 (26 ATA).

5. Efectúe la primera revisión a la presión de 26 ATA y, en caso de encontrar fugas, elimínelas.

6. Arranque la bomba P-11 y lentamente vaya incrementando la presión alrededor de 30 kg/cm² hr. hasta alcanzar una presión de 150 ATA, operando desde el panel de control la válvula de salida del separador de carbamato la cual descarga la chimenea.

7. Durante el aumento de presión asegúrese que no existen fugas a través de bridas, prensa estopas, drenes, venteos, etc. y elimínelas cuando la presión sea reducida.

8. Cuando se alcance la máxima presión, deje de alimentar agua al sistema y mantenga la sección presionada durante unas 4 a 6 horas.

9. Si no se encontró ninguna fuga se puede considerar que la prueba de hermeticidad ha sido exitosa.

Depresione el sistema a razón de 30 kg/cm²/hr, y finalmente, cuando se alcance la presión atmosférica, abra los venteos y los drenes para descargar toda el agua.

10. En caso de encontrar fugas, para poder eliminarlas será necesario - depresionar el sistema y después de terminar la reparación será necesario repetir la prueba.

5.3.3.2. Sección de media presión

Esta sección incluye el descompositor de media presión, precondensador, columna de absorción y condensación y el sistema de recuperación.

Para llevar a cabo la prueba de hermeticidad se deberá proceder de la siguiente manera:

1. Cierre todos los drenes de líneas y equipos.

Abra todas las válvulas de bloqueo y conexiones de instrumentos para presionar las líneas y equipo al mismo tiempo.

Cierre las válvulas a la succión de las bombas de carbamato y amoníaco de alta presión, las válvulas a la descarga de las bombas centrífugas de carbamato de media presión, la válvula de entrada de NH₃ del límite de baterías, la válvula de descarga de la columna C-1 al tanque de carbamato de

baja presión y las válvulas de control de salida de solución del descompositor de media presión; fije en automático el PRC de la descarga de inertes a la chimenea al valor al cual se va a realizar la prueba.

2. Introduzca nitrógeno a través de la conexión que se hizo en la succión de las bombas de NH₃ de alta presión.

3. Cierre los venteos cuando todo el aire haya sido purgado. Esto se comprobará por medio de un análisis el cual confirme la ausencia de oxígeno en el equipo.

4. Comience a incrementar la presión al sistema hasta llegar al valor de prueba siempre y cuando no se pase de la presión de diseño del equipo y líneas.

5. Utilizando una solución de agua con jabón revise que no existan fugas a través de bridas y conexiones y en caso de encontrarlas, deberán ser eliminadas. Si no se encuentran fugas, cierre la entrada de nitrógeno y deje presionado el sistema durante algunas horas, revisando que no haya pérdidas de presión.

6. Si la presión no bajó en valores considerables se puede dar por terminada la prueba.

En caso de no ser así, se procederá a encontrar y eliminar las fugas, una vez hechas las reparaciones, se repetirá la prueba.

5.3.3.3. c. Sección de baja presión

Esta sección incluye el descompositor de baja presión, condensador de carbamato y el acumulador.

La prueba de hermeticidad se realiza de la siguiente manera.

1. Cierre todos los venteos tanto de equipos como en las líneas.

Abra todas las válvulas de bloqueo y conexiones de los instrumentos para que se presionen líneas y equipos al mismo tiempo.

Cierre las válvulas de descarga de las bombas centrífugas de carbamato de media presión, las válvulas de control a la salida del descom-

positor de media presión y del descompositor de baja presión, la válvula de descarga de la columna C-1 al tanque de carbamato y las válvulas de descarga de las bombas P-15 A/B.

2.- Introduzca aire en el tanque V-3 y comience lentamente a presurizar el sistema. Proceda de la misma manera que en los puntos 4,5, y 6 de la sección anterior.

3.- Cuando se dé por terminada la prueba, abra todos los venteos en los puntos más altos y purgue con nitrógeno toda la sección.

5.3.3.4. Sección de evaporación al vacío

Esta sección incluye un separador de flasheo con su condensador, dos grupos de evaporación cada uno con su evaporador, separador, eyectores y condensadores al vacío.

La prueba de hermeticidad se efectuará de la siguiente manera:

1. Cubra todas las conexiones bridadas con masking tape asegurándose de que quede bien adherida a los bordes y haga una pequeña perforación en el centro.

2. Instale bridas ciegas a la descarga de las guardias hidráulicas. Cierre todos los drenes y venteos de líneas y equipos. Abra las válvulas de bloqueo para presionar las líneas y equipos al mismo tiempo. Desconecte los instrumentos montados en los separadores MV-6 y MV-7, cierre la válvula de control de nivel a la salida del descompositor de baja presión, la válvula de tres vías en la línea de descarga de las bombas de urea fundida, las válvulas de admisión de vapor a los eyectores y la válvula de control de los separadores MV-6 y MV-7.

3. Proceda a meter aire en la misma forma que se indicó en los puntos 4,5, y 6 del procedimiento para la prueba hidráulica de la sección de media presión.

4.-Una vez terminada la prueba abra los venteos en los puntos más altos, conecte los instrumentos de nuevo, quite las bridas ciegas instaladas en la descarga de las guardias hidráulicas y fije las válvulas según se describe en la sección de procedimiento de arranque.

5.3.3.5. Sección de tratamiento de aguas amoniacales

Esta sección incluye la columna de destilación con su rehervidor, condensador, acumulador de reflujo y dos cambiadores de calor.

La prueba de hermeticidad se realizará con aire, de la siguiente manera:

1. Presione la sección sin exceder a la presión de diseño de los equipos. Instale si es necesario bridas ciegas, o cierre las válvulas de bloqueo.
2. Cubra todas las bridas con masking tape revisando que quede bien pegado en los bordes y haga un pequeño agujero en el centro.
3. Una vez que se ha terminado la prueba, descargue el aire a la atmósfera mediante los venteos, quite las bridas ciegas, si es que se instaló alguna y alinee el circuito a los demás sistemas después de purgar la sección de vapor.

5.3.4. PRUEBA EN CALIENTE DEL CIRCUITO DE SINTESIS

Esta prueba consiste en meter presión y temperatura al equipo de presión hasta llegar a unos valores cercanos a los de operación.

Para llevar a cabo esta prueba se deberán seguir las recomendaciones dadas por el fabricante del stripper, siendo estas más severas que el resto de los equipos debido a los materiales especiales utilizados en su construcción.

El primer calentamiento a presión del stripper deberá ser realizado con mucho cuidado para obtener una adhesión completa de los puntos de unión entre el titanio y el acero al carbón.

La unidad se calentará metiendo vapor por el lado de la coraza y enviando agua a presión a través de los tubos, utilizando la línea de lavado de NH_3 , al stripper. Incremente gradualmente la temperatura de agua mediante el vapor de la línea enchaquetada de amoníaco y mandando una diferencia de temperatura entre la corriente de agua en los tubos y el vapor en la coraza de 10°C .

Proceda de la siguiente manera:

1. Cierre las válvulas de bloqueo de admisión de CO_2 y NH_3 al reactor, abra la válvula de mariposa a la salida del mismo, llénelo con agua desmineralizada.

2. Cierre las válvulas de descarga de las bombas de carbamato y amoníaco de alta presión y las válvulas de bloqueo hacia arriba del PRC-19, hacia la presión de media sección, tenga abierta la válvula corriente arriba del PRC-19 que carga la chimenea.

3. Abra la válvula de bloqueo en la línea de salida de solución del stri
pper y cierre la válvula neumática de control de nivel.

4. Utilizando agua desmineralizada llene el stripper, condensadores y se parador de carbamato a través de la línea de amoníaco que va al stripper hasta que el agua desborde por el PRC-19. Abra lentamente los drenes de la línea de salida del stripper, fondo del reactor y condensador E-5.

5. Alimente vapor a la coraza del stripper mediante la derivación de la válvula neumática y eleve la presión en la coraza alrededor de 2.5 ATA

6. Abra el vapor a la chaqueta de la línea de amoníaco al stripper con el cual se elevará la temperatura del agua que circula a través del equi
po.

Incremente el gasto de vapor tanto en la coraza como en la chaqueta de la línea, manteniendo una diferencia de temperatura entre el agua y el vapor de la coraza no mayor a 10°C

7. Controle el drenado del agua del stripper en la línea de salida para mantener una temperatura uniforme en el equipo.

La diferencia de temperaturas entre la parte alta y el fondo no deberá exceder a 30°C.

8. Incremente gradualmente la presión y la temperatura

9. Revise y registre los siguientes valores de operación durante el incremento de temperatura y presión al igual que en la fase de enfriamiento y de depresurización:

- Temperatura del fondo del reactor
- Temperatura de la parte alta del reactor
- Temperatura del vapor alimentado al stripper
- Temperatura del fondo del stripper

- Temperatura de la parte alta del stripper
- Temperatura a la salida del condensador del carbamato
- Presión del circuito de síntesis (PRC- 19)

10. Durante la prueba controle la abertura de las válvulas de drenado del fondo del reactor y del fondo del condensador E-5 para mantener un calentamiento uniforme en los equipos.

11. Una vez alcanzado el valor de temperatura de presión revise los agujeros testigos, juntas, bridas, etc., para ver si no existen fugas y, en caso de haberlas, deberán ser eliminadas.

12. Una vez terminada la prueba, abra los venteos y drene toda el agua del sistema.

5.3.5. CALENTAMIENTO DE LA PLANTA ANTES DEL ARRANQUE

Antes de cualquier arranque cuando la unidad se encuentra vacía y a temperatura ambiente, el equipo deberá de ser calentado para tenerlo en las mejores condiciones para recibir los fluidos que pasarán a través de él. Esto se efectúa para prevenir esfuerzos térmicos en los materiales y para prevenir la posibilidad de cristalización del producto. La sección de alta presión deberá ser calentada hasta una temperatura entre 150 y 160°C, antes de introducir los reactivos, procediendo de la siguiente manera.

1. Abra completamente los venteos en los puntos más altos y los drenes en el fondo de los equipos de síntesis.
2. Utilizando agua desmineralizada, haga nivel en la carcasa de los condensadores de carbamato E-5/6 y ponga en servicio la red de vapor de alta, media y baja presión.
3. Envíe agua a través de la línea de amoníaco que va al stripper y caliente gradualmente utilizando para ello vapor en la chaqueta.

4.- Introduzca vapor en la coraza del stripper utilizando para ello la derivación del control neumático PRC-20 y controle la presión drenando el condensado por el fondo del MV-4, para con ello incrementar lentamente la temperatura en el equipo.

Ponga en servicio todas las venas de vapor.

5.- Cuando todo el equipo de síntesis alcance una temperatura uniforme de 100°C, cierre gradualmente los venteos y drenes para incrementar la presión del sistema. Esto causará un aumento en la temperatura.

6.- Aumente gradualmente la presión tanto en la coraza del stripper, como en el loop de síntesis hasta que se alcance una temperatura en el fondo del reactor entre 150 y 160°C.

Para calentar el reactor simultáneamente con los demás equipos, añada vapor mediante una manguera a través de la línea de drenado de condensado del fondo del reactor.

7.- Se deberá vigilar que la velocidad de calentamiento no exceda en ningún momento los valores indicados por los fabricantes del equipo (normalmente 30°C/hr.). La diferencia de temperatura entre la parte alta y el fondo tampoco deberá exceder de 30° C.

8.- Una vez terminado el calentamiento mantenga la presión en la coraza del stripper alrededor de 10 ATA y drene el condensado formado.

9.- El calentamiento de las demás secciones se realizará de acuerdo al procedimiento descrito en la sección 5.3.6, excepto para la sección de tratamiento de aguas amoniacales, la cual se indica en la sección 5.7.

10.- En este momento la sección de alta presión se encuentra lista para recibir los reactivos, según se indica en el punto 9 de la sección 5.3.6.

Los puntos del 1 al 8 descritos en la misma sección, se pueden realizar, normalmente, al mismo tiempo que el calentamiento del loop de síntesis.

5.3.6.7. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL ARRANQUE

Después de calentar el sistema de alta presión se procederá de la siguiente manera:

- 1.- Arranque el compresor de CO₂ y estabilicelo a 50% de su carga. Mantenga una presión de descarga de aproximadamente 120 ATA, la cual se estará descargando a la atmósfera PRC-1
- 2.- Prepare el tanque receptor de amoníaco V-1, de la siguiente manera:
 - Envíe agua de enfriamiento a la carcasa del E-11
 - Aísle el tanque de los demás equipos de media presión, presiónelo con nitrógeno y fije el PRC-23 en 17 ATA.
- 3.- Cargue el tanque con amoníaco hasta alcanzar un nivel de 50%, cierre manualmente la válvula LRC-11 y, si el tanque no ha sido presionado a la presión indicada, sino a una presión menor, llénelo lo más lentamente posible con amoníaco para evitar bajas temperaturas debido al flasheo.
- 4.- Arranque las bombas booster P-5 recirculando al tanque, abra si es necesario el vapor a la chaqueta de la línea de amoníaco e incremente la presión en el tanque.
- 5.- Abra el agua de enfriamiento a los condensadores E-9 A/B, al precondensador de carbamato E-7 y al condensador de baja presión E-8. Presione todo el equipo del sistema de media presión abriendo gradualmente las válvulas de la línea de balance entre el E-9 B y el V-1 (lado de gas) y posteriormente, cuando todo el equipo se encuentre presionado, abra las válvulas en la línea de descarga de líquido.
- 6.- Cierre la válvula de vapor de la chaqueta de la línea de amoníaco, la cual fué abierta en el punto número 4.
- 7.- En caso de que no se haya formado nivel en el tanque V-3, efectúe un nivel del condensado y, por medio de la bomba P-3 envíelo a la columna C-1, manteniendo su nivel mediante el LRC-9, a través del precondensador E-7. Cuando se ha establecido un nivel de 50% en la columna, abra la HIC-7 para establecer una recirculación al V-3 y continúe manteniendo un nivel en el

fondo de la columna de 50%.

En caso de que la circulación antes descrita se realice con condensado, mande amoníaco recirculado a la parte alta de la columna mediante el cual se formará una solución de amoníaco en el fondo.

8.- Ponga en servicio las trazas de vapor de todas las líneas, abra lentamente el vapor al descompositor de media presión E-2 y al descompositor de baja presión E-3; establezca un nivel con agua en el ME-2 y en el ME-3 manteniendo cerradas las válvulas de control de nivel las cuales son accionadas por el LIC-8 y LIC-13.

De esta manera el equipo de media y baja presión han sido calentados y se encuentran listos para recibir el producto.

9.- Asegúrese de que toda el agua en el equipo de alta presión ha sido evacuada introduzca vapor en la chaqueta de la línea de amoníaco que va al fondo del stripper y abra lentamente el vapor a la carcasa del mismo.

10.- Mediante la bomba P-11, introduzca condensado al fondo del reactor (por aproximadamente 10 minutos) con lo cual se tomará un nivel, el cual amortiguará los efectos negativos debidos a un posible incremento en la reacción y dará al personal el tiempo requerido para la operación.

Mediante la bomba P-11, introduzca agua al condensador de carbamato E-5 (por aproximadamente 10 minutos) para evitar las concentraciones durante el arranque.

11.- Con las válvulas de descarga y de succión de la bomba de amoníaco de alta presión abiertas, envíe amoníaco al stripper E-1 mediante las bombas booster P-5 al stripper comenzando la presurización del circuito de síntesis con amoníaco gas a través de la línea enchaquetada.

12.- Cuando el sistema de alta presión alcanza una presión igual a la de la descarga de la bomba P-5, arranque la bomba P-1 a su mínima velocidad y controle el gasto de amoníaco al stripper (con la recirculación al tanque V-1), para con ello aumentar gradualmente la presión del sistema hasta 80 ATA.

13.- Una vez que se ha alcanzado este valor envíe amoníaco líquido al reactor al 50% del gasto nominal; cierre la recirculación de la bomba P-1 y la alimentación de amoníaco al stripper.

El amoníaco que entra al reactor reacciona con el agua, generándose calor, por lo cual, la temperatura del fondo aumenta.

14.- Después de algunos minutos de haber alimentado el amoníaco o cuando la temperatura en el fondo comience a bajar, envíe CO₂ al reactor pero tenga cuidado en el control de la temperatura.

El aumento de temperatura y presión deberá ser gradual y de tal manera que llegue a sus valores óptimos de temperatura y presión (185°C y 150 ATA)

Se deberá tener una relación en peso de NH₃/CO₂ a la entrada de 1.2 a 1.3 Es recomendable mantener una carga de 50%.

15. Aproximadamente entre 2 y 3 horas después de haber alimentado el CO₂ al sistema, comenzará a salir solución del reactor. La válvula de mariposa HIC-6 en la línea de salida del reactor será abierta completamente; el controlador PRC-19 del circuito de síntesis será ajustada automáticamente a 150 ATA.

16. Abra la válvula de bloqueo del stripper y fije el controlador de nivel del LRC-6 a 50%.

Fije en manual el controlador de presión PRC-20 en la carcasa del stripper con una abertura entre 5 y 10%.

17. Prepare la sección de evaporación para el arranque de la siguiente manera:

- Ponga en servicio todas las venas de vapor, alimente vapor a los E-14 y E-15 y abra el agua de enfriamiento a los condensadores de vacío.

- Forme un sello de agua en el V-5

Abra el vapor a los eyectores y envíe agua a la entrada del evaporador E.14.

- Lentamente, establezca un vacío de aproximadamente 0.5 ATA en el segundo paso de evaporación controlando con el PRC-28 y mantenga una diferencia de presión entre el primer y segundo paso de 0.3 ATA para asegurar una circulación natural de agua entre los pasos de evaporación.

El agua alimentada al E-14 se vaporizará y en parte seguirá la misma ruta que la solución de urea:

E-14, MV-6, E-15, MV-7, P-8 y se descargará el tanque V-4; en este punto, la selección del vacío se encuentra lista para recibir la solución de urea.

18.- En el momento de entrar urea al stripper, se notará un descenso de la presión del vapor en la carcaza.

Accionese manualmente la válvula de vapor y lentamente incremente la presión a 20 ATA; posteriormente, la presión de vapor se controlará de acuerdo a la temperatura del fondo del stripper.

19.- Arranque de inmediato la bomba de carbamato de alta presión P-2 a mínima velocidad y envíe solución amoniacal a los condensadores E-5/6

20.- Opere manualmente el TRC-8 enviando NH₃ de reflujo a la parte alta de la columna C-1 de acuerdo a la temperatura del fondo.

21. La solución de urea que sale del stripper pasa al descompositor de media presión y de éste al descompositor de baja presión. El paso de la solución de un sistema a otro se realiza por diferencia de presiones y a través de este camino, la urea se concentra.

22. Cuando el stripper comienza a consumir vapor, ponga en servicio el circuito de condensado entre el MV-4 y E-2, junto con su instrumentación correspondiente, cerrando el vapor de calentamiento al E-2.

23. Ponga en servicio el loop de condensado entre el MV-4 y E-5/6, con sus instrumentos respectivos y alarmas.

24. Envíe condensado al E-11 para absorber el amoníaco de la corriente de inertes; cuando se forme nivel en el fondo del absorbedor, arranque la bomba P-7 y envíelo a control de nivel mediante el LIC-12 al tercer plato de la columna C-1.

25. La solución de urea del descompositor de baja presión es enviada a la sección de evaporación, la cual ya ha sido preparada para recibirla. Cierre el agua al E-14.

26. Incremente gradualmente la temperatura y el vacío en el MV-7 y MV-6 manteniendo una diferencia de presión entre ambos de 0.3 ATA. Cuando la presión en el MV-7 se estabiliza a 0.03 ATA y el MV-6 a 0.3 ATA, ponga en automático los controles de presión.

Estas presiones de vacío serán alcanzadas cuando la temperatura en el primer paso alcance 130°C. y en el segundo 140°C.

27.- Verifique que la alimentación de vapor a las chaquetas de las líneas de las bombas P-8 A/B e igualmente el vapor de lavado de los sellos y el vapor de calentado a la carcasa de la bomba

28.- Recircule al tanque hasta que se alcancen las condiciones de operación para poder enviar la solución a la canastilla de aperdigonado, la cual deberá ser previamente calentada con vapor.

29.- Cuando las temperaturas en el fondo del separador ME-19 alcanzan los 140°C y la presión de 0.03 ATA, envíe la solución a la canastilla de aperdigonado cerrado la recirculación al tanque.

Controle la velocidad de la canastilla para evitar derrames y vigile la calidad del producto en los transportadores de banda en el fondo de la torre.

ESTABILIZACION DE LAS CONDICIONES DE OPERACION

A continuación se dan las instrucciones necesarias para alcanzar las condiciones normales de operación.

1.- Controle manualmente la temperatura de la solución a través del TRC-6 a 80°C y pase el control a automático cuando la temperatura se haya estabilizado. Se deberá tener cuidado de que la temperatura no baje de 60°C, ya que puede causar la cristalización de la solución.

2.- Mediante la evaporación del amoníaco en la columna se controle la temperatura en el fondo de C-1.

El amoníaco entra por el plato superior y su gasto se controla por medio del FR-6. Con el TRC-8 en manual, controle la temperatura de 76°C. y cuando este valor se estabilice, coloque el aparato en automático.

3.- Revise la temperatura en la parte alta y en los platos de la columna C-1

En caso de que la temperatura sobrepase los 45°C, lave los platos con condensado a través del PIC-5

4. Para prevenir taponamientos en el precondensador, mantenga un flujo constante de solución de carbamato diluido del tanque.

En caso de ser necesario, fije el LRC-9 en control manual.

Si ésto llegase a causar alto nivel en el fondo de la columna, incremente la recirculación a los condensadores E-5/6, siempre y cuando no se produzcan grandes variaciones en la estabilidad del reactor.

5. En caso de aumentar el nivel en la C-1, se procederá a descargar parte de la solución al tanque de carbamato diluido a través de la HIC-7. Posteriormente se recuperará esta solución.

6. El carbamato tiene un aspecto lechoso.

Si el amoniaco presente en la solución de carbamato es muy alto, al entrar en la bomba se producirá una vaporización causando que la bomba cavite.

Si el contenido de CO₂ es muy alto la solución cristalizará causando taponamiento en las líneas.

Una manera de identificar que la bomba P-2 se encuentra cavitando es cuando la presión de descarga sufre fuertes variaciones.

Quando se presenta el fenómeno de cavitación, aliméntese condensado a la línea de succión, ya que los gases serán absorbidos y por consiguiente se evitará la cavitación. (éste es solo un remedio temporal)

Para arreglar el problema se deberá incrementar la temperatura en el fondo si la concentración de amoniaco es muy alta, y bajar la temperatura en caso de que el contenido de CO₂ se encuentre alto.

7. Meta la menor cantidad de agua posible en las diversas secciones para evitar el almacenamiento anormal en el tanque de solución de carbamato diluido, ya que ésta tendrá que ser recuperada más adelante.

En la fase de arranque y estabilización de la planta, o cuando se tengan que realizar varios lavados, la solución que sale del descompositor de baja presión deberá estar menos concentrada de lo normal, para poder descargar el exceso de agua sin tener que incrementar las recirculaciones, lo cual causará una dilución en el reactor y por consiguiente una baja de eficiencia.

Esto se obtiene reduciendo la temperatura de destilación en los descompositores E-2 y E-3.

8. Controle el flujo de amoníaco líquido y CO₂ alimentado a la sección de síntesis para mantener una composición en la solución que sale del reactor, la cual se aproxime a los siguientes valores:

NH ₃	35% en peso
CO ₂	15% " "
Urea	30% " "
H ₂ O	20% " "

100%

9. El incremento de la temperatura del reactor durante el arranque depende de los gastos de amoníaco y CO₂.

Si la temperatura del reactor aumenta muy lento, incremente el gasto de CO₂; por el contrario, si la temperatura aumenta muy rápido, será debido a que el gasto de CO₂ es muy alto.

Por lo general, es mejor arrancar con un exceso de NH₃ que de CO₂,

10. Si la relación de NH₃/CO₂ es correcta, la temperatura del fondo del reactor aumentará gradualmente. En el momento en que el nivel de solución dentro del reactor alcanza el termopar TR-2,4, indicará una temperatura mayor ya que antes se encontraba midiendo la temperatura del gas.

Analice cada 4 horas la relación NH₃/CO₂, H₂O/CO₂ de la solución que sale del reactor.

La relación normal de NH₃/CO₂ y H₂O/CO₂ son 3.4 a 3.6 y 0.4 a 0.5 respectivamente.

Si no se obtienen las relaciones que se han indicado, los valores del gasto de NH₃ y/o CO₂, deberán ser ajustados para cumplir con las relaciones indicadas.

11. La presión de operación en el sistema de síntesis deberá aumentar lentamente.

Si se presentara un incremento rápido de presión debido a un exceso de amoníaco, podrá ser controlado a través del PRC-19 rumbo a la sección de media presión o enviando agua a los condensadores de carbonato E-5/6 mediante la bomba P-2

Las operaciones antes mencionadas son prácticas, pero de un efecto temporal ya que lo único que solucionará el problema será reduciendo el reactivo que se encuentra en exceso.

12. Como una medida de precaución, revise la línea de gas del separador de carbamato al descompositor E-2, para ver si no se encuentra tapada, abriendo lentamente el PRC-19 y viendo si la presión de síntesis baja.

13. Si el nivel en el separador de carbamato MV-1, tiende a subir y la válvula de mariposa a la salida del reactor se encuentra totalmente abierta, para reducir dicho nivel será necesario incrementar la presión de amoniaco en el eyector de carbamato.

14. Si la temperatura a la salida del eyector baja y se tiene un flujo de amoniaco constante, la recirculación de carbamato ha bajado. Para este caso, incremente la abertura de la válvula a la salida del eyector.

15. Cuando la temperatura de salida del eyector baja rápidamente quiere decir que la línea de recirculación de carbamato se encuentra tapada. Hay varias razones por las cuales la línea de carbamato puede estar tapada;

- Calentamiento insuficiente de la línea.
- Falta de recirculación de carbamato debido a un taponamiento de la bomba de alta presión P-1
- Exceso de CO₂ o falta de agua en el circuito de síntesis

En este caso, la concentración de la solución de carbamato es mayor, por lo cual tiene una alta temperatura de cristalización, lo cual causará que solidifique más fácilmente en los puntos fríos de la línea. Esto puede ser controlado mediante un análisis periódico de la solución y controlando los gastos alimentados para tener la relación molar apropiada.

La solución deberá tener la siguiente composición:

NH ₃	48% en peso
CO ₂	34.5% "
H ₂ O	<u>17.5%</u> "
	100%

Para destapar la línea, realice lavados corriente arriba y corriente abajo de la válvula neumática O1-SD-2V.

16. Durante el arranque se recomienda efectuar análisis cada 4 horas en las líneas indicadas, mientras que para la operación normal bastará con un análisis diario.

5.4.3. PARO NORMAL

5.4.1.- General

5.4.2. - Procedimiento para el paro normal

5.4.3. - Preparativos para dar mantenimiento a la planta

5.4.4 - Purgado del Equipo.

5.4.1. GENERAL

A continuación se indican las instrucciones a seguir en un paro normal de la unidad para realizar inspecciones de equipo o realizar trabajos de mantenimiento.

Antes de parar la Planta se deberá contar con una lista completa de todos los trabajos de mantenimiento que se van a realizar.

Todo el personal y áreas relacionadas con la planta deberán estar avisados del paro y de la duración del mismo.

Las operaciones a realizar en el paro se subdividen de la siguiente manera:

1. Parar todas las operaciones de proceso
2. Vaciar líneas y equipo
3. Purgar la unidad.

Los distintos tipos de paro normal son:

- Paro por corto tiempo sin la necesidad de vaciar el circuito de síntesis ó que no dure más de 2 ó 3 días.

- Paro largo, donde se deberá de vaciar todo el equipo ya sea porque va a durar más de 3 días o debido a que ciertas reparaciones se efectuarán en lugares que se encuentran conectados con el circuito de síntesis y que no pueden ser bloqueados.

En ambos casos siga los siguientes principios generales.

- Antes de comenzar a parar la planta se deberán de bajar al mínimo de nivel los tanques de carbamato y amoniaco.
- Recupere la mayor parte posible de los fluidos que se encuentran dentro de los equipos.
- Recupere la mayor cantidad de urea posible, mediante su transferencia a la sección de aperdigonado.
- Recupere en el tanque de NH₃ la totalidad del amoniaco presente.
- Use la mínima cantidad de agua posible en los lavados para evitar que se diluya en exceso la solución de carbamato.
- Lave perfectamente todas las líneas cuando hayan sido puestas fuera de servicio.
- Deje las válvulas de drenaje abiertas.

5.4.2. PROCEDIMIENTO PARA UN PARO NORMAL

Las siguientes reglas se aplican para ambos casos de paros normales:

1. Lentamente reduzca la producción de la planta al mínimo.
2. Baje al mínimo el nivel del separador de carbamato, ya sea aumentando la presión de amoniaco a la entrada del eyector o abriendo en su totalidad la válvula de salida del reactor.
3. Deje de alimentar CO₂ al reactor, venteando a la atmósfera.
4. Mantenga la alimentación de NH₃ durante unos 10 minutos, para diluir la solución en el reactor. Pare la bomba P-1 y cierre la descarga. La válvula SD-2V cerrará automáticamente.
5. Lave las líneas de NH₃ y CO₂ al reactor y la línea de carbamato antes y después de la SD-2V.
6. Después de abrir las líneas de lavado a las líneas de descarga de las bombas de carbamato, cierre las válvulas del fondo de la columna C-1. Deje la bomba trabajando por unos minutos para lavar las líneas hasta los condensadores.
Pare la bomba, cierre la válvula de descarga y suspenda el agua de lavado a la succión. Al mismo tiempo, mantenga el nivel de la columna C-1 descargando temporalmente al V-3 mediante la válvula HIC-7.
7. Drene la bomba P-2 y la línea de la columna C-1 a la succión de la bomba.
8. Cierre el vapor al Stripper.

9. Baje al mínimo el nivel del stripper, cierre la válvula de bloqueo a la salida; cierre la válvula de bloqueo del PRC-19, lave las líneas rumbo al sistema de media presión dejando en automático la descarga hacia la chimenea.

De esta manera, el circuito de síntesis quedará bajo presión y temperatura con el reactor lleno de solución.

10. Cierre el reflujo a la parte alta de la columna C-1, pare la bomba P-5 y proceda a bloquearla. Lave los platos de la columna por algunos minutos.

11. Mediante las conexiones de agua de lavado, lave la salida de solución y los descompositores E-2 y E-3 y descargue al V-4

12. Cierre la válvula en el fondo del V-3 y abra el sistema de lavado hacia las bombas P-3, para diluir la solución del precondensador y de la columna. Cuando la sección de tratamiento de aguas amoniacales es puesta fuera de operación de acuerdo al procedimiento mostrado en la sección VIII del capítulo D, envíe agua al condensador E-8 para diluir la solución y recuperarla en el tanque V-3.

13. Mantenga trabajando la sección de evaporación mientras que cuente con solución en los tanques o hasta que la solución se encuentre tan diluida que ya no pueda trabajar normalmente esta sección. Mientras tanto, continúe enviando la solución a la canastilla de aperdigonado.

14. Deje de enviar solución a la canastilla y envíela al tanque de solución de urea V-4.

15. Meta agua de lavado a los evaporadores y separadores, mantenga la bomba P-8 trabajando y continúe recirculando hasta que todo el sistema este completamente lavado.

16. Incremente lentamente la presión dentro de los dos pasos de vacío manteniendo una presión diferencial tal, que permita circulación.

17. Accione el TRC-10 y ponga en manual las 11 válvulas correspondientes para, gradualmente, reducir el vapor a los evaporadores.

Las temperaturas en los separadores MV-6 y MV-7, bajarán tan pronto entre el agua en dichos equipos.

18. Una vez que se ha alcanzado la presión atmosférica en ambos pasos, cierre el vapor a los eyectores.

19. Cierre las válvulas de vapor a los cambiadores E-14 y E-15.

20. Suspenda el agua de la válvula de la línea de urea a evaporación.
21. Cierre el agua de lavado de la línea de vapor al sistema de vacío.
22. Ahora la planta se encuentra en condiciones seguras y lista para arrancar de nuevo.

En caso de que el paro se prolongue durante varias horas, pare el compresor de CO₂, siguiendo el procedimiento indicado por el fabricante.

En caso de que se tengan que realizar varios trabajos de mantenimiento en las diferentes secciones de la planta, excluyendo el circuito de síntesis, se podrá depresionar por separado cada sección, dejando el reactor lleno y listo para arrancar.

Es recomendable aislar los tanques V-1 y V-3 del resto de la planta controlando la presión con la PRC respectiva en automático, antes de comenzar los trabajos.

23. Si los trabajos de mantenimiento se van a realizar en el circuito de síntesis, o el tiempo de paro es mayor a tres días la solución del sistema de alta presión deberá ser recuperada y el equipo deberá vaciarse de la siguiente manera:

24. Ejecute en orden progresivo las operaciones que se han descrito en los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9.

25. Una vez que se ha alcanzado el mínimo nivel dentro del stripper y la válvula del fondo se encuentra cerrada, use la línea provista para la descarga del reactor, la cual se encuentra conectada del fondo del reactor con el stripper corriente arriba de la LRC-6V.

26. Controle el gasto de solución del reactor al sistema de media presión mediante la LRC-6 en manual. Mediante las bombas P-5 continúe enviando NH₃ de reflujo a la parte alta de la columna C-1 descargando el carbamato por el fondo al V-3.

27. Cierre el condensado del MV-4 al descompositor de media presión E-2 y abra el vapor.

28. Pase a operación manual y cierre las válvulas PRC-19 A/B

29. La temperatura y la presión bajarán en el sistema de alta presión, de acuerdo a los diagramas suministrados por los distintos fabricantes.

El enfriamiento del equipo, desde la temperatura de operación hasta 120°C, deberá de ser a razón de 30°C por hora.

La reducción de presión desde los valores de operación hasta 50 kg/cm², será a razón de 30 kg/cm² hora.

30. El decremento de presión y temperatura en el circuito de síntesis será controlado mediante el ajuste del drenado del reactor. El ajuste se reali-

za en operación manual con el LRC-6.

31. Revise la temperatura en el descompositor de baja presión para obtener la máxima concentración de la solución de urea y evitar que pase una cantidad excesiva de amoníaco al sistema de concentración a vacío.

32. Cuando la presión del sistema de síntesis y la presión del circuito de media se igualen cierre la válvula de control en el fondo del stripper y lave todas las líneas y equipos del circuito de alta presión.

Cierre el vapor al descompositor de media presión E-2.

33. Pare la bomba P-3 y cierre su descarga.

34. Deje de enviar amoníaco a la parte alta de la columna C-1 utilizando la válvula en operación manual mediante el TRC-8.

Pare la bomba P-5 y cierre su descarga.

35. Envíe agua de lavado a la parte alta de la columna C-1 y cierre el agua de proceso al absorbedor de NH₃ y E-11.

Pare la bomba P-7.

36. Utilizando la HIC-7, drene el líquido de la columna C-1 al tanque de carbamato.

Una vez que se haya terminado el lavado drene el líquido de la columna C-1 al sistema de drenaje.

37. Aísle el tanque de amoníaco y el absorbedor del resto del equipo de media presión.

Depresione lentamente la columna de absorción y el descompositor de media presión, a través de la LIC-8.

Se deberá de tener cuidado de no sobrepresionar el descompositor de baja presión.

38. Cierre el vapor al descompositor de baja presión E-3.

39. Aísle el tanque de carbamato V-3 del condensador E-8 y de la columna C-1, dejando en automático el controlador de presión PRC-25. Diluya las soluciones del precondensador E-7 y condensador E-8 y drénelos.

40. Diluya la solución remanente del reactor y condensadores de carbamato con agua de lavado y drénelos al sistema de drenaje.

41. Pare la sección de evaporación a vacío siguiendo el procedimiento previamente descrito del punto 14 al punto 22.

42. Ahora todos los equipos se encuentran vacíos y los líquidos han sido recuperados en los tanques de NH₃, carbamato, aguas amoniacales y sistema de drenaje.

5.4.3. PREPARATIVOS DEL MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

El equipo que se ha preparado para realizar trabajos de mantenimiento deberá ser acondicionado de acuerdo al tipo de trabajo a realizar. Normalmente, se requieren las siguientes operaciones, para realizar inspecciones dentro de los equipos:

- Vaciado, lavado con agua, aislando y purgando, instalación de bridas ciegas, revisión de su temperatura, ventilación y análisis de oxígeno y gases tóxicos.
- En caso de que el trabajo requiera soldar, se deberá hacer prueba de explosividad,

5.4.4 PURGADO DEL EQUIPO

El purgado del equipo se realiza utilizando vapor, el cual es introducido por el fondo y manteniendo los venteos superiores abiertos, para desalojar los vapores de amoníaco, Una vez realizado esto el equipo deberá ser enfriado y ventilado con aire.

Tanto las líneas como las bombas de amoníaco deberán de ser purgadas con nitrógeno.

En caso de que el mantenimiento sea únicamente para un equipo en particular de la planta, sólo será necesario aislar éste de acuerdo a las reglas de seguridad antes mencionadas y las que se dan a continuación.

- Bridas ciegas en las líneas de alimentación y de descarga.
- Válvulas de descarga y succión de las bombas perfectamente cerradas.
- Aisle todas las conexiones de los equipos a la chimenea.

Se deberá instalar provisionalmente un empaque entre la brida ciega y la brida de la tubería para asegurar un sellado perfecto.

Recuerde al instalar las bridas ciegas, utilizar el grueso adecuado de acuerdo a la presión con la cual vayan a entrar en contacto y colocarles una etiqueta para fácil identificación.

Realice un listado de todas las bridas ciegas que hayan sido instaladas, con su localización precisa, para evitar cualquier problema en el momento del arranque.

La lista de bridas ciegas deberá estar a disposición del jefe de la Planta, el cual la mantendrá al día.

5.5.1. PARO DE EMERGENCIA

5.5.1 - GENERAL

5.5.2 - FALLA DE CORRIENTE ELECTRICA

5.5.3 FALLA DE VAPOR

5.5.4 - FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

5.5.5 - FALLA DE AIRE DE INSTRUMENTOS

5.5.6 - DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BLOQUEOS.

5.5.1. GENERAL

Las situaciones de emergencia que se pueden presentar en la planta son muy variadas, tanto en su razón como en duración.

Generalmente las principales causas que provocan la necesidad de parar las plantas son de 3 tipos:

1. Razones de proceso, las cuales son provocadas por operación anormal como; incremento de presión y temperatura, taponamiento de las líneas debido a cristalización, etc., ó daños de la maquinaria e instrumentos.

2. Repentina falla de servicios.

3. Condiciones de peligro en exteemo para la planta y/o el personal, las cuales son producidas por incendios o rupturas de líneas con fugas incontrolables de productos tóxicos.

Baándose en las causas de emergencia antes dichas, se ha estudiado un sistema de bloqueo para protección del equipo y maquinaria, el cual provoca un paro automático y coloca a la planta en condiciones de seguridad. Cuando aparecen las condiciones de emergencia descritas en el punto 3, el parar las máquinas principales y cerrar las válvulas que aíslan el loop de síntesis y las bombas P-1 se acciona por medio de botones en el cuarto de control.

También se cuenta con un botón para emergencia general el cual corta el

suministro de corriente eléctrica a todos los motores (incluyendo la maquinaria de la cadena principal) y posteriormente cierra las válvulas de bloqueo del circuito de síntesis.

El evaluar qué tan seria es la emergencia para posteriormente tomar la decisión sobre si la planta se deberá parar mediante el botón general o pararla por medio de los botones individuales que se encuentran en el tablero de control será efectuado por los operadores basados en su experiencia. Deberán de saber como juzgar la situación con la mayor rapidez posible y tomar la decisión adecuada para realizar las maniobras que den un remedio rápido al problema.

El sistema de bloqueo reduce al mínimo las operaciones manuales para el personal en la sección del alta presión y la posibilidad de errores de operación en situaciones de peligro, para cualquier capacidad de la planta.

En caso de que el bloqueo ocurra debido a las razones descritas en el punto 1, las líneas y equipos deberán ser lavados, se deberán eliminar las causas de bloqueo y la planta deberá ser conducida a las condiciones descritas en el punto 22 para un paro normal, realizando las operaciones que se describen después de este punto.

En caso de tener falla de servicios se deberá de proceder de la siguiente manera.

5.5.2. FALLA DE ENERGIA ELECTRICA

En caso de tener una falla de energía eléctrica total, todas las bombas y el compresor se pararán. Los equipos provistos de un dispositivo de reacele^{ra}ción arrancarán de nuevo automáticamente en caso de no sobrepasar el punto crítico.

En este caso, re arranque la planta, individualmente cada máquina, que no ha ya re acelerado automáticamente.

Por el contrario, si la falla de corriente sobrepasó el punto crítico, únicamente los motores que se encuentren conectados al grupo de emergencia arrancarán automáticamente. En este caso no se contará con agua de enfriamiento, lo cual generará un aumento en la presión en las secciones de media baja y vacío con pérdida de vacío en la sección de evaporación.

La planta deberá de ser parada de acuerdo a las siguientes instrucciones. Envíe agua de lavado a los siguientes puntos:

- a. Entrada al evaporador del primer paso de vacío E-14
- b. Entrada y salida de los descompositores de media y baja presión.

- c. Línea de descarga de la P-3
- d. Platos de la columna C-1
- e. Líneas de succión y descarga de la bomba de carbamato de alta presión
- f. Líneas de CO₂ y NH₃ al reactor.

Después de estas operaciones proceda como se ha descrito para un paro normal.

5.5.3 FALLA DE VAPOR

En la planta, se utiliza vapor de 26 ATA para el stripper.

La falla de este servicio causa, también, falla en el descompositor de media presión el cual se alimenta con condensado de la carcasa del stripper y que posteriormente pasa a los condensadores de carbamato E-5/6.

Se deberá de parar la planta y la sección de aguas amoniacaes, ya que no se producirá más vapor de 4.5 ATA

Se deberán parar de inmediato las máquinas principales, ventear el compresor, recircular la bomba de NH₃ P-1 al tanque de amoniaco y parar la bomba de carbamato P-2. Se deberá recircular de la columna C-1 al tanque V-3 y diluir la solución enviando agua a la línea de descarga P-3. Lave y diluya todas las líneas de la sección de alta presión.

Lave los descompositores de media y baja presión, así como sus líneas de salida para evitar cristalización. Pare y diluya la sección de evaporación al vacío siguiendo el procedimiento descrito en la sección de paro normal.

La planta se encuentra ahora bajo condiciones de seguridad y lista para reanunciar de nuevo, siguiendo el procedimiento normal de arranque.

En caso de que la falla de vapor y el paro de la planta dure por varios días, será necesario diluir la solución contenida en los tanques y equipos, vaciándolos y efectuando la recuperación tan pronto se cuente de nuevo con vapor.

5.5.4 FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Los principales equipos que utilizan agua de enfriamiento son el compresor de CO₂ (en la chaquetas y enfriadores de entrapaso), todos los condensadores y enfriadores de la planta y los enfriadores de las bombas. La falla de este servicio causa un aumento en la presión en los sistemas de ba

ja y media debido a la mala condensación en los condensadores respectivos y a la pérdida de vacío en la sección de evaporación.

Proceda de la siguiente manera:

- Se deberá abrir, al menos, un venteo de los equipos que utilizan agua de enfriamiento, localizado en el punto más alto para evitar que se forme vacío en el circuito de agua de enfriamiento.

El sistema de bloqueo parará las máquinas principales, en caso de que se requiera, para evitar que se dañen.

Excepto las bombas P-10 A/B, todas las bombas deberán ser paradas y lavadas.

- Aísle, desde el tablero de control, la sección de media presión con respecto a la de alta, después de haber cerrado la válvula de vapor al stripper y la válvula de condensado al descompositor E-2.

- Cambie a operación manual y cierre las válvulas de vapor de alimentación a los descompositores de media y baja presión, a los dos evaporadores al vacío y al rehervidor de la columna C-2.

- Envíe agua de lavado a la línea de descarga de la P-3, a los platos de la columna C-1, a los condensadores de absorción de NH₃ E-11 y E-12, para reducir la presión.

- Lave la sección de evaporación, todas las líneas de alta presión, los descompositores de media y baja presión y sus respectivas líneas de salida.

- Revise la posición de las válvulas de control y fíjelas en una abertura tal que permita arrancar lo más rápido posible cuando se cuente de nuevo con agua de enfriamiento.

5.5.5. FALLA DE AIRE DE INSTRUMENTOS

En caso de una falla de aire de instrumentos, las válvulas de control se fijarán en una posición tal que garantizarán la seguridad de la planta, sin la intervención inmediata de los operadores, los cuales tendrán pleno conocimiento de qué posición adoptan las válvulas al venir las fallas.

Tan pronto como el aire de instrumentos comience a fallar, el operador pasará a control manual, con señal de cero, todos los instrumentos desde

el panel de control; así, cuando el aire regrese, las válvulas no se moverán. El circuito de síntesis queda bloqueado y automáticamente aislado del resto de la planta. Se procederá a realizar un paro siguiendo el mismo procedimiento que el utilizado para falla de corriente, accionando localmente los indicadores de los instrumentos, ya que en el tablero de control no se contará con señal remota.

5.5.6 DESCRIPCION Y OPERACION DEL SISTEMA DE BLOQUEO PARA LA UNIDAD

El sistema de bloqueo acciona el paro automático de la planta y las protecciones para la maquinaria y equipo del circuito de síntesis y coloca a la planta en condiciones de seguridad durante los paros de emergencia. Este sistema automático, basado en el principio de causa-efecto, funciona a través de instrumentos montados en la planta, los cuales detectan causas anormales de operación y lo transmiten al cuarto de control. Esta señal causa que uno o más circuitos eléctricos se abran causando el paro de motores y que se abran o se cierren ciertas válvulas neumáticas de acuerdo a un programa preestablecido.

1.- Sistema de secuencia de control para la planta de Urea, General

El sistema de secuencia de la planta de urea garantiza:

- La protección de la maquinaria y equipo de proceso.
- Condiciones seguras de la planta durante paros de emergencia

A continuación se da una descripción de los disparos del sistema de secuencia de la planta de urea.

Dicha descripción se encuentra en el diagrama 01-GD-A6022.

2. Operaciones de seguridad automáticas

2.1 Paro general para la planta de urea

Las causas del paro general de la planta de urea son:

- | | |
|---------------------------------------------|------------|
| a. Botón de paro de la planta | 01-HS-22 |
| b. Muy baja presión de aire de instrumentos | 01-1PS-207 |
| c. Falla de agua de enfriamiento | 01-1PS-209 |

La acción es: activar los disparos I-1, I-2, I-12 y paro de todos los motores eléctricos, excepto los conectados al grupo de emergencia diesel.

2.2 Paro general de emergencia para la planta de urea

La causa general para un paro de emergencia es:

- Boton de emergencia paro general 01-HS-21

La acción es:

- a. Igual que para el punto 2.1 pero incluyendo a los equipos eléctricos conectados con el grupo de emergencia diesel excluyendo el elevador, alumbrado de emergencia y el sistema estático no interrumpible de alimentación de corriente a los instrumentos.
- b. Para la bomba de aceite de lubricación de la turbina (01-TP-23B) y la de aceite de sellos (01-TP-24B), cerrando el 01-PRC-206 V1 y V2.

2.3 Disparo I-1 del compresor de CO2 01-K-1

Las causas para el disparo (I-1) del compresor de CO2 son las siguientes:

- Las causas indicadas en los puntos 2.1 y 2.2

- Baja presión de succión 01-1PS-104
- Baja presión de descarga 01-1PS-4
- Alta presión de descarga 01-hPS-2
- Abertura incompleta de la válvula de succión de CO2 01-SD-101 01-1ZS-12
- Alto nivel en el sepsrador de entrepaso 01-hLS-102
- Alto nivel en el tanque de balance de succión 01-hLS-104
- Alta temperatura de vapor a la entrada del 01-TK-101-hTs-103
- Alta presión de vapor a la salida del 01-TK-1 01-HPS-110
- Alta presión de vapor a la salida del 01-TK-1 01-HPS-106
- Baja presión de vapor a la salida del 01-TK-1 01-1PS-108
- Disparo interno del compresor de CO2 y turbina (por ejemplo. disparo de la máquina)
- Paro del generador de vapor
- Disparo manual desde el panel 01-HS-1

Se tomarán las medidas en caso de tener un disparo

- Cierre la válvula de disparo de la turbina 01-TK-1
- Cierre la válvula de la línea de succión de la 01-TK-1 01-SD-101V
- Abra la válvula de antisurge 01-HIC-102V
- Cierre la válvula de CO2 al reactor 01-SD-1V
- Abre la válvula de venteo de descarga del 01-K-1 01-PRC-1V
- Envíe una señal a las estaciones reductoras de vapor para anticipar las acciones de los controles (01-PRC-206V A/B,

01.TIC-204V, 01-TRC-206V A/B)

Notas:

a. El restablecer el disparo I-1 no causará que se abra la válvula de CO2 al reactor, debido a que existe un botón de restablecimiento individual montado en el panel.

Para abrir la válvula se utiliza el 01-HIC-9 en el tablero.

b. La válvula 01-SD-101V, será restablecida independientemente por medio del botón 01-HS-101 en el cuarto de control.

c. El interruptor de baja presión 01-IPS-4, será derivado (by pass) para el arranque del compresor.

2.4 DISPARO INDIVIDUAL T-3/4/5, de alta presión de las bombas de amoníaco 01-P 1 A/B/C

Las causas para el disparo individual I-3/4/5 son:

- Baja presión de aceite de lubricación 01-IPS-182 A/B/C
- Bomba de aceite de sello (01-P-27 A/B/C) parada
- Alta presión de descarga 01-hPS-10/12/14
- Disparo del circuito de síntesis (I-2)
- Disparo manual del panel de control

Cuando este tipo de disparo ocurre, el motor de la bomba se para.

2.5 Disparo 1-2 del circuito de síntesis de alta presión

Este disparo tiene dos sistemas diferentes:

Disparo A

- Alta presión en el reactor 01-hPS-6
- Baja presión de descarga en el cabezal.
de las bombas de amoníaco (punteado para el arranque) 01-IPS-7
- Alta temperatura del vapor al stripper 01-hTS-3
junto con la válvula de bloqueo de vapor al stripper
cerrada (01=PRG-20V)
- Disparo simultáneo de todas las bombas de amoníaco
(1-3/4/5)
- Paro simultáneo de las bombas incrementadora de amoníaco 01-P-5 A/B

- Botón de emergencia para interceptar la línea de amoniaco a la succión de las bombas P-1. Este botón causa el disparo I-2 y el cierre de la válvula de succión de las 01-P-1 A/B/C (01-SD-3V)

- Disparo manual en el panel de control

- Causas generales indicadas en el punto 2.1 y 2.2

Las causas principales del disparo A son:

- Paro de las bombas de amoniaco (I-3/4/5/)

- Cierre de la válvula de carbomato en la línea de recirculación al eyector 01-SD-2V

Esta válvula también puede ser operada mediante un botón en el cuarto de control.

- Cierre de la válvula de salida de solución del stripper 01-~~LR~~RC-6V

- Reducción al mínimo gasto de la bomba de carbomato de alta presión (la bomba será parada por el operador el cual, además, ejecutará los lavados requeridos)

- Paro del flujo de CO2 al reactor 01-SD-IV

- Venteo programado de la descarga de CO2 del compresor 01-PRC-1

- Bloqueo del gobernador de la turbina 01-TK-2

(se restablece manualmente, independiente del disparo I-2)

DISPARO B

Es causado por alta temperatura del vapor al stripper y cierra directamente la válvula de vapor al E-1, 01-PRC-20V. Simultáneamente, esta señal causará un disparo del tipo A.

La válvula del vapor al stripper se restablece manualmente y es independiente del restablecedor del disparo I-2.

2.6 Disparo I- 6/7 de las bombas de carbomato de alta presión 01-P2 A/B.

Las causas para un disparo de las bombas de carbomato de alta presión son:

- Alta presión de descarga 01-pHS-16/18

- Disparo manual desde el panel de control

- Baja presión de aceite de lubricación 01-1PS-192

- Bomba de aceite de sellos parada (P-30).

-Paro del motor de la bomba 01-P-2 A/B

2.7 Disparo I-11, separador de condensado del stripper 01-MV-4

La causa para un disparo del separador de condensado del stripper es debido a bajo nivel en el 01-MV-4 (01-1LS-7)

La acción es:

Cierre de la válvula de salida de condensado del 01-MV-4, 01-LRC-5V.

- Cierre de la válvula de salida de condensado del descompositor de media presión, 01-TRC-4V

Nota:

El resto de esta unidad es automático, una vez restablecido el nivel.

2.8 Disparo I-12, tanque receptor de amoníaco 01-V-1

Las causas para un disparo en el tanque receptor de amoníaco son:

- Alto nivel 01-HLS-10

- Las causas generales indicadas en los puntos 2.1 y 2.2

La consecuencia es:

- Cierre de la válvula de entrada de amoníaco al receptor, 01-LRC-11V

- Paro de los motores de las bombas 01-P-6 A/B

2.9 Falla de corriente eléctrica

En caso de una falla de corriente eléctrica se pararán todos los motores, excepto los conectados al grupo de emergencia diesel.

Simultáneamente, el disparo I-2 actuará en el circuito de síntesis.

3. Varios (no incluidos en el dibujo 01-GD-A-06022)

3.1 Disparo I-13, tanque de recuperación y urea para aperdigonar 01-V-4

Las causas para este disparo son:

- Interruptor local manual 01-HS-50

- Interruptor manual desde el tablero de control 01-HS-51

Las acciones son:

- Operación de la válvula de tres vías enviando la solución de urea fundida al tanque 01-V-4, (01-SD-5VA)

- Operación de la válvula de tres vías enviando vapor a la canastilla de aperdigonado. (01-SD-5VB)

- Abre la válvula 01-SD-5VC, hacia el tanque de solución de urea 01-V-4

Nota:

Al restablecer los interruptores manuales a su posición original, restablecer la posición original de las válvulas 01-SD-5VA/B y restablecer la posición original de la válvula 01-SD-5V C, después de un período, el cual se puede fijar entre 1 y 10 minutos.

3.2 01-1LS-19, nivel de solución de urea en el tanque de recuperación
01-V-7

Esto causa el paro de las bombas 01-P-9 A/B

3.3.01-1LS-23, nivel en el tanque colector de drenados 01-V-6

Esto causa:

- Paro de las bombas P-12 en caso de bajo nivel
- Arranque de la primera bomba en caso de alto nivel
- Arranque de la segunda bomba en caso de muy alto nivel

3.4 01-1PS-159-01K-1/TK-1, baja presión de aceite clarificado

Esto causa:

- Paro de las bombas del clarificador 01-P-35 A/B

3.5 Baja presión de descarga de aceite de lubricación del 01-K-1
(01-1PS-153)

Esto causa:

- Arranque de la bomba relevo (01-P-23 B 6A)

3.6 01-1LS-152, bajo nivel del tanque de aceite de sello

Esto causa:

- Arranque de la bomba relevo (01-P-24 B 6 A)

4. Arranque

Una vez eliminadas todas las causas de paro, el procedimiento de arranque es el siguiente:

4.1 Utilizando la llave en el panel del cuarto de control desconecte el
01-1PS-4 y el 01-1PS-7

4.2 Ajuste la señal de las válvulas desde el tablero:

01-SD-1	CO2 al reactor, cerrada (01-HIC-9)
01-LRC-6V	Salida del stripper, cerrada.
01-PRC-20V	Vapor al stripper, cerrada
01-PRC-1V	Ventoeo del compresor, abierta.

4.3 Oprima el botón de restablecimiento general de los dispositivos de paro, para regresar a su posición normal, este botón energizará las válvulas solenoides, alimentando aire a las válvulas de control.

La válvula 01-SD-2V, se operará independientemente mediante el botón montado en el pánel de control.

4.4. Realice el arranque según fué descrito en la sección de arranque. Una vez que las condiciones de operación se han normalizado ponga en servicio de nuevo los dispositivos de paro 01-IPS-4 y el 01-IPS-7.

4.5 La operación correcta de abrir y cerrar de las válvulas será comprobado en el panel mediante luces señaladoras (luces piloto).

5.6. SEGURIDAD

5.6.1 - REGLAS GENERALES

5.6.2 - CLASIFICACION DE FUEGOS Y MEDIOS DE EXTINCION

5.6.3 - PRODUCTOS TOXICOS

5.6.4 - PREPARATIVOS PARA TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

5.6.5 - APERTURA DE EQUIPO

5.6.6 - ENTRADA A SITIOS CONFINADOS.

5.6.1. REGLAS GENERALES

Todo el personal deberá ser entrenado y operará de acuerdo a los estándares de seguridad de la planta.

Para la protección del personal y equipo, el jefe de la planta verá que se cumplan estas reglas de seguridad.

Se realizarán simulacros en lugares apropiados como medio de entrenamiento,

5.6.2. CLASIFICACION DE FUEGOS Y MEDIOS DE EXTINCION

Los fuegos son clasificados en tres grupos principales:

Grupo A

Fuegos producidos por productos combustibles comunes, tales como madera papel, fibras textiles, hules, etc. Para apagar este tipo de fuegos se utilizan sustancias líquidas o líquidos enfriantes tales como el agua o soluciones que produzcan espuma,

Grupo B

Fuegos producidos por líquidos inflamables tales como gasolina, aceites; solventes, grasas, keroseno, barnices, etc. Los fuegos de este tipo se apagan utilizando soluciones de dióxido de carbono, polvo seco mediante espuma química o mecánica, sábanas no inflamables etc.

Por lo tanto, se recomienda contar con extinguidores de CO₂, polvo o espuma y con mangueras de vapor.

Se deberá tomar en cuenta en las acciones para apagar el fuego, el increíble calor generado, por lo cual se recomienda tomar la acción de enfriar el área que se encuentra incendiándose.

Grupo C

Fuegos producidos por equipo eléctrico, tales como transformadores, motores, generadores, cables, interruptor, etc.

Se deberán utilizar materiales no conductores para extinguir dichos fuegos.

Se recomienda contar con extinguidores de CO₂, polvo seco o tetracloruro de carbono, los cuales pueden usarse inmediatamente en cualquier equipo eléctrico sin la necesidad de bajar el interruptor, teniendo cuidado de utilizar el extinguidor manteniéndose a una distancia conveniente del equipo que se encuentre incendiándose, sin tener contacto directo con el equipo ya sea el cuerpo o el extinguidor.

Una vez que se tiene la certeza de que todos los sistemas eléctricos han sido puestos fuera de servicio, se podrán utilizar otro tipo de medios para combatir el fuego, tales como agua, espuma, etc.

Dispositivo de seguridad

Se deberá contar con un buen estudio de la localización de los extinguidores, generadores de espuma, etc., para que su uso sea más eficiente. Estos lugares deberán ser conocidos por todo el personal de la planta.

5.6.3. PRODUCTOS TOXICOS

Solución amoniacal

Las soluciones amoniacaes causan irritación.

Altas concentraciones causan serios efectos en los ojos y membranas mucosas. Los efectos en la piel varían de acuerdo a la concentración y a la duración del contacto, desde una ligera dermatitis hasta quemaduras muy graves.

Su ingestión provoca serios daños a las membranas mucosas y provoca los siguientes síntomas: náuseas, vómito, dolores abdominales, sensación de frío, pulso acelerado, convulsión y colapso.

Se han tenido decesos producidas por la ingestión de una mínima cantidad de solución amoniacal.

El contacto con los ojos de soluciones concentradas, aún por un corto periodo, pueden causar serios daños y con un contacto prolongado, daños irreversibles a la córnea.

Amoniaco gaseoso

Las soluciones amoniacaes pueden generar grandes cantidades de amoniaco gaseoso. Los efectos fisiológicos se muestran a continuación.

Una exposición diaria de ocho horas diarias, en un ambiente conteniendo más de 100 ppm de NH_3 en el aire, igual a 76 mg/m³, causa intoxicación crónica. Los síntomas que aparecen, de acuerdo al grado de exposición con amoniaco gaseosos son: irritación de los ojos, irritación de la piel, conjuntivitis, irritación y resequedad de la cavidad oral y lengua, tos, espasmo de la glotis, edema pulmonar, asfixia y muerte.

El mayor peligro que siempre se deberá tener en mente es la posibilidad que en los casos más serios resulte edema pulmonar, especialmente cuando no se atiende adecuadamente a la persona, lo cual puede al final, causar la muerte.

Concentración P.P.M.	Efectos Fisiológicos	Tiempo de exposición
50	Altamente perceptible	Tolerable en exposiciones diarias de 3 horas
100	Sin efectos serios	
400 700	Irritación de la faringe Conjuntivitis	Si el efecto de absorción es menor de una hora, no se presentan efectos serios
1700	Tos convulsiva	Después de 1/2 hora puede presentarse caso de muerte
5000-1000	Espasmo respiratorio Asfixia	Muerte segura después de algunos minutos de exposición.

Equipo de Protección personal

No hay equipo de seguridad que substituye a unas buenas condiciones de seguridad en el trabajo, tales como: buena ventilación, personal adecuadamente entrenando y una buena y adecuada supervisión.

Se deberá supervisar que todo el personal utilice el equipo de seguridad. El personal deberá ser entrenado en el uso correcto del equipo y la manera de utilizarlo.

Medidas de emergencia

En lugares contaminados con amoníaco gaseoso, mientras se busca un lugar de escape, se deberá contener la respiración, no siendo muy profunda la inspiración, ya que se deberá recordar que éste gas es más ligero

que el aire y tiende a subir
Cierre los ojos al mínimo, abriéndolos por períodos cortos, para minimizar la irritación.

Se pueden reducir los efectos peligrosos por inhalación, manteniendo un trapo humedo en la boca y nariz,

Inhalación.

Lleve inmediatamente a la persona afectada a una área no contaminada y llame al doctor.

Para prevenir el desarrollo de un edema pulmonar, es necesario que el paciente respire oxígeno puro. Se obtienen mejores resultados si esta respiración se efectúa con una presión de una columna de 6 cm.

La condición anterior se puede realizar fácilmente conectando la válvula de des carga de la máscara a una olla sumergida 6 cm., bajo el nivel de la superficie. La presión de descarga se puede ajustar de acuerdo al grado de resistencia del paciente, variando la profundidad del tubo en el agua.

Se continuará con la inhalación hasta que el paciente se encuentre en condiciones normales. Cuando el caso es muy serio la inhalación se prolongará por períodos de 30 min. con repetición a intervalos de media hora hasta que normalice la respiración. Durante este período, el paciente se deberá mantener quieto y caliente. Por lo general necesita de otro tipo de tratamiento, el cual deberá ser recetado por un doctor.

Contacto con la piel

La piel afectada deberá ser perfectamente lavada con agua y posteriormente tratada con una solución de ácido bórico al 2%, dando una buena enjuagada.

Además, no se deberá utilizar ningún tipo de unguento, cremas ó sustancias aceitosas al menos durante las primeras 24 horas,. Durante este tiempo proteja las partes afectadas con vendajes humedecidos con una solución de tio-sulfato sódico

5.6.4. PREPARACION PARA TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Es obligación del trabajador el observar de cerca el trabajo realizado por el personal de mantenimiento, cuando realizan trabajos en el área.

Todos los permisos para trabajar en el área deberán ser firmados por el jefe de turno o autoridad superior de producción. Antes de autorizar un trabajo se deberá tener la seguridad de que:

No existe presión en las líneas y equipo

Se han colocado bridas ciegas en las conexiones de vapor, líneas de gas o se han aislado mediante doble válvula y drenes abiertos.

Se han removido las conexiones a bombas y cambiadores de calor teniendo se la seguridad de que ya no existen vapores tóxicos.

Se han realizado pruebas de explosividad, estando seguro del resultado negativo de ellas, demostrando la ausencia de gases inflamables.

Todas las bombas deberán ser aisladas y se deberá cortar la corriente a los motores.

Todos los trabajos para soldar deberán ser aprobados por el Jefe de turno o autoridad superior.

Para este tipo de trabajos los jefes de turnos y autoridades superiores deberán de tener especial cuidado en que:

- El equipo y el área en la cual se va a realizar el trabajo se encuentren perfectamente lavados y absolutamente libres de gases tóxicos o explosivos.

- Los pozos y cañerías se encuentren tapadas.

- Se cuente con una manguera de vapor para uso inmediato.

- El equipo se encuentre desconectado y aislado de cualquier otro equipo mediante bridas ciegas.

- Los venteos y registros para hombres se encuentren abiertos.

5.6.5. DESTAPADO DE EQUIPO

Antes de abrir cualquier parte de equipo, es necesario tomar las medidas apropiadas de seguridad para salvaguardar el bienestar del personal que realizará algún trabajo, por lo tanto se deberá tener la certeza de que:

- Todo el líquido contenido en el equipo ha sido evacuado.

- Todas las conexiones han sido desconectadas o en su defecto se han colocado bridas ciegas.

- El equipo ha sido perfectamente purgado con vapor o nitrógeno, y se tiene la certeza de que la prueba de explosividad es 100% negativa.

Una vez que todas estas operaciones han sido realizadas se podrá proceder a abrir el equipo.

5:6.6. ENTRADA A EQUIPOS

Antes de permitir la entrada de cualquier persona a un sitio con finado, además de realizar todas las operaciones antes indicadas, es necesario que:

Al abrir el registro de hombre del equipo, en caso de tener más, abrirlos todos para crear suficiente ventilación.

Se introduzcan mangueras de aire, en caso de no poder causar un tiro natural.

Se efectúe un análisis de oxígeno, el cual no deberá tener un porcentaje menor de 19%.

Una vez que se tiene la certeza de haber realizado las operaciones anteriores, las personas que van a entrar se deberán atar con arnaces y vigilar por dos personas al menos.

En caso de que el porcentaje de oxígeno no esté dentro de los límites de seguridad, deberán contar con mascarilla de aire al igual que la asistencia desde afuera.

5.7 TRATAMIENTO AGUAS AMONIACALES

5.7.1 - INFORMACION PRELIMINAR

5.7.2. - DESCRIPCION GENERAL

5.7.3 -- PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE

5.7.4 - PARO NORMAL

5.7.5 - PARO DE EMERGENCIA

5.7.6 - ANALISIS DE LABORATORIO

5.7.1 INFORMACION PRELIMINAR

El tratamiento de agua tiene el doble propósito de resolver el problema de contaminación de descargas líquidas de la planta y, simultáneamente, recuperar reactivos que recirculándolos al proceso, mejoran la eficiencia de éste.

Esta sección puede trabajar en forma independiente de la planta, provisto de un tanque de acumulación de gran volumen alimentado con el agua de las guardas hidráulicas, de la concentración al vacío y del tanque colector de drenajes.

5.7.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FLUJO Y LOS CONTROLES

Las aguas amoniacales que salen de los condensadores de vacío y de las guardas hidráulicas se recolectan en el tanque de almacenamiento V-5 donde, eventualmente también se recogen drenes de los tanques de drenajes cercanos.

Estos drenes de líquidos están constituidos por aguas de lavado de aparatos y líneas descargadas durante la fase de paro. Las aguas se alimentan del V-5 a la columna C-2, por medio de la bomba P-4 A/B, pasando a través del intercambiador E-18 donde se calientan alrededor de 180°C. intercambiando calor con aguas limpias del recalentador E-16

Se inyecta aire, controlando con el PRC-14, al fondo de la columna C-2 con la finalidad de ayudar a la desorción del amoníaco de la solución.

La presión se controla con el PRC-30, localizado en la salida de gases de la C-2, en tanto que la temperatura de proceso se controla variando la presión (y, como consecuencia, la temperatura) del vapor de calentamiento al E-16 a través de la FIC-13

Los vapores de la cabeza de la columna C-2 se condensan en el E-20 y el líquido así producido, a la temperatura de alrededor de 40°C, es descargado en el acumulador V-8

El agua amoniacal que baja hacia el fondo de la columna, encuentra vapores cada vez más ricos en NH₃, motivando un efecto de desorción de amoníaco de la solución.

La columna C-2 se mantiene bajo una presión de 3 ATA y 133°C. de temperatura en el fondo y 107°C. en la cabeza.

El calor necesario para destilación se suministra en el recalentador E-16 con vapor de baja presión. Los vapores del recalentador regresan a la columna abajo del primer plato.

La solución recogida en el acumulador de reflujo V-8, extraída por la bomba P-15 A/B, se recircula parcialmente a la cabeza de la columna C-2 controlándose el flujo por medio de la FIC-12.

El remanente de la solución es enviado al condensador de la baja presión E-8 controlándose el nivel con la LIC-20.

El agua limpia del fondo del E-16 intercambia calor con el agua amoniacal a ser tratada en el C-2 y de ahí se bombea con la P-14 al E-17, donde se enfría más para ir a la L.B.

Este flujo controla, con la LIC-12, el nivel del recalentador.

5.7.3 PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE

Establezca un nivel en el fondo de la C-2 mediante bombeo con la P-4 a través de los tubos del E-18 A/B

En esta forma, el agua a tratarse entra también a la envolvente del recalentador E-16

Cuando se tenga nivel en E-16, fije la LIC-21 y la PRC-30 al valor de operación y empiece a calentar enviando vapor a E-16.

Envíe agua a los enfriadores E-20/E-17 A/B.

Accione FRC-14 (aire de pasivación al fondo de la C-2) y FIC-12 (reflujo a la cabeza de la C-2). Arranque la bomba P-14.

Estabilice las condiciones de trabajo de la sección a los valores de operación, ajustando la cantidad de agua a tratar.

Cuando se alcance en el V-8 un nivel de alrededor del 40%, arranque la bomba P-15 y ajuste las relaciones de reflujo para obtener en el fondo de la columna una descarga de agua tratada con las características anticipadas en el proyecto.

Accione todos los demás instrumentos a los valores de operación.

5.7.4 PARO NORMAL

El paro normal de la sección se efectúa de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Reduzca la alimentación a la sección al 50%, manteniendo el nivel establecido en el V-5
2. Reduzca lentamente la temperatura del recalentador E-16
3. Cuando empiece a bajar el nivel del V-8, ya que no habrá más destilado de la cabeza de la C-2, restablezca el nivel usando condensados, si se requiere, o parando las bombas P-15
4. Continúe reduciendo el vapor al E-16 hasta alcanzar una temperatura de alrededor de 70°C en el fondo de la C-2.
5. Bloquee el aire de pasivación
6. Baje todos los niveles al mínimo y pare la bomba P-4 y P-14
7. Drene el agua de todas las líneas y equipo abriendo drenes y venteos

5.7.5 PARO DE EMERGENCIA

5.7.5.1 Falla de energía eléctrica.

En este caso se pararán todas las bombas y el compresor de aire de pasivación.

1. Bloquee inmediatamente el vapor al recalentador E-16 al fondo de la columna C-2.

2. Mantenga bajo control la presión de los equipos.

Si no dura mucho la falla de energía eléctrica, diluya el acumulador V-8, y las líneas de succión y descarga de las bombas P-15.

En caso de un paro largo, diluya la solución de los equipos mencionados y transfiera la solución tan pronto como sea posible, recuperándola en el V-3.

Envíe agua a la línea de reflujo de la columna para lavar los platos.

5.7.5.2 Falla de vapor

En este caso pare inmediatamente el suministro de la P-4 a la columna. Pare las bombas P-14 y P-15.

Reduzca el flujo de aire de pasivación para mantener las presiones.

Lave el acumulador V-8, el condensador E-20 y las líneas de succión y descarga de las bombas de reflujo

Pare la planta siguiendo el procedimiento normal si va a ser largo el paro (falta de vapor)

5.7.5.3 Falla de agua de enfriamiento

La falla de este servicio utilizado en los condensadores E-20 y E-17 provocará aumentos de presión y temperatura en la cabeza de la columna C-2.

En este caso, reduzca el vapor al recalentador E-16 para limitar los valores de presión y temperatura en la cabeza de la columna y proceda a parar siguiendo el procedimiento normal.

5.7.5.4 Falla de aire de instrumentos

En caso de falla de aire de instrumentos, las válvulas de control toman posiciones tales que establecen la seguridad de la unidad, sin la intervención inmediata de los operadores, sin embargo, deben cerciorarse completamente de esas posiciones.

Si se estima que durará poco tiempo la emergencia, uno puede tratar de mantener la sección operando en control manual a través de las derivaciones de las válvulas de control.

Por el contrario, si se estimara que la emergencia durará mucho tiempo, debe empezarse el procedimiento de paro normal.

Los procedimientos descritos en los capítulos anteriores tienen una evaluación lógica encaminada hacia el arranque de nuevas plantas industriales. Después de mucho tiempo de estudio y experiencias vividas en arranques anteriores: se llegó a la conclusión de que uno de los puntos claves es la creación del grupo de arranque, encargado de estudiar cómo se va a llevar a cabo el arranque, y los cambios que llegarán a presentarse en el arranque de la nueva planta.

Este grupo asegura el enfoque de experiencias y capacidad intelectual para mejorar los estándares técnicos y para disminuir los problemas en las distintas fases del arranque.

Arrancar una planta industrial exitosamente con un mínimo de embotellamientos no es una tarea fácil que cualquier persona pueda realizar, por el contrario, es un reto que hay que superar al poner en operación rutinaria cualquier planta industrial.

Los problemas presentados deben ser atacados inmediatamente, y se debe activar su solución a la mayor brevedad posible.

El objetivo principal de un grupo de arranque es disminuir al mínimo el tiempo y el costo del arranque de la planta.

Recomendaciones.

Para plantas nuevas se recomienda lo siguiente:

Aspectos de diseño.-

- 1.- Revisar las especificaciones de las firmas de ingeniería que estén involucradas en el proyecto y estandarizarlas.
- 2.- Debe darse especial atención a las equivalencias de los materiales con diferentes códigos; ya que aún firmas de reconocido prestigio, pueden equivocarse al especificar un material con norma europea con su equivalente americano.

Almacenes, transporte y maniobras.

- 1.- Es importante contar con los almacenes definitivos desde el inicio de la construcción. Los daños ocurridos a materiales, equipo e instrumentos por un almacenamiento inadecuado, son cuantiosos y en ocasiones, irreparables.
- 2.- Evitar que los equipos sean golpeados durante su transporte al sitio donde deberán ser instalados.
- 3.- Insistir que en el almacén, se dé un trato especial al equipo electrónico almacenado, exigiéndose que se ponga bajo cubierta.
- 4.- Debe efectuarse una inspección detallada en la recepción de equipos (sobre todo de los equipos paquete) que entran al almacén.

Drenajes. ❖

- 1.- Verificar que los drenajes no estén bloqueados o tapados

Tubería subterránea.

- 1.- Efectuar la prueba hidrostática de la tubería subterránea antes de rellenar la zanja. Ya que se presentan fugas en edificios construidos sobre estas tuberías.

2.- La limpieza de la tubería subterránea, es de gran importancia, - ya que es difícil efectuarla posteriormente.

Cimentaciones.-

1.- Verificar, con extrema supervisión técnica competente, la compactación de las diferentes cimentaciones, en especial aquellas que van a soportar grandes cargas o bien aquellas que van a estar sujetas a vibración.

Tubería aérea.

1.- Utilizar exclusivamente tubería con la cédula que especifica el diseño,

2.- Evitar que en la interconexión de áreas las tuberías estén defasadas hasta varias pulgadas lo que ocasiona esfuerzos innecesarios.

3.- Es de mucha importancia verificar que el fabricante de tubería ahulada máximize su control de calidad, y también la inspección de la misma, ya que se han encontrado numerosas fallas no solo en tuberías sino también en tanques y agitadores de equipos ahulados.

4.- Utilizar los electrodos adecuados que marcan las normas de soldadura y efectuarlas con el método de soldadura adecuado.

Válvulas.

1.- Inspeccionar a fondo las válvulas de control ya que se han encontrado porosidad en el cuerpo y pistones y fractura de pistones.

2.- Las válvulas de presión y vacío de los tanques se regresarán al fabricante por defectos tales como falta de peso en placas de asiento y fugas por el cuerpo.

Equipo.

1.- Exigir análisis metalográfico en cambiadores de calor para evitar defectos de fabricación en uniones.

Evitar daños a equipos durante el transporte.

2.- En una planta de tratamiento, debe realizarse la prueba hidrostática a los clarificadores para verificar la compactación, y detectar las fugas de las paredes y piso, con el fin de evitar retrasos cuando comience el prearranque de la unidad de tratamiento.

3.- Los equipos recubiertos interiormente con hule se conservarán llenos de agua.

4.- Evitar acoplar las tuberías de succión y descarga de bombas y compresores sin el soporte adecuado, ya que causa esfuerzos al equipo llegando a fracturarse.

Control radiográfico.

1.- Evitar la duplicidad de radiografías.

Tanques de almacenamiento.-

1.- Para evitar problemas, es importante que los especialistas en corrosión proporcionen los recubrimientos adecuados para los diferentes productos almacenados.

2.- Es conveniente probar los tanques hidrostáticamente (antes de recubrirlos interiormente, para evitar que la pintura cubra las posibles fallas.

3.- Es conveniente instalar protección de concreto contra incendio en las esferas de almacenamiento. Varios tanques de almacenamiento dentro del límite de batería no tenían muros de contención o estaban muy próximos a otros equipos. Es necesario respetar las distancias de norma también dentro del límite de batería.

Calentadores

1.- Debe llevarse a cabo una limpieza adecuada en la aplicación del refractario para evitar ponerlo sobre material oxidado.

Calderas.-

1.- Evitar que las cimentaciones de los tiros no correspondan con la posición de las láminas de los ductos de aire subterráneos.

2.- Deben almacenarse las calderas, de preferencia con líquidos anti oxidantes y gases inertes para evitar la oxidación interior de los tubos.

3.- Antes de la prueba hidrostática, debe revisarse la continuidad de los tubos, para que no haya taponamientos entre domo y domo.

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

U.N.A.M. FACULTAD DE QUIMICA

"Memorias del curso de diseño e instalación de plantas Industriales"
Impartido en la Facultad de Química, del 8 al 12 de agosto de 1977.
Por Bufete Industrial.

The A to Z of plant start up.

By Manfred Gans.

Chemical Engineering, March 15, 1976.

Proper start up protects cooling - tower systems.

By Paul R. Puchorius, P.R. Pichorius and Associates.

Chemical Engineering.

Is your control system ready to start up?

Frederick A. Meier, Bechtel Canada Ltd.

Chemical Engineering, Febrero 22, 1982.

Estimating personel for a new plant.

Richard B. Stein.

Chemical Engineering, September 24, 1979.

Cost of starting up the chemical process plant.

By H. Carl Bauman, American Cyanamid.

The Chemical Plant (Capítulo 12 Plant Start-up)

Planning and organizing for lesstroublesome plant startups

Bernard D. Fulks, Union Carbide Corp.

Chemical Engineering, September 6, 1982.

Test and performance

Large Apparatus - Induction motors

September 1969 part 20

II Seminario de la Ingeniería eléctrica

Ing. Francisco Azpiri Gerente de Ingeniería

Tableros e interruptores.

Industria Eléctrica de México S.A.

The problems of plant start up

Martin L. Nadler

Chemical engineering progress, August 1959.

CORRIENTE No. 17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		
COMPONENTE	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%		
AMONIACO	874.73	51.42	0.92	0.12	461.33	22.19	368.98	69.04	101.36	1.80	74.54	46.95	28.95	1.91	26.95	1.77	27.04	6.85	0.86	0.02	0.81	1.90										
DIOXIDO DE CARBONO	501.90	27.51	0.98	6.81	124.30	5.02	74.35	13.91	3093	1.99	19.84	13.03	0.78	11.09	0.73	10.98	4.88	0.11	0.01	0.11	0.18											
UREA					997.00	47.93			995.83	63.87			994.92	70.73	1046.07	68.74	0.05	0.01	1043.56	93.72	0.05	0.08	1041.03	98.30								
AGUA	343.35	18.82			213.45	24.89	66.72	16.23	426.73	27.37	55.58	37.16	370.15	26.31	433.35	89.48	370.10	90.87	63.85	5.88	60.09	58.74	3.16	0.30	252.73	2.00	293.69	2.00	2.20	0.20		
INERTES	4.60	0.25			1.08	0.05	4.37	0.62	1.51	0.08	1.31	0.86																				
BIURET					2.00	0.10			3.00	0.19																						
TOTAL	1874.59	100.00	14.43	100.00	2279.18	100.00	534.42	100.00	1559.16	100.00	152.27	100.00	1406.89	100.00	1521.66	100.00	498.17	100.00	1113.49	100.00	60.86	100.00	1058.63	100.00	12616.73	100.00	12637.69	100.00	1051.77	100.00	1091.62	100.00

CORRIENTE No. 33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		
COMPONENTE	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%		
AMONIACO					470.56	60.00	540.48	90.72	311.50	99.89	28.68	87.57	28.68	87.57	0.02	0.38			88.66	74.52			101.58	43.80								
DIOXIDO DE CARBONO					103.26	13.42																	50.93	13.21								
UREA	989.90	98.99			51.15	44.37																										
AGUA	8.10	0.21	83.10	100.00	63.20	55.07	204.05	26.02																								
INERTES					4.37	0.36			4.41	1.28	0.34	0.11	4.07	12.43	4.07	12.43	1.16	22.10	9.83	100.00	6.47	22.08	99.73	42.70	0.05	3.68	17.85	100.00	117.33	45.86	558.19	93.49
BIURET	0.00	0.00			0.42	0.38																										
TOTAL	1000.00	100.00	83.10	100.00	1147.77	100.00	784.28	100.00	544.89	100.00	518.14	100.00	32.75	100.00	32.75	100.00	5.25	100.00	9.63	100.00	38.23	100.00	233.55	100.00	1.35	100.00	17.65	100.00	249.84	100.00	897.03	100.00

CORRIENTE No. 49		50		51		52		53		54		55		56		
COMPONENTE	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
AMONIACO	0.61	0.12			14.62	35.98	54.82	33.03			7.78	32.72	27.04	33.22		
DIOXIDO DE CARBONO					14.51	15.74	14.51	13.76			3.42	14.18	11.09	13.64		
UREA	0.10	0.02														
AGUA	515.04	99.86			28.10	53.13	56.10	53.21			12.95	53.62	43.15	53.03	128.00	100.00
INERTES					0.16	0.15			0.16	100.00						
BIURET																
TOTAL	515.75	100.00	0.16	100.00	25.19	100.00	71.43	100.00	0.16	100.00	14.15	100.00	81.23	100.00	128.00	100.00

Fertilizantes Mexicanos, S.A.
 Unidad Peñoles Zona 18mo

BALANCE DE MATERIALES BASE 1000 Kg. DE PRODUCTO
PLANTA DE UREA I DE 1500 TM / D.

DEPTO. DE CONTROL DE INGENIERIA 6/ABRIL/1993
 Escrito: S.I.R. Asistido: S.I.N.
 Revisado: ING FELIPE HERNANDEZ HUIZ Elaborado: ING JUAN AVILES L.