



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"PRACTICA DE OPERACION DE LOS MODULOS DE
COMPRESION DE GAS, INSTALADOS EN
PLATAFORMAS MARINAS"



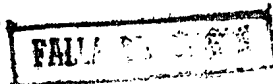
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

INFORME DE LA PRACTICA PROFESIONAL

Que para obtener el título de
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a

LUIS ALBERTO ARANDA CARBAJAL

México, D. F.



1990



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

"PRACTICA DE OPERACION DE LOS MODULOS DE COMPRESION
DE GAS, INSTALADOS EN PLATAFORMAS MARINAS"

INDICE

CAPITULO	Pág.
I	
INTRODUCCION	1
II	
COMPRESORES	
II.1 TIPOS DE COMPRESORES	3
II.2 CARACTERISTICAS DE LOS DIFERENTES COMPRESORES	5
II.3 CARACTERISTICAS DE LOS COMPRESORES EMPLEADOS EN PLATAFORMAS - MARINAS	18
III	
DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO	43
III.1 FILOSOFIA DE OPERACION	66
III.2 CONTROL DE COMPRESORES CENTRIFUGOS	81
III.3 CONTROL DE COMPRESORES MTGB 742/733	87
III.4 CRITERIOS DE DISEÑO	
III.4.0 CONCEPTOS DE LOS SISTEMAS DE COMPRESION	94
III.4.1 FLUIDO A MANEJAR	97
III.4.2 LIMITACIONES DEL EQUIPO DE COMPRESION	102
IV	
SISTEMAS E INSTRUMENTACION DE LOS MODULOS DE - COMPRESION (EQUIPO INSTALADO).	
IV.0 GENERALIDADES	107

	P á g .
I V . 1	CARACTERISTICAS DE LA TURBINA DE GAS 112
I V . 2	PRINCIPIO DE OPERACION 114
I V . 3	PARTES DE LA UNIDAD MOTRIZ 118
I V . 3 . 1	SISTEMA DE AIRE DE ENTRADA 123
I V . 3 . 2	SISTEMA DEL GENERADOR DE GASES 129
I V . 3 . 3	SISTEMA DE LA TURBINA DE POTENCIA 164
I V . 4	SISTEMA DE COMPRESION 191
I V . 5	SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y ARRANQUE 191
I V . 6	SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE COMBUSTIBLE 199
I V . 7	SISTEMA DE SEGURIDAD 207

CAPITULO V

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CONTROL DE SECUENCIAS PROGRAMABLES	219
V . 1	CONTROL DE LA INTERFASE CON EL PROGRAMADOR (PIC) 230
V . 2	UNIDADES DE INTERFASE DEL PROCESO 232
V . 3	MODOS BASICOS DE CONTROL 243
V . 4	AUTOMATIZACION Y CONTROL DE LOS MODULOS DE COMPRESION 245
V . 5	CONTROL DE COMBUSTIBLE 266
V . 6	CONTROL DE VELOCIDAD 271

CAPITULO VI

ARRANQUE Y OPERACION DE LOS MODULOS DE COMPRESION	
V I . 1	SERVICIOS AUXILIARES/CONDICIONES Y REQUISITOS DEL PRE-ARRANQUE . 290
V I . 2	UNIDAD LISTA PARA ARRANCAR 301
V I . 2 . 0	VERIFICACION DE CIRCUITOS Y PERMISIVOS 301
V I . 3	PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO (ARRANQUE)
V I . 3 . 0	ARRANQUE DE LA UNIDAD EN "LOCAL" Y SUS SECUENCIAS . 309
V I . 3 . 1	ARRANQUE DE LA UNIDAD EN "CRANK" (MARCHA) 330
V I . 4	PARO DEL SISTEMA
V I . 4 . 0	MODOS DE PARO DE LOS MODULOS DE COMPRESION 332

	Pág.
VI.5 SELECCION DE LA CARGA ELECTRICA	341
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES	343
CAPITULO VIII	
BIBLIOGRAFIA	349

CAPITULO I INTRODUCCION

En la Sonda de Campeche se han instalado plataformas marinas para la explotación de petróleo crudo y gas natural, en los yacimientos más ricos del país.

En un principio, el gas, después de separarse del crudo se quemaba inutilmente, pues no se contaba con el equipo e infraestructura para su envío y aprovechamiento en tierra desde 95 kilómetros mar adentro (Una distancia promedio de 230 Km. tiene que recorrer el gas natural a través de gasoductos marinos y terrestres, desde las plataformas marinas de compresión, hasta la estación de recompresión de Atasta Campeche, y de aquí al complejo petroquímico de Ciudad PEMEX, Tabasco).

PEMEX ha construido plataformas de compresión de gas natural, conocidas como AKAL C, AKAL J, ABKATUN α , POOL α y cuya función es la de comprimir y acondicionar el gas amargo procedente de las plataformas de Producción. Así, cada plataforma de compresión cuenta con cuatro módulos de compresión, de los cuales tres deben operar normalmente y el cuarto restante permanecerá disponible. Este equipo es único en México por su capacidad de compresión (que debe elevar su presión suficientemente para que llegue a tierra) y manejo de gran volumen de gas. Además poseen una amplia instrumentación electrónica y neumática para el control de los diversos sistemas de la unidad; su funcionamiento se rige bajo las condiciones establecidas en un programa computarizado de control, el cual va dando orden a las diversas secuencias de operación que debe ejecutar el módulo de compresión cuyo cerebro es

un sistema de control de secuencias programable (PSCS), el cual esta formado por 3 microcomputadoras (microprocesadores) y demás equipo auxiliar.

Cada módulo de compresión cuenta con un sistema motriz de fuerza (motor o accionamiento) que consiste en una turbina de gas, de gran potencia (27 000 HP) semejante a las turbinas de los Jets DC-10-15 (Totalmente computarizada). Y como equipo impulsado lo constituyen 2 compresores centrífugos montados en un solo eje, etc.

Este trabajo tiene como objetivo el análisis de la operación de los módulos de compresión, ya que, como una operación unitaria, el Ingeniero debe conocer los principios, su control, su instrumentación, las variables del proceso, programa computarizado y demás aspectos operacionales, incluyendo medidas de seguridad etc., que de acuerdo con las secuencias de arranque y de paro, se logre una optimización de la operación, evitando el mayor número de fallas y por ende evitando al máximo los paros del equipo y queme de gas innecesario. Aunado a un mantenimiento más preventivo que correctivo, se manifiestan en una mayor durabilidad del equipo con una operación continua y segura que redunden en beneficios económicos con una producción de gas creciente.

Los parámetros de proceso más importantes que se controlan durante, antes y después de la operación normal son: Presiones, Temperaturas de succión y de descarga de gas de proceso (características del gas de proceso, principalmente el Peso Molecular), del combustible, de aire de instrumentos, de aceites lubricantes y aceites de sello, gas de sello, aire de enfriamiento, aire de combustión, condensados del gas de proceso, sus niveles, flujos y gastos; como velocidades, potencia, temperaturas, presiones y vibraciones.

CAPITULO II COMPRESORES

II.1. TIPOS DE COMPRESORES

Los compresores para los gases, tal como en el caso de las bombas para los líquidos, son equipo de operaciones unitarias cuya función es convertir la energía mecánica de los álabes del compresor (impulsores), a energía de presión al fluido gaseoso, aumentando su gradiente de potencial suficientemente para que éste llegue a su destino, esto es aumentando su presión.

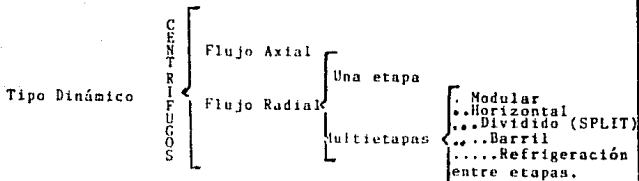
En general existen dos clases de compresores: 1. Los compresores dinámicos o centrifugos y 2.- Los compresores de desplazamiento positivo, los cuales a su vez se dividen en diferentes tipos, cuya aplicación depende de algunas consideraciones básicas como son los rangos de presión y flujo volumétrico.

Los compresores y los ventiladores impulsan a los gases. La diferencia entre los dos no es perfectamente clara.

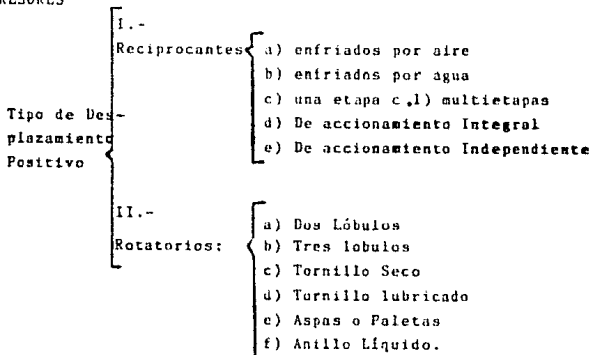
Los compresores de la primera clase son los de desplazamiento positivo, de los cuales existen dos categorías que son: a) rotatorios y b) reciprocantes; y a su vez los reciprocantes según algunos autores, deben clasificarse según el número de cilindros de que están constituidos.

Los compresores rotatorios se dividen en: 1.- Tipo de Lóbulos 2.- Tipo Tornillo, 3.- Tipo de Anillo de Líquido y 4.- Tipo de Aspas o paletas.

El siguiente cuadro sinóptico dá un panorama mas amplio de la clasificación de los compresores..(II.1.0)



COMPRESORES



Cuadro sinóptico II. 1.0

Clasificación de Compresores

II.2. CARACTERISTICAS DE LOS DIFERENTES COMPRESORES

Máquinas de desplazamiento positivo. Compresores Reciprocantes. Su uso se limita a operaciones de baja capacidad y alta presión, pueden suministrar al gas presiones de unas cuantas libras, a presiones sumamente altas, tales como 35 000 lb/pulg.²

Las características de los Compresores Reciprocantes son las mismas que las de las bombas Reciprocantes, ya que constan de un pistón, un cilindro con válvulas apropiadas de entrada y salida, y un cigueñal accionado externamente. Comúnmente se presentan operaciones de paso sencillo ó de pasos múltiples; siendo general el uso de cilindros de doble acción. Hay diseños para capacidades medianamente altas, sin embargo para estos casos, se prefiere el uso de compresores del tipo Centrifugo.

Los Compresores, Reciprocantes pequeños de 25 a 200 HP, tienen empleo limitado como aire para instrumentos o aire para servicios generales de la planta, en cuyo caso se requiere el tipo de cilindro no lubricado, ya que el tipo lubricado no es indicado ya que puede originar - desperfectos en los instrumentos de control y medición, por suministrar aire contaminado con aceite. Normalmente este tipo de compresor es enfriado por agua y esta constituido por un pistón de doble acción. El gas - que va a ser comprimido entra y sale del cilindro a

través de válvulas diseñadas para actuar cuando la diferencia de presión entre el contenido del cilindro y las condiciones exteriores es la deseada, si se usa compresión de pasos múltiples, es una práctica general enfriar el gas entre un paso y otro. En las figuras II.2.0, II.2.1, II.2.2, II.2.3, se muestran varios tipos de compresores Reciprocantes.

Las características de descarga de los compresores Reciprocantes son similares a las de las Bombas Reciprocantes. La operación de un compresor puede considerarse fundamentalmente como isoentrópica y las eficiencias se reportan relativamente a estas bases isoentrópicas o adiabáticas (no se efectúa transferencia de calor con los alrededores) a calor cte. Las pérdidas termodinámicas y la fricción del fluido se agrupan conjuntamente como características de ineficiencia en la compresión. Las pérdidas por la fricción mecánica reciben el nombre de ineficiencia mecánica. La eficiencia total de un compresor será el producto de la compresión y las deficiencias mecánicas. La eficiencia total de la mayoría de las compresoras reciprocantes, varía entre 65 y 80%.

La capacidad de este tipo de compresor es función directa del tamaño y número de cilindros que lo formen por etapa y el número de etapas depende del aumento de temperatura a través de cada etapa, generalmente limitado a 250°F, así como de la carga que pueda soportar la máquina y de los rodamientos de ésta.

El número de etapas se determina en base al principio de que para un trabajo total mínimo, el trabajo desarrollado es el mismo en todas las etapas.

Una vez establecida la presión y la temperatura entre cada etapa y tomando en cuenta la caída de presión y tempera-

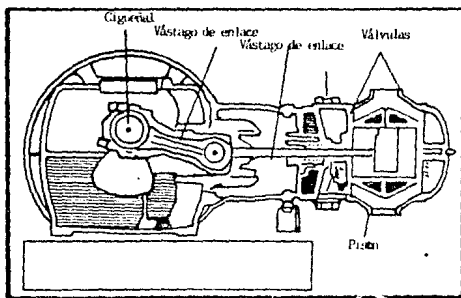


Fig. II.2.0 Sección transversal de una compresora recíproca con una carrera de 7 pulgadas.

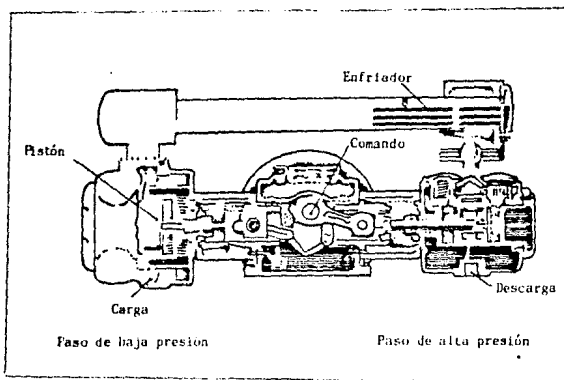


Fig. III.21. Compresora recíproca de dos pasos. El diseño básico para esta unidad de dos pasos es para 80 a 125 lb/pulg² y se usa en una gran variedad de instalaciones. La compresora a está equipada con un cambiador de calor de concha y tubos.

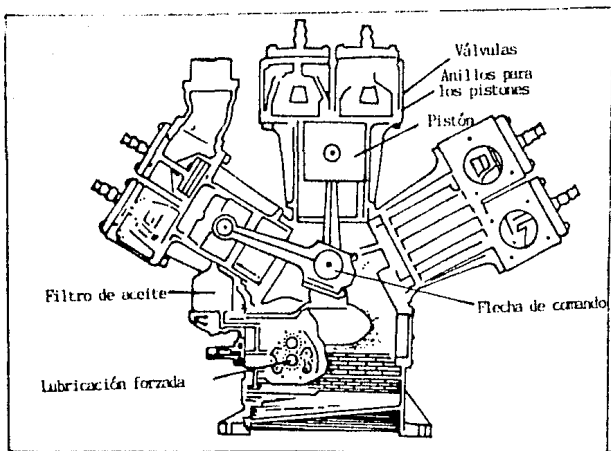


Fig. II.2.2 Compresor de dos etapas, enfriado por aire. Este compresor de dos etapas es capaz de producir presiones de 80 a 125 lb/plg²: Tiene un desplazamiento de pistón, de 686 pies³/min. y requiere 125 hp para impulsarlo.

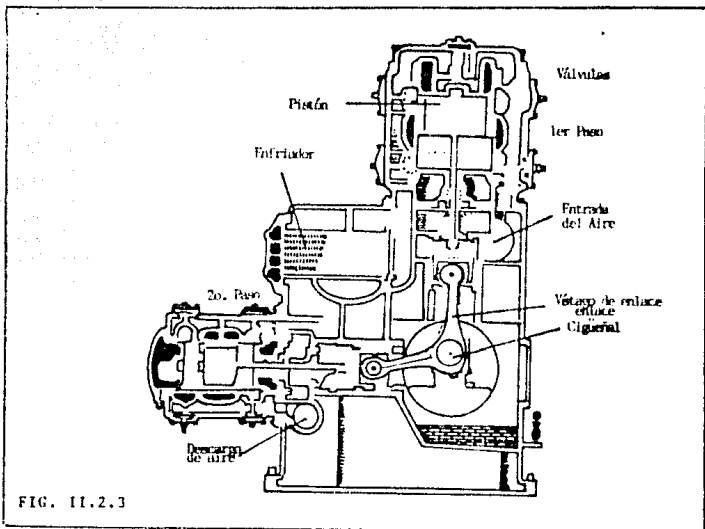


FIG. 11.2.3

Compresor de dos etapas , de cruceta de cabeza, para servicio pesado. .
 .Este compresor puede obtenerse con fuerza motriz de 125 a 350 hp. PUE-
 de manejar entre 800 y 2397 pies cúbicos por minuto, dependiendo del cali-
 bre del cilindro y de su velocidad .Produce presiones de 10 lbs./pulg.²

tura en los enfriadores, entre cada etapa, es posible determinar la capacidad requerida para cada etapa a las condiciones de succión de la misma, por lo que se debe considerar la existencia de un volumen muerto en el cilindro, (esto no sucede en los centrífugos) creado por las necesidades particulares de cada diseño, de tal forma que la capacidad del paso en cuestión es menor al desplazamiento del pistón. Para referirse a lo anterior, se usa el término de Eficiencia Volumétrica (eV):

$$eV = \frac{Q}{V} \quad \begin{array}{l} Q = \text{Capacidad a las condiciones de succión} \\ \text{(ICFM)} \end{array}$$

V desplazado = Volumen desplazado por el movimiento del pistón dentro del cilindro (ft³).

Se debe tener en cuenta el valor preestablecido por el fabricante de carga máxima a un 60 a 70% como práctica común de operación. Para el caso de un cilindro de doble acción dicho valor esta dado por:

$$\text{Carga por Compresión} = P_d A_c - P_s A$$

$$\text{Carga por tensión (succión)} = P_s A_c - P_d A.$$

P_d = Presión de descarga (PSIA)

P_s = Presión de succión "

A_c = Area de la cabeza del cilindro del lado opuesto a la biela.

A = Area del cilindro del lado de la biela.

Asimismo un compresor reciprocante no debe operarse a velocidades de pistón demasiado altas, ya que ocasionaria

necesidades de mantenimiento muy altas por tenerse puntos de alta fricción, ya que origina mayor desgaste y calentamiento en las partes en movimiento.

Para calcular la velocidad de operación del pistón se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Vel. } \frac{\text{pies}}{\text{minuto}} = 2N (L/12)$$

N= Revoluciones por minuto

L= Longitud de carrera (pies)

Compresores Rotatorios

Estas máquinas, como su nombre lo indica, consta de un elemento rotante, el cual a cada revolución desplaza un volumen predeterminado de gas de proceso.

Entre los tipos más conocidos se encuentra el de lobulos, el cual está constituido de elementos rotatorios en forma de 8, dichos elementos se encuentran perfectamente ajustados dentro de la carcasa del compresor.

Generalmente el uso más difundido que tienen los compresores de lobulos es como "bombas de vacío", esto es que operan a presiones de succión menores a la atmosférica y descarga a presiones iguales o un poco mayores a la atmosférica. Además con gastos tan pequeños como 2 $\frac{\text{pies}^3}{\text{minuto}}$ hasta 20 000 $\frac{\text{pies}^3}{\text{minuto}}$ en los diseños más grandes.

Existen diseños capaces de manejar presiones en la succión de 5 a 7 psig y descarga hasta de 25 psig.

Los compresores Rotarios se caracterizan por una descarga continua y casi uniforme de gas. Los principales tipos de compresores rotatorios son los lobulados, las de paletas deslizantes y los rotatorios de pistón. El compresor de aletas deslizantes resulta particularmente apropiado para operaciones de evacuación ya que presenta una amplia gama de condiciones posibles de presión, vacío y volumen.

Los compresores lobulados, impulsan el gas desde la entrada de succión hasta la descarga por la acción de los lóbulos. Dentro de la unidad se lleva a cabo una compresión muy pequeña; sin embargo la compresión se presenta cuando el contenido del lobulo es forzado dentro del sistema, accionado sobre contrapresión del mismo. Este tipo requiere un ajuste muy cerrado de los lóbulos, por lo que el gas que esta siendo arrastrado debe mantenerse libre de polvo e impurezas. Este compresor tiene el mismo diseño del aparato mostrado en la figura II.2.4.

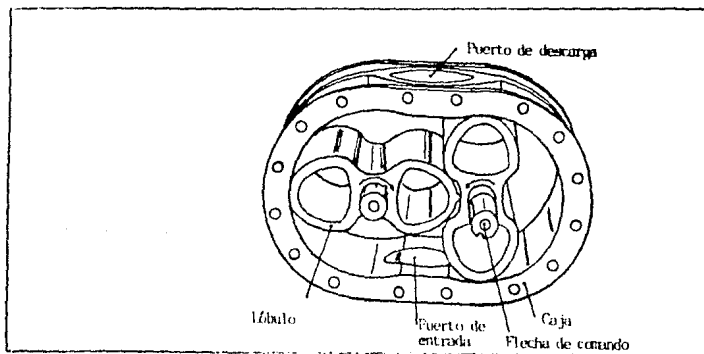


Fig. II.2.4 Vista seccional del compresor de lóbulo.

Los compresores de segunda clase son los compresores dinámicos o centrífugos cuya función principal es aumentar la presión del gas que fluye a través de él. Esto se realiza mediante la conversión de la energía de velocidad en energía de presión, acelerando el gas conforme éste fluye radialmente hacia afuera desde la entrada, en una forma similar a la acción de una bomba centrífuga.

Los compresores centrífugos se encuentran disponibles en una amplia gama de capacidades, desde descargas de 200 pies cúbicos por minuto, hasta 150,000 pies cúbicos por minuto con presiones de salida hasta de 800 psig.

El compresor centrífugo consiste en un impulsor y una caja, similares a los de la bomba centrífuga y en su principio de operación es uno de los tipos de máquinas más sencillos para comprimir gas. En las figuras II. 2.5. se muestran varios tipos de impulsores de compresores. Podemos decir que son bastante parecidos a los impulsores de las bombas.

El gas entra al compresor centrífugo (figura II.2.6) cerca del ojo del impulsor y es proyectado a una presión y velocidad altas, desde la punta del impulsor, hacia dentro de un difusor donde se termina la conversión faltante de velocidad, en presión. Los compresores centrífugos generalmente presentan pasos múltiples, para permitir la obtención de altas presiones de salida.

En la operación de pasos múltiples, el gas deja el difusor y entra a un diafragma que contiene aletas, las cuales dirigen al gas hacia el ojo del siguiente impulsor. La transferencia de energía al gas, conforme éste se comprime, origina que se caliente, por los cuales pueden colocarse canales de enfriamiento entre un paso y otro.

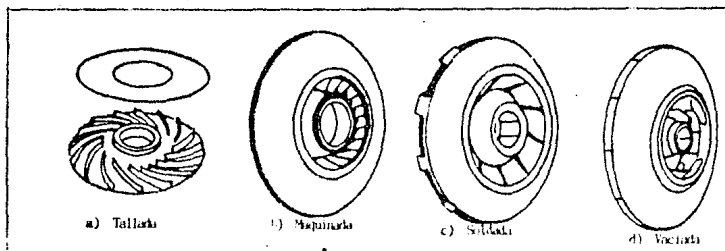


Fig. 11.2.5 Impulsores para compresoras centrífugas.

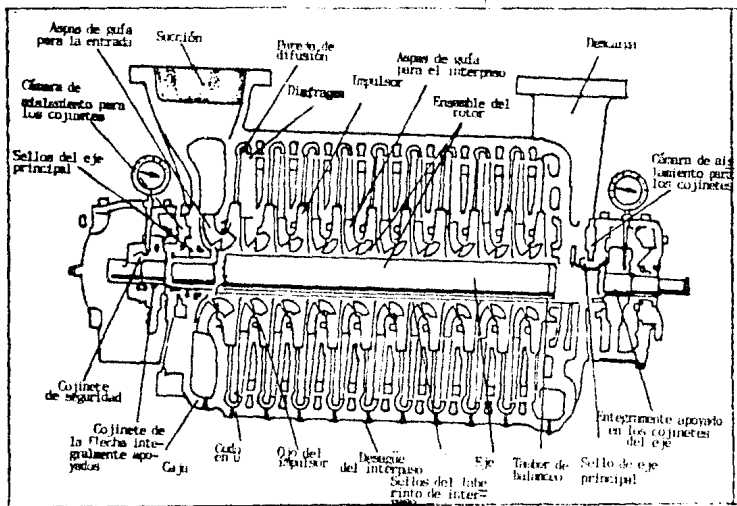


Fig. 11.2.6 Compresora centrífuga de pasos múltiples.

En la figura II.2.6. se muestra un interesante compresor centrífugo el cual esta provisto de una caja elíptica, parcialmente llena de líquido y a través de éste giran las hojas del rotor. La velocidad del rotor origina que el líquido sea desplazado hacia fuera del centro, por fuerza centrífuga, formándose un anillo de líquido en la pared de la caja. El ciclo de operación puede ser observado, refiriendonos a la figura II.2.7. En (1), el canal que forma la hoja esta lleno de líquido, cuando el rotor gira, el líquido se desplaza siguiendo la pared de la caja, alejándose del rotor y permitiendo la entrada de gas. En (2), el espacio ocupado por el gas es un máximo, mientras que el líquido se encuentra en la pared de la caja. La pared elíptica en (3) está más cerca de los ejes, lo que fuerza al líquido a regresar al rotor y disminuir el espacio ocupado por el gas, comprimiendo éste y descargándolo en (4). El ciclo se repite a través de la segunda mitad de la revolución. Generalmente, el líquido se suministra continuamente para proporcionar enfriamiento; la cantidad que fluye deberá controlarse apropiadamente para obtener una mejor operación.

Compresores de flujo axial. - Recientemente las operaciones industriales han aceptado generalmente, este tipo de compresores, ya que su uso se recomienda para grandes volúmenes de entrada de gas. Estas máquinas son capaces de manejar 860,000 pies cúbicos por minuto, con un diámetro aproximadamente la mitad del de un compresor centrífugo comparable, con aproximadamente el mismo costo inicial. El compresor axial presenta una eficiencia 10% mayor, aproximadamente, que el compresor centrífugo equivalente. La figura II.2.8. muestra un corte de una compresora axial.

Los compresores de flujo axial estan diseñados sobre la base de que la mitad del aumento de presión ocurre en la

hoja del rotor y la otra mitad en la hoja del estator.

Las hileras de hojas estacionarias sirven para aumentar, tanto la presión estática como la energía cinética, puesto que guían el gas hacia dentro de las hojas del rotor, actuando en este concepto como difusores. Se toma como una buena práctica el diseño para compresores de flujo axial, fijar las velocidades del gas en el orden de 400 pies/seg. En la mayor parte de estos compresores, la velocidad del gas entre paso y paso es prácticamente constante. Para obtener esta constancia, puesto que la presión aumenta en cada paso sucesivo, se requiere una pequeña área anular. El costo inicial de un compresor de flujo axial, es aproximadamente el mismo que el de un compresor centrífugo diseñado para la misma carga. Sin embargo, el compresor axial es ligeramente más eficiente que el compresor centrífugo comparable, debido a lo cual puede usarse una turbina o un motor más pequeño para accionarlo, resultando un costo inicial menor de estos dispositivos.

Como lo indica su nombre, en este tipo de compresores el flujo de gas es paralelo a la flecha del compresor y no cambia de dirección como en los compresores centrífugos.

Los compresores de flujo axial no pueden desarrollar cabezas más allá de la mitad de lo que desarrollan normalmente los de tipo centrífugo por etapa, sin embargo su capacidad de hasta 40 000 ICFM, es mayor a la normalmente manejada por los centrífugos. Más aún, existen diseños capaces de manejar hasta 100 000 ICFM de gas, con cabezas no mayores a 100 psig en varias etapas. Dada su alta eficiencia, mayor que la de los centrífugos multietapas, lo cual reduce los costos de operación aunque su costo como equipo es más caro ya que,

su rango de estabilidad es muy reducido, por lo que necesita sistemas de control más completos, su uso solo puede justificarse por medio de un análisis económico pertinente, no obstante de seguir las mismas leyes de comportamiento a diferentes velocidades que los de tipo centrífugo.

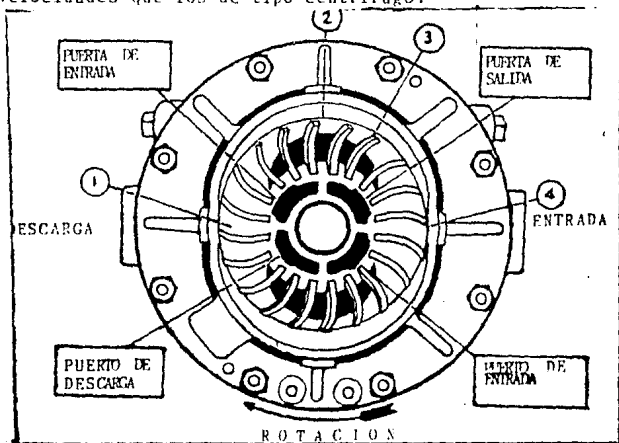


Fig. 11.2.7 Principio de operación de la compresora Nash "Hytor"

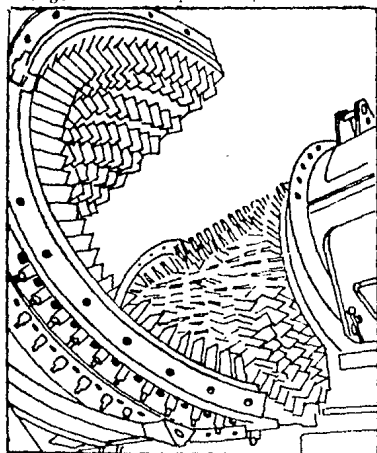


Fig. 11.2.8.-Compresor Axial, con capacidad de 860,000 pies cúbicos por minuto, mostrando aletas fijas y rotatorias.

II.3. CARACTERISTICAS DE LOS COMPRESORES EMPLEADOS EN PLATAFORMAS MARINAS

Equipo Impulsado.— Compresores Centrifugos MTGB-742/733. Las unidades entregadas por Ingersoll-Rand consisten en dos compresores centrifugos, sin enfriamiento, de etapas múltiples impulsados por una turbina de gas GT-61. Las flechas de los rotores están conectadas por un acoplamiento flexible, tipo engrane. Estos compresores centrifugos logran la compresión del gas, al aumentar la velocidad del mismo por medio de unos impulsores que convierten la energía debida a la velocidad (energía cinética) en energía de presión por la disminución de la velocidad por medio de unos difusores.

Los compresores provistos son de flujo (continuo) sencillo, esto es que los impulsores están montados con sus entradas sencillas por la cara hacia el mismo extremo de la flecha. El gas que entra al compresor es comprimido en siete etapas y entonces es descargado. El ensamble del rotor y diafragma se inserta axialmente en la carcasa y con la adición de cojinetes (ensambles de las chumaceras) y ensamble de los sellos forman el compresor completo.

El sellado entre las etapas es obtenido, utilizando sellos de laberinto. El sellado del extremo de la flecha se logra con sellos cónicos con una película de aceite, precedidos por un sistema de inyección de gas de sello (gas de respaldo) para que el gas amargo no toque el aceite lubricante y de sello de los cojinetes. La chumacera de empuje absorbe las fuerzas axiales, no balanceadas.

ENSAMBLES DE COMPRESOR

El compresor consiste de siete impulsores montados

en una flecha y rodeados por diafragma dentro de una carcaza de acero al carbón forjada. El ensamble del rotor está soportado por los ensambles de los cojinetes planos y de empuje. El compresor esta diseñado para que el único contacto entre las partes rotatorias y fijas sea en las chumaceras a sellos. Las superficies de contacto estan protegidas por una película de aceite lubricante.

CARCAZA

La caja es de acero al carbón, forjado, del tipo barril, maquinado internamente para aceptar el ensamble del rotor y los diáfragmas. La etapa forjada del lado de la admisión esta soldada a la carcaza para que forme parte integral de ella. La tapa o cubierta del extremo de la descarga esta separada de la carcaza para permitir sacar el ensamble del rotor y diafragmas. Para prevenir la distorsión, la alineación axial, debido a la expansión térmica en el extremo de la admisión, se instalan chavetas o cuñas en los pedestales que estan en las patas del compresor; este procedimiento elimina el crecimiento térmico hacia el acoplamiento. La carcaza tiene drenes en las etapas para permitir el drenado de los líquidos recolectados.

ENSAMBLE DEL ROTOR Y DIAFRAGMAS

El ensamble del rotor y diáfragmas consiste en un ensamble del rotor, diáfragmas de admisión y descarga, diáfragmas entre las cinco etapas y anillo difusor de la descarga, además de los empaques de laberinto interetapicos.

Los diáfragmas de fierro colado, horizontalmente separados, se orientan dentro de la carcaza con una chaveta soldada en el centro superior interno de la carcaza, que tiene

ranuras maquinadas en las mitades superiores de los diafragmas. Las aletas difusoras que estan dentro del diafragma forman el paso de una etapa de compresión a la siguiente hasta que llega al anillo difusor de la descarga, hecho de hierro colado de una sola pieza.

EMPAQUES INTER ETAPAS

El punto donde la flecha pasa por los diafragmas y las aberturas de admisión de los impulsores, se utilizan anillos de empaque de laberinto, de aluminio colado con surcos para reducir las fugas de una etapa de compresión a la siguiente y para dirigir el flujo de gas al ojillo del impulsor.

La acción sellante de éstos anillos se acredita al estrangulamiento repetido del gas a través de los surcos. Todos los anillos de laberinto se pueden cambiar en caso de ser necesario. Existe suficiente claro entre las partes fijas y rotatorias a fin de evitar contacto entre ellas. Sin embargo, el material suave de los anillos se deforma sin dañar las partes rotatorias en caso de que hubiera contacto.

ENSAMBLE DEL ROTOR

El ensamble del rotor consiste en una flecha de acero forjado, impulsores de acero soldados, anillos de retención de acero inoxidable (internos y externos), camisas de la flecha de acero inoxidable forjado, chavetas de acero, pistón de balance de acero inoxidable forjado, collarin de empuje de acero y tuercas derechas e izquierdas de la flecha hechas de acero.

Los impulsores se balancean dinámicamente antes de montarlos en la flecha. Los impulsores se montan en la flecha apretados por medio de chavetas y se separan axialmente utilizando camisas para flechas. Todo el ensamble del rotor se balancea e inspecciona minuciosamente.

El pistón de balance es usado para balancear el empuje longitudinal y se monta en el extremo de la descarga de la flecha del compresor. Su superficie interior está expuesta a la presión de descarga del compresor, aproximadamente, mientras que la superficie exterior está expuesta a la presión de succión del compresor (presión de admisión). Por este motivo, se desarrolla un empuje que es mas o menos igual y opuesto al empuje natural de los impulsores. Cualquier empuje residual es absorbido por la chumacera de empuje tipo Kingsbury localizado dentro del ensamble de la chumacera de empuje en el extremo saliente de la flecha. Se provee, un laberinto ensamblado alrededor del pistón de balance, se entrecierra con el laberinto en el piston para sellar la flecha en el extremo de alta presión (descarga). El anillo fijo de empaque del laberinto es reemplazable en caso de ser necesario. La flecha de acero forjado tiene un tratamiento término para eliminar cualquier esfuerzo interno. El collarín de empuje no se forja junto con la flecha para permitir su reemplazo, en caso de requerirse, sin tener que cambiar toda la flecha. El collarin de empuje se mantiene en su lugar por una tuerca de la flecha que se empata a ésta (es apretada a la flecha) durante su fabricación.

ENSAMBLES DE LAS CHUMACERAS O COJINETES

Los ensambles de las chumaceras consisten de un cuerpo y una cubierta o tapa de fundición de acero al carbón, una chumacera con placa basculante (cojinete radial o de trabajo de zapatas oscilantes), retenes, sellos y un detector de temperatura en una zapata de cada ensamble del cojinete de trabajo.

El compresor esta diseñado para que el unico contacto entre las partes giratorias y las fijas se efectue en las chumaceras y sellos. Las superficies de contacto están suficientemente protegidas por una película de aceite lubricante. Las chumaceras son del tipo de zapata basculante (oscilante), con revestimientos de babbit y estan dentro de cilindros auto alineables, asentados esfericamente en la extensión del cuerpo de la chumacera a ambos extremos de la carcaza. Los cuerpos de las chumaceras están separados horizontalmente en la línea central para facilitar el acceso a fin de revisarlas y repararlas.

Las chumaceras reciben alimentación forzada de aceite lubricante. El aceite entra a cada chumacera a través de ductos forrados y taladrados (perforados) desde una conexión de entrada de aceite. El aceite filtrado es regresado al carter de aceite a través de drenes localizados en las mitades inferiores de los cuerpos de las chumaceras.

CHUMACERAS DE EMPUJE

Las chumaceras de empuje estan localizadas en el cuerpo de la chumacera en el extremo saliente (exterior) del compresor y son del tipo Kingsbury, los cuales consisten en chumaceras de bloque con revestimiento de babbit, se colocan contra el collarin de empuje central. Los bloques de empuje estan posicionados en ambos lados del collarin de empuje para absorber el empuje en cualquier dirección. Los bloques de empuje están retenidos por anillos de acero pero se pueden ajustar, al ángulo de empate del collarin de empuje.

CARACTERISTICAS DE LA CONSTRUCCION DE LOS COMPRESORES MTGB-742/733

Los siguientes materiales se seleccionaron para garan-

tizar la calidad y confiabilidad del rendimiento, dentro del diseño de los componentes utilizados para fabricar estos compresores.

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

PARTE	MATERIAL	FORMA
Carcaza	Acero al carbón	Forjado
Diáfragmas	Hierro	Colado
Empaque de laberito	Aleación de Aluminio	Colado
ROTOR		
Flecha	Acero con aleación Cr-Mo	Forjado
Camisas de la flecha	12% Cr, Acero inoxidable	Forjado
Pistón de balance	12% Cr, Acero inoxidable	Forjado
Impulsores soldados	Etapas 1 y 2 (733/742)	Forjado
Disco, tapas	12% Cr, Acero inoxidable	Forjado
Alabes o paletas	12% Cr, Acero inoxidable	Placa
	Etapas 3 a 7 (sólo 742)	
Discos, tapas	Aleación Ni-Ci-Mo	Forjado
Alabes	Aleación Cr, Mo	Placa
	Etapas 3 y 4 (sólo 733)	
Discos, tapas	Aleación Ni-Ci-Mo	Forjado
Alabes	Aleación Cr-Mo	Placa
Impulsores Remachados	Etapas 5, 6 y 7 (sólo 733)	
Discos tapas	Aleación Ni-Ci-Mo	Forjado
	Sencilla	
Cajas de chamuceras	Empuje Acero al Carbón	Colado

Se utilizan materiales con una resistencia a la deformación controlada a 90 000 psig, máximo, y dureza Rc-22 máxima para los componentes del rotor:

Impulsores, camisas de sello, pistón de balance,

flecha camisas de la flecha.

CONDICIONES DE OPERACION (DISEÑO) DEL COMPRESOR

MODELO	MTGB-742	MTGB-733
Presión barométrica, psia	14.7	14.7
Sección	1	2
Gas manejado	GAS NATURAL	
M M S C F D (14.7psia, 60°F)	90.0	87.1
Flujo por peso, lb/min (húmedo)	4520	4376
CONDICIONES DE ENTRADA		
Presión (psia)	65	412
Temperatura (°F)	120	120
Humedad relativa (%)	100	100
Peso Molecular	27.492	27.227
K promedio	1.180	1.210
Comprimibilidad (Z1)	.982	.884
Volumen de Entrada (ICFM-Húmedo)	15460	2147
CONDICIONES DE DESCARGA		
Presión (psia)	422	1225
Temperatura(°F)	379	288
Comprimibilidad (Z2)	.969	.873
BHP requeridos en el acoplamiento del compresor (potencia de la flecha)	12984	6600
Velocidad (r p m), aproximada	7313	7313
Velocidad continua máxima (rpm)	8310	8310
Ajuste del disparo por sobrevelocidad (rpm)	8710	8710
Columna politrópica (pies)	7 1994	35920

MODELO	MTGB-742	MTGB-733
Eficiencia con pérdidas, politrópica	.759	.715
Fugas del pistón de balance	1.009	1.024
Perdidas mecánicas -HP	125	100

El compresor tiene garantizado el volumen de la columna y entrada. El caballaje esta garantizado, sujeto a una tolerancia de $\pm 4\%$.

SISTEMA DE ACEITE DE SELLO DE LOS COMPRESORES (VER FIG. II.4.1.)

FLUJO EXTERNO DEL ACEITE DE SELLO

El sistema del aceite de sello suministra aceite a los dos compresores. Puesto que los dos compresores operan a presiones diferentes, se utiliza una válvula de control de flujo para ajustarlo al compresor de baja presión. Esta válvula permite que pase la misma cantidad de aceite al compresor de baja presión, no importa cual es la presión corriente arriba o abajo, siempre y cuando haya una caída mínima de 50 psig a través de la válvula. El aceite restante se envia al compresor de alta presión. Este aceite pasa a través de una válvula de alivio de la presión para que se mantenga una contrapresión mínima en las bombas de aceite de sello durante el arranque. Esto permite asegurarse de que siempre habrá una caída de presión suficiente a la válvula de control de flujo para el compresor de baja presión.

Cada compresor tienen dos válvulas controladoras de nivel que controlan el nivel de los tanques elevados de aceite de sello. Las válvulas tienen una dimensión tal que, durante su operación normal, las válvulas que estan corriente arriba del compresor se cierran. Las válvulas corriente abajo de los compresores controlan el nivel de los tanques elevados,

permitiendo que el aceite "fluya en forma continua" a través de los sellos al depósito. Este flujo continuo ayuda a lavar los sellos, eliminando cualquier residuo y permite tener un enfriamiento adicional. Las válvulas que están corriente arriba de los compresores evitan que los tanques elevados se derramen (los previenen de un sobreflujo) durante las condiciones de arranque a baja presión o cuando ambas bombas de aceite de sello se encuentren operando (bombas principal y auxiliar).

SISTEMA DE GAS DE SELLO (GAS AMORTIGUADOR O BUFFER)

Para evitar la contaminación en el aceite con H_2S se ha provisto de un sistema de inyección de gas de sello dulce, ya que en el gas de proceso contiene grandes cantidades de H_2S . Si el aceite entrará en contacto con el H_2S , el aceite se contamina y no serviría para lubricar chumaceras y sellos. Así se previene el tener que desechar el aceite contaminado y que el aceite que se fuga internamente en el sello entre en contacto con el gas libre de H_2S (gas dulce) para que se pueda ser enviado al carter y ser recirculado de nuevo.

El gas de sello también sirve para evitar que el aceite se fugue a través de los compresores cuando su carcasa está presurizada. Los compresores tienen un empaque de laberinto separado entre el gas de proceso y la cavidad interna del sello. El gas dulce se introduce en medio de este laberinto y puede fluir al compresor a través de la cavidad interna del sello ya que las trampas son venteadas al quemador por los orificios. i.e. El sello de laberinto impide que el gas de proceso escape porque el gas dulce debe tener una presión mayor a la presión de succión del gas de proceso ($\Delta P=25$ psi) con esta mayor presión se impide que el gas de proceso pase a las chumaceras, por lo contrario el gas de sello en parte se va con el gas de proceso, la mayor

parte va a la cavidad interna del sello, pero otra pequeña cantidad de mezcla con el aceite de sello en el interior del sello ya que al tratar de escapar el gas de sello, a la atmósfera se encuentra con el aceite de sello, entonces la mezcla aceite/gas de sello se dirige a las trampas respectivas.

La SV-6 se energiza en el arranque para dejar pasar el gas de sello a los sellos de laberinto de los compresores.

Los orificios de flujo crítico que van a la entrada de las conexiones de gas amortiguador para limitar la cantidad de gas de sello que se pierde en el proceso. Los interruptores de presión diferencial envían una señal de alarma en caso de que el gas dulce del sello se pierda, si esto ocurre la fuga interna del sello se dirigirá al drenaje en vez de ser enviada al desgasificador, usando las válvulas manuales correspondientes a fin de evitar la contaminación del aceite.

FLUJO INTERNO DE SELLO AL COMPRESOR Ver figura II.4.1

El gas de proceso no se fuga del compresor a la atmósfera debido a los sellos de cono que tiene localizados en áreas donde la flecha pasa por la carcaza.

Se previene que el gas de proceso escape entre la flecha y el sello de anillo, mediante aceite, el cual se mantiene a una presión más alta que la presión del gas (25 psi), de la siguiente manera: El prensaestopas que rodea la flecha en los dos extremos de la carcaza contiene dos anillos de sello sólidos. Los anillos de sello se enchavetan a la caja de sellos y se colocan contra las extremidades interiores de cada prensa estopas, utilizando resortes en espiral. Abajo de cada juego de anillos de sello hay una camisa de la flecha.

El gas no puede fluir entre la camisa de la manga y los anillos de sello debido a que el aceite se mantiene a una presión mas alta que la del gas. La presión del aceite de sello es mantenida, montando un tanque elevado de aceite de sellos a un mínimo de 19 pies (5.7 metros) arriba del compresor y proporcionando gas a la presión de succión a la parte superior del tanque elevado de aceite de sellos.

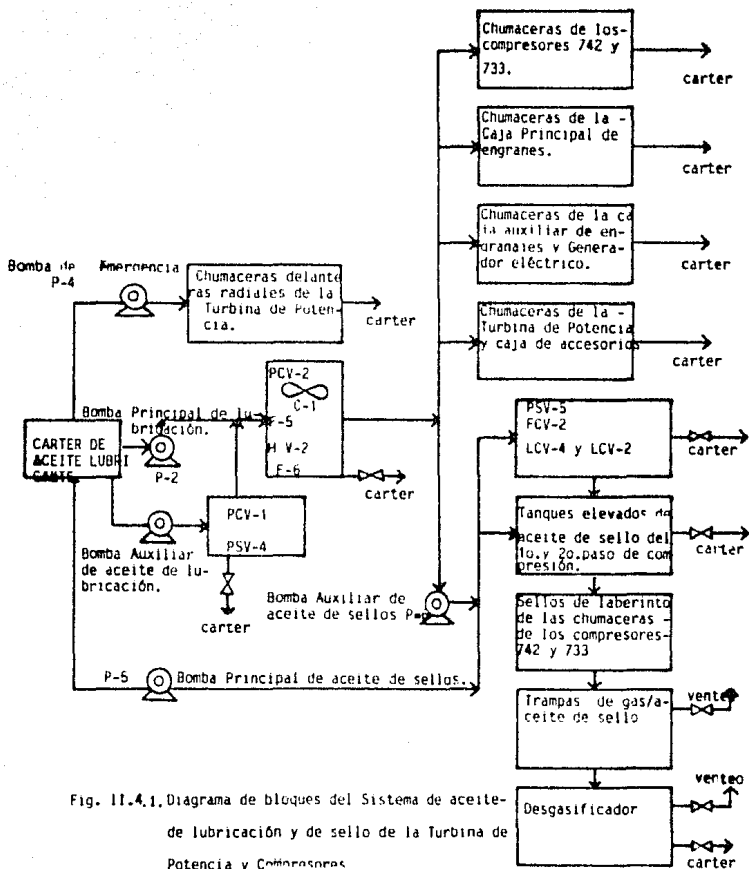


Fig. II.4.1. Diagrama de bloques del Sistema de aceite de lubricación y de sello de la Turbina de Potencia y Compresores.

La presión diferencial entre el gas de proceso y el aceite de sello impide que el gas se fugue a lo largo de la flecha y escape a la atmósfera. El aceite de sello también lubrica y enfría a los sellos. El flujo de aceite del otro lado de los anillos selladores exteriores se drena en las cavidades del compresor a presión atmosférica. Este aceite regresa al carter. El aceite que fluye por los anillos selladores internos entra en contacto directo con el gas amortiguador, que se difunde en el aceite. El anillo sellador interior está diseñado para mantener las fugas por el sello a un mínimo absoluto. La reducción de la camisa de la flecha del compresor y el anillo sellador interior hacen que el aceite, por la fuerza centrífuga, se regrese o se mueva hacia afuera a lo largo de la camisa y el anillo sellador desde la sección de diámetro reducido a la del diámetro grande del abusamiento. Esto produce una fuerza en dirección apuesta a la ejercida por la diferencial de presión en los sellos, permitiendo así, una cantidad mínima de fugas desde los sellos interiores.

La pequeña cantidad de flujo de aceite del sello interior, durante la operación normal se atrapa en los purgadores conocidos como trampas de aceite/gas de sellos. La mezcla de gas y aceite de sellos se drena de las trampas a la sección de desgasificación del carter. El gas entrampado es separado del aceite de sello en el desgasificador y es venteado a la atmósfera.

La anterior descripción se aplica a ambos compresores

SISTEMA DE CONTROL DEL TANQUE ELEVADO DE ACEITE DE SELLO

Los pilotos de LT-1, PIC - 2 y PIC-3 controlan el nivel del aceite de sello en el tanque elevado, controlando el flujo del aceite de sello al carter y a los sellos del compresor.

Esto se efectua con la acción de dos válvulas de control de nivel LCV-1 y LCV-2 operados por diáfragma, éstas incrementarán o disminuirán la cantidad de flujo de aceite hacia el tanque o desde el tanque elevado. El sistema de control proporciona señales de presión a los interruptores de alarma de alto y bajo nivel de aceite de sello; si hay una desviación del nivel de operación del aceite en el tanque elevado causa el movimiento de un desplazador con una longitud de 14 pulgadas. El movimiento del desplazador a través de un eslabonamiento mecánico es transmitido al transmisor a LT-1. El transmisor convierte el movimiento en una señal neumática que vá de 3 a 9 psi, la cual es suministrada al diáfragma del controlador PIC-2 y una señal de presión de 3 a 15 psi al diáfragma del PIC-3.

Los dos controladores son usados para proporcionar un medio mas positivo de control del nivel de aceite de sellos en el tanque elevado, la válvula primaria de control es la LVC-1 y la válvula secundaria de control es la LCV-2. Un incremento de presión en el transmisor es relevado a los controladores. El diáfragma en el controlador se mueve hacia abajo causando que la válvula de suministro abra. Con esta válvula abierta la presión suministrada al diáfragma de la válvula de control de nivel incrementa la presión. El incremento de presión a la válvula de control de nivel incrementa el flujo de aceite de sellos a través de la válvula de control de nivel LCV-1 y el nivel del aceite de sello disminuye en el tanque hasta que se alcanza el nivel de operación normal. Una disminución en la presión de salida en el transmisor produce el efecto inverso.

INSTRUMENTACION Y COMPONENTES DE LOS CONTROLES DEL ACEITE DE SELLO DE LOS COMPRESORES.

D₁, D₂, D₃ y D₄. purgadores o trampas de aceite de

sello. Recolectan la mezcla de gas y aceite de sello que se fuga del sello interno de los compresores. Cuando la mezcla llega a un nivel determinado, operan los flotadores de las trampas para que el aceite pueda fluir el desgasificador del carter. Las trampas están equipadas con orificios para que el gas de sello pueda fluir hacia el quemador.

FCV-2 válvula reguladora de flujo del aceite de sello controla la cantidad de flujo de aceite que va a los sellos del compresor de baja presión y al tanque elevado de aceite de sellos. Está ajustado a 56.8 lpm. (15 GPM).

LT-1, PIC-2 y PIC-3. Sistema de control de nivel de aceite de sello en el tanque controlando el flujo de aceite de sello al tanque y de los sellos del compresor.

LT-2, PIC-4 y PIC-5 idem (al anterior).

LCV-1, LCV-2, LCV-3, LCV-4 válvulas controladas del nivel del aceite de sello en los tanques elevados a un nivel de operación apropiado, aumentando o reduciendo el flujo de aceite de sello al tanque respectivo. Estas válvulas se controlan con sus controladores correspondientes.

LG-3 y LG-4. Medidores del nivel de aceite de sello del tanque elevado. Están montados en su tanques respectivos, dan una indicación visual del nivel de aceite del tanque (niveles ópticos). LG-5, LG-6, LG-7, LG-8, medidores del nivel de aceite de sello en las trampas (niveles ópticos) idem pero en trampas LG-9, medidor de nivel de aceite de sello en el desgasificador (idem en desgasificador).

L-11 y L-12, indicadores de nivel. Convierten la señal de presión transmitida del transmisor de nivel del tanque elevado en una indicación en % (0% a 100%).

LSLL-5 interruptor de paro por bajo nivel del tanque elevado de aceite de sello del compresor MTGB-742. Actúa produciendo un paro de la unidad con venteo, si el nivel de aceite en el tanque baja a menos del punto de ajuste de los interruptores. Al actuar el interruptor también se prenderá un foco de alarma o de paro.

LSLL-6 interruptor de paro por bajo nivel del tanque elevado de aceite de sello del compresor MTGB-733. Su operación es igual a la del interruptor LSL-5.

LSH-1 interruptor de alarma por alto nivel del aceite de sello y paro de la bomba auxiliar de aceite de sello del compresor MTGB 742. Actúa haciendo que se prenda un foco de alarma, si el nivel de aceite del tanque excede el punto de ajuste del interruptor y también hace que se pare la bomba auxiliar de aceite de sello.

LSH-2 idem al anterior pero para el compresor MTGB-733.

LSL-3 y LSL-4 interruptores de alarma por bajo nivel de aceite de sello y de arranque de la bomba auxiliar de aceite de sello de los compresores 742 y 733 respectivamente. Actúan haciendo que se prenda un foco de alarma, si el nivel de aceite en el tanque está por debajo del punto de ajuste del interruptor y también hace que la bomba auxiliar de aceite de sello, P-6, arranque.

P-6 y M-3, bomba auxiliar de aceite de sello e impulsor. Suministra aceite de sello al sistema de aceite de sello, cuando la bomba principal del sistema, P-2, no esta suministrando la cantidad requerida. Impulsada por un motor eléctrico trifásico de 460 volts.

PCV-3 y SV-6. Válvula controladora del gas amortiguador de sello cuando actúa y se abre la PCV-3 por el aire de

control, el gas amortiguador puede fluir a los ensambles de sellado de los compresores. La válvula se cierra si se pierde el aire de control.

La solenoide SV-6 es una válvula de 3 pasos que normalmente está cerrada, la SV-6 purga el diafragma de la PVC-3.

Si se pierde la energía a la SV-6, se cierra, impidiendo que fluya el aire de control a la PVC-3.

PDI-3, PDI-4 indicadores de la presión diferencial de aceite de sello de la 1^a y 2^a etapa de los compresores (MGTB-742 y 733), indican la diferencia de presiones de los ensambles de sellado y del aceite sellador de control que regresa al carter.

PDSL-3 y 4 alarmas de la presión diferencial baja del gas amortiguador de los compresores 742 y 733 respectivamente. Actúan haciendo que se prenda un foco blanco de alarma, si la diferencia de presión a través de los ensambles de sellado es menor que 25 psid.

PI-14 indicador de la presión del suministro del aceite de sello.

PI-13 indicador de la presión de suministro del aire de instrumentos (aire de control) a la PVC-3.

PSH-5, interruptor de paro por alta presión en el tanque desgasificador. Actúa haciendo que la unidad pare con venteo si la presión del desgasificador sube arriba de 10" de H₂O.

PSV-5 Válvula de alivio de la bomba principal de aceite de sello, P-5, releva la presión de la línea de suministro de aceite de sello, si la presión excede de 54.1 kg/cm²

(770 psig). Protege la bomba P-5.

PSV-6. Válvula de seguridad de la bomba auxiliar de aceite de sello, P-6. Alivia la presión de la línea de aceite de sello, si la presión excede de 54.1 kg/cm^2 (770 psig). Protege a la bomba P-6.

R-3 y R-4. Tanques elevados de aceite de sello, un tanque por compresor. Almacenan bajo presión el aceite que usa para el sistema de aceite de sello.

PDCV-1, control de la presión de arranque del sistema de aceite de sello. Se ajusta a 75 psig (5.2 kg/cm^2).

SISTEMA DE ACEITE LUBRICANTE DE LA TURBINA DE POTENCIA, COMPRESORES Y CAJAS DE ENGRANES. (FIG. II.4.1)

El aceite lubricante para la turbina de potencia, compresores, cajas de engranes y equipo asociado, se almacena en un recipiente R-2. Este carter forma parte integral del patín de compresores y su capacidad es de 10 647 litros (2813 galones), con interruptores de nivel, uno de los cuales está ajustado para actuar, produciendo una alarma si el nivel del aceite baja a menos de 9" (8596 litros, 2271 galones), medidos desde la parte superior del depósito. El otro interruptor parará la unidad si el nivel del aceite baja a menos de 13" medidas desde la parte superior del recipiente (5855 litros, 1547 galones). El recipiente se divide en 3 secciones dos de ellas interconectadas. La tercera es una sección de desgasificación que está aislada de las otras dos por medio de reflectores o mamparas. La sección de desgasificación tiene rampa (escalera) para sacar el gas que se drena de las trampas junto con el aceite de sello (se quita el gas de sello del aceite de sello), la separación de la mezcla se efectúa por su calentamiento mediante una resistencia eléctrica. Un switch produce una alarma si la presión del desgasificador sube arriba

de 10" de H_2O parando la unidad. El calentador del desgasificador esta controlado por termostatos, uno de ellos desenergiza el calentador si la temperatura del aceite en el depósito es mayor a $93.0^{\circ}C$ ($200^{\circ}F$), el segundo interruptor de temperatura energiza al calefactor si la temperatura del aceite baja a menos de $82^{\circ}C$ ($180^{\circ}F$). Hay un tubo que interconecta una sección del depósito con la del desgasificador. El tubo siempre esta cubierto de aceite.

Las líneas de succión de la bomba de aceite proveniente del carter estan equipadas con coladores, así como en la línea de llenado al carter. El depósito tiene dos venteos, uno para el desgasificador y el otro para el carter principal.

En el arranque de la unidad, el aceite es succionado por la bomba auxiliar de aceite lubricante P-3, accionada por motor eléctrico (bomba centrífuga). Esta bomba suministra aceite a $.91 \text{ kg/cm}^2$ (13 psig) al cabezal del sistema de lubricación a través de una válvula controladora de presión, PCV-1, normalmente abierta.

Cuando se está impulsando la bomba de lubricación principal, P-2, por la acción de la flecha de la T.P., a una velocidad suficiente como para dar 13 psig, al cabezal principal de lubricación, el diafragma de la válvula controladora de presión PCV-1 detecta el aumento de presión, cerrandose y la bomba auxiliar de lubricación P-3 es parada. Una válvula check (de retención) corriente abajo de P-3 impide que el flujo de aceite enviado por la bomba P-2 regrese al carter.

La válvula de control de presión, PCV-2 corriente abajo de ambas bombas, mantiene la presión del aceite en el cabezal principal a 1.4 kg/cm^2 (20 psig).

El aceite lubricante fluye a la sección C-1 del enfriador de aire-aceite. La válvula controladora de temperatura TCV-2 corriente abajo de la C-1, actúa como válvula mezcladora. Si la temperatura del aceite sube arriba de 54°C (130°F), la válvula se cierra, haciendo que todo el aceite fluya por C-1. Al reducirse la temperatura del aceite, la válvula se abre y una parte del aceite se desvía a la C-1. Los ventiladores solo aire accionados por motor eléctrico enfrían el aceite que fluye por C-1.

El aceite es llevado de C-1 a uno de los dos filtros principales, el cual es seleccionado por medio de una válvula de transferencia para que el aceite fluya a través de él. Este arreglo permite el mantenimiento o cambio de elementos sucios en uno de los ensambles de filtros, mientras la unidad está operando.

A través de los ensambles de los filtros esta instalado un interruptor de presión diferencial, el cual enviará una señal de alarma si la ΔP a través de los filtros es de 1.06 kg/cm^2 (15 psid), el aceite lubricante es llevado del filtro a los compresores, cajas de engranes, a la turbina de potencia y equipo asociado (acoplamientos, chumaceras etc.)

Si ocurriera una falla que produjera la pérdida de la presión del aceite lubricante, sucederá lo siguiente:

1. cuando la presión del lubricante llega a 0.91 kg/cm^2 (13 psig), se prende una alarma y arranca la bomba auxiliar de aceite lubricante.

2. Si la presión continúa bajando y cae a 0.56 kg/cm^2 (8 psig) actúa el interruptor permisivo haciendo que opere la bomba de emergencia P-4 y que se pare la unidad.

La bomba de aceite lubricante de emergencia sólo suministra aceite a los cojinetes de la turbina de potencia (cojinetes delanteros radiales que se encuentran calientes). Una válvula check que esta corriente abajo de la bomba de emergencia, impide que el aceite regrese a ésta (la P-4) cuando no está operando.

El sistema de emergencia tiene un interruptor de presión que actúa a 0.14 kg/cm^2 (2 psig) el cual envía una señal al tablero de que la bomba de emergencia está en operación.

La bomba de emergencia recibe corriente directa del banco de batería a 24 volts.

La bomba auxiliar de aceite lubricante recibe corriente alterna a 440 volts. del turbogenerador de la plataforma o del generador eléctrico A.C. del propio módulo de compresión. Instrumentación y componentes del control del sistema de lubricación de la turbina de potencia y compresores.

FG-1 a FG-11 indicadores visuales de flujo de aceite de los diversos componentes. Se instalan en todas las líneas de drenaje de las chumaceras y en los acoplamientos.

P-2, bomba principal de lubricación. Suministra el aceite lubricante al cabezal de lubricación principal. Su capacidad es de 2078 l.p.m. (549 g.p.m.).

P-3. Bomba auxiliar de lubricación con motor eléctrico M-1, suministra el lubricante al cabezal principal de lubricación, durante el arranque de la unidad y cuando la presión del aceite baja a menos de 0.91 kg/cm^2 (13 psig).

P-4. Bomba de emergencia, proporciona lubricación a la chumacera sencilla de la turbina de potencia, si la presión del aceite baja a menos de 0.56 kg/cm^2 (8 psig). La bomba es impulsada por motor eléctrico D.C. de 24 volts.

PI-6 a PI-10 indicadores de presión del aceite lubricante en diversos lugares. El PI-9 es un manómetro montado en el tablero de interruptores y medidores (I-R) e indica la presión del aceite en el cabezal de lubricación principal.

PCV-1. Válvula controladora de presión del aceite lubricante que manda la bomba auxiliar P-3, regula su salida a 0.91 kg/cm^2 (13 psig). La válvula se abre por la presión del cabezal de aceite. Normalmente está abierta.

PCV-2. regulador de la contrapresión del sistema de lubricación controla la presión de salida de las bombas de lubricante a 1.4 kg/cm^2 (20 psig). La válvula se abre por la presión del aceite lubricante del cabezal. Normalmente está cerrada.

C-1. Sección del enfriador de aire-aceite. Se emplea para enfriar el aceite mineral que usan la T.P/compresores.

TI-1 a TI-3 indicadores de temperatura, miden la temperatura del lubricante en diversos lugares.

TCV-2. Válvula controladora de temperatura del aceite. Controla la cantidad de aceite que fluye por C-1. La válvula opera como mezcladora. Cuando la temperatura del aceite esta por debajo de 54°F), la válvula esta totalmente abierta y todo el aceite se desvía de C-1. El aumentar su temperatura, la válvula se cierra y el aceite fluye por C-1. Mientras mayor es la Temperatura del aceite, mayor es

el flujo por C-1.

F-5 y F-6. filtros de aceite lubricante, ensambles gemelos de filtros con cartuchos o elementos renovables que pueden filtrar partículas hasta de 10 micras.

HV-2. Válvulas de transferencia del aceite lubricante, montada entre F-5 y F-6; es una válvula de posicionamiento manual que selecciona y transfiere el flujo de aceite de un filtro al otro.

PDSH-2. Interruptor de alta presión diferencial en el filtro principal del lubricante, nos indica que esta sucio (Tapado con partículas) por lo que necesita mantenimiento o cambio de elementos.

Detectores de temperatura por Resistencia (RTD), se montan en diversos lugares del sistema de aceite; detectan la temperatura del aceite o de los metales sujetos a fricción. Al aumentar la temperatura, la resistencia del detector aumenta, reduciendo el flujo de corriente eléctrica cuya señal se envía que un medidor analógico que la convierte en una lectura en °C o °F. Algunos RTD están cableados a un monitor que compara la señal con un punto de ajuste predefinido. Si la señal es mayor al punto de ajuste se prendera una alarma en el tablero de control primero y enseguida un paro de la unidad, se producirá, si se llega al punto de disparo.

TE-20, suministro de aceite lubricante; paro a 160°F incrementando.

TE-21, chumacera sencilla delantera de la T.P., alarma a 250°F incrementando.

TE-22, chumacera de empuje de la T.P., alarma a 250^oF alarma. Paro a 260^oF incrementando (disparo).

TE-23, chumacera sencilla trasera de la T.P., alarma a 250^oF incrementando.

TE-26, chumacera del acoplamiento de la flecha de transmisión de la caja de engranes alarma a 250^o F incrementando.

TE-27, chumacera del extremo libre de la flecha de transmisión de la caja de engranes, alarma a 250^oF incrementando.

TE-24, chumacera del extremo libre de la flecha impulsada de la caja de engranes, alarma a 250^oF incrementando.

TE-25, chumacera del extremo del acoplamiento de la flecha impulsada de la caja de engranes, alarma a 250^oF incrementando.

TE-61, chumacera sencilla del compresor MTGB-742, del extremo de la caja de engranes; alarma a 250^oF incrementando.

TE-62, chumacera sencilla del compresor MGTB-742, del extremo de empuje alarma a 250^oF (incrementandose).

TE-63, Temperatura de la chumacera de empuje activa del compresor MGTB-742, alarma a 250^oF incrementando, disparo a 260^oF incrementando (TE-64 libre).

TE-65, temperatura de la chumacera de empuje del compresor 742 (inactiva) alarma a 250^oF incrementando (TE-

66 libra).

TE-68, temperatura de la chumacera del compresor 733 lado empuje alarma a 250°F incrementando.

TE-69, temperatura de la zapata de la chumacera de empuje activa del compresor MGTB 733, alarma a 250°F incrementando paro a 260°F incrementando (TE-70 libra).

TE-71, temperatura de la zapata de la chumacera de empuje inactiva del compresor MGTB-733, alarma a 250°F (TE-72 libra).

LG-2 medidor del nivel del carter, indica el nivel del aceite (nivel óptico).

LG-9 medidor del nivel en el desgasificador.

LSL-7 interruptor de alarma por bajo nivel del aceite en el carter, actúa cuando el nivel baja a menos de 228.6 mm(9") medidas desde la parte superior del carter, hace que se prenda un foco de alarma en el tablero de control.

LSLL-8 Interruptor de paro por bajo nivel de lubricante en el carter, se activa cuando el nivel baje a menos de 330.2 mm (13") medidos desde la parte superior del carter, hace que la unidad se pare por cierre eléctrico, sin venteo y que se prenda un foco que indique el disparo a cero.

PS-3.- Arran que permisivo, e interruptor de paro por baja presión del aceite y de arranque de la bomba de lubricación de emergencia. Actúa cuando la presión del lubricante es de 0.56 kg/cm² (8 psig)↓ produciendo un disparo con venteo en la unidad y prendiendo un foco en el tablero de control (La bomba auxiliar del lubricante arrancará, si la presión del aceite excede la posición de PS-3, aprox. de 10 psi y se capte la señal del arrancador de su motor.)

PS-4, alarma por baja presión del aceite lubricante e interruptor de arranque de la bomba auxiliar del lubricante, actúa cuando la presión del aceite es de 0.91 kg/cm^2 (13 psig) prendiendo un foco que anuncia, bomba auxiliar en operación fuera de programa.

PS-6 Interruptor de comprobación de la presión de 0.14 kg/cm^2 (2 psig) de la bomba de emergencia operando.

PSV-4, válvula de seguridad de la bomba principal de aceite lubricante, alivia la presión del aceite al abrir a 5.2 kg/cm^2 (75 psig).

R-2 Carter o depósito de aceite lubricante cuya capacidad:

a) máxima 14754 litros (3898 galones) b) capacidad normal 10647 litros (2813 galones), c) capacidad de alarma 8596 l. (2271 Gal.), d) Pare 5855 l. (15.7 Galones).

S-2, S-3 y S-4 coladores de la bomba principal de lubricación S-2 y S-3 se usan para colar el aceite que fluye del depósito a la bomba principal y el S-4 se usa para colar el aceite que fluye del carter a la bomba de lubricación de emergencia.

TS-1 y TS-2 Interruptores maestros de la temperatura del carter. Controlan la operación del calentador del depósito. El TS-1 energiza el calentador cuando la temperatura del aceite en el depósito es menor de 28°C (180°F). El TS-2 desenergiza el calentador cuando la temperatura del aceite es mayor de 34°C (200°F).

S-5 respiradero (desvaporizador) para la T. P.

CAPITULO III

DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

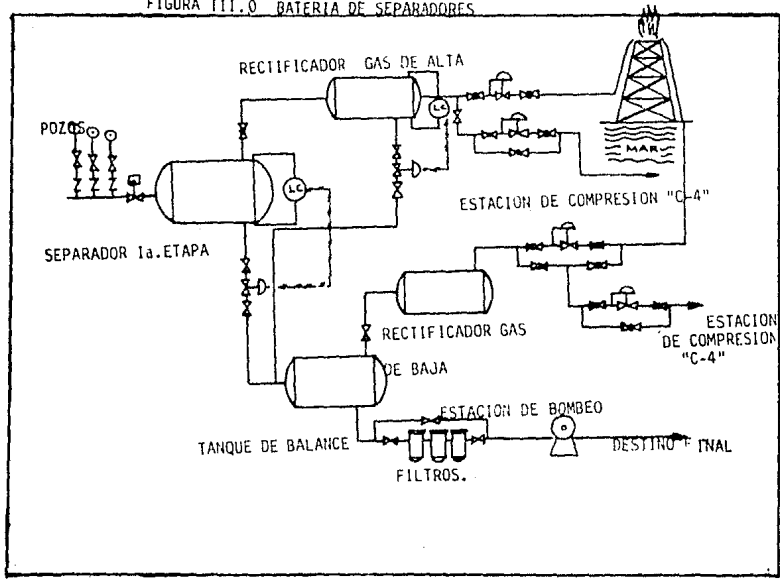
El proceso de la compresión de gas natural consiste en aumentar la presión a dicho fluido gaseoso, en virtud al incremento en la energía cinética que le imparte un impulsor y un difusor en un determinado espacio delimitado por el estator, la velocidad del rotor es proporcional a la energía cinética inyectada, producto de la conversión de la energía mecánica del impulsor a energía de presión en el fluido gaseoso que adquiere el gradiente de potencial necesario que le permita llegar a tierra para su acondicionamiento y aprovechamiento, que permita satisfacer un consumo nacional creciente y posibles exportaciones.

La zona petrolera más rica del país, la Sonda de Campeche en el Golfo de México, proporciona actualmente un promedio de 1100 millones de pies cúbicos estandar por día, de gas natural; de acuerdo al equipo en operación, el cual se instaló en plataformas marinas, llamadas: Akal "C", Akal "J", Abkatum alfa y Pool alfa, cada una de las anteriores cuenta con cuatro módulos de compresión; pero solo en algunas ocasiones la "C" y la "J" han operado los cuatro módulos, normalmente operan tres y uno en mantenimiento, raramente disponible el de relevo periódico. Cada módulo de compresión en operación normal maneja alrededor de 90 millones de pies cúbicos estandar por día (MMSCFD).

El gas de proceso se extrae junto al aceite en las plataformas de perforación. Siendo el gas el primero en salir, estando arriba del crudo por simple diferencia de densidades y aún gran cantidad del gas disuelto en el aceite,

la mezcla continua fluyendo hacia la superficie a través de una tubería principal llamada cabezal ; y puede ser de tres maneras : 1.- en forma natural. 2 -por medios mecánicos de extracción ., 3.-por bombeo neumático.Todas las plataformas de perforación o pozos periféricos envían su producción de gas/crudo a las baterías de separadores de los complejos de producción a través de la plataforma de enlace la cual recibe y distribuye los diversos flujos .Del cabezal la mezcla fluye por el extremo del separador de la primera etapa, la corriente choca contra una placa deflectora ligeramente inclinada ,rompiendo el flujo en una gran cantidad de gotas de aceite ,las cuales sujetan el gas asociado y de acuerdo a la diferencia de densidades de cada componente las gotas de aceite se precipitan al fondo del separador y el gas hacia la parte superior del mismo, pasando por una fina malla cuya función es retener la neblina que arrastra el gas por turbulencia.Después este gas fluye hacia el rectificador de gas de alta presión, donde ahí son atrapadas las partículas de aceite que hubiese acarreado el gas, el flujo de gas sale por la parte superior a través de una válvula controladora de presión, hacia el quemador y/o a la plataforma de compresión como corriente de gas de alta presión..El aceite atrapado en el fondo del separador de la primera etapa , fluye hacia el separador de la segunda etapa, llamado también tanque de balance ,cuya función es estabilizar el aceite y eliminar el gas que hubiese arrastrado.El gas que sale del tanque de balance es de menor presión y volumen y fluye hacia el rectificador de gas de baja presión y de ahí al quemador o a la plataforma de compresión ,también la presión del rectificador se controla por medio de una válvula controladora de presión.La siguiente figura - III.0 muestra una batería de separadores ,formados por dos tanques horizontales de forma cilíndrica, donde se efectúa la separación del gas del aceite y agua.

FIGURA III.0 BATERIA DE SEPARADORES

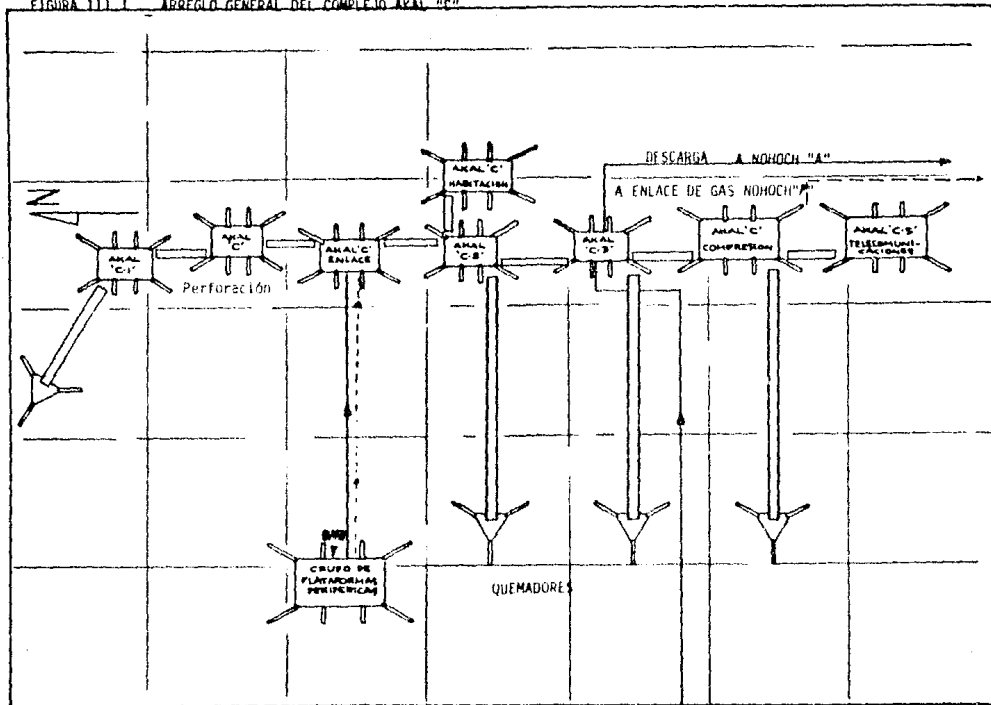


El aceite estabilizado del tanque de balance fluye al cabezal de succión de la estación de bombeo y de ahí a su destino que puede ser tanques de almacenamiento, a las petroquímicas o directamente a los buques/tanques en Cayo Arcas para su exportación. El petróleo obtenido en la Sonda de Campeche resulto ser de 2 clases: el tipo Maya con 22^o API y el tipo Ito con 32^o API.

Las corrientes de gas amargo natural procedentes de las plataformas de producción, las cuales se encuentran interconectadas por medio de 2 gaseoductos que atraviesan todo el complejo, se reciben en la plataforma de compresión en las siguientes condiciones: 1. El flujo de gas de alta presión de 6.417 a 8.096 M³ x 10⁶ /dia, con una presión de 4 a 7.003 kg/cm² y una temperatura de 55 a 60 °C. 2 - el gas de baja presión con un flujo de .425- a 7.13 M³ x 10⁶/dia, una presión de .9 a 1.8 kg/cm² y una temperatura de 50 a 60 °C.

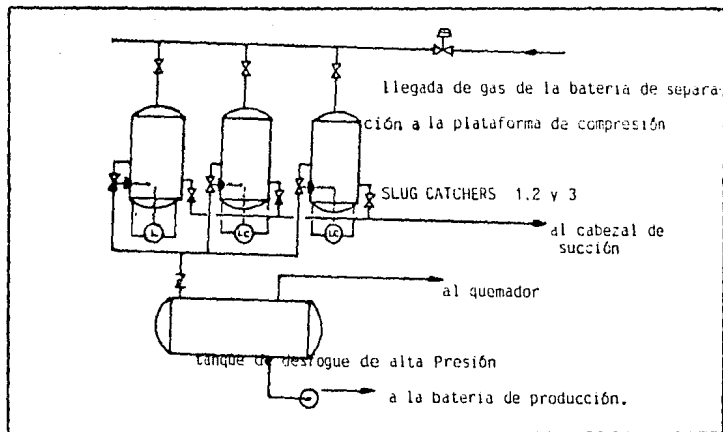
El complejo petrolero marino de explotación AKAL "C" esta integrado por las plataformas indicadas en la figura III.1 las cuales son: Plataformas de producción Akal C-1, C-2 y C-3, plataforma de perforación, plataforma de enlace, plataforma de compresion Akal C-4, plataforma de telecomunicaciones Akal C-5 y plataforma habitacional. Todas estas plataformas se encuentran interconectadas por medio de puentes de paso. La plataforma de perforación es donde se encuentran los pozos de extracción del petróleo. Plataformas de producción son las plataformas donde se reciben las corrientes provenientes de las plataformas de perforación satelites y es donde se efectua la separación de la mezcla gas/aceite por medio de baterias de separación, el aceite se envia a las turbobombas y el gas a la plataforma de compresión. Plataforma de telecomunicaciones establece la comunicación interna y externa. La plataforma habitacional, tiene la función de alojar al personal que trabaja en el complejo y darle servicios de alimentación, lectura, descanso etc.

FIGURA 111 I ARREGLO GENERAL DEL COMPLEJO AKAL "C"



.Plataforma de enlace.-distribuye o recibe la producción de pozos satelites.
.La plataforma de compresión de gas tiene la función de recibir las corrientes de gas enviadas por las plataformas de producción y comprimir este gas para enviarlo a Ciudad Pemex donde es procesado .Las corrientes de gas de alta y baja presión una vez llegadas a la plataforma de compresión,la primera fluye hacia 3separadores de alta presión o slug catchers y cuya función es atrapar cualquier arrastre de aceite que traiga el gas y drenarlo al tanque de desfogue de alta presión para que por medio de 2 bombas se retorne a la batería de separación de Akal C-3,ver la figura III.2 .El gas libre de líquidos sale por la parte superior del rectificador fluyendo al cabezal de succión del primer paso de compresión del módulo.Lo mismo sucede con el gas de baja presión pero con solo dos separadores de baja presión,y el liquido se drena a un tanque de desfogue de baja presión y se retorna a C-3.El gas libre de líquidos fluye al cabezal de succión de los turbocompresores "Axis" .En ambos cabezales de succión,la presión de succión de los compresores se controla mediante paquetes de regulación ,que deriva hacia el quemador el exceso de presión.Los vapores son comprimidos por el turbocompresor Axi y los descarga entre 70 y 90 psig y alrededor de 100 a 120 °F ,en cabezal de succión de alta presión,cuyo sistema de compresión esta formado por una turbina de gas de gran potencia y computarizada que constituye el motor del tren de compresión o sea 2 compresores centrifugos que forman dos etapas de compresión,se incluye a 3 separadores de condensados , 8 enfriadores por aire del tipo soloaire,,instrumentación electrónica y neumática moderna para los diferentes sistemas y servicios auxiliares.Ver figura III.3 donde se muestran las partes principales de un módulo de compresión.Su operación se controla automáticamente por medio de un sistema de microcomputadoras de secuencias programables que regirá el funcionamiento del módulo de compresión en gral..

FIGURA 111.2 SEPARADORES DE ALTA PRESION EN COMPRESION C-4

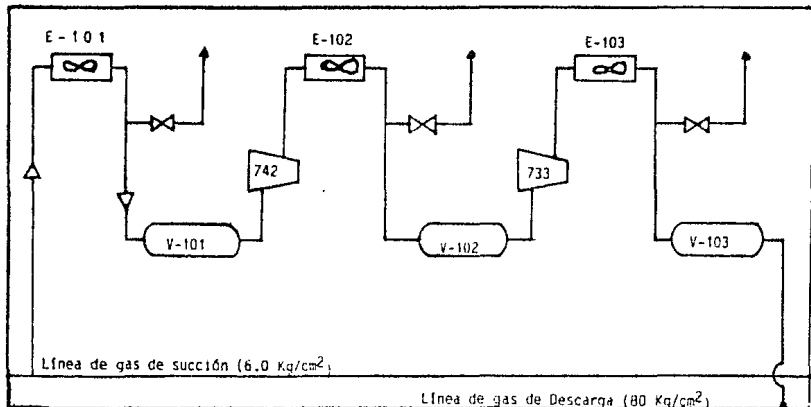


Un módulo de compresión se encuentra ubicado en el 2o. nivel de la plataforma de compresión y está integrado por 3 niveles de elevación.

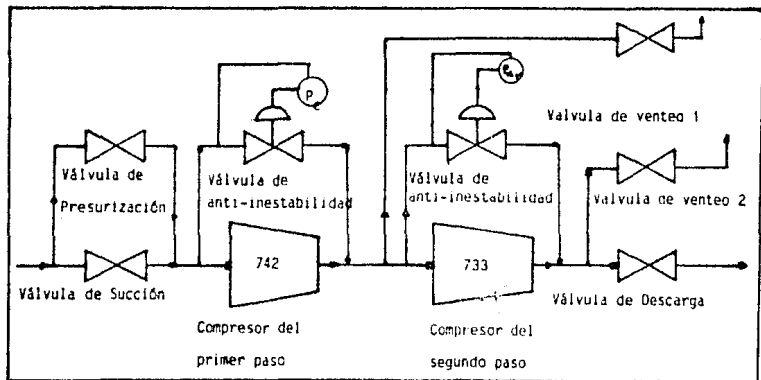
En el primer nivel se localizan los separadores de succión, interetapa y de descarga, así como las líneas del proceso. En el 2o. nivel se encuentran los turbocompresores de alta y baja presión, tablero de control (en campo) de interruptores y manómetros y un cuarto de control. En el tercer nivel se encuentran ubicados los enfriadores por aire de gas de proceso y aceite lubricante de los turbocompresores, los cuales emplean aire manejado por un ventilador accionado por motor eléctrico. Ver esquemas III.3.0 y III.3.1

En este trabajo solo se analizará el proceso del gas de alta presión, el cual una vez presente, en el cabezal de succión respectivo, fluye hacia el enfriador de gas del tipo soloaire, con objeto de reducir su temperatura, antes de entrar al 1er. paso de compresión, ya que al comprimirse dicho gas también incrementa su temperatura, lo que ocasionaría daños en las partes mecánicas, debido a las dilataciones térmicas de los diafragmas entre los impulsores lo cual amarraría al compresor, además de que una elevada temperatura incrementa la corrosividad, la oxidación, las posibilidades de explosión y reactividad del aceite lubricante del compresor.

Una vez enfriado el gas de proceso antes de entrar a la succión de la primera etapa de compresión, se lleva a cabo la condensación de algunos componentes de hidrocarburos gaseosos, por lo que los condensados producidos deben separarse de la corriente gaseosa, ya que romperían los impulsores del compresor por lo que se instaló un filtro-separador, del tipo coalescedor en el separador v-101 o de succión de alta presión primera etapa, para evitar la llegada de líquidos al compresor 742. El gas una vez libre de líquidos fluye a la succión del compresor de la primera etapa, donde su presión y temperatura es incrementada por efecto de la compresión. El gas-



Esquema de las líneas del gas de proceso
III.3.0



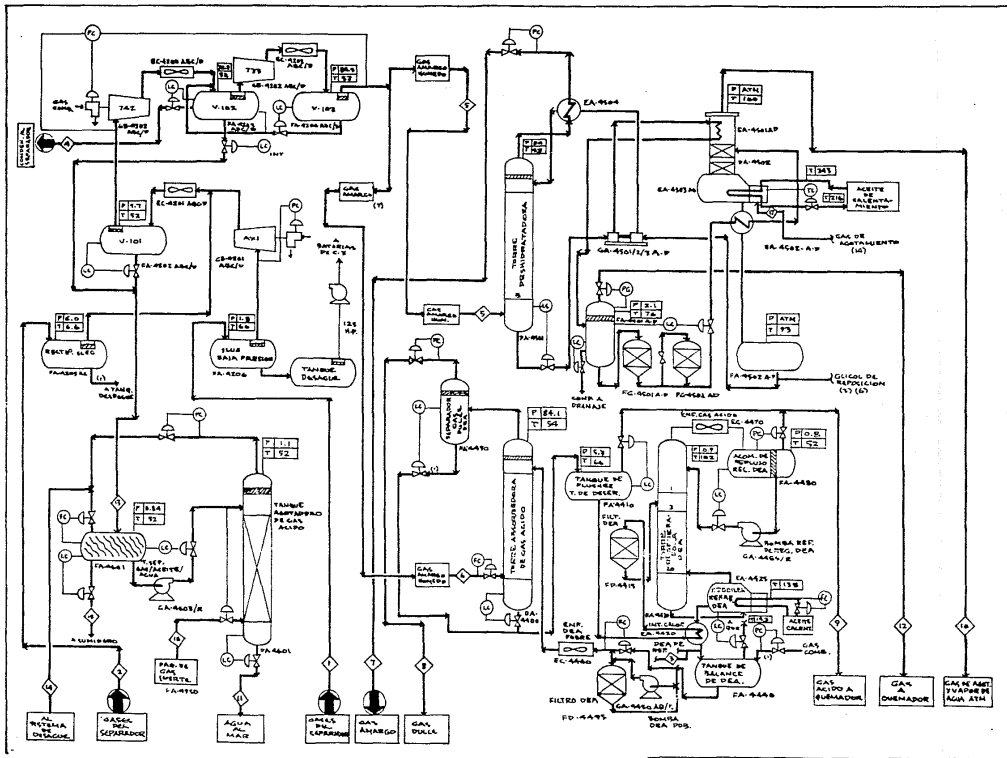
Esquema de las principales válvulas del proceso.
III.3.1

descargado por el compresor 742 de la 1a. etapa , con su presión y temperatura incrementados ,se dirige hacia el enfriador por aire, para abatir su temperatura por lo que produce condensados tanto de aguas aceitosas como -- de gasolinas ,las cuales deben de ser separados del flujo gaseoso que se -- procesa, en el separador que se ubica en el camino del gas de proceso, antes de entrar a la succión del compresor 733 o segunda parte de compresión para evitar los mismos perjuicios producidos como para los de la 1a. etapa de -- compresión antes mencionados. ,dicho separador de líquidos ,se llama interetapa o V-102.Otra vez el flujo gaseoso libre de líquidos, pasa a la succión -- del compresor 733 o 2a. etapa de compresión, donde igualmente su presión y temperatura se incrementen por el mismo efecto de la compresión, entonces al gas comprimido a alta presión y alta temperatura a los niveles dese-- dos excepto la temperatura que seguiría afectando al equipo como al proceso de endulzamiento del gas amargo, cuyo componente indeseado es el ácido -- sulfhídrico (H_2S) y su concentración llega en algunas ocasiones hasta -- 20,000 partes por millón , el mínimo de 1000 partes por millón.La cantidad -- nos indica la necesidad de desulfurar el gas de proceso para convertirlo -- en gas dulce con un máximo de 20 a p.p.m. y pueda ser utilizado como gas-combustible o gas de selio. Del total de gas comprimido se emplean 10MMSFD= por cada una de las tres endulzadoras usadas en la plataforma de compresión. Lo mencionado anteriormente es posible si se enfría el gas de proceso--descargado de la segunda etapa de compresión (Compresor 733) ,manteniendo -- la temperatura del gas de alta presión abajo de $10^{\circ}C$ de la temperatura de la amina empleada en la absorción del H_2S y entonces evitar la espumación -- del dietanol amina ,con la consecuente pérdida de la eficiencia en la desulfuración del gas de proceso. El gas de proceso comprimido a 80 kg/cm^2 y enfriado

do después de la descarga , a 60 °C por los enfriadores por aire ,produce - condensados en el flujo gaseoso, los cuales deben separarse de la corriente antes de fluir al cabezal de descarga,para lo cual se instalo un separador llamado de descarga o V-103 que atrapa a los liquidos y los drena al -- tanque de desfogue.El gas libre de liquidos sale por la parte lateral de es te separador hacia el cabezal de descarga de los módulos de compresión,donde se une a las otras corrientes procedentes de los otros módulos en operación.El flujo gaseoso en el cabezal de descarga se dirige hacia las plantas de tratamiento es decir a las plantas endulzadoras una parte del flujo (10- MMSCFD /endulzadora) ,el resto del flujo se descarga en la planta deshidratadora ,donde el agua es eliminada de la corriente gaseosa amarga de alta -- presión por dietilen glicol a contracorriente .El gas de proceso deshidra tado evita la corrosión de los gaseoductos que lo conducen hasta su destino en C.Pemex,via Nohoch y Atasta.

Como puede deducirse ,los módulos de compresión son solamente una parte integral de la plataforma de compresión ,la cual consta además de:-- 3 plantas endulzadoras ,una planta deshidratadora ,una planta eléctrica con 3 turbogeneradores, 2 hornos de aceite de calentamiento,los servicios auxiliares del primer nivel de la plataforma ,que incluye a los paquetes de: -- compresores de aire,separadores,tanques de desfogue, recipientes para reactivos y lubricantes,una planta de tratamiento de aguas aceitosas ,el cual -- nunca entro en operación y actualmente esta desmantelada, etc..Ver el siguiente diagrama III.4. que muestra el flujo del proceso e integración de plantas

Las plantas endulzadoras tienen como función ,la de eliminar los gases ácidos (H_2S Y CO_2) de una parte de la corriente gaseosa amarga descargada por los módulos de compresión ,para convertirla en gas dulce,a través de un proceso fisico/químico con dietanol amina a contracorriente en una torre de absorción .El gas de proceso sin gases ácidos ,se emplea como gas -



III.4. - DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO E INTEGRACION DE PLANTAS.

combustible para todas las máquinas de combustión interna como los turbo---
compresores, turbogeneradores de corriente eléctrica, turbo-bombas, horno de---
calentamiento. Ver diagrama de bloques de la plataforma de compresión. (III.5)

Planta deshidratadora tiene la función de eliminar la humedad al -
flujo de gas amargo descargado por los módulos (80 MMSCFD/módulo operando.)-
bajo el mismo principio pero con diferente reactivo ayudando a evitar la co
rrrosión en los correspondientes gasoductos.

Horno de aceite de calentamiento.- proporciona la carga térmica -
necesaria para las condiciones de operación de las plantas endulzadoras, -
deshidratadora de gas y planta potabilizadora.

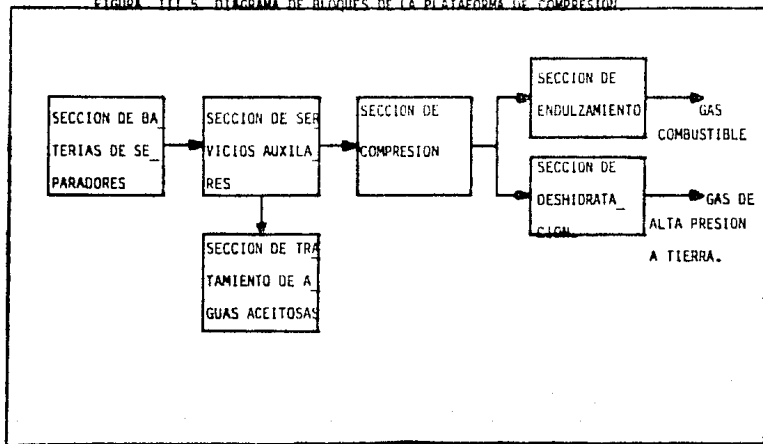
Plantas eléctricas.-Mediante turbogeneradores eléctricos generan -
la potencia o energía eléctrica indispensable en las plataformas.

SECCION DE COMPRESION .- Esta sección consta de 4 módulos de compresión, de
los que 3 operan normalmente ,mientras el cuarto permanece de relevo.

Recepción de gas e instrumentación.- se reciben dos corrientes de
gas a diferentes niveles de presión, procedentes de las plataformas de produc
ción .La corriente de baja presión $713.1 \text{ Mm}^3 \text{ SPD}$ a 1.8 kg/cm^2 y $60 \text{ }^\circ\text{C}$, se re
cibe a través del puente de tuberías mediante una línea de 18". A su llegada
a la planta, se dispone de la válvula de corte SDV-4203, que puede ser accionada
manualmente por medio de botones o mediante el sistema de paro S/D en forma
automática. Se tiene además , el indicador de presión a tablero, PI-4203, las -
alarmas por alta y baja presión PAH-4203 A y PAL-4203 A, y los interruptores
por estas mismas condiciones PSH-4203 y PSL-4203, que envían su señal al --
S/D.

Las alarmas están ajustadas a 2.1 y 1.05 Kg/cm^2 respec-

FIGURA III.5. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PLATAFORMA DE COMPRESION.



tivamente y los interruptores a 2.8 y 0.7 kg/cm².

Esta corriente se alimenta al rectificador de baja presión, FA-4206, donde se separan los líquidos arrastrados. El recipiente cuenta con el indicador de nivel a tablero LI-4204-AX, con el LC-4204-AX en tablero y con las alarmas por bajo y muy alto nivel, LAL-4216 y LAHH-4211. Asimismo, se dispone del interruptor por alto nivel LSH-4211 X, que acciona la válvula LV-4211 X, la cuál permite desalojar los líquidos acumulados en el tanque, enviándolos al cabezal de desfogue de baja, tal como lo hace la LV-4204 accionada por el LC-4204.

El gas, libre de arrastres, pasa al cabezal de succión de los compresores de baja presión, (Axis) GB-4201 X A/D previa inyección de inhibidor de corrosión. Antes se tiene instalada la válvula PV-4210, accionada por el PIC-4210, que envía al desfogue cualquier exceso de presión que pudiera presentarse en el FA-4206. Es importante notar que ésta válvula sólo tiene capacidad para desfogar el flujo de gas manejado por una sola máquina. Asimismo, se dispone del FR-4203 que permite contabilizar la cantidad de gas de baja presión alimentada a la plataforma.

La corriente de alta presión, 6417.7 Mm³SD a 6.0 kg/cm² y 60°C, se recibe por puente de tuberías, mediante una línea de 36". A su llegada, se cuenta con la válvula de corte SDV-4202, que puede ser accionada manualmente por medio de botones, o en forma automática mediante el S/D. Se tiene además el indicador de presión a tablero PI-4202, las alarmas por alta y baja presión, PAH-4202 A y PAL-4202 A, y los interruptores por las mismas condiciones, PSH-4202 y PSL-4202, que envían su señal a al S/D.

Las alarmas están ajustadas a 6.3 y 3.5 kg/cm² y los interruptores a 7.0 y 2.8 kg/cm² respectivamente.

Esta corriente se alimenta en paralelo a tres rectificadores, FA-4205. A, B, C, donde se retienen los líquidos arrastrados por el gas. Estos recipientes cuentan con la siguiente instrumentación.

<u>FA-4205-A</u>	<u>FA-4205-B</u>	<u>FA-4205-C</u>
LI-4201	LI-4202	LI-4203
LAL-4213	LAL-4214	LAL-4215
LAHH-4205	LAHH-4207	LAHH-4209
LASH-4205 X	LAH-4207 X	LSH-4209 X
LV-4205 X	LV-4207 X	LV-4209 X
LC-4201 X	LC-4202 X	LC-4203 X
LV-4201	LV-4202	LV-4203

Las válvulas de los rectificadores FA-4205 A-B y C enviarán los líquidos acumulados al tanque de desfoque de alta, mientras que las del FA-4206, al de desfoque de baja.

La corriente de gas de cada separador se une en un sólo cabezal, que constituye la succión de los compresores de alta presión GB-4202 X y GB-4203.X, A/D. Sobre el cabezal, se tiene la válvula PV-4204, accionada por el PIC-4204, que absorbe las variaciones que pudieran presentarse en el flujo de gas a los compresores, enviando el exceso de presión al desfoque. Asimismo, se dispone del FR-4202 que permite registrar el flujo de gas alimentado a los compresores de alta presión.

Del cabezal de succión, el cuál cuenta con una inyección de inhibidor de corrosión, se derivan también dos líneas. La primera, de 12 pulg, constituye la succión del compresor de arranque, mientras que la segunda, de 4 pulg., proporciona gas a la red de gas combustible durante el arranque.

Como se mencionó en páginas anteriores, el sistema de compresión consta de cuatro módulos, de los que sólo se describirá uno de ellos, entendiéndose que los restantes son exactamente iguales. El gas procedente del FA-4206 alimenta al compresor de baja presión GB-4201 X a 1.8 Kg/cm^2 y 60°C . En la succión de la máquina se tienen los siguientes instrumentos: válvula SV-101 X accionada por el sistema de operación del compresor; los indicadores locales PI-101 X, TI-101 X y PdI-102 X; los indicadores en el tablero de la máquina FR-101 X, PR-101 X, PAR-101 X, y el PIC-102 X, que controla la presión de succión mediante variaciones en la velocidad de la turbina del compresor. En adición, se tienen los siguientes instrumentos en el cuarto de control de la plataforma: FI-4211, PI-4211 y TI-4112.

En la línea de succión se injerta una corriente de gas procedente de la succión de la primera etapa del GB-4202 X, controlada por la PCV-110 X, que permite mantener una presión constante en la entrada del GB-4201 X Turbo compresor AXi. La máquina descarga el gas a 5.7 Kg/cm^2 , el que a continuación se une a la corriente de succión del GB-4202 X (compresor 742). La línea de descarga cuenta con los siguientes instrumentos: los indicadores locales PI-102 X y TI-102 X; el indicador a cuarto de control de la plataforma TI-4212; la válvula de venteo al desfogue VV-106 y la válvula de bloqueo DV-108 X ambas accionadas por el sistema de operación de la máquina.

Para la compresión del gas de descarga del GB-4201 X y del proveniente de los rectificadores de alta presión, se dispone de dos compresores en serie (742 y 733), GB-4202 X y GB-4203 X, que constituyen la primera y segunda etapa

de compresión, respectivamente. Ambas máquinas son accionadas por la misma turbina.

El gas de alta presión se recibe en los límites del módulo a 6.0 Kg/cm^2 y 66°C . La línea de alimentación cuenta con la siguiente instrumentación: la válvula de bloqueo SV-102 X y la válvula de presurización o presionamiento LV-103 X que permite alimentar un flujo pequeño de gas para presionar ambas máquinas durante el arranque (las dos válvulas son accionadas por el sistemas de operación de los compresores); los indicadores TI-103 X y PI-103 X; el controlador a tablero del módulo, PIC-103 X, que forma parte del control de velocidad de la máquina, y la alarma por alta presión PAH-105 X. A la corriente descrita, se le une la procedente de la descarga del GB-4201 X (Axi), y ya integradas en una sola, pasan al enfriador tipo soloaire EC-4201 X, donde se abate la temperatura hasta tener 52°C a la salida del mismo. Esta temperatura se controla mediante el TIC-101, que posiciona las persianas del enfriador, permitiendo variar el flujo de aire a través de los tubos. En la línea de salida del EC-4201 X se tienen los indicadores locales TI-105 y PI-104, además de un sistema de desfogue manejados por la VV-113 X (válvula de venteo atmosférico No. 1) utilizada sólo para ventear a la atmósfera después de haber sido venteado el módulo al cabezal de desfogue. A esta corriente se le une la procedente de la succión del GB-4203 X (compresor 733), que constituye el control de estabilidad del GB-4202 X. Este flujo es controlado por la FVC-15 (válvula de recirculación "1" o de antisurge # 1) X que recibe señal del sistema de "antisurge" de la máquina. Dicho sistema relaciona la diferencia de presión y el flujo a través del compresor, para evitar que se opere en la región de inestabilidad, situación que se debe evitar ya que puede causar daños graves a la máquina. Además de la corriente de "antisurge", se recibe otra más en la línea de salida del EC-4201 X; constituida por el retorno de gas de calentamiento procedente del sobrecalentador de gas combusti=

calentamiento procedente del sobrecalentador de gas combustible. (Intercambiador de calor gas/gas)

Todas las corrientes mencionadas, integradas en una sola alimentan al tanque de succión del compresor de alta presión (separador V-101 (o de succión), primera etapa, el FA-4202 X, tipo filtro coalescedor. Este recipiente opera a 5.7 Kg/cm^2 y 52°C . Se encuentra dividido en dos secciones separadas por elementos filtrantes tipo cartucho. Con el fin de supervisar el grado de ensuciamiento de los filtros, se cuenta con el indicador local PDI-101 X. Cada cámara dispone de su propio control de nivel del agua separada el LC-101 AX y el LC-101 BX, que la envían al sistema de tratamiento de agua aceitosa. Se dispone en adición, de las alarmas por alto nivel LAH-101 AX y LAH-101 BX.

El gas, prácticamente libre de líquidos, sale del separador hacia la succión del GB-4202 X (742), derivándose una pequeña corriente hacia el GB-4201 X (Axi), para control de la presión de succión de dicha máquina, como se mencionó renglones atrás. Sobre la alimentación al GB-4202 X se tiene la siguiente instrumentación: la alarma por baja presión PAL-106 X con señal repetida en el cuarto de control de la plataforma, mismo en el que se tiene también el FI-4213, TI-4216 y el PI-4213; el indicador local TJ-106 X; el indicador de tablero de la máquina PI-106 X; el FE-151 X y el PDI-103 X, ambos locales.

El GB-4202 X (Comp. 742) eleva la presión del gas hasta 32.7 Kg/cm^2 con una temperatura de descarga de 180°C . Sobre ésta línea se cuenta, a tablero del compresor, con el PI-107 X y la alarma TAH-103 X; con el indicador local TI-107 X, con el indicador a tablero de la plataforma TI-4204, y con la válvula de venteo VV-107 (válvula de venteo

al Quemador # 1) accionada por el sistema de operación de la máquina, que descarga a desfogue de baja. Por otra parte, se tiene una derivación que suministra gas de calentamiento al sobrecalentador de gas combustible. (Intercambiador de calor gas/gas).

La corriente principal de la descarga del GB-4202 se enfría mediante el EC-4202 X, tipo soloaire que abate la temperatura de ésta hasta 52°C. La temperatura se controla por medio del TIC 102 X que posiciona las persianas del enfriador, variando el flujo de aire a través de la cama de tubos. Sobre la línea de salida del enfriador se tienen los indicadores locales TI-108 X y PI-105 X, además del sistema de desfogue atmosférico por VV-III X (Válvula de venteo atmosférico # 2). Asimismo, a esta corriente se le une la del control de "antisurge" del GB-4203 X (733) y la línea de líquido procedente del FA-4204 X (separador de descarga). A continuación, la mezcla gas-líquido resultante, entra al tanque de succión del compresor de alta presión segunda etapa (separación V-102 o interetapa) el FA-4203 X, que separa los líquidos asociados en el gas. El recipiente opera a 32.2 Kg/cm² y 52°C, y separa el agua de los hidrocarburos.

La primera se envía al cabezal de agua aceitosa mediante el LC-102 AX, mientras que los hidrocarburos se envían al sistema de aceite recuperado por medio del LC-102 BX. En adición, se cuenta con las alarmas por alto y bajo nivel, LAH-102 AX, LALL-102 AX y LAH-102 BX, respectivamente. Asimismo, se tiene el indicador LI-4211 en tablero principal de la plataforma, que toma señal del LC-102 AX.

El gas separado en el FA-4203 X (separador V-102) se envía a la succión del compresor de alta presión segunda etapa, GB-4203 X (Comp. 733). Sobre ésta línea se tiene

la siguiente instrumentación: los indicadores a tablero de la plataforma FI-4214 y PI-4214; el indicador a tablero de la máquina PI-108 X; los indicadores locales TI-109 X y PDI-104 X, y el transmisor FT-152 que forma parte del control de "antisurge" del GB-4203 X. Asimismo, de ésta línea se deriva la corriente de recirculación para el "antisurge" del GB-4203 X, regulada por la FCV-152 X (válvula de recirculación # 2). El B-4203 X eleva la presión del gas hasta 80 Kg/cm^2 con 131°C . En la descarga de ésta máquina se encuentran instalados los siguientes instrumentos: los indicadores a tablero de la máquina PI-105 X y TAH-104 X; el indicador a tablero principal de la plataforma TI-4215, y el indicador local TI-110 X.

El gas, a las condiciones de descarga de la máquina, se enfría hasta 52°C mediante el enfriador EC-4203 X, tipo soloaire. La temperatura de salida de éste equipo se controla por medio del TIC-103 X que regula el paso del aire a través de la cama de tubos, manipulando las persianas del enfriador. Esta línea de salida del enfriador cuenta con la válvula de desfogue VV-112 X (válvula de venteo atmosférico # 3), utilizada para ventear el compresor a la atmósfera, a un lugar elevado y seguro, después de haber sido venteadado al cabezal de desfogue. A continuación, el gas del enfriador entra al separador de gas amargo húmedo, FA-4204 X (separador V-103 o de descarga), donde se separan los líquidos formados como resultado del enfriamiento experimentado por el gas. El recipiente opera a 80.4 Kg/cm^2 y 52°C . Los líquidos retenidos se envían al FA-4203 X a control de nivel mediante el LC-103 X. Se dispone además, en este tanque, de la alarma por alto nivel LAH-103 X. El gas, libre de líquidos, abandona el FA-4204 X para integrarse finalmente al cabezal de descarga, que reúne las corrientes procedentes de los módulos restantes. Previo a esto, se deriva la corriente de "antisurge" del

GB-4203 X, regulada por la FCV-152 X.

En la descarga del FA-4204 X se dispone de la siguiente instrumentación; los indicadores locales PI-106 X y TI-112 X; el indicador a tablero de la máquina, PIC-103 X, que se encarga de controlar la velocidad de la turbina, el FR-109 X, PR-105 XR y TR-105 X; los indicadores a tablero principal de la plataforma TI-4213 y FI-4212. Asimismo, se encuentran instaladas en la descarga del módulo la válvula de bloqueo DV-104 X y la válvula de venteo VV-105 X, ambas accionadas por el sistema de operación del módulo. Válvulas de descarga y venteo al quemador No. 2.

III.1. FILOSOFIA DE OPERACION

La Filosofía de Operación de un sistema de compresión está basada en el proceso de compresión, sus parámetros, (o sean las condiciones de operación) y sus controles.

Para una buena práctica operativa es indispensable la experiencia y conocimiento del proceso y del comportamiento y/o funcionamiento del equipo de compresión así como las características del fluido a manejar. Al comprender lo que significa un compresor y lo que éste haga a la corriente gaseosa durante su proceso, se establecen las relaciones entre los controles de la operación y las variables de operación más importantes, a través de un microprocesador que rige la operación automáticamente a control remoto, al registrar señales eléctricas, neumáticas, etc., y compararlas con los puntos de ajuste para regularlas y evitar funcionamientos erróneos y condiciones anormales (peligrosas). El microprocesador o microcomputadora es parte del sistema de secuencias programable que gobierna la operación en su totalidad, donde se procesan señales del proceso: flujo del gas de proceso y sus presiones de succión y descarga, sus temperaturas de succión y descarga, niveles de condensados (también temperaturas y presiones de lubricantes, sellos, aire de admisión, aire de instrumentos) temperatura y velocidades de la máquina, etc.

Físico-químicamente el proceso cambia de acuerdo a las diferentes características de los sistemas termodinámicos existentes y por ende cambia la operación de los compresores, que experimentan un proceso en particular. Así la compresión Adiabática o Isoentrópica se efectúa sobre un gas cuando con dicho sistema no se efectúa transferencia de calor con los alrededores (a calor constante no obstante hay un incremento de la temperatura del gas por efecto de la compre-

sión). Lo contrario es la compresión politrópica, donde el intercambio de calor es gobernado por las leyes de la transferencia aplicadas a las propiedades del material que inter venga en la transferencia de energía, así como la forma y el área del mismo.

La compresión Isotérmica se considera un caso especial de la compresión politrópica con la característica que el intercambio de calor con los alrededores es tal que el gas se mantiene a temperatura constante durante la compresión.

El sistema de enfriamiento interetapas de compresión de acuerdo a la temperatura de descarga en cada paso, estaría sujeto desde el principio al criterio de diseño y como consecuencia a un cambio operacional.

Como podrá pensarse en la operación, es de importancia fundamental el conocimiento de la forma en que se comportan los distintos tipos de equipo de compresión que se usan en la industria, y la forma mas conveniente que se usa para ilustrar esto es por medio de gráficas en que se muestran los parámetros de mayor importancia en la operación unitaria de compresión es sumamente importante.

No obstante que normalmente los fabricantes de compresores suministran en forma gráfica, las características de operación de sus equipos, para el Ingeniero de proceso, el poder predecir en un momento dado la forma en que se podrá comportar el equipo al cambiar alguno de los parámetros de diseño original.

Lo anterior tendría una solución fácil en caso de que el fabricante suministrara gráficas de comportamiento de su equipo para otras condiciones que no fueran las de di-

seño, lógicamente esto no es posible dada la infinidad de posibles variaciones que podrían tener las condiciones de operación.

Con fundamento en lo antes dicho, toca al Ingeniero de proceso la estimación de la forma en que podrá comportarse un equipo existente en caso de tenerse nuevas condiciones de operación, para esto solo contara en principio con la información del fabricante a las condiciones de diseño original.

Definitivamente, los tipos de compresor mas usados en la industria, son el tipo reciprocante y el tipo centrifugo.

Al surgir la necesidad de efectuarse un cambio en alguna de las condiciones de proceso, en principio deberá considerarse si la construcción de la máquina en cuanto a esfuerzo mecánico permitido y a materiales de construcción permite la aplicación del equipo para las nuevas condiciones a que se pretende operar.

En caso de llegar a la conclusión de que el equipo es apto para tal efecto, el paso siguiente es la determinación con la exactitud posible de las nuevas condiciones que el compresor nos dará a la descarga y de las nuevas necesidades en aumento a potencia y servicios, originadas.

Así que la primera diferencia en cuanto a comportamiento entre los dos tipos de compresor mencionados, es que dada la forma particular que cada uno tiene para inferir un aumento de presión al gas manejado, normalmente se considera al de tipo centrifugo como de capacidad variable, siendo dicha capacidad, dependiente de la cabeza exigida por el proceso, en tanto que el tipo de desplazamiento positivo puede consi-

derarse de capacidad constante y de cabeza disponible variable según sea la necesidad en el proceso. Por lo tanto, lo anterior podrá ser válido siempre y cuando se opere dentro del rango de diseño de la máquina en particular.

Lo anterior se ilustra por medio de la gráfica siguiente:

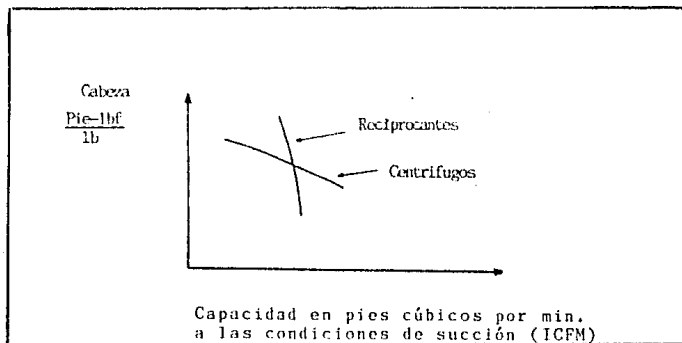


Fig. III.1.1

Primeramente, analicemos el comportamiento básico de un compresor centrífugo, tomando como punto de partida dos principios, primero, que la cabeza desarrollada es función de la capacidad manejada y segundo las leyes o principios de los sopladores.

Como puede verse en la gráfica III.1.1, normalmente se acostumbra indicar el volumen manejado en pies cúbicos a la entrada del compresor (ICFM), no se acostumbra usar unidades de volumen en condiciones estandar, ya que un cambio en la presión de entrada, temperatura de entrada, peso mole-

cular o en el factor de compresibilidad no nos representaría un cambio proporcional en el volumen de entrada en el caso de que este fuera expresado en unidades de volumen en condiciones estandar, lo cual si ocurre en el caso de estar expresado dicho volumen a las condiciones de succión del compresor.

Por lo que a cabeza se refiere, en esta discusión siempre que se haga referencia a la misma, se estará hablando de cabeza politrópica (Pie-lb./lb).

Lo que normalmente puede esperarse de un compresor centrífugo en cuanto a cabeza y capacidad se ilustra perfectamente por la gráfica siguiente, en dicha gráfica se tiene también curva de eficiencia politrópica.

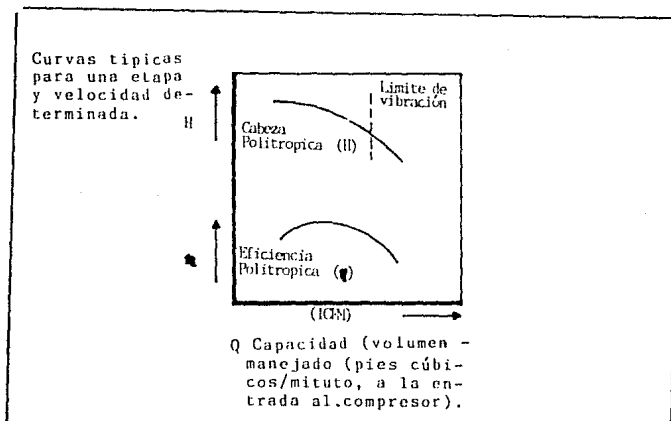


Fig. III.1. 2

Puede verse también que existe un límite en cuanto a capacidad dependiendo del diseño propio del compresor, y que por lo tanto podemos operar nuestro equipo bajo distintas condiciones pero sin rebasar el límite mencionado.

Tomando como base la gráfica anterior, los fabricantes generalmente elaboran la gráfica que se muestra en seguida y que como puede verse, los datos contenidos en esta gráfica son de tal importancia, que en la mayoría de los casos en que el usuario solicita información de este tipo al fabricante del equipo, éste suministra una gráfica similar a la mostrada.

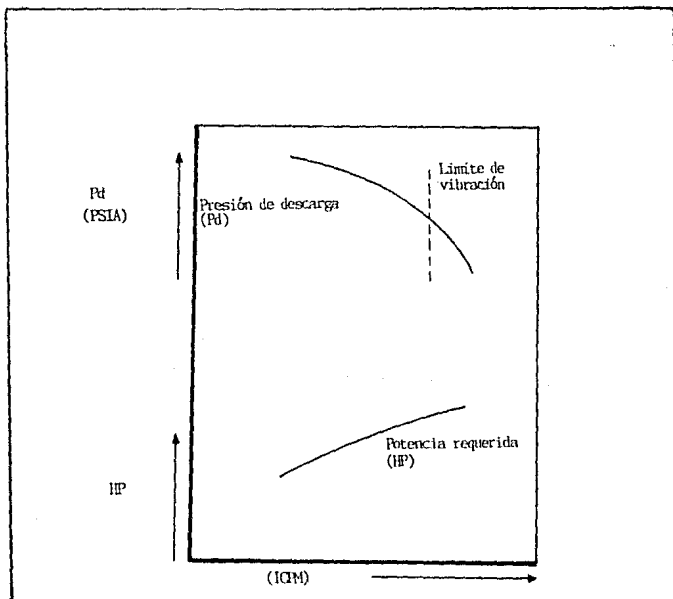


Fig. III.1.3

Obviamente las figuras antes mostradas, son elaboradas para cada diseño de equipo particular, es decir que la presión de descarga y la cabeza mostrada, son válidas para una presión y temperatura de succión de diseño, así como para una K, peso molecular y una velocidad de diseño.

Una vez dicho lo anterior, la pregunta que se antoja obvia es: que es lo que sucede o que debe esperarse si alguna de las condiciones iniciales de diseño cambia. Para tratar de dar una explicación adecuada a la pregunta anterior, comencemos por entender que es lo que sucede si cambia el valor del peso molecular (M.W.).

Apoyándonos en nuestra premisa original de que la cabeza es función de el flujo, o dicho de otra forma que para un flujo determinado la cabeza permanece constante, podemos establecer una igualdad de dos ecuaciones para cabeza politrópica conteniendo en cada una el peso molecular original de diseño y el nuevo, por ejemplo: Tomemos una de las ecuaciones simples para cálculo de cabeza politrópica:

$$a) H = ZRT_1 \frac{n}{n-1} (P_2/P_1)^{\frac{n-1}{n}} - 1$$

En donde $R = \frac{\text{Constante}}{\text{M.W.}}$, $K = \text{Relación de calores específicos} = C_p/C_v$

Z = Factor de compresibilidad

R = Constante de Edo. gaseoso

P = Presión

n = Coeficiente politrópico

H = Cabeza Politrópica.

Aplicando la anterior ecuación a las condiciones de diseño original y a las nuevas condiciones, reorganizando e igualando obtenemos.

$$\frac{1}{(\text{M.W.})_1} \frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{(\text{M.W.})_2} \frac{P_2}{P_1}$$

-1 -1

De aquí se desprende que una consecuencia del cambio del peso molecular, es un cambio en la presión de descarga si la cabeza se mantiene constante. Lo anterior es fácil de ver la izquierda la P_2 es conocida de la gráfica antes mostrada (de diseño original), la cual esta basada en $(\text{M.W.})_1$, en tanto que P_1 y n es el mismo en ambos miembros de la ecuación, y $(\text{M.W.})_2$ es el nuevo valor de peso molecular.

Enseguida se tiene la ilustración del efecto en la presión de descarga por cambio en el peso molecular, manteniendo la cabeza constante,

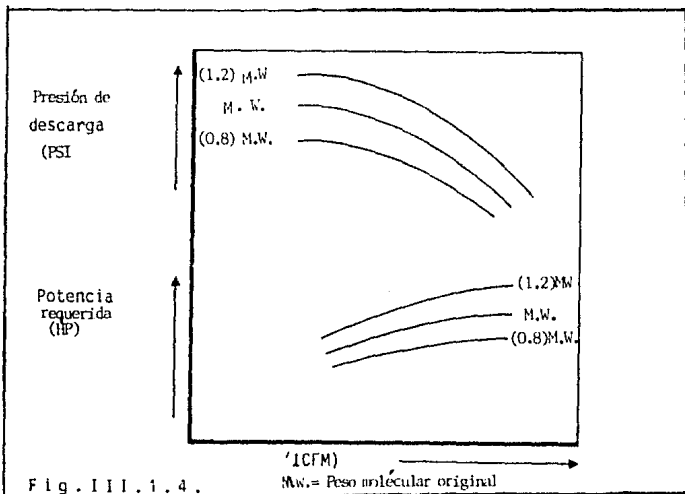


Fig. III.1.4.

Sin embargo el resultado anterior nos indica que si la cabeza se mantuvo constante y varió la presión de descarga al variar el peso molecular, también debe de haber cambiado el valor de cantidad de energía entregada al gas y por tanto al compresor mismo (BHP). A fin de obtener cuantitativamente dicho cambio usemos alguna de las ecuaciones clásicas:

$$b) \quad R = \frac{\text{Constante}}{M.W}$$

$$c) \quad \text{GHP} = \frac{W \times H}{\text{Constante} \times \eta}$$

$$d) \quad Q = \frac{Z R T_1}{\text{Constante} P_1} \cdot W$$

En donde:

- GHP = Energía entregada al gas
- W = Flujo total (masa/tiempo)
- H = Cabeza
- η = Eficiencia.

T = Temperatura

Q = Flujo volumétrico (vol./tiempo)

Sustituyendo las ecuaciones (b) y (c) en la (d) y aplicando los mismos principios que en el caso anterior se puede llegar a lo siguiente:

$$\frac{(GHP)_1}{(M.W.)_1} = \frac{(GHP)_2}{(M.W.)_2}$$

Lo cual confirma lo antes supuesto, esto es que el cambio en el peso molecular originó también un cambio en la energía requerida a fin de mantener la misma cabeza desarrollada por el compresor. La gráfica anterior ilustra también el cambio en los BHP requeridos por el compresor al cambiar el peso molecular.

Continuando con la discusión sobre las consecuencias que acarrea el cambio en el peso molecular del gas de proceso, debemos analizar que es lo que ocurre con la temperatura de succión, si observamos las ecuaciones (a) y (d) antes mencionadas, podremos ver que el factor RT_1 aparece en ambas, motivo por el cual es de pensarse que el efecto que pueda tener en el comportamiento de un compresor esta íntimamente ligado a dicho factor y por ende al M.W. del cual depende el valor de R.

En este punto todos los autores coinciden y una de las formas propuestas para calcular la temperatura de succión requerida al existir un cambio en el peso molecular, manteniendo la cabeza constante, deriva de la observación antes hecha, de la forma siguiente:

$$\frac{T_1}{MW_1 \times A} = \frac{1}{MW_1} \times \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{MW_1}$$

$$\text{Siendo por tanto } T_1' = \frac{T_1}{A}$$

En donde:

T_1 = Temperatura absoluta de succión correspondiente a MW_1

T_1' = Temperatura absoluta de succión correspondiente a MW_2

MW_1 = Peso molecular de diseño

MW_2 = Peso molecular nuevo.

$$A = MW_2/MW_1$$

Por lo tanto las líneas mostradas en la figura anterior, nos representan el comportamiento de un compresor centrífugo para diferentes temperaturas de succión y peso molecular.

Nótese una vez mas que hasta aquí las consideraciones hechas son válidas únicamente para el caso de que el compresor este accionado por un motor de velocidad constante.

El caso contrario, es decir en el que se cuenta con un accionamiento de velocidad variable, (aún cuando es el más deseable en cuanto a operación, es el menos usual por las razones anteriormente explicadas), nos pone en la necesidad de tratar de predecir el comportamiento del equipo de compresión, a diferentes velocidades de operación, y la forma más convincente de que se dispone, la constituyen las leyes de los sopladores o de afinidad anteriormente mencionadas, y que aquí se muestran para una rápida referencia:

$$d) \frac{N_1}{N_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$e) \frac{N_1^2}{N_2^2} = \frac{H_1}{H_2}$$

$$f) \frac{N_1^3}{N_2^3} = \frac{GHP_1}{GHP_2}$$

En donde:

- N = Velocidad (RPM)
- Q = Cap. Vol (ICFM)
- H = Cabeza (Pie lb/lb)
- GHP= Potencia transmitida al gas.

Al respecto de estas leyes, podemos decir dos cosas fundamentales, primera; son aplicables solo en caso de operación con velocidad variable, y segunda: que la predicción de la variable calculada, está basada en el valor de dicha variable a una velocidad determinada.

En base a las ecuaciones (d) y (e), así como a los datos mostrados en el diagrama II.1.2 que se muestra al principio de la discusión establecida en este sentido para este tipo de compresores, es posible la construcción de un diagrama como el que enseguida se muestra:

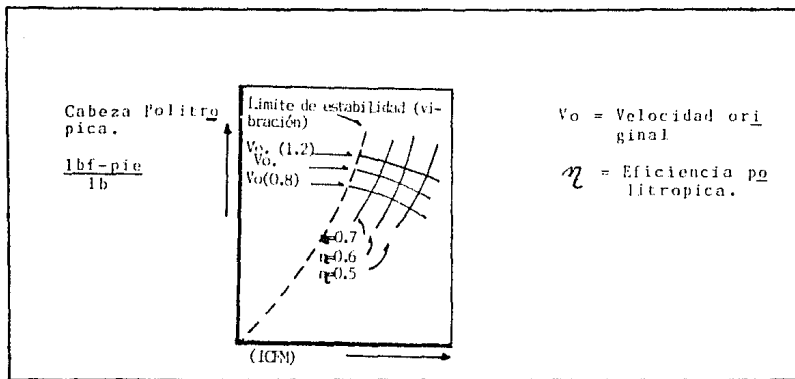


Fig. III.1.5.

La forma en que se obtiene este diagrama, involucra el hecho de considerar que para puntos de operación equivalentes, la eficiencia es la misma, entendiéndose como puntos de operación equivalentes, los incluidos en las líneas $Q/N = \text{cte}$.

Por otra parte substituyendo la ecuación (a) para cabeza politrópica, en la (e), rearrreglando podemos obtener:

$$\frac{1}{N_1^2} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \left[\frac{1}{N_2^2} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

Haciendo uso de esta ecuación, considerando que el miembro de la izquierda nos representa las condiciones para la velocidad original y el de la derecha las condiciones para una nueva velocidad, junto con la información contenida en el diagrama III.1.3. antes mostrado, puede obtener el diagrama

siguiente:

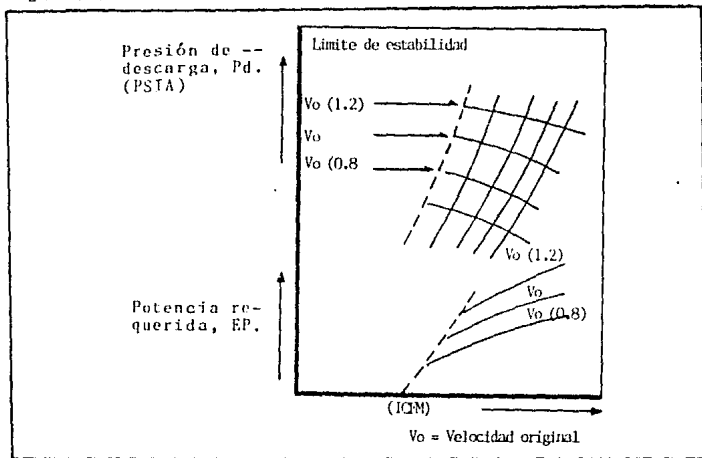


Fig. III.1.6

Lo anterior es posible ya que las velocidades de operación N_1 y N_2 , el valor $\frac{n-1}{n}$ y la presión inicial P_1 son conocidas, en tanto que la presión de descarga P_2 correspondiente a la velocidad de operación N_1 , es obtenida a partir de la gráfica III.1.3, contando con el dato de Q_1 a dicha velocidad. Al substituir los datos anteriores en la ecuación encontrada antes, solo nos queda como incógnita la presión de descarga P_2 correspondiente a la velocidad de operación N_2 .

Por otra parte el valor del gasto Q_2 correspondiente a la velocidad de operación N_2 es obtenido de la ecuación

(d), asimismo el valor de potencia al freno BHP para dicha velocidad lo obtenemos de la ecuación (f) considerando un valor determinado de pérdida de energía: $BHP = GHP + \text{pérdidas}$.

El hecho de que las anteriores ideas expuestas en esta parte del trabajo presente, son aplicables al trabajo de compresión desarrollado en una sola etapa, y que en el caso de tenerse varias etapas, se deberá tomar en consideración situaciones como pueden ser la extracción o adición de una corriente de gas entre dichas etapas, o bien la existencia de intercambiadores de calor entre etapas con objeto de enfriar la corriente de proceso, así como la caída de presión originada por las restricciones tenidas entre etapa y etapa.

III.2

CONTROL DE COMPRESORES CENTRIFUGOS

La operación de cualquier equipo exige un control en su funcionamiento de manera automática, segura, continua, y duradera a fin de prolongar al vida útil de sus partes constitutivas, eliminar perdidas de energía y obtener los efectos deseados a la corriente gaseosa en virtud al incremento en la energía cinética que le infiere a dicha corriente por medio de un impulsor. Es lógico pensar que si en primera instancia se requiere cambiar la presión de descarga de la corriente, es necesario cambiar el incremento en la energía cinética, esto se logrará obviamente modificando la velocidad de impulsor. (caso compresores centrifugos).

El tipo de control que ha de usarse depende del tipo de compresor a que a de aplicarse y de las condiciones de operación a que estara sometido.

Los compresores centrifugos al igual que les sopladores siguen en su comportamiento los principios denominados "leyes de afinidad o de los sopladores", y pueden resumirse de la forma siguiente:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{H_1}{H_2}$$

En donde: N= Velocidad
Q= Capacidad Vol.
H= Cabeza.

Efectivamente, un cambio en la velocidad de giro del impulsor traera como consecuencia inmediata un cambio en la capacidad y cabeza desarrollada, lógicamente se deba tener cuidado con el cambio originado en la temperatura y con

los márgenes de operación indicados por el fabricante del compresor.

De aquí se desprende la gran ventaja que significa el tener accionamientos de velocidad variable, siendo los más usados turbinas de gas o vapor, cuyo control de velocidad esta constituido por un operador de ajuste del gobernador de velocidad, actuado eléctrica o neumáticamente por medio de un control automático cuyo elemento primario de medición detecta la variable de control directamente en la salida del compresor. El otro tipo de accionamiento conocido es el motor eléctrico, este elemento en principio opera a velocidad constante, sin embargo existen diseños que por medio de cambios en la frecuencia de la corriente eléctrica de alimentación (control electrónico) es posible efectuar un cambio en la velocidad de giro de la flecha, otro tipo de diseño ofrece un control de velocidad dentro de ciertos márgenes por medio de la variación de la corriente alimentada (control por reostato), estos tipos de accionamiento, dada su naturaleza no son deseables en procesos químicos en donde casi siempre, el área de operación esta clasificada como peligrosa. Otra posible opción en cuanto a control de velocidad en motores eléctricos se refiere, lo constituye el uso de cajas de engranes y embragues que tienen sin embargo la desventaja de operar con características de elevada ineficiencia, lo cual los hace no recomendables en la industria química en donde los costos de operación son sumamente importantes.

No obstante lo antes dicho, el tipo de accionamiento más usado es el motor eléctrico de velocidad constante, lo cual ha dado origen a tres tipos básicos de control de compresores centrifugos con objeto de su correcta operación.

1).- Control por cambio del ángulo de incidencia de la corriente gaseosa al impulsor. Lo anterior es la forma más eficiente de cambiar las características de flujo a diferentes requerimientos de cabeza, y se logra por medio de un mecanismo consistente de varias hojas estacionarias a la succión de la primera etapa, dichas hojas cambian su posición ya sea por medio de control automático o manual.

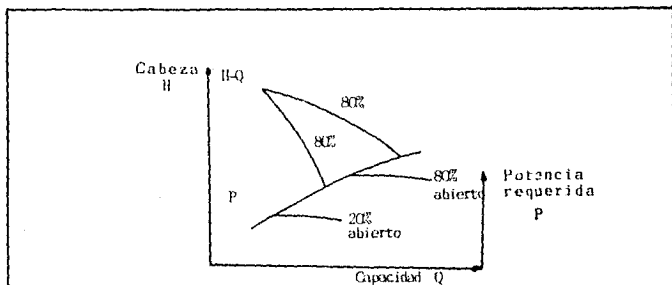


Fig. 111.1.7

2).- Control por medio de la restricción de la corriente en la succión. Este tipo de control se basa en el hecho de que siendo la presión de descarga constante, una disminución de la presión en la succión, traera como consecuencia un aumento de la cabeza total, de esta forma el resultado neto de lo anterior es que al restringirse la corriente de succión, se obtenga a un flujo menor, una cabeza mayor.

3).- Control por medio de la restricción de la corriente en la descarga. Al restringirse la corriente de proceso en la descarga del compresor, se origina una elevación del valor de cabeza desarrollada, dicho excedente de cabeza es eliminado por medio de una válvula antes de que dicha corriente pase al equipo de proceso siguiente, con esto puede

obtenerse una diferencial de presión menor y un flujo volumétrico también menor.

Como podra pensarse, de los tres métodos básicos antes citados, el menos eficiente en cuanto a costos de operación se refiere, es el método (3), sin embargo dada su simplicidad es justificable su uso en equipos chicos; en tanto que sin duda el más eficiente en el mismo aspecto es el método (1), sin embargo siendo un mecanismo de control mas complejo, puede originar costos de mantenimiento enormes. En todos los casos es necesario un análisis adecuado para decidir el tipo de control mas adecuado que ha de usarse, para lo cual no hay que olvidar que puede obtenerse información al respecto, de los fabricantes de cada equipo en particular.

Por otra parte, como puede verse, los tres tipos de control basan su funcionamiento modificando de una u otra forma de flujo capacitado, sin embargo a una determinada velocidad y tamaño de impulsor, un compresor contrífugo esta capacitado para manejar solamente un determinado flujo volumétrico, ya que al disminuir el flujo a valores del 80-70% del flujo nominal, se originan fuerzas no balanceadas que ocasionan vibración en la máquina, dicha vibración puede tomar cauces desastrosos si no es controlada en forma eficiente. Normalmente los tres tipos de control antes citados, no originan disminución en el flujo que puedan dar origen a vibración, pero puede darse el caso de que el proceso en si en un momento dado requiera de un flujo menor al suministrado por la máquina, una solución que podría antojarse obvia, sería parar la máquina, sin embargo el arrancar y parar un motor eléctrico en forma mas o menos frecuente, puede traer como consecuencia sobrecalentamientos del mismo y disturbios no deseables en la línea de alimentación eléctrico. Lo anterior ha sido eliminado por sistemas de control antivibración desarrollados en

la mayoría de los casos por los fabricantes de estos equipos, por lo cual al adquirir un compresor de este tipo, se deberá indicar al fabricante que suministro el control anti-vibración mas apropiado al caso y a su equipo.

Los sistemas de control anti-vibración usados a la fecha son los siguientes:

4).- Control anti-vibración por venteo a la atmósfera de parte del gas de proceso. Definitivamente este es el sistema más simple conocido, y consiste de valvulas de relevo instaladas en la descarga del compresor, las cuales habren automáticamente cuando el flujo de gas se aproxima al límite indicado por el fabricante, (dicha disminución en el flujo puede ser ocasionada por bloqueo de la línea de descarga en algun punto, o por baja oferta del gas en el proceso.

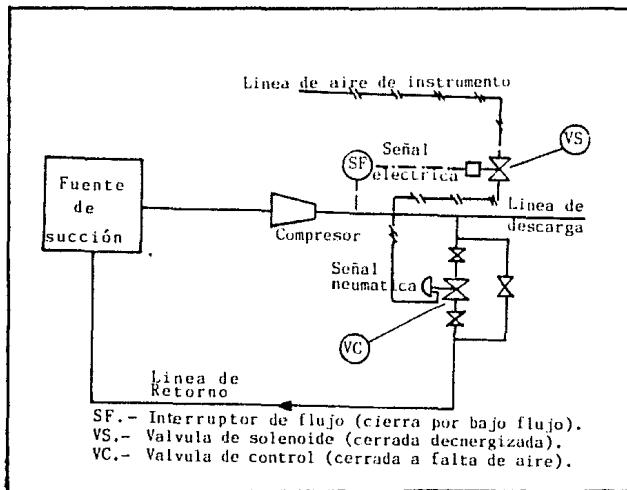
Lógicamente el sistema anterior no podra ser empleado en procesos de gases tóxicos, inflamables o cuya perdida sea antieconómica, esto reduce el campo de aplicación de este sistema a casi exclusivamente la compresión de aire.

5).- Control anti-vibración por derivación de parte de la corriente de descarga a la fuente de alimentación ó a la succión misma.

Este sistema, consiste también de válvulas de recirculación que en caso de bajo flujo, habren el paso a una línea que conduce o a la succión del compresor en cuyo caso, se debiera tener en dicha línea un intercambiador de calor para enfriar la corriente de gas que como consecuencia de la recirculación efectuada se calentara, o bien dicha línea puede conducir a la fuente de succión que en caso de ser lo suficientemente grande para disipar el calor producido, evitará el tener que usar un medio de enfriamiento externo. El sistema aquí mencio-

nado es el empleado y puede ser modificado según las necesidades y conveniencias de cada caso.

En seguida se muestra un arreglo típico del control mencionado.



III.3. CONTROL DE COMPRESORES MTGB 742/733

Para el control de la capacidad de los compresores centrífugos el criterio empleado lo determina los requerimientos del proceso y la naturaleza de la máquina que los va a mover o impulsar, principalmente del impulsor, como en este caso se usa una turbina de gas como fuerza motriz. El método más apropiado es el de control de velocidad, ya que ésta se puede variar regulando la entrada de combustible a la máquina impulsora de combustión interna.

Un compresor centrifugo convierte el momento del gas en una cabeza de presión H - Ver su ecuación.

$$H = \frac{\tau W}{W}$$

Siendo H la cabeza de presión, τW es el torque y W el flujo masivo.

Relacionando la cabeza de presión del gas, con la relación de ecuaciones se obtiene la siguiente ecuación:

$$H = \frac{Z R T_s}{n - 1/n} \left[\frac{(P_d)^{(n-1/n)}}{P_s} - 1 \right]$$

En donde: Z= factor de compresibilidad, R= Cte. de los gases, Ts = temperatura de succión, Pd= Presión de descarga Ps = presión de succión, n = constante con valor 1.193 (742) y 1.353 (733).

Para un compresor trabajado a velocidad constante W., Temperatura de succión constante, (Ts), peso moléculas constante, n y z constantes, la presión de descarga podría graficarse contra el flujo real como se muestra en la siguiente figura # III.3.1.

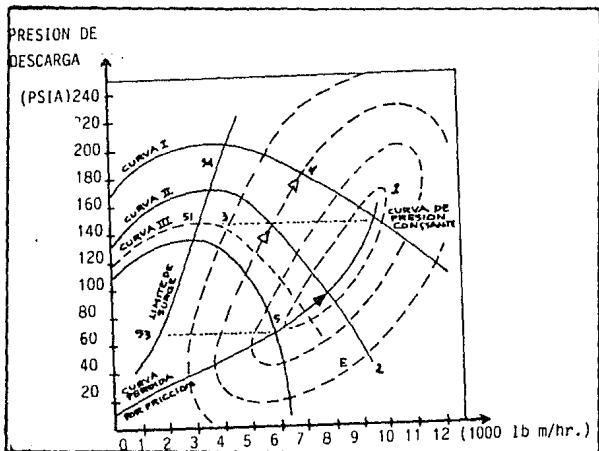


FIG. III.3.1.- gráfica de la línea de Surge

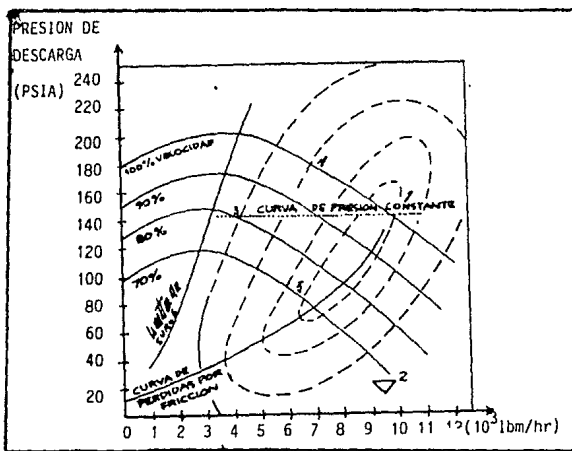


Fig. III.3.2 gráfica de la línea de surge.

Con el punto de diseño (1) localizado en el rango máximo de eficiencia de acuerdo a la presión y flujo de diseño Control de Velocidad (Velocidad Variable).

La siguiente ecuación muestra la relación de presiones de un compresor centrífugo con la velocidad del rotor

$$\Psi U^2 = \frac{Z R T_s}{n-1/n} \left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{(n-1/n)} - 1 \right]$$

Siendo Ψ el coeficiente de la cabeza de presión y U es la velocidad del rotor. la anterior relación puede graficarse la variación en la presión de descarga en función de diferentes porcentajes de velocidad de diseño, ver la siguiente figura III.3.2. que muestra la relación que existe entre los diferentes porcentajes de la velocidad de diseño con la variación de la presión de descarga.

La ventaja del control de velocidad desde el punto de vista del proceso en que las presiones de succión y de descarga pueden especificarse independientemente del flujo.

La figura III.3.2, el flujo normal se muestra en el punto (1) para 9 700 lb m/hr a 142 psia.

Si se desea el mismo flujo a una presión de descarga de 25 psia, la velocidad deberá reducirse a un 70% como se muestra en el punto (2)

En las figuras III.3.1 y III.3.2 aparece una línea llamada "Límite de Inestabilidad" o línea de surge, como se mencionó, a la izquierda de esta línea, el compresor es inestable.

Un sistema simple para evitar inestabilidades, surge del análisis de dichas curvas, implementando un control de flujo, fijado, para tener un gasto ligeramente mayor al flujo máximo mencionado. Este regularía una corriente de recirculación de la descarga a la succión del compresor.- Ver figura III.3.3.

CONTROL DE LA INESTABILIDAD EN LOS COMPRESORES CENTRIFUGOS

Inestabilidad es el fenómeno que ocurre en un compresor cuando el flujo de entrada disminuye a tal punto que se produce una inversión momentánea del mismo, ya que la presión desarrollada por el compresor es más baja, que la presión en la línea de descarga, se repite el ciclo, conocido como "Limite de bombeo" de la máquina, que varía en intensidad desde un cascabeleo audible hasta un impacto violento que puede dañar severamente al compresor y tubería asociada; así entonces la inestabilidad es una condición de operación inestable caracterizada por pulsaciones de presión y flujo para una dada velocidad del compresor, puede ocurrir durante el arranque y paro de la unidad, o, simplemente estando en línea pero con variaciones en el flujo y/o en la presión de succión; se puede evitar aumentando el flujo por arriba del punto llamado punto de inestabilidad para la velocidad X. Si se interconectan los puntos de inestabilidad a diferentes velocidades se puede trazar una línea de inestabilidad, cuya operación a la derecha es estable y por consiguiente a la izquierda es inestable la operación. Los puntos de inestabilidad se determinan con mucha aproximación mediante pruebas específicas o conocimientos previos de la máquina. Ninguna unidad dinámica debe operarse a una capacidad cercana la línea de inestabilidad (capacidad de la columna). Ver figuras III. 3, 1 y 2.

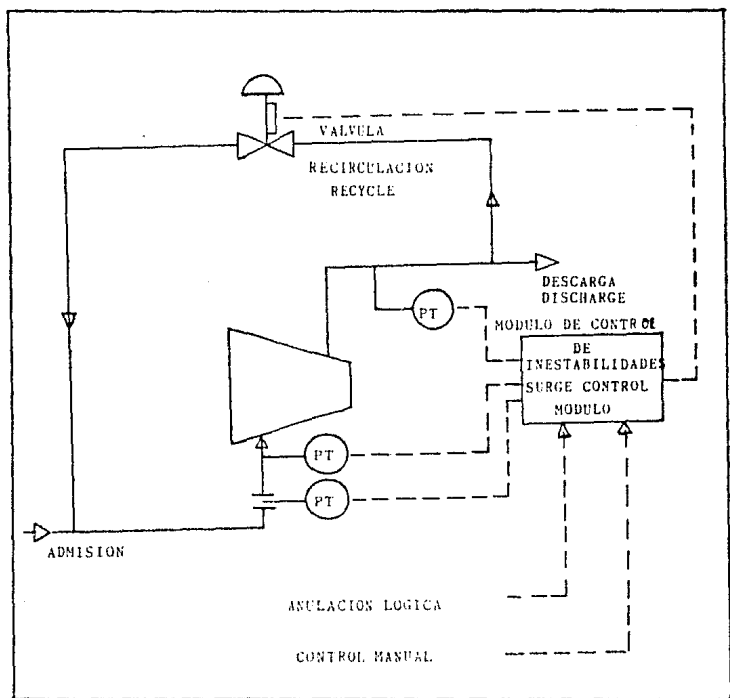


DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO DEL CONTROL DE INESTABILIDADES.

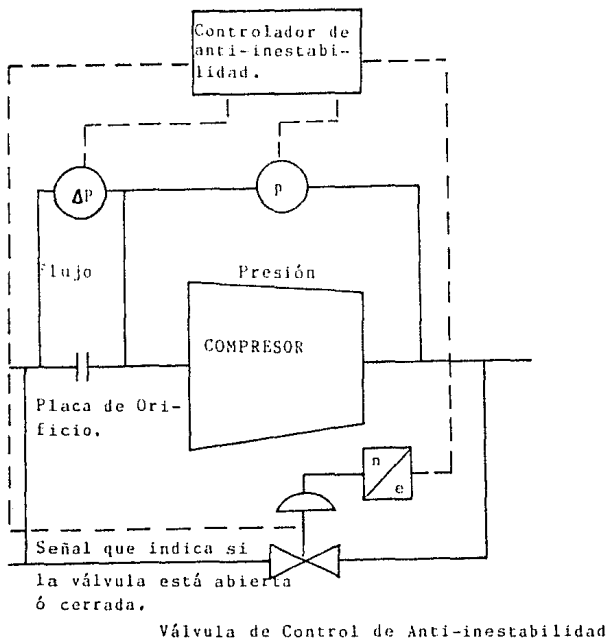
III.3.3.

También la inestabilidad provoca una elevación excesiva de la temperatura del gas de proceso, vibraciones y esfuerzos de la máquina que se evitan con el auxilio de un módulo de control de inestabilidades, al cual se le considera un sistema de protección contra las inestabilidades, al medir los parámetros de operación del compresor como son flujo, presión de succión y de descarga, presión diferencial, velocidad y posición de las válvulas de recirculación las señales electrónicas y neumáticas del equipo auxiliar se comparan en el módulo de control anti-surge con los puntos de ajuste de cada parámetro y se retornan corregidos con los comandos del módulo de secuencias programable quien mantiene el control operacional de las válvulas anti-surge (recirculación), ya que cada compresor cuenta con una línea de derivación o by-pass, válvula de recirculación y controlador. El controlador mide el flujo, la presión y la temperatura de entrada del compresor, así como su velocidad, estos valores fijan el punto de operación en la curva de capacidad de la columna. El controlador compara el punto de operación con el punto de inestabilidad y si esta demasiado cerca envía una señal a la válvula antisurge para su ésta abra, recuperando el nivel de flujo al recircularlo de la descarga a la succión. El ajuste final a los controles para prevenir la inestabilidad se determinan por pruebas específicas de los puntos de inestabilidad propios de cada compresor definidos en el campo aunque están establecidos por el fabricante como parte de las curvas características de compresor. Los límites de inestabilidad se deben traducir a un mapa de coordenadas basadas en el algoritmo de control seleccionado por el diseñador para la aplicación y operación de los compresores.

La línea de control de inestabilidades se traduce a calibraciones del equipo basados en la función de transferencia del módulo de control de inestabilidades alimentado por señales eléctricas de los transmisores de flujo y de presión. Ver la figura III.3.4.

Señal para mantener la válvula abierta ó cerrada proveniente del sistema de control.

———— neumática
 - - - - - eléctrica



CONTROL DE ANTI-INESTABILIDAD DE UN COMPRESOR.

FIG. III.3.4.

III. 4. CRITERIO DE DISEÑO.

III.4.0. Conceptos de los Sistemas de Compresión .

Es de primordial importancia el conocimiento de todos los factores-técnicos y la terminología involucrados en la operación unitaria de la compresión de gas ,lo cual nos ayudará a entender el comportamiento operacional de un sistema de compresión.En el presente caso sólo se mencionaran tales términos sin hacer deducción alguna , sino indicar su fuente de obtención como una herramienta para la solución de problemas de un fluido comprensible y que nos permita la formación de un criterio de diseño del sistema de compresión.:

1.- Gas ideal y gas real,2.- Condiciones de estado(Científicas universales e industria del gas natural).,3.- Ley de Charles y BOYLE (Ley del gas ideal $PV = NRT$).,4.- Densidad y peso específico., 5.- Primera y segunda ley de Dalton - de las presiones parciales(de mezclas gaseosas / comportamiento ideal) $P_t = P_t Y_n$., 6.- Ley de Amagat ($V_t = V_t Y_n$).7.-Conceptos fundamentales de termodinámica (Sistema, propiedad, presión,,volumen específico y densidad , temperatura, calor, trabajo, , temperatura del bulbo seco y temperatura del bulbo húmedo,.8.- Leyes de la Termodinámica .,9.-Proceso y sus tipos(Ver tabla 1).10.- Métodos para el cálculo del comportamiento de un gas (Datos experimentales - reales ,propiedades calculadas , ecuaciones de estado ,(Van der Waals,Kammerlinch-Onnes),11.- Factores de Compresibilidad (Z, $PV = Z NRT$)..Existen - dos tipos de representación de datos: en tablas y en forma gráfica.En tanto que una tabla nos permite la reproducción de los datos involucrados exactamente, , una gráfica nos muestra la variación de la propiedad graficada,con respecto; la variación de los parámetros de referencia, la exactitud de los datos de ahí obtenidos , solo depende de lo adecuado de la escala de la gráfica pero en qual.se tiene un exactitud magnífica (Gráficas Presión-VOLUMEN, Temperatura-Entalpia, Temperatura-Entropía, Entalpia - Entropía ,Diagramas de Molliere

P R O C E S O

	Isovolúmetrico	Isobárico	Isotérmico	Isoentrópico	Politrópico
RELACION PVT	$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1} \frac{V_2}{V_1}$	$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$	$P_1 V_1 = P_2 V_2$	$P_1 V_1^k = P_2 V_2^k$	$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$
				$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1}$	$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{n-1}$
				$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{1-k}}$	$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$
ΔV	0	$P (V_2 - V_1)$	$P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$	$\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-k}$	$\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n}$
ΔE	$C_v (T_2 - T_1)$	$C_v (T_2 - T_1)$	0	$C_v (T_2 - T_1)$	$C_v (T_2 - T_1)$
ΔQ	$C_v (T_2 - T_1)$	$C_p (T_2 - T_1)$	$P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$	0	$C_n (T_2 - T_1)$
n	∞	0	1	k	$-\infty < n < \infty$
ΔS	$C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$	$C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$	$R \ln \frac{V_2}{V_1}$	0	$C_n \ln \frac{T_2}{T_1}$
c	C_v	C_p	∞	0	$C_n - C_p \left(\frac{k-1}{1-n}\right)$
ΔH	$C_p (T_2 - T_1)$	$C_p (T_2 - T_1)$	0	$C_p (T_2 - T_1)$	$C_p (T_2 - T_1)$

T a b l a 1

13.-Compresor. 14.-Presión absoluta y temperatura absoluta. 15.-Compresión -
Adiabática o Isoentrópica.(no hay intercambio de calor con lo alrededores-
 $P V^k = \text{cte.}$, $k = C_p / C_v$, k = relación de capacidades caloríficas.. 16.-Com-
presión Politrópica (aquí si hay transferencia de calor gobernada por las le-
yes de la transferencia de calor aplicadas a las propiedades del material -
tanto en su área como en su forma, $P V^n = \text{CTE.}$, n = constante politrópica
17.- Compresión Isotérmica .18.-Factor de compresibilidad.19.-Relación de com-
presión . 20.-Capacidad.21.-Potencia teórica.22.-Potencia Politrópica.23.-Po-
tencia de la flecha(BHP). 24.-Interenfriamiento y su grado.25.-Eficiencia-
Volumétrica , eficiencia mecánica, eficiencia adiabática. eficiencia po-
litrópica y eficiencia isotérmica.26.-relación de aumento de temperatura.27.-
Condiciones de succión y de descarga.28.- Gravedad específica.29.-Velocidad -
de la flecha.30.- Energía eléctrica consumida.31.- Factor de carga .

CRITERIO DE DISEÑO

III. 4.1. Fluido a manejar

El criterio de diseño de un sistema de compresión fundamentalmente lo constituye la naturaleza del fluido a transportar, como lo es sus propiedades físico-químicas: Composición química, peso o masa molecular, PH, su viscosidad, densidad (gravedad específica), toxicidad, corrosividad factor(es) de compresibilidad, calores específicos, temperatura, presión de vapor, (su cantidad volumétrica) flujo, etc. , determinados a los salidas y entradas del proceso de compresión. Debe considerarse la existencia de sólidos y líquidos arrastrados por la corriente gaseosa (asfaltenos y gasolinas con agua). Se producen al enfriar la corriente gaseosa comprimida y caliente, descargada por el compresor. Los condensados así producidos se deben separar antes de entrar al siguiente paso de compresión ya que si llegaran líquidos al compresor, dañaría a los impulsores hasta romperlos (se esforzaría y vibraría el compresor) ya que estos equipos no están diseñados para manejar líquidos o sólidos.

Se debe hacer un cálculo de la cantidad de líquidos que se pueden producir o llegar con el flujo gaseoso y efectuar los cálculos de los balances de materiales correspondientes.

En el presente caso se trata de gas natural como se sabe, y cuyas propiedades y resultados de los balances de material sirvieron de base en el diseño de los compresores instalados en plataformas marinas, están representados en la tabla III.4.1.

TABLA III.4.1. BALANCE DE MATERIA.

SECCION DE COMPRESION

CORRIENTE COMPONENTE	ENTRADAS			SALIDAS		
	GAS DE BAJA PRESION	GAS DE ALTA PRESION	AGUA A LA -- SECCION DE -- TRATAMIENTO DE AGUA ACEI- TOSA	CONDENSADOS- AL SUMIDERO	GAS AMARGO Y HUMEDO A LA SECCION DE ENDULZAMIENTO	GAS AMARGO Y HUMEDO A LA -- SECCION DE DESHIDRATA- CION
	% MOL.	% MOL.	% MOL.	% MOL.	% MOL.	% MOL.
Agua	8.659	3.693	97.083	0.022	0.218	0.248
Acido Sulfhídrico	4.631	2.557	2.098	3.009	2.873	2.873
Bióxido de Carbono	3.416	4.647	0.758	2.382	4.814	4.814
Nitrógeno	0.331	1.927		0.196	1.913	1.913
Metano	28.445	56.402		14.954	57.624	57.624
Etano	18.434	14.516		11.389	15.706	15.706
Propano	18.347	9.300		16.797	10.352	10.352
I-Butano	2.653	1.113		3.700	1.214	1.214
N-Butano	7.939	3.198		13.396	3.400	3.400
I-Pentano	1.692	0.637		4.491	0.609	0.609
N-Pentano	1.612	0.601		4.992	0.542	0.542
C ₆ (+)	3.841	1.409		24.672	0.705	0.705
Hydrocarburos			0.061			
TOTAL Kg-mol/hr	1195.137	10756.235	459.1	486.436	996.05	9995.5
TOTAL Kg/hr	42003.0	283776.0	8528.0	27458.0	26261.0	263533.0
BPD 15.6°C						
Mm ³ PDS 20°C, 1Kg/cm ²	713.1	6417.7			20.0	200.7
Presión Kg/cm ² man	1.8	6.0	0.8	6.0	84.4	84.4
Temperatura °C	60.0	66.0	52.0	24.0	52.0	52.0
Densidad A PyT g/cm ³	0.004	0.007	0.042	0.041	0.118	0.118

TABLA III.4.1. BALANCE DE MATERIA.

SECCION DE COMPRESION

CORRIENTE COMPONENTE	ENTRADAS			SALIDAS		
	GAS DE BAJA PRESION	GAS DE ALTA PRESION	AGUA A LA -- SECCION DE -- TRATAMIENTO DE AGUA ACU-- TOSA	CONDENSADOS-- AL SUMIDERO	GAS AMARGO Y HUMEDO A LA SECCION DE ENDOZAMIENT-- TO	GAS AMARGO Y HUMEDO A LA -- SECCION DE DESHIDRATA-- CION
	% MOL	% MOL	% MOL	% MOL	% MOL	% MOL
Agua	8.659	3.693	97.083	0.022	0.218	0.248
Acido Sulfhidrico	4.631	2.557	2.098	3.009	2.873	2.873
Bióxido de Carbono	3.416	4.647	0.758	2.382	4.814	4.814
Nitrógeno	0.331	1.927		0.196	1.913	1.913
Metano	28.445	56.402		14.954	57.624	57.624
Etano	18.434	14.516		11.389	15.706	15.706
Propano	18.347	9.300		16.797	10.352	10.352
I-Butano	2.653	1.113		3.700	1.214	1.214
N-Butano	7.939	3.198		13.396	3.400	3.400
I-Pentano	1.692	0.637		4.491	0.609	0.609
N-Pentano	1.612	0.601		4.992	0.542	0.542
C ₆ (+)	3.841	1.409		24.672	0.705	0.705
Hidrocarburos			0.061			
TOTAL Kg-mol/hr	1195.137	10756.235	459.1	486.436	996.05	9995.5
TOTAL Kg/hr	42003.0	283776.0	8528.0	27458.0	26261.0	263533.0
RPD 15.6°C						
Mm ³ PDS 20°C, 1Kg/cm ²	713.1	6417.7			20.0	200.7
Presión Kg/cm ² man	1.8	6.0	0.8	6.0	84.4	84.4
Temperatura °C	60.0	66.0	52.0	24.0	52.0	52.0
Densidad a PyT g/cm ³	0.004	0.007	0.042	0.041	0.118	0.118

la energía necesaria para mover un fluido gaseoso a través de un sistema complejo de tuberías.

Además es necesario saber la potencia requerida para accionar el tren de compresores y la eficiencia de la unidad (especificando la naturaleza de la potencia disponible para accionar el compresor). Conocer la capacidad necesaria así como la gama de capacidades que el compresor requeriría en su operación además de las condiciones de succión y descarga, la presión que se requiere, el valor de la fricción del fluido que debe ser vencida.

También se indicará la temperatura de autoignición o descomposición del gas de proceso.

El usuario seleccionará el tipo de compresor que mejor le convenga, previendo las consecuencias y necesidades que se crearan en planta, en base al conocimiento de las características de los equipos involucrados.

Algunos autores proponen como primera referencia la siguiente gráfica y tabla como una guía en la selección de compresores. (III.4.2 y III.4.3).

Por otra parte es indispensable tener una buena preparación en lo que se refiere al comportamiento operacional de los distintos tipos de compresores, instrumentación básica requerida y sistemas de control disponibles con objeto de

TABLA 111.4.2 .-Tips para la selección de un compresor.

TIPO DE COMPRESOR	PRESION DE DESCARGA PROMEDIO (COMERCIAL MENTE USADA EN PS1A)	RELACION DE COMPRESION MAXIMA POR ETAPA NORMALMENTE USADA	RELACION DE COMPRESION MAXIMA TOTAL - POR UNIDAD NORMALMENTE USADA
Reciprocantes	35000 - 50000	10	La Requerida
Centrifugos (Radial)	3000 - 5000	3 - 4.5	8 - 10
Rotatorios	100 - 130	4	4
Centrifugos (Axial)	80 - 130	1.2 - 1.5	5 - 6.5

efectuar el diseño correcto de un sistema de compresión (Ver la relación que hay entre el diseño y el comportamiento operacional de un compresor "Filosofía de Operación analizado en el capítulo anterior).

III.4.2. Limitaciones de Equipo de Compresion

FABRICANTE:

Generalmente el usuario no cuenta con una infraestructura integral de investigación y desarrollo que diseñe y fabrique sus propios sistemas de compresión, su participación en el diseño es limitada, normalmente proporciona al fabricante los parámetros involucrados en el proceso y/o condiciones de operación tales como presiones y temperaturas de succión y de descarga, el flujo requerido máximo y mínimo, el cálculo de las capacidades y cabezas requeridas, el tiempo esperado de operación del equipo por cada jornada de trabajo y si este es continuo o intermitente. Además de un estudio riguroso de las propiedades físico-químicas del fluido gaseoso a comprimir. También especifica las características y tipo de compresor que debió haber seleccionado en base al conocimiento y experiencia en cuanto al comportamiento e implicaciones de los compresores en general.

El fabricante efectúa el dimensionamiento de las partes claves de un compresor, como un impulsor o un cilindro e instrumentación y sistemas de control. Aparte la turbina de gas (motor). El usuario se ajusta a los equipos estandar de que disponen los fabricantes y que son puestos a su consideración en base como se dijo a las características y necesidades. Los fabricantes no tienen uniformidad en la construcción de compresores por lo que hay que contar con un patrón de comparación efectivo. Ya se ha visto que en el 99% de

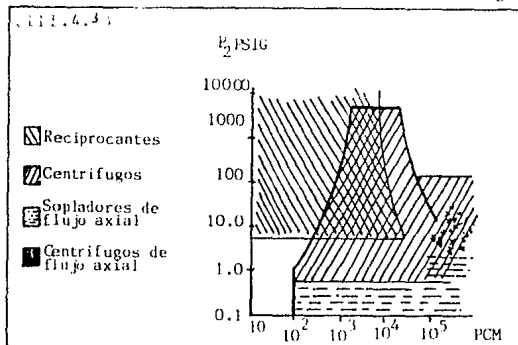
Los casos las capacidades y cabezas propuestas en una cotización no son iguales a las requisitadas.

El usuario debe detallar características que no deben pasar desapercibidas tales como el grado y condiciones de corrosividad, o toxicidad del gas de proceso, con el objeto de la selección adecuada de los materiales de construcción, que resistan el ataque químico de los impulsores y demás partes del compresor en contacto con el gas de proceso. Se deben seleccionar sellos de calidad que eviten fugas de gas a la atmósfera.

Como ya se mencionó en el criterio de diseño y por ende la selección de el compresor más adecuado depende de las condiciones de operación del mismo, las propiedades de el gas de proceso, (principalmente el peso Molecular), y las características específicas del equipo.

Así, en aquellas operaciones en que se requieren cabezas altas y capacidades más o menos bajas, el equipo más recomendable es el de tipo de desplazamiento positivo, en tanto que para necesidades de alta capacidad, lo indicado podría ser el equipo de tipo Dinámico como es el caso de los compresores centrífugos empleados en las plataformas marinas de la Sonda de Campeche, en el Golfo de México.

Según algunos autores, se debe tomar en cuenta como primera referencia la siguiente clasificación en forma gráfica o tabulada:



Los compresores centrífugos son los más usados en la industria, y esto es debido a su simplicidad funcional, necesidades de mantenimiento relativamente bajas y gran disponibilidad en el mercado de construcciones diversas para cubrir una amplia gama de necesidades. Las características anteriores, le comunican una cualidad de valor fundamental en cualquier proceso y que es el de poder operar durante períodos muy grandes de tiempo en forma continua, con un mínimo de paros por requerimientos de mantenimiento.

El tipo más simple es el de una etapa, pudiendo manejar flujos desde alrededor de 3000 pies cúbicos estandar por minuto (SCFM) según puede verse en la gráfica antes mostrada. Normalmente la parte esencial del compresor es el impulsor, que es de tipo cerrado, con lo cual la cabeza desarrollada puede llegar hasta unos 12000 ft-lb/lb

En otros casos se usan impulsores abiertos, con lo cual se obtienen cabezas mucho mayores con la misma velocidad y diámetro de impulsor, como es el caso de impulsores abiertos de hojas con flujo inducido, con los cuales se desarrollan cabezas hasta 20 000 ft-lb/lb todos estos tipos se construyen en diferentes materiales de acuerdo a cada necesidad del usuario.

Cuando el flujo a manejar es más grande que el nominal de la máquina, la solución obvia es usar varias en paralelo como es el caso de 4 módulos de compresión de gas de las plataformas marinas de PENEX. Cada uno con 2 compresores en línea (Tandem).

En este sentido, se puede mencionar otra característica sumamente importante en un proceso y que es la de poder disponer de un flujo continuo sin pulsaciones después de la descarga, sin necesidad de recurrir a otro equipo adicional.

Una necesidad probable sería requerir una cabeza superior a la que pudiera dar una máquina de una etapa, en este caso la solución que se ha dado es una máquina que disponga de varios impulsores en serie, de estos el más usado es el de cuerpo horizontal dividido, en el cual, en cada división se aloja un impulsor, siendo de 3 a 6 impulsores. Con los anteriores diseños, se tienen capacidades que van de los 1000 a 100,000 CFM (pies cúbicos/minuto) y cabezas politrópicas de 20 000 a 10 000 ft-lb/lb (62500SCFM Y 35920 ft-lb /lb.)⁴

El arreglo de las etapas es variado con el objeto de aminorar el desgaste de algunas partes, teniéndose arreglos de etapas opuestas que según algunos fabricantes simplifican su diseño. Existen diseños con arreglo similar en los impulsores del tipo de carcasa dividida verticalmente, siendo estos para el manejo de fluidos a mayor presión que las de diseño horizontal. Así para el caso de presiones mayores de 250 psig, el diseño comunmente usado es el dividido verticalmente ya que hay menor probabilidad de fuga del fluido usado por su propio diseño capaz de manejar de 1000 a 10 000 I C F M (Pies cúbicos por minuto a la entrada del compresor) con presiones máximas de hasta 10 000 psig. (Caso presente 1136psig)*

Una de las aplicaciones más frecuentes de los compresores centrífugos es la compresión de aire para plantas, con gastos de 500 a 70 000 ICFM y con presión de descarga máxima de 125 psig, siendo el mas usado el diseño horizontal de 3 ó 4 etapas con interrefrigeración o sin ella.

Una derivación del diseño de multietapas es el que se construye a base de módulos unidos fuertemente, consistiendo cada módulo de impulsor y difusor propio.

El diseño para alta presión de multietapas, maneja

de 500 a 1500 ICFM a cabezas hasta de 60 000 ft-lb/lb, este diseño es de alta velocidad, teniendo los mismos problemas que el diseño horizontal dividido, en cuanto a lubricación, enfriamiento y materiales, no obstante es el más económico.

El diseño para baja presión puede manejar de 400 a 20 000 ICFM a cabezas de hasta 20 000 ft-lb/lb., la ventaja que ofrece es el de poder manejar aire u otro gas en que se admitan fugas despreciables, a velocidades de rotación bajas (2000 a 3000 rpm) lo cual origina una disminución en los costos por requerirse impulsores de materiales de no muy alta resistencia (aluminio) asimismo los rodamientos usados no requieren sistemas de lubricación o enfriamiento especial.

Todos los anteriores diseños, tienen limitaciones mecánicas por lo cual no es posible obtener la cabeza requerida con una sola unidad, por lo que se instala un sistema en serie de tantas unidades como sea necesario y se recurre a un análisis económico respecto a otro tipo de compresor.

Respecto al enfriamiento entre cada etapa de compresión debe ser considerado si la temperatura de descarga es de 350°F. o más, obliga a enfriar el gas antes de la etapa de compresión siguiente, así como la debida separación de los condensados. Como es el caso de los compresores de los módulos de compresión en Plataformas Marinas.

CAPITULO IV
SISTEMAS E INSTRUMENTACION DE LOS MODULOS DE
COMPRESION

IV.0. GENERALIDADES

DESCRIPCION DE LA UNIDAD TURBO-COMPRESORA

El equipo principal utilizado para integrar la unidad se encuentra montado en 3 placas de base, cuya longitud total es de 24779 mm. (81'-3.56''). Sobre el primer patín o base, esta instalada la caja de admisión de aire que contiene los filtros y el silenciador del plenum. El aire es filtrado y silenciado antes de entrar al compresor axial de aire del Generador de Gases (G.G.).

En la segunda base se localiza la turbina de Gas (GT-61) en lo que se llama recinto o compartimiento de la Turbina, y esta formada por el generador de Gases (G.G.), la Turbina de Potencia (T.P.) y el ducto de escape de los gases. El recinto de la turbina y el plenum de entrada de aire tienen puertas de acceso.

La tercera placa de base contiene a los compresores centrífugos (MTGB-742 y MTGB-733), al Generador eléctrico de corriente alterna, las cajas de engranes y el tablero de interruptores y manómetros.

La Turbina de Potencia se une a la caja de engranes principal con un acoplamiento flexible. Esta caja principal aumenta la velocidad (en RPM) a través de acoplamiento

tos que impulsan a los compresores (MTGB-742 y 733) montados en un solo eje (Tándem) en el patín. Además antes de llegar a la caja principal, la flecha de la T.P. mueve los engranes de otra caja llamada de accesorios, que impulsan a las bombas principales de aceite lubricante y aceite de sello.

La caja de Engranes principal esta acoplada a una caja de engranes auxiliar, donde se reduce la velocidad y se acopla a la vez a un Generador Eléctrico A.C. que puede suministrar 440 V.

Esto se debe a la energía que proporciona el G.G. a la T.P. para impulsarla tanto como a la turbina de alta presión que mueve al compresor de aire de geometría variable.

Un sistema de control automático controla la unidad, el cual consiste en un tablero remotamente instalado y el cable de interconexión necesario. El sistema de control es de estado sólido.

DESCRIPCION DEL GAS DEL PROCESO Y SU OPERACION EN LOS MODULOS

El gas natural sale del pozo a un múltiple de recolección junto con el crudo hasta un separador de alta presión donde se separa el aceite del gas en su mayor parte, mediante el cambio de dirección de el flujo. La corriente de gas es enfriado y entra a la sección de separación secundaria o rectificador de alta presión donde se separa la máxima cantidad de gotas de líquido del flujo gaseoso, el cual se dirige hacia la plataforma de compresión por una tubería de 36" de Ø hasta los Slug Catchers FA-4205 A/B/C (Separadores de condensados de alta presión) localizados en el primer nivel de la plataforma de compresión, en estos separadores quedan los residuos de líquidos que pudiese arrastrar el gas de proceso, el cual

sale hacia el cabezal de succión de módulos a una presión aproximada de 6 kg/cm^2 y una temperatura de 75°C .

Hasta este punto veamos lo que debe de suceder con el resto del equipo de compresión:

Una vez que se han cumplido los requisitos y condiciones del pre-arranque para tener la unidad lista para arranque se oprime el botón de listo para arranque por lo que se comienza la secuencia auxiliar de arranque que se efectúa durante 10 min. (se verá con detalle en el capítulo VI).

Continuando con la secuencia de presurización, abriendo la válvula respectiva y cuyo flujo de gas efectúa primeramente un barrido del aire contenido en las líneas del sistema hasta que cierran las válvulas de venteo al quemador #1 y #2. Después la unidad empezará a presurizarse ya que, las líneas del sistema una vez llenas alcanzan la misma presión que el cabezal de succión de módulos. Hasta aquí, las válvulas de succión y descarga del módulo se encuentran cerradas, y las de recirculación #1 y #2 (antisurge) abiertas. Y cuando se alcance baja presión diferencial en la válvula de succión (10 psid), entonces las válvulas de descarga y succión abren. Una secuencia de barrido y calentamiento es iniciada hasta alcanzar el permisivo de temperatura mínima de gas combustible, entrando a funcionar una turbinita o motor de arranque para que el G.G. gire a velocidad de purga (500 a 1300 RPM), empezando con ella la secuencia de arranque. En ese instante entra el excitador de ignición prendiendo la mezcla de gas combustible y oxígeno del aire de la 16a. etapa del compresor axial del G.G. por lo que la máquina acelera hasta la velocidad de vacío (vel. del G.G. 4500 a 5100 RPM y vel. T.P. 1200 a 1300 RPM.) y una temperatura interetapa de la turbina de potencia de 920°F (debe exceder a los 350°F mínimo antes de 10

seg. de encendido). La turbina de arranque para girar al GG aprovecha la presión del gas combustible y se desembraga a los 4500 RPM del G.G.. Si la máquina tuvo su último paro por más de 30 minutos, permanecerá en velocidad de vacío por 15 minutos, que corresponde al 1er. calentamiento, si no perdió el calentamiento (menos de 30 min. parada la unidad) vendrá la rampa de subida inmediatamente, es decir, acelerará hasta velocidad de transfer (4200 RPM de la T.P.) y velocidad de carga (4500 RPM de la T.P.) la cual es alcanzada después de 15 minutos de un 2o. calentamiento (en caso de que la máquina haya tenido su último paro por más de 30 minutos). Como puede observarse la máquina ha sufrido una aceleración y a la velocidad de 4200 RPM de la T.P. se efectúa la transferencia de energía eléctrica del turbo generador de la plataforma a la que genera el propio módulo.

Aunque se puede trabajar con la energía de la plataforma si así se desea previa selección en el tablero de control. Desde que la turbina de gas empezó a operar a velocidad de vacío impulsó a los 2 compresores 742 y 733 pero es hasta la velocidad de carga donde adquiere la suficiente potencia para comprimir el gas de proceso a la presión requerida.

Hasta ese momento, el gas de proceso ha estado recirculando a través de las líneas donde se localizan las válvulas de recirculación o antiinestabilidad (anti-surge), las cuales se encuentran abiertas, por lo que el cerrarlas manualmente se empezará a comprimir la corriente gaseosa en 2 etapas, logrando así tener a la unidad en línea (en operación 1er. compresor 742 y 2o. compresor 733). Así el gas de proceso entra al módulo cuando abren las válvulas de succión y de descarga durante la secuencia de arranque, a una presión de 6kg/cm^2 y una temperatura de $75^{\circ}\text{C}.$, la cual es muy elevada por lo que antes de entrar al 1er. compresor, penetra por

una cama de tubos que se encuentran enfriados por un ventilador soloaire E-101 donde se abate la temperatura hasta los 52°C y produciendo por lo tanto condensados que se van con la corriente gaseosa hasta el separador de succión V-101, donde se separan los líquidos de la corriente gaseosa, la cual se dirige a la succión del compresor 742 de la 1a. etapa, donde se eleva la presión del gas de proceso hasta 37 kg/cm² y con una temperatura de descarga de 180°C.

La temperatura también se incrementa por el efecto de la compresión, por lo que el gas de proceso descargado por el compresor 742 se enfria mediante el ventilador soloaire E-102, el cual abate la temperatura hasta 52°C. aproximadamente. Siempre el descenso de temperatura del gas produce condensados (gasolinas ligeras y aguas) por lo que la mezcla gas-líquidos entra al separador inter-etapa V-102, donde se liberan los líquidos de el gas que los arrastra. Entonces el gas entra a la succión del 2o. paso de compresión (compresor 733) el cual eleva la presión y la temperatura de el gas a unos 80 kg/cm² y 130°C respectivamente, teniendo lugar el mismo tratamiento de enfriamiento mediante el soloaire E-103 y la separación de condensados a través del separador de descarga V-103. El gas de proceso, una vez libre de líquidos, se descarga finalmente a un cabezal común donde se integra a las corrientes procedentes de los 2 ó 3 módulos restantes. Cada módulo de compresión produce alrededor de 85 MMSFC de los cuales 10 MMSFD se derivan para cada planta endulzadora que proporciona gas combustible libre de gases ácidos (H₂S y CO₂) para las necesidades de la plataforma. El gas restante se deshidrata con dietilen glicol para evitar hidratos y mayor corrosión en los gasoductos que finalmente llegan a tierra.

IV.1. CARACTERISTICAS DE LA TURBINA DE GAS

Funcionamiento de la Turbina de gas GT-61
Presión barométrica, psia 14.7
Temperatura ambiente, °F 59
Caída de presión en el sistema de entrada, 0 pulgadas de H₂O
Humedad relativa % 60
Caída de presión en el sistema de escape 0 pulgadas de H₂O
Caballaje normal nominal en el acoplamiento de la turbina 26650
Velocidad Normal nominal, rpm, aproximada 5250
Índice térmico (LHV), BTU/HP-HR 7320
Flujo de Masa, lb/seg. 148
Temperatura de entrada a Turbina de Potencia, °F 1385
Velocidad continua máxima, rpm 5500
Ajuste del disparo por sobrevelocidad, rpm 5775

Rendimiento Nominal Medido en Campo:

Temperatura ambiente, °F 105 95 59 40
Salida de Potencia, a temperatura ambiente 19800, 21250, 25650, 26950
Presión barométrica, psia 14.7,
Velocidad, rpm 5250,
Caída de presión en la entrada, "H₂O, 3
Caída de presión en el escape, "H₂O 3.
Salida Neta de Potencia 19469, 20894, 25222, 26500
Carga de la bomba auxiliar de la flecha y engranes de la T.P. 125
Pérdida de la carga principal en los engranes 406, 436, 527, 554
Carga del Generador A.C. y la caja de engranes 425,
Caballaje Meta disponible al compresor 18513, 19909, 24145, 25396
Velocidad de operación mínima requerida 4200 rpm (80%)

Generador de Gas:

Fabricante: General Electric

Modelo: 7 LM-2500 GB-104

Tipo: Marinizado para atmósferas corrosivas

Ver figura IV.1

E 11

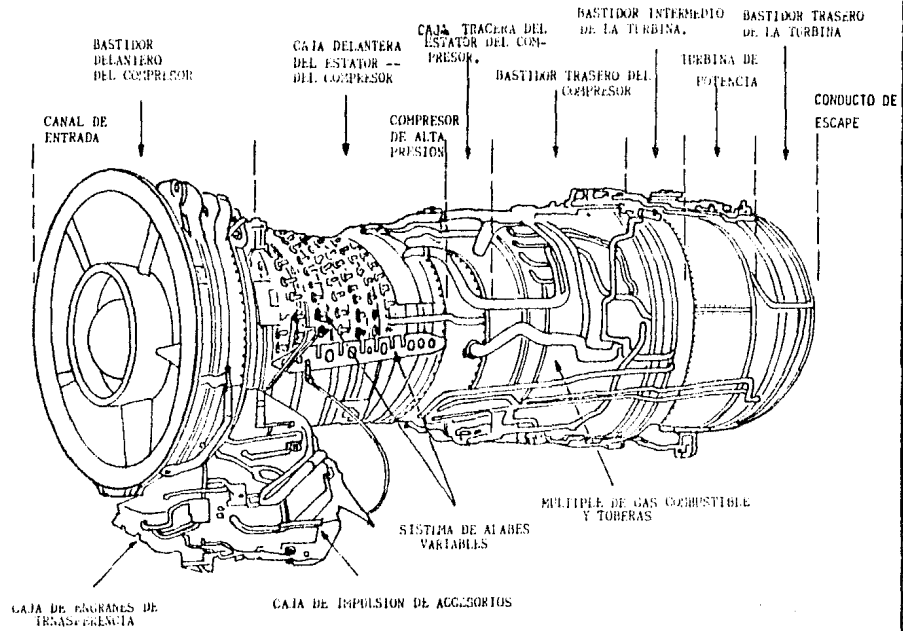


FIGURA 1 V.1.

TURBINA DE GAS GT-61 (1M2500)

IV.2. PRINCIPIO DE OPERACION

El G.G. es un motor térmico que produce trabajo útil al comprimir aire, suministrar y quemar combustible que produzca gases de combustión con alta temperatura, presión y expansibilidad cuya energía cinética sea transformada a energía de movimiento por medio de un turbo mecanismo que produzca la potencia necesaria para impulsar a la sección de compresión - más un exceso de salida utilizable en forma consecutiva. Ver la figura IV.2.0

1. COMPRESION. El G.G. está formado por un compresor de aire de flujo axial y geometría variable, una cámara de combustión (combustor anular), una turbina de alta presión o gasogena de dos etapas, un sistema de transmisión auxiliar, controles y accesorios.

El compresor de flujo axial del G.G. succiona el aire filtrado y silenciado de la cámara del plenum (caja de admisión de aire) en un flujo no turbulento a presión atmosférica y temperatura ambiente ($P_1 = 14.7$ psi y $T_1 = 20^\circ\text{C}$) donde se comprime a una presión de 250 psi = P_2 y una temperatura de $250^\circ\text{C} = T_2$.

2. COMBUSTION. El aire comprimido pasa a una cámara de combustión donde es quemado junto al gas combustible alcanzando una temperatura T_3 de 1500°C y una presión P_3 de 240 psi.

3. EXPANSION. Los gases calientes de combustión se mezclan con aire primario para enfriar a dichos gases como a las partes del combustor a través de los agujeros de dilución, ocasionando un aumento volumétrico.

Esto es, se produce una expansión de los gases de combustión, haciendo que estos gases calientes escapen a alta

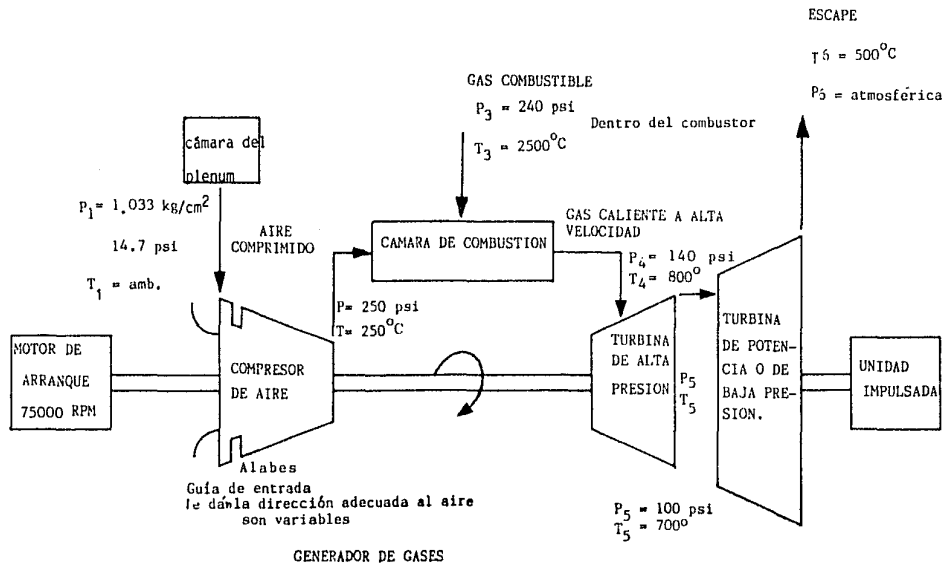


Fig. IV.2.0.- Principio de operación de la turbina de gas.

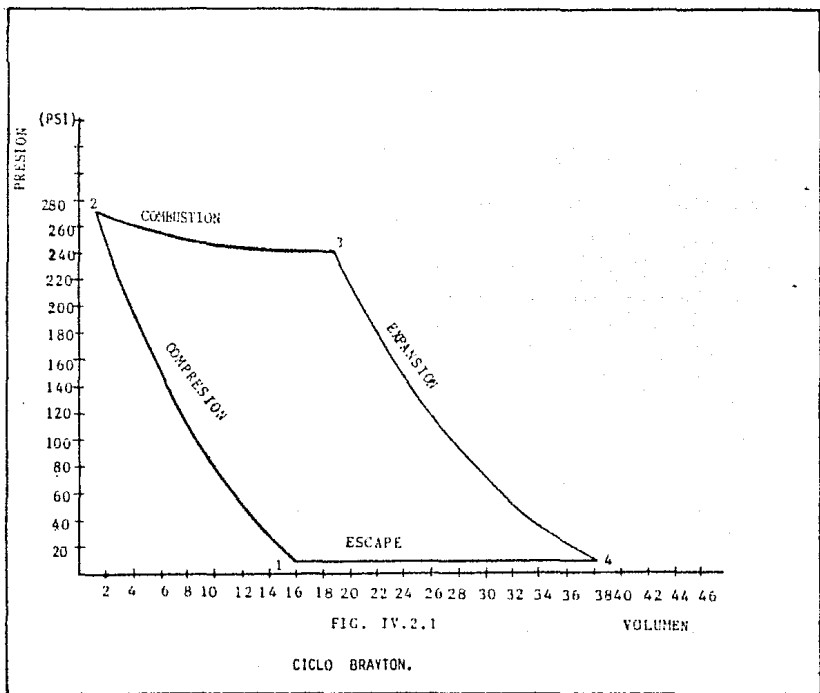
velocidad hacia la turbina de alta presión a una presión P_4 de 140 psi y una temperatura T_4 de 800°C . Al pasar los gases calientes a través de la turbina de alta presión, ésta convierte la energía de presión y de velocidad de los gases calientes en energía mecánica, la cual es utilizada para impulsar al compresor de aire de flujo axial y representa las 2/3 partes de la energía producida por el G.G.

La 3^a parte de la energía de los gases calientes que aún poseen a una presión P_5 de 100 psi y una temperatura de 700°C es empleada por la turbina de potencia cuando dichos gases aún calientes y con velocidad alta chocan con sus toberas cediendo su energía cinética y de presión para mover la flecha de la T.P. la cual impulsa a la sección de compresión (unidad impulsada).

4. EXPULSION. Una vez realizados el trabajo de los gases calientes éstos se dirigen una presión P_6 de 14.7 psi y una temperatura de 500°C hacia el ducto de escape.

Lo anterior constituyó el principio de operación termodinámico de la turbina de gas conocido como ciclo BRAYTON, el cual esta representado en la siguiente figura (IV.2.1) donde se manifiestan los procesos termodinámicos que sufren los gases que intervienen en el funcionamiento de la turbina de gas al graficarse los cambios de presión en función a cambios de volumen representan:

- a) La compresión del aire primario punto 1 al punto 2.
- b) La combustión del oxígeno con el gas combustible del punto 2 al punto 3.
- c) La expansión de los gases calientes de combustión; del punto 3 al punto 4.
- d) El escape de los gases expandidos, del punto 4 al punto 1.



IV.3. PARTES DE LA UNIDAD MOTRIZ

Primeramente es fundamental hablar y describir a la turbina de gas como la unidad motriz que impulsa a las compresores y demás equipo auxiliar. Es una máquina de combustión interna, de flujo continuo, de ciclo simple y de velocidad variable, ésto significa que en todo momento hay flujo continuo de gas combustible y aire comprimido para la combustión de una manera constante además de ciclo simple porque una vez extraída la energía de los gases de combustión que se producen en el G.G. van al escape y ya no se utilizan.

La turbina de gas GT-01 marca "General Electric de la serie 7 LM 2500 localizada en el interior del recinto (2^o patin) tiene 2 flechas independientes lo que significa que el rotor de la turbina está separado en dos elementos. El delantero esta conectado a la sección del compresor del G.G. que lo impulsa y el trasero que es un rotor libre de 2 etapas, acoplado a la carga impulsada.

La turbina de gas consta de lo siguiente: (Ver figura IV.3.0

- 1) Generador de gases o gasificador (G.G.) Fig .IV.3.1
- 1) Turbina de Potencia (T.P.) Ver fig. IV.3.2
- 1) Conducto de admisión con múltiple para lavado con agua.
- 1) Casco Central
- 1) Conducto de Escape (Chimenea)

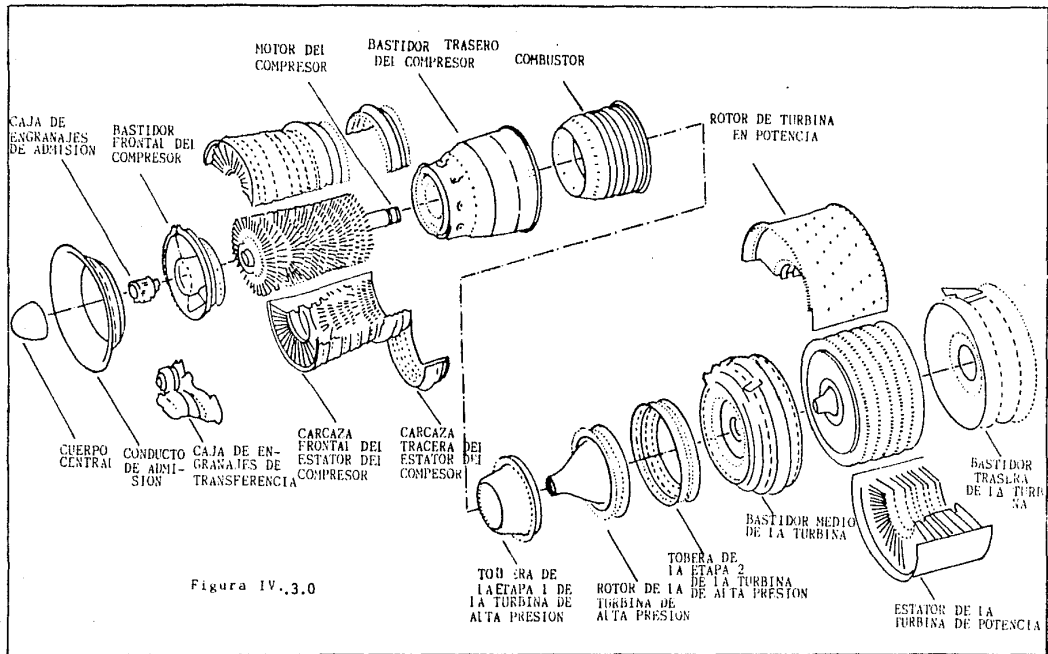


Figura IV.3.0

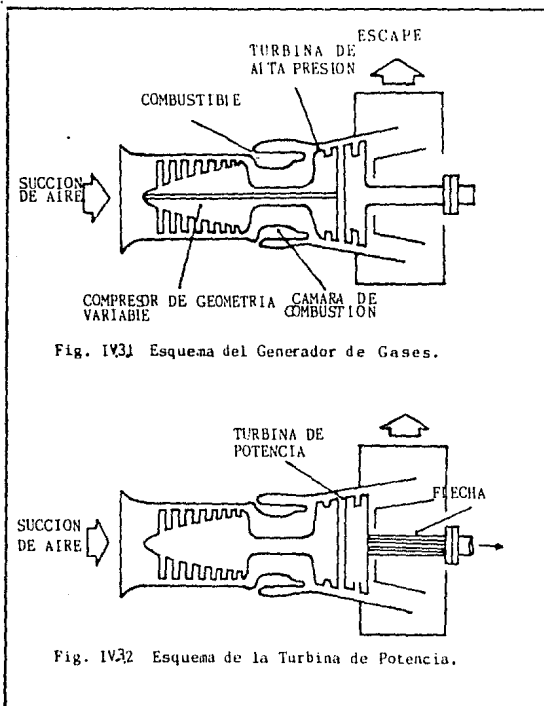
- 1) Adaptador delantero de acoplamiento flexible
- 1) Sistema de lubricación
- 2) Unidades de ignición
- 1) Juego de sensores de instrumentación
- 30) Toberas de combustible y (1) múltiple de combustible.

La turbina de gas LM-2500 esta diseñada para ser separada en secciones principales y unidades estructurales. La construcción por secciones esta específicamente ideada para proporcionar el máximo de flexibilidad a los programas de mantenimiento para poder ser desmontado en secciones intercambiables lógicas para su reparación o reemplazo.

La turbina de gas posee los siguientes caracteristas.

1. Controles y accesorios montados externamente para facilitar su reemplazo.
2. Alabes del compresor reemplazables individualmente
3. Pares de alabes de la turbina de alta presión reemplazables individualmente.
4. Paletas del estator del compresor.
5. Paletas de la turbina de alta presión de las etapas 1 y 2 reemplazables por pares.
6. Carcazas del compresor y de la turbina de potencia

El conducto de admisión y el casco central son los componentes de admisión de la turbina de gas; el conducto de escape, el como exterior y el reflector interno son los componentes de escape de la turbina de gas.



de presión divididas para facilitar la reparación o inspección en detalle.

7. Cojinetes y retenes externamente reemplazables.

8. Carreras exteriores fijadas con pernos en todos los cojinetes principales.

9. Una serie de bocas que lleva incorporadas para facilitar la inspección con boroscopio. Hay en total 40 bocas diferentes que proporcionan acceso al interior de la turbina.

Así es como la turbina de gas esta integrada por un G.G. una T.P., un adaptador del árbol de acoplamiento para alta velocidad y componentes de admisión y escape.

De las 2/3 partes de la energía generada por el flujo de gases calientes se aprovecha para girar al compresor de aire del G.G. y la otra 3ª parte es para mover a la turbina de potencia, ya que se encuentran aerodinámicamente acopladas ambas turbinas (la de alta y baja presión) a través del bastidor intermedio de la turbina de gas por donde pasa el gas caliente. El adaptador del árbol de acoplamiento de alta velocidad está conectado al rotor de la T. de P. y suministra potencia axial a la carga conectada.

Así el movimiento del G.G. es independiente y con mayor velocidad que el correspondiente al rotor de la T. de P. Esto permite que el motor de arranque impulse sólo al G.G. durante la secuencia de arranque hasta velocidad de purga, donde se efectuará la ignición de la mezcla aire/combustible para generar gases calientes y realizar el ciclo simple, con movimiento propio de la máquina aumentando su velocidad y potencia.

IV.3.1. Sistemas e instrumentación de los módulos de compresión.

SISTEMA DE AIRE DE ENTRADA

Este sistema se localiza en la 1ª base en lo que se llama caja o cuarto de aire presurizado o compartimiento del plenum que contiene los filtros respectivos y el silenciador donde el aire es succionado, filtrado y silenciado antes de entrar al compresor de aire de flujo axial del G.G.

El flujo de aire al G. G. debe pasar por 3 etapas de filtrado. La primera consiste en 64 eliminadores de humedad M-2, que eliminan el agua que contiene el aire. Los filtros de la 2ª etapa son prefiltros 30/30 de 4" de grueso. El tercero y último filtro incluye filtros de barrera HP-208. El paquete de filtros puede eliminar el 99.8% de todas las partículas mayores a 5 micras.

El aire filtrado, después de salir del filtro de la 3ª etapa fluye por el silenciador de la entrada de aire antes de entrar al pabellón del G.G. El silenciador reduce el nivel de ruido producido por la entrada del G.G.

El compartimiento tiene 2 puertas para poder tener acceso a los filtros durante el mantenimiento de la unidad, si los filtros se tapan, se abrirá una puerta de purga en la caja de la entrada de aire. La puerta está detenida por gravedad y se abre para evitar que el aire del G.G. se deteriore, en caso de que el vacío de la caja de entrada del aire llegue a 3.5" de H₂O. La puerta de purga está equipada con un interruptor limitado. Si se abre, el tablero de control recibirá la señal. (Trampa de aire abierta).

La caja de la entrada del aire tiene un medidor de la presión diferencial y un interruptor de la presión diferencial. El interruptor está ajustado para activarse a un vacío de 3" de H₂O.

Además este sistema posee la siguiente instrumentación: PDSH-12 que es el switch de presión diferencial, actúa, causando el paro de la unidad si la presión a través de la malla es de 15" de H₂O (38.1 cm de H₂O.)

PDSHH-11 es el switch de alta presión diferencial del sistema de aire de entrada, actúa, causando el paro de la unidad, si la presión a través del filtro es de 13" de H₂O (33.02 cm de H₂O).

La entrada de aire esta equipada con una malla o pantalla y filtros que limpian el aire al ser extraído hacia la caja de admisión del aire por el G.G. Los interruptores mencionados anteriormente son para no dañar el equipo por lo que si se tapan o atascan las pantallas o los filtros.

1^o hacen sonar la alarma para indicarnos su necesario cambio o si continúan producen un paro de la unidad al aumentar la ΔP a través de ellos. Esto representa una protección al compresor de aire del G.G., pues con las caídas de presión en los ductos de admisión y de escape los que bajan la potencia de la máquina, descendiendo el P.D.C.).

PDSH-14 que es el interruptor de alarma por alta presión diferencial del filtro del aire de admisión, actúa, prendiendo (foco) alarma, si la ΔP a través del filtro de entrada es de 3" (7.62 cm) de H₂O.

PI-50 Indicador de presión diferencial del aire de admisión a través del filtro de entrada.

TE-32. Sensor de la temperatura ambiente del aire de admisión, detecta la temperatura ambiente del flujo de aire dentro de la caja de admisión de aire y envía una señal al tablero de control, la cual se emplea junto con otros para controlar el flujo de combustible al G.G.

ZS-2 Interruptor limitador de la puerta de entrada del filtro del aire de admisión. actua y se abre cuando la ΔP a través del filtro del aire de admisión es de 3" (7.62cm) de H_2O . Cuando la puerta se abre, un circuito eléctrico prende un foco en el tablero de control principal.

FLUJO DE AIRE PRIMARIO

Se conoce como flujo de aire primario, al aire comprimido producido por el compresor del G.G. y el cual es descargado en la 16^{va} etapa del mismo; sólo el 25% del aire total se utiliza en la combustión luego de ser impulsado a través del conducto de admisión y del bastidor hacia el combustor.

Un 65% se emplea para el enfriamiento de las partes mecánicas de la turbina de gas sujetas a altas temperaturas y el 10% restante se usa para la presurización de los sellos de aceite y sumideros.

Así que el aire primario eleva su temperatura como resultado de la combustión pero parte de dicho aire que entra a la sección de combustión, enfría los forros del combustor así como sus agujeros, domo y camisas; permitiendo además el centrado de la flama y el control de la temperatura de la combustión que se baja al diluir el aire a los gases de

combustión. También este aire enfría las paletas de la tobera de la 1^a etapa de la turbina de alta presión ya que parte de la energía de los gases calientes de combustión al expandirse a alta presión chocan con dichos ñ la ves o paletas haciendo girar al rotor de la turbina de alta presión el cual esta acoplado al rotor del compresor y al que impulsa por lo tanto. El flujo de gas aun con alta energía cinética es dirigido a la sección de la turbina de potencia (T.P.) cuyo rotor extrae la mayor parte de la energía remanente para impulsar al arbol o flecha de alta velocidad con acoplamiento flexible el cual transmite energía a la carga aplicada.

El gas que sale de la T.P. a través del bastidor trasero de la Turbina atraviesa el ducto de escape y sale aal exterior.

SISTEMA DE SANGRADO DE AIRE

El aire de la 8^a etapa del compresor del G.G. se sangra por las paletas huecas del estator y conducido a un multiple externo para enfriamiento de la T.P., presurización de los sellos de aceite y de los sumideros (enfria la parte delantera y trasera del disco de la 1^a etapa y la parte delantera del disco de la 2^a etapa de la T.P.). Desde el múltiple y mediante tubos que van de adelante hacia atrás, el aire es llevado a los toberas eyectoras.

Esto proporciona al eyector un gran volumen de aire de salida, a baja presión y baja temperatura para distribuirse a los sellos de aceite de los sumideros (colectores) para presurizarlos.

Esto crea una diferencial de presión a través de los sellos para impedir que el aceite se fugue. Desde el

eyector delantero, el aire es llevado mediante tubos al cubo del bastidor frontal, donde presuriza y enfría al sumidero o colector "A". Parte del aire del sumidero "A" pasa a través de agujeros al árbol frontal del rotor del compresor, luego a través del conducto de aire del rotor por medio de agujeros al árbol trasero del rotor, donde presuriza y enfría al sumidero "B". El aire que proviene del eyector es llevado mediante tubos al cubo del bastidor trasero de la turbina para presurizar y enfriar al sumidero "D". Parte del aire que entra al sumidero "D" es extraído para enfriamiento por el tunel del árbol con acoplamiento flexible. Luego pasa por el extremo trasero de la T. de P., al tubo de aire del rotor y penetra en el árbol frontal del rotor, donde presuriza y enfría al sumidero "C". El aire que fluye a través de los sellos de los sumideros se recolecta en la tubería de respiración de cada sumidero y se dirige al separador aire-aceite. Este separador condensa los vapores de aceite; el aceite se regresa al sistema de barrido y se descarga al aire. Hay drenes para sacar cualquier aceite que se fugue a través de los sellos de aceite de la caja de engranajes del colector. El aire de purga es extraído del compresor por las paletas o álabes de la 9^a etapa y a través de agujeros ubicados en la carcasa del compresor. Este aire se utiliza para enfriar la T. de P. y para presurizar la cavidad del pistón de balance de la T. P, cuando es llevado mediante tubos al bastidor medio de la turbina y al eyector trasero del pistón de balance. El aire que llega al bastidor medio de la turbina penetra a través de 5 puntales. Parte del aire sale por los agujeros y entra en el cubo del bastidor para enfriar la camisa interna del bastidor. El resto del aire penetra en los tubos de enfriamiento de la turbina de alta presión HPT y del reten de venteo, y por 3 agujeros situados en la cara trasera del cubo que pasa a la parte delantera del rotor de baja presión. Este aire se utiliza para enfriar

el rotor y pasa a través de la turbina de potencia .El aire que llega al eyector trasero del pistón de balance se une al aire de la etapa, 13, y penetra en el bastidor a través de los puntales 2 y 8 ,para pasar a una zona entre los retenes de aire delanteros .Esta zona actua como cámara de balance para reducir la carga trasera del cojinete de bolas No. 7.

El aire de purga de la etapa 13,es extraido del compresor a través de agujeros en la carcaza y conducido a un múltiple .Luego es conducido mediante tubos a través de la carcaza del bastidor trasero del compresor y a las corazas de la segunda etapa de la turbina de alta presión.Fluye a través de las toberas de la segunda etapa y las enfria..Parte del aire sale por los agujeros del borde de salida de la tobera ,mientras que el resto se utiliza para enfriar el reten intermedio, la parte trasera de las cañas de los álabes de la primera etapa y la parte frontal de las cañas de los álabes de la segunda etapa.Parte del aire de la etapa 13, se agrega a través de un eyector ,al aire de la novena etapa y se utiliza para equilibrar la presión del cojinete 7B.

Aire de purga de la descarga del compresor (PCD).El usuario puede extraer aire para otros servicios de la etapa 16 del compresor .El aire se toma por agujeros situados en pared interna del bastidor trasero del compresor y se extrae por los puntales 3,4,8 y 9 y se debe extraer el aire uniformemente por las cuatro bocas.El aire de la descarga del compresor utilizado para enfriar los álabes de la turbina de alta presión se extrae a través del soporte de la tobera de la primera etapa de la turbina de alta presión.El resto del aire extraido de la descarga del compresor se utiliza para enfriar la camisa de combustión y las paletas de la tobera de la primera etapa de la turbina de alta presión.

IV.3.2. SISTEMA DEL GENERADOR DE GASES

El compresor de aire de flujo axial del G.G. tiene como objetivo principal comprimir aire para la combustión pero parte del aire se extrae de algunas etapas del compresor para el enfriamiento de la turbina de gas y para presurizar sellos de aceite de las chumaceras de los rotores.

El compresor tiene un diseño de 16 etapas, relación de alta presión y flujo axial. Sus componentes principales son: a) Bastidor delantero a frontal del compresor b) rotor del compresor c) estator del compresor d) bastidor trasero del compresor, ver figuras anteriores IV.3.0 y IV.3.1

La sección de admisión dirige el flujo de aire a la admisión del compresor de la turbina de Gas. Suministra un flujo de aire y sin turbulencias al compresor. La sección esta integrada por un conducto de admisión y un casco central

El conducto de admisión está apernado a la brida delantera externa del bastidor frontal del compresor y contiene un múltiple de lavado con agua que inyecta soluciones limpiadoras líquidas al compresor. El casco central está apernado a la parte delantera del cubo del bastidor frontal del compresor.

El conducto de admisión y el casco central son de aluminio. El álabe guía (etapa de paletas guía de admisión del estator del compresor IGV) de entrada del G.G. dirige el aire filtrado de la cámara del plenum al rotor de flujo axial de 16 etapas del compresor y al estator del compresor, así el aire tomado del bastidor frontal pasa a través de las

sucesivas etapas de álabes del rotor del compresor y paletas del estator del compresor, comprimiéndose a medida que va pasando etapa en etapa. Después de atravesar 16 etapas el aire se ha comprimido en una relación de 18 a 1.

Las paletas guía de la admisión y las paletas del estator de las primeras 6 etapas son variables, sus posiciones angulares se cambian en función de la temperatura de admisión al compresor (CIT) y de la velocidad del compresor del G.G.

Al cambiar las posiciones de los álabes, el compresor tiene una operación eficiente en un rango amplio de velocidades y de temperaturas de admisión y permite al compresor un funcionamiento sin ahogos. Esta variabilidad le dá a la parte móvil del álabe, el ángulo de ataque óptimo (al plano aerodinámico de la paleta el ángulo de acción óptimo). Las posiciones de los álabes estan controladas mediante un sensor de velocidad y una servoválvula.

Las paletas variables son accionadas por un par de palancas maestras de control. Los extremos posteriores de estas palancas estan fijados a postes de pivotes aproximadamente en la 10 va etapa, uno a cada lado de la carcasa. Los extremos delanteros de cada palanca de control son posicionados mediante un accionador hidráulico. Articuciones ajustables conectan directamente las palancas de control a los anillos accionadores. Los anillos accionadores se conectan a las paletas variables mediante brazos de palanca.

(Esto se lleva a cabo cuando el sensor de velocidad movido por la caja de engranes de accesorios manda una señal al servo actuador cuya servo-válvula a una presión de aceite de 400 psi manda a funcionar a los cilindros hidráulicos que controlan el accionamiento a los palancas maestras)

Las partes estructurales que conforman el G.G.(Gasificador) son las siguientes:

- 1.-Conjunto del Bastidor frontal (Soporte y estructura anterior del compresor de aire del G.G.).Ver figura IV.3.4.
- 2.-Conjunto del Rotor del compresor de aire del G.G.,con una estructura del tipo cascada/disco.Ver figura IV.3.5.
- 3.-Conjunto del Estator del compresor de aire del G.G.,consiste en 2 carcazas delantera y trasera ,dividida horizontalmente,alojando a las paletas variables y fijas del compresor y proporciona un armazón estructural entre el bastidor frontal y trasero del compresor .Ver figura IV.3.6.(16V Y 16 etapas de pal.d'estator)
- 4.- Bastidor Trasero del compresor de aire del G.G.,esta integrado por la caja exterior ,los puntales , el cubo y el alojamiento del sumidero B .La caja exterior sostiene al combustor , el múltiple de combustible , las 30 toberas de combustible ,las 2 bujias de encendido y el soporte de la tobera de la turbina de la 2a. etapa, ver figura IV.3.7.
- 5.- Sección de Combustión esta formada por una cámara de combustión ,30 toberas ,2 encendedotes de chispa,; el combustor es anular y consiste de difusor , domo ,camisas interior y exterior(Faldon). ,ver la figura IV 3 8
- 6.- Sección de la Turbina de alta presión , esta formada por el ensamble de un rotor de 2 etapas ,conjunto de toberas de 2 etapas y el bastidor medio de la turbina.El rotor de la turbina de alta presión esta integrado por una flecha o árboldelantero conico, dos discos de álabes y retensores , un espaciador de rotor-cónico , un blindaje térmico y un árbol trasero.,ver la figura IV.3.9.El extremo frontal del rotor de la turbina de alta presión está sostenido por medio de cojinetes de bolas y de rodillos no.4 (Sumidero B) sujeto en el árbol o flecha-trasera del rotor del compresor.El extremo trasero del rotor de la turbina esta sostenido por el cojinete de rodillos no. 5 (Sumidero C) alojado en el bastidor-

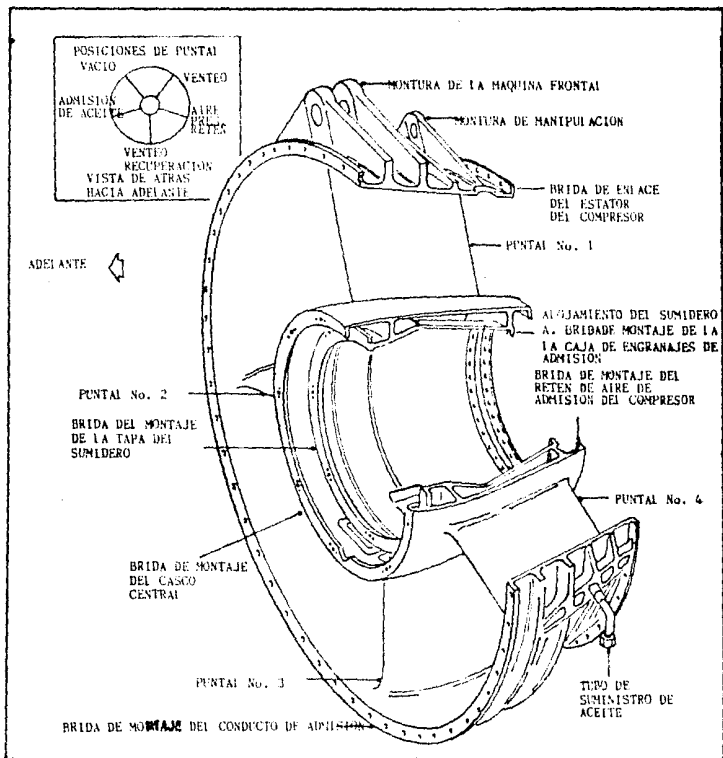


Figura IV.3.4.-Conjunto de bastidor frontal.

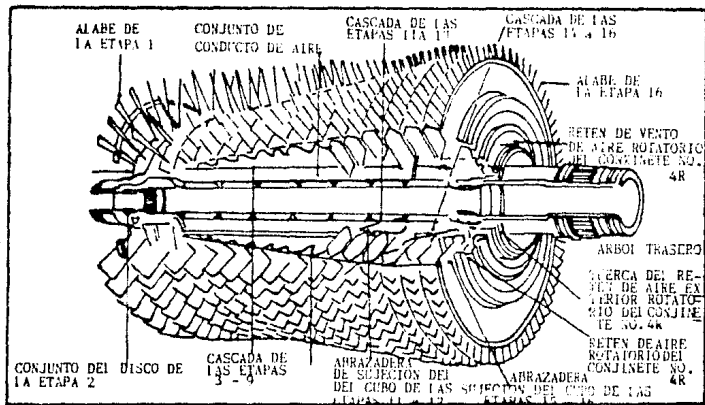
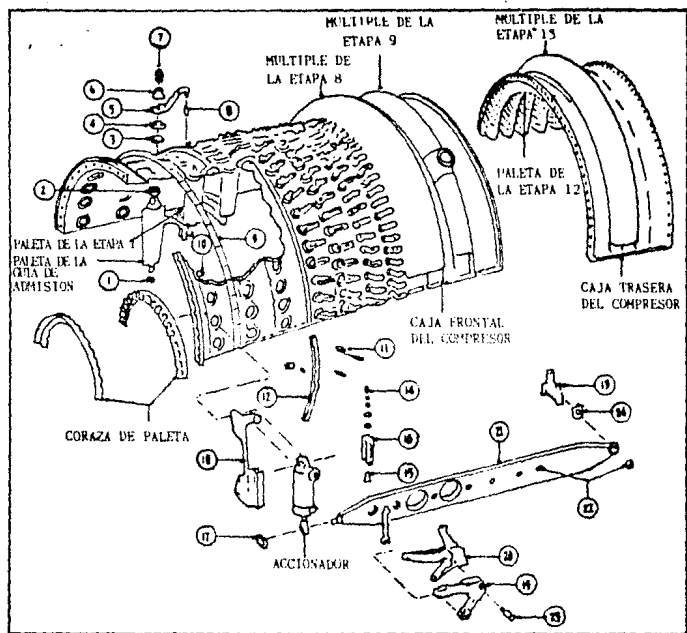


Figura IV.3.5.- Conjunto de rotor del compresor.



CLAVE:

- | | | |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. MANGUITO Y ESPACIADOR
(REEMPLAZA AL MANGUITO BRIDA) | 10. ESPACIADOR DEL AHILLO
DE ACCIONAMIENTO | 17. GUIA DE LA PALANCA DE
ACCIONAMIENTO |
| 2. MANGUITO BRIDADO | 11. PASADOR DE ALINEACION | 18. MENSULA DEL ACCIONADOR
Y DE LA GUIA |
| 3. ARANDELA | 12. ESLABON DE CONEXION | 19. MANIVELA DE REALIMENTACION |
| 4. ESPACIADOR (CON CODIGO DE CO
COLOR) | 13. MONTURA DE LA PALANCA
DE ACCIONAMIENTO | 21. PALANCA DE ACCIONAMIENTO
DE PALETA |
| 5. BRAZO DE PALANCA | 14. EXTREMO DE VASTAGO
Y COJINETE | 22. COJINETES "AUTODALINEACION" |
| 6. CAMISA | 15. VASTAGO DE EMPUJE | 23. PERNO DE TALON |
| 7. CONTRATUERCA | 16. HORQUILLA DE LA PALANCA
DE ACCIONAMIENTO | 24. ESPACIADOR |
| 9. SEGMENTO DEL AHILLO DE
ACCIONAMIENTO | | |

FIG. IV.3.6. Conjunto de estator del compresor.

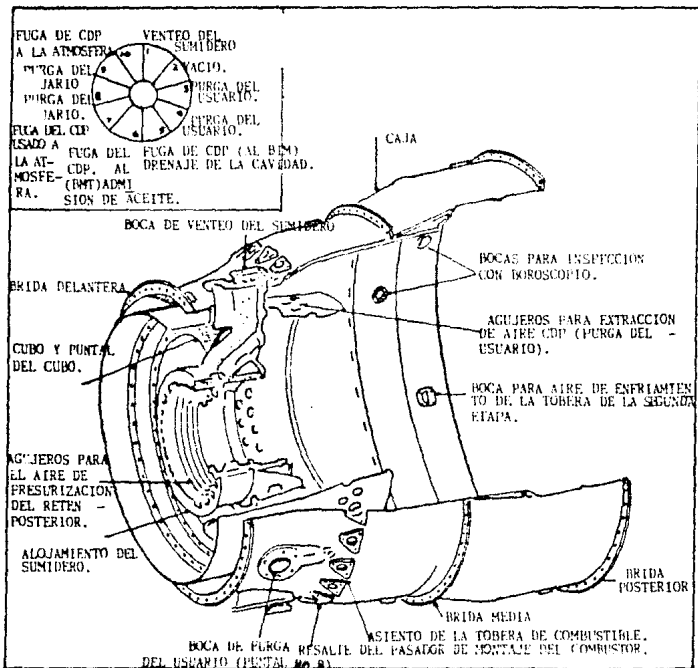


Fig. IV.3.7.- Bastidor trasero del compresor.

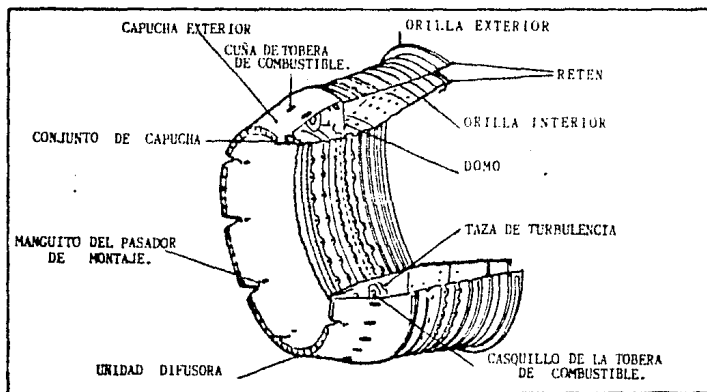


Figura 1v.3.8.-COMBUSTOR.

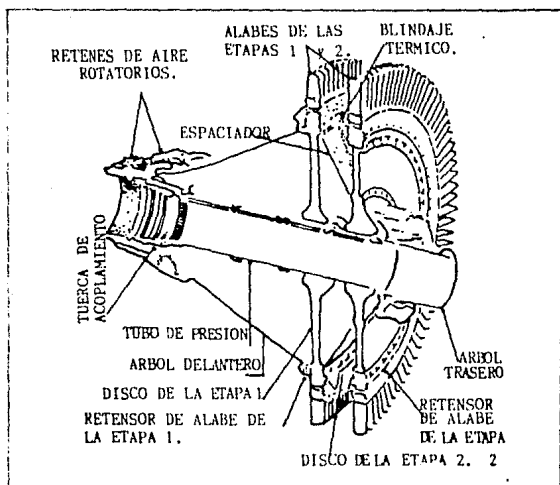


Fig.IV.3.9
Rotor de alta presión de la turbina.

medio de la turbina .Las toberas de la turbina están contenidas y sostenidos por el bastidor trasero del compresor ,el bastidor medio de la turbina sostiene también el extremo frontal de la turbina de potencia.Contiene el conducto de transición a través el cual , el gas fluye desde la sección de la turbina de alta presión a la turbina de potencia.Así como el conjunto del bastidor frontal forma una vía para al aire de admisión del compresor y proporciona el punto de sujección delantero para el G.G..La estructura posterior del compresor del G.G. que corresponde al bastidor trasero contiene a la cámara de combustión y a la turbina de alta presión .Ademas soporta el extremo posterior del compresor y al extremo anterior de la turbina de alta presión .La parte delantera del estator del compresor está sostenida por la carcaza del bastidor frontal y la parte delantera del rotor del compresor está sostenida por el cojinete de rodillos no.3 que está alojado en el cubo del bastidor frontal (Sumidero A) .La parte trasera del estator esta sostenida por la carcaza del bastidor trasero y la parte trasera del rotor está sostenida por los cojinetes de bolas y rodillos no. 4 que estan alojados en el cubo del bastidor trasero del compresor (Sumidero B). Cabe aclarar ,también ,que el conjunto de capucha (difusor) conjuntamente con el bastidor trasero del compresor sirve como difusor y distribuidor de la carga de aire del compresor.Proporciona un flujo uniforme de aire al combustor ,que permite que el gas combustible se queme con uniformidad y dá una distribución constante de temperatura en la entrada de la turbina del G.G..El combustor está montado en el bastidor trasero sobre 10 pasadores de montaje equidistantes, en la sección delantera del conjunto de capucha (De baja temperatura)..Treinta tazas de turbulencia axiales productoras de remolinos situados en el domo proporcionan estabilidad a la llama y al mezclado de combustible/aire.Una película de aire de enfriamiento protege la superficie interior del domo de las altas tempera-

turas de combustión ,lo mismo las camisas del combustor.La combustión prima - -
ria y el aire de enfriamiento entran a través de agujeros estrechamente espa-
ciados en loa anillos que forman las camisas ,estos agujeros contribuyen al -
centrado dela flama y permiten el equilibrio del aire de combustión.La tobera --
de la primera etapa de la turbina de alta presión dirige el flujo de gases -
calientes, de alta presión y expandiendose ,desde la sección de combustión en -
un ángulo y velocidad óptimos hacia los álabes de la turbina de la primera e-
tapa,esto es que una tobera lo forma una hilera de álabes en forma de disco -
(estator) y dirige la corriente gaseosa, alta en volumen , presión y tempera-
tura del combustor a las aletas del rotor de la turbina,tra: formando la energia
cin ética y de presión del chorro gaseoso ,en energia mecánica , que impulsa al
rotor del compresor axial del G.G. ,al cual se encuentra acoplado; conforme el -
gas se expande a través de las etapas del rotor y estator de la turbina,la pre-
sión y temperatura se reducen ,no obstante aún queda suficiente energia al gas -
que se aprovecha como potencia de salida o caballaje del gas para impulsar a -
la turbina de potencia, del mismo modo anterior,ya que se extrajo la energia -
necesaria, para operar la máquina a la velocidad deseada, el gas se dirige al -
escape (atmósfera.) para mantener el ciclo..El rotor de la turbina de alta pre-
sión ,sus toberas, sus respectivas paletas o álabes,como las partes sueltas a
calentamientos severos se enfrían por un fujo continuo de aire de descarga del -
compresor (PDC) ,que pasa a través de agujeros en el soporte de la tobera de la-
la. etapa y en el arbol delantero de la turbina.El aire enfría el interior del
rotor y a ambos discos antes de pasar entre"las colas de paloma" y salir a los-
álabes ,éstos son de caña larga en ambas etapas, y son enfriados mediante -
convección interna y película de enfriamiento externa , a través de un laberinto
dentro del álabe hasta las puntas , agujeros del borde de ataque y agujeros de-
estria ;donde es descargado todo el aire de enfriamiento; ver las figuras IV.3.

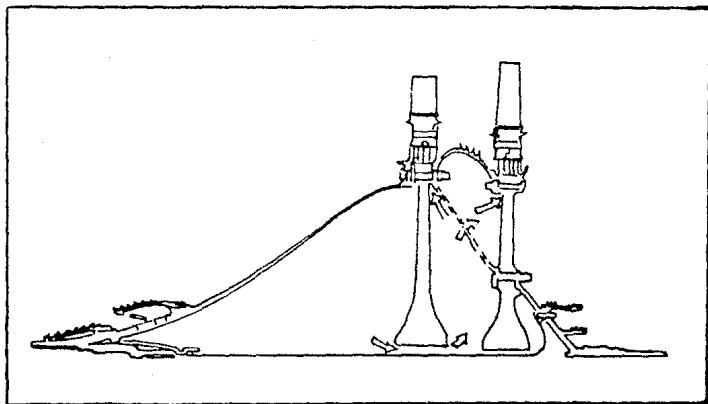


Figura IV.3.10.- Enfriamiento del rotor de la turbina de alta presión.

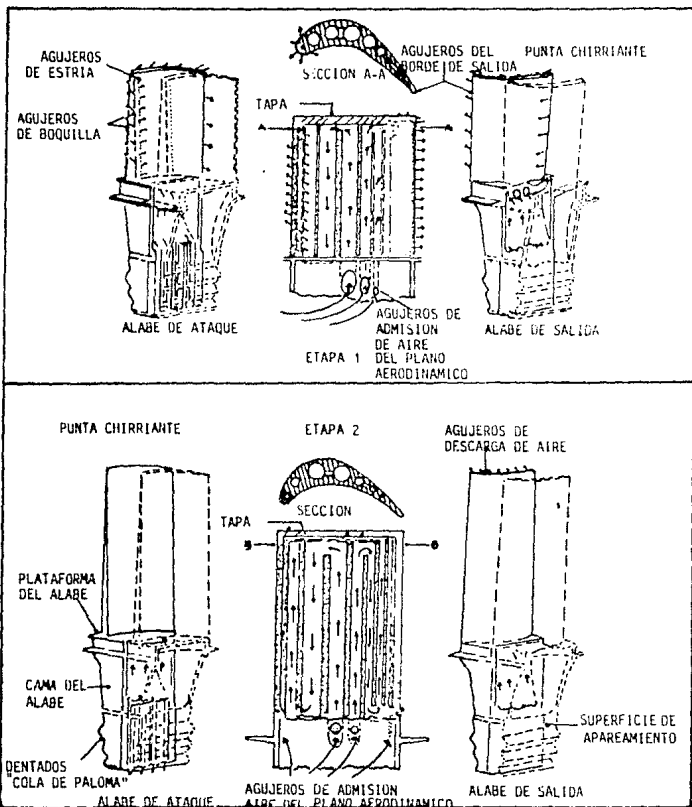


Figura IV.3.11 Enfriamiento de los álabes del rotor de la turbina de alta presión.

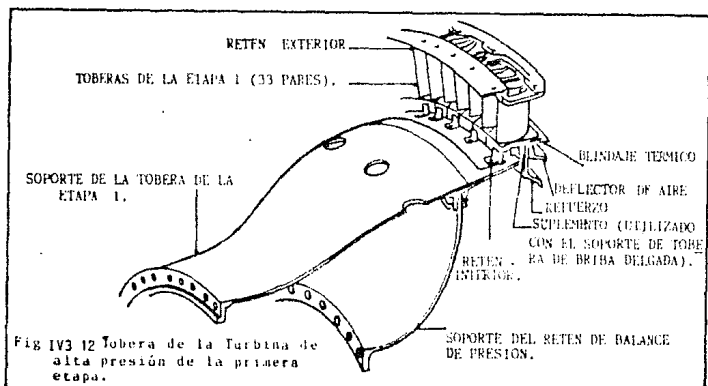
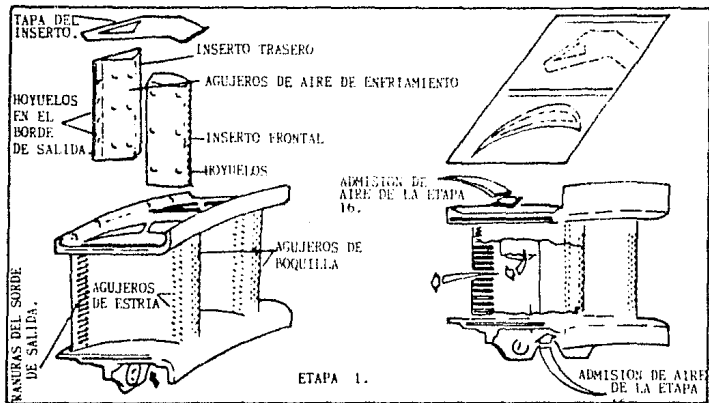


Fig. 143.13 Enfriamiento de la tobera de la turbina de alta presión de la primera etapa.



7.- Conjuntos de toberas 1a. y 2a. etapa son enfriados con aire de PDC, mediante convección y película de enfriamiento que fluye a través de cada una de sus paletas, que se dividen en 2 cavidades por donde fluye el aire frío. Sus principales piezas son: soporte de toberas, las toberas, las corazas de la de la turbina 1a. y 2a. etapa, retenes interior y exterior (1a. Etapa), deflectores y reten intermedio (2a etapa). Ver figuras IV.3.13, 14 y 15..

8.- Bastidor medio de la turbina. - sustenta el extremo trasero del rotor de la turbina de alta presión y el extremo delantero del rotor de la turbina de potencia o turbina de baja presión. El bastidor proporciona un pasaje de flujo difusor constante para los gases de descarga de la turbina de alta presión a la turbina de potencia. La tubería para la lubricación de cojinetes y presurización de retenes está ubicada dentro de los puntales del bastidor. Las toberas de la primera etapa de la turbina de potencia se montan sobre el bastidor, cuyo cubo sostiene con bridas, el alojamiento del sumidero, los retenes estacionarios, el soporte de la camisa interior y el soporte de tobera de la 1a. etapa de la T.P.. El conjunto camisa dirige el flujo de gases y protege la estructura principal de altas temperaturas. Está sostenido en el extremo delantero por los soportes de las camisas interior y exterior, donde hay retenes que impiden la excesiva pérdida de aire de enfriamiento desde atrás del conjunto de camisa, ver la figura IV.3.16.

9.- Sección de Transmisión Secundaria (Sistema de transmisión de accesorios). Este sistema impulsa controles y accesorios que se montan sobre las mensulas que posee, está integrado por una caja de engranes de admisión ubicada en el cubo del bastidor frontal, una flecha o árbol de transmisión radial, situado dentro del puntal de la "hora 6" del bastidor frontal y una caja de engranajes de transferencia /secundaria apertada debajo del bastidor frontal. El arrancador neumático y la bomba de lubricación/barrido están montados sobre el lado -

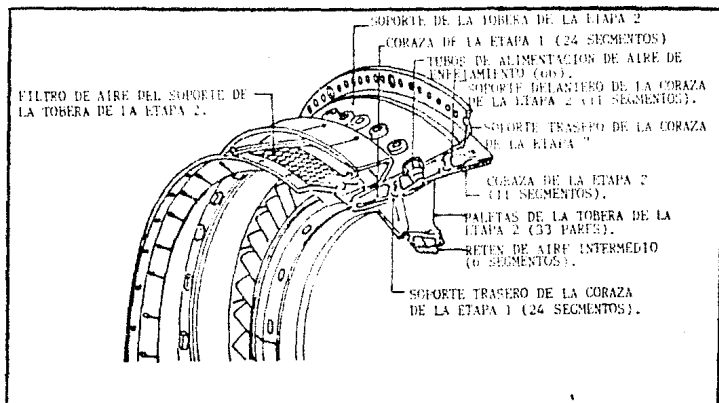


Figura IV.3.14.

Tobera de la turbina de alta presión de la segunda etapa.

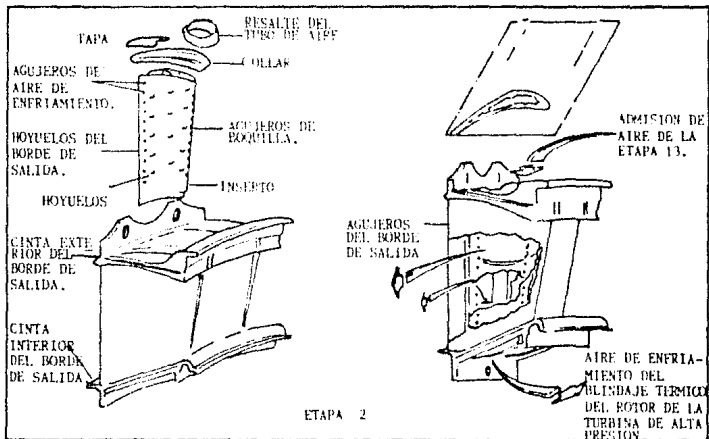


Figura IV.3.15
 Enfriamiento de las toberas de la turbina de alta presión de la segunda etapa.

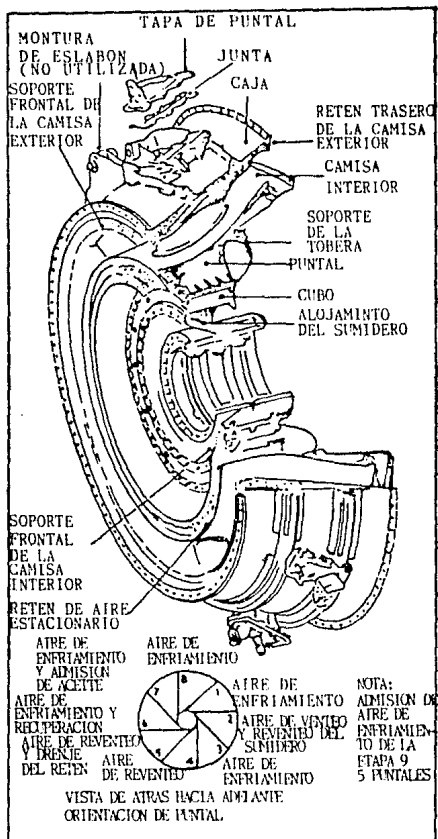


Fig IV. 3.16 Bastidor medio de la turbina.

posterior de la caja de engranajes secundaria y de su parte frontal el sepa -
rador aire/aceite y el control del estator (IGV).Ver figura IV.3.17.

Tren de Transmisión Secundario.- La energía para impulsar los accesorios--
es extraída del rotor del compresor ,por medio de un árbol hueco de gran diám_e-
tro,conectado a través de acoplamientos estriados al árbol frontal del rotor.Un
juego de engranajes cónicos , situados en la caja de engranajes de admisión -
transfiere dicha energía al árbol de transmisión radial ,que a su vez la trans-
mite a otro juego de engranajescónicos situados en la sección delantera de la -
caja de engranajes de transferencia.Un corto árbol de transmisión horizontal -
transmite la energía a los adaptadores de impulsión de accesorios,situados en--
la caja de engranajes de transferencia .

10.-Caja de Engranajes de Admisión.- Su conjunto esta formado por una carcaza-
de aluminio moldeado,un árbol, un par de engranaje cónicos, cojinetes e inyector-
es,de aceite .La carcaza apernada dentro del cubo del b astidor frontal, sos -
tiene 2 cojinetes de bolas dobles y un cojinete de rodillos .Tiene pasajes inter-
nose inyectores de aceite para lubricar engranajes y cojinetes. El árbol que -
gira sobre su eje horizontal ,tiene acoplamientos estriados en su extremo poste-
rior para coincidir con el disco de la segunda etapa del rotor del compresor,El-
árbol o flecha de transmisión radial transmite la energía de la caja de engrana-
jes de admisión a la sección delantera de la caja de engranajes de transferencia
al coincidir dicho árbol hueco con acoplamientos estriados a cada extremo ,con -
los engranajes cónicos de las cajas de engranajes de admisión y de transferen-
cia.Así el engranaje cónico inferior,que gira sobre un eje vertical, está sus -
tentado en su extremo superior por un cojinete de rodillos y en su extremo infe-
rior por cojinete de bolas doble ,tiene tambien acoplamientos estriados para co-
incidir con el árbol de transmisión radial.

11.- Caja de Engranajes Secundaria.-Ver la figura IV. 3.19.- Su conjunto esta -
integrado por una carcaza de aluminio de 2 piezas , un separador de aire/aceite ,

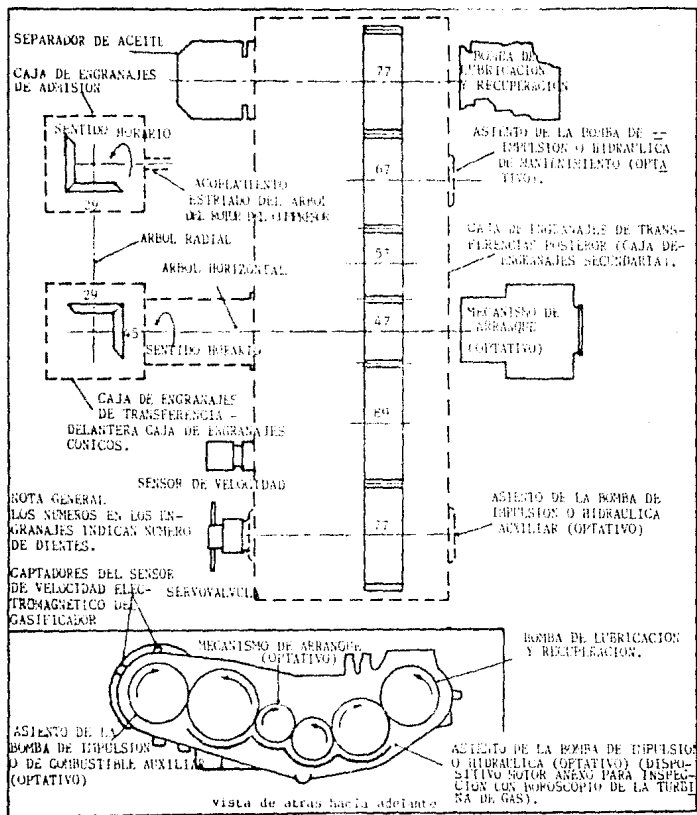


Figura IV.3.17.- Sección de transmisión secundaria.

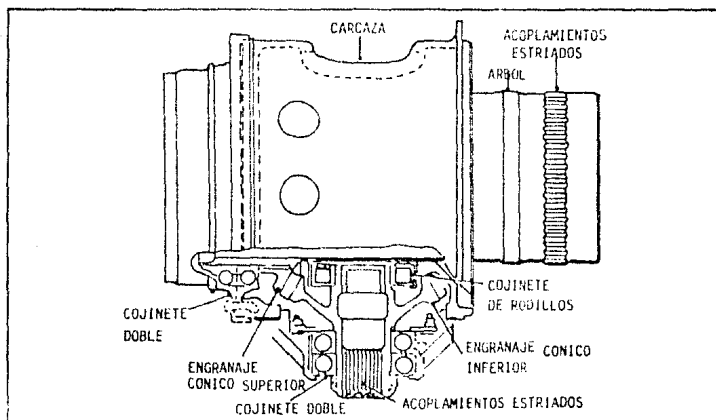


Figura IV.3.1B.-Caja de engranajes de admisión.

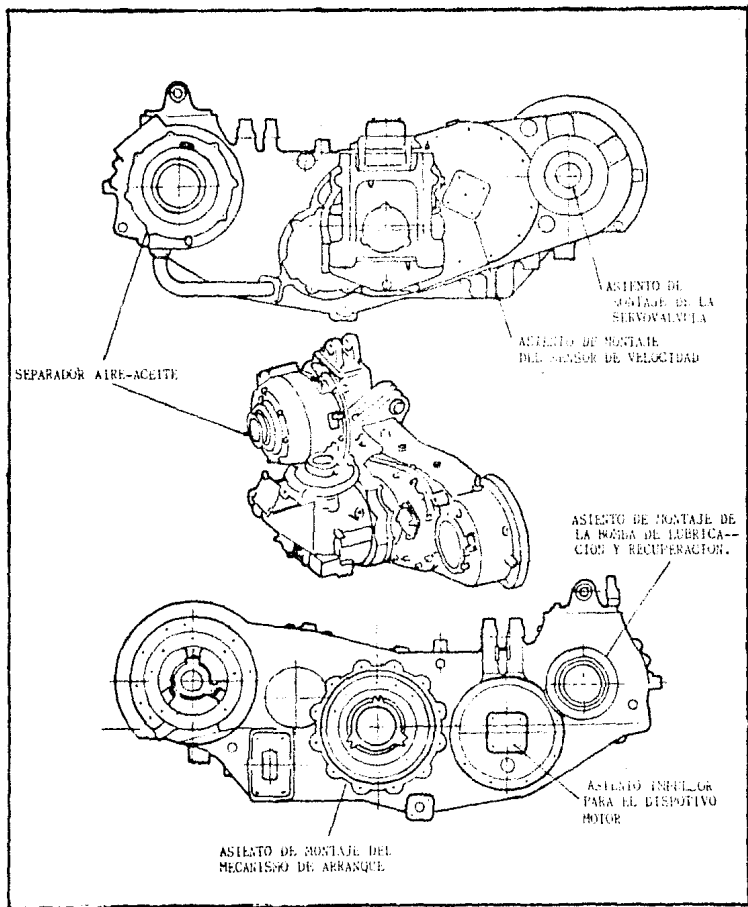


FIGURA IV.3.19-CAJA DE ENGRANAJES SECUNDARIA

engranajes, cojinetes, retenes, toberas de aceite y adaptadores secundarios. La sección delantera contiene un juego de engranajes cónicos en ángulo recto y un árbol de transmisión horizontal que transmite la energía al tren de engranajes situado en la sección trasera (caja de engranajes secundaria).

12.- Separador Aire/Aceite.-Ver la figura IV.3.20.-Consta de un impulsor de hoja metálica trabajada con alojamiento de aluminio moldeado. Está montado en la parte frontal de la sección secundaria de la caja de engranajes. Todos los sumideros son venteados al separador aire/aceite, para evitar la pérdida de aceite excesiva al ventear vapor de aceite.

13.- Cojinetes o Chumaceras.- Los cojinetes del conjunto de la turbina de gas sustentan dos sistemas rotatorios separados, correspondientes al gasificador (G.G.) y turbina de potencia (T.P.). Se usan los cojinetes no. 3R (sumidero A), 4R, 4B (sumidero B), 5R, 6R (sumidero C), 7B, 7R (sumidero D). Ver la figura IV.3.21 y 22. El soporte del G.G. S está integrado por un sistema de 4 cojinetes: Los coji- 3R y 4R son cojinetes de rodillos montados respectivamente sobre las flechas delantera y trasera del compresor. Los cojinetes 4B y 4R se les utiliza para soportar la carga de empuje de los rotores del G.G., al 5R sustenta al árbol trasero del rotor de la turbina del G.G.. El soporte del rotor de la T.P. lo forman los cojinetes no. 6R, 7B y 7R; los 6R y 7R son montados respectivamente en los árboles delantero y trasero del rotor de la T.P. cuya carga de empuje lo soporta el 7B montado en el árbol trasero.

13.- Retenes.- se usan retenes de aceite y de aire, cada uno con 2 tipos: a) retenes de aceite de laberinto/espiral inversa, que se usan en las zonas de sumidero, b) retenes de carbón, utilizados en la caja de engranajes de transferencia, mantienen un bajo escurrimiento de aire de presurización de sellado en el sumidero y por tanto evita pérdidas de aceite. c) retenes de aire de laberinto alveolado, que se utilizan en las zonas de sumidero y turbina de gas, d) Y -

los retenes de aire de boca de pescado, utilizados en el combistor y en el bas-
tador medio de la turbina .

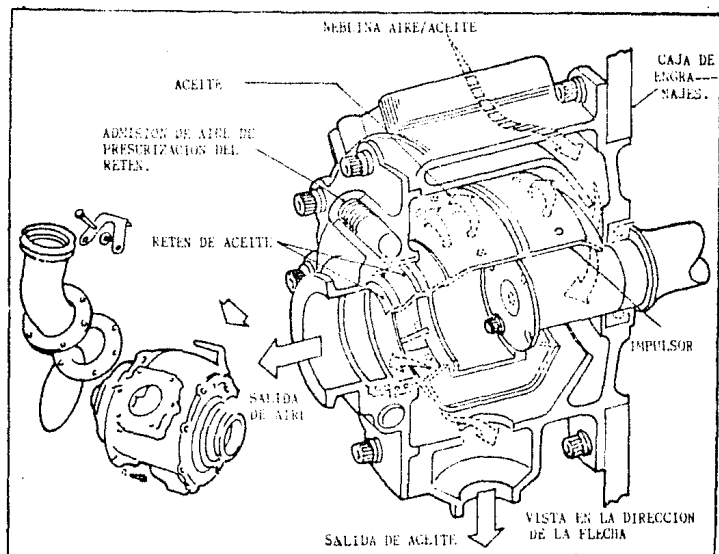


Figura IV.3.20.- Separador aire/aceite.

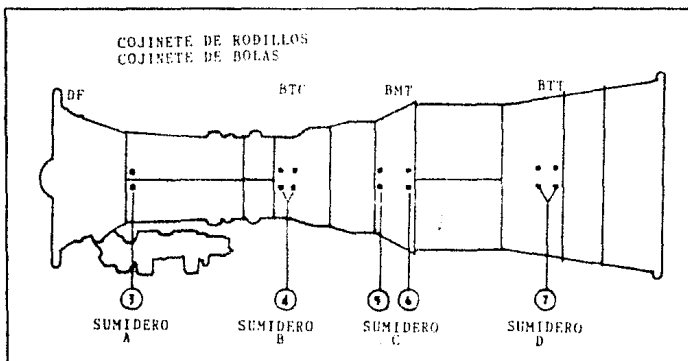


Figura IV.3.21.- Cojinetes de la turbina de gas.

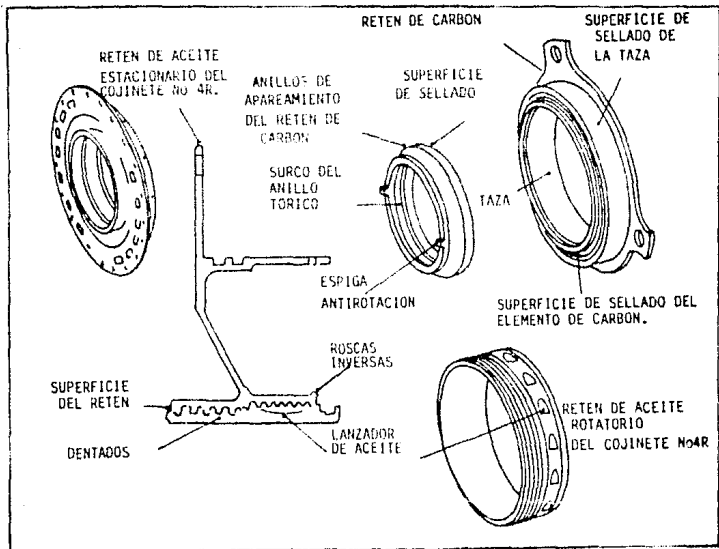


Fig. IV.3.2.2-Retenes de aceite típicos.

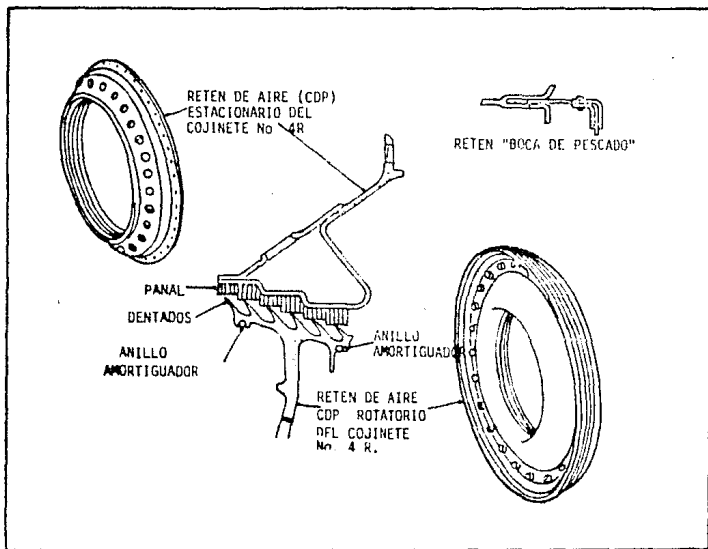


Figura IV.3.23 -- Retenes de "boca de pescado" se usan para evitar excesivas per-
 didas de gas caliente de combustión del flujo de aire primario.

14.- SISTEMA DE CONTROL DEL ESTATOR VARIABLE

El sistema de control del estator variable percibe la velocidad del G.G. y la temperatura de admisión del compresor (CIT) y posiciona los álabes variables del estator del compresor. Para una temperatura y velocidad dadas, las paletas variables del estator del compresor se colocan en una sola posición y permanecen en ella hasta que la velocidad del G.G. o la CIT cambien.

Sus componentes son:

1.- Sensor de velocidad 2.- Servoválvula 3.- Accionadores del estator variable 4.- Eslabon de demanda 5.- Cable de realimentación 6.- Válvula de cierre en la derivación del aceite del sensor de vel. (figuras IV 3.24 , IV 3.25 y IV 3.26.)

El sensor de velocidad percibe la velocidad del G.G. y la temperatura de admisión del compresor (CIT), mediante una válvula de control suministra aceite a presión a la servoválvula y mediante el eslabón de demanda suministra una señal mecánica de posición deseada de los álabes o paletas. El sensor de velocidad contiene una válvula piloto que se mueve en función de las señales de velocidad y del CIT; y un servopistón que se mueve en respuesta a la válvula piloto.

El aceite necesario para accionar el sistema de álabes variables es suministrado al sensor de velocidad desde el conducto de suministro de aceite lubricante de la turbina de gas. Desde el sensor de velocidad, el aceite es bombeado a la servoválvula, desde donde es conducido a los accionadores de los álabes, luego el aceite regresa desde la servoválvula al conducto de suministro de aceite lubricante de la turbina de gas. El aceite de derivación del sensor de velocidad es conducido a través de una válvula de cierre antiestática al conducto de suministro de aceite lubricante de la bomba, entrando a ésta por el elemento de suministro.

La servoválvula recibe del sensor de velocidad una señal mecánica de demanda y de los accionadores de los álabes variables una señal mecánica de realimentación. Mediante una válvula de control proporciona aceite a presión (suministrado por el sensor de velocidad) a los extremos de vástago y cabeza de los accionadores de los álabes.

Los accionadores de los álabes variables reciben aceite a presión de la servoválvula y mueven los álabes variables del estator. El movimiento de los accionadores es transmitido a las paletas individuales a través de 2 palancas maestras y anillos accionadores.

El eslabón de demanda transmite la señal de posición

deseada de los álabes desde el sensor de velocidad a la servoválvula. El cable de realimentación transmite la señal de la posición real de los álabes desde los accionadores de los álabes a la palanca de pivote de la servoválvula para neutralizar la servoválvula cuando los álabes han alcanzado la posición adecuada.

La válvula de cierre, situada en el conducto de derivación de aceite que sale del sensor de velocidad, evita que el aceite drene dentro del sensor de velocidad y de la caja de engranes de transferencia cuando la turbina de gas no esta funcionando.

FUNCIONAMIENTO.

a) El sensor de velocidad percibe la velocidad del G.G. y a través del sensor de la CIT, la temperatura del aire que entra en el compresor del G.G. y con ello posiciona el brazo de salida de la palanca. Para cada temperatura y cada velocidad, el brazo de salida tomará una sola posición y permanecerá en ella hasta que la velocidad del G.G. ó la temperatura de admisión cambien.

b) A su vez, el brazo de la palanca posiciona una servoválvula mediante una articulación mecánica. La servoválvula envía aceite al extremo de cabeza o al extremo de vástago

de los dos accionadores que mueven mediante brazos de palanca, los álabes variables del estator del compresor del generador de gases.

El sistema de la servoválvula es del tipo de realimentación; el movimiento de los accionadores del estator es utilizado para suministrar una señal de realimentación a la servoválvula y neutralizarla. Esto último se realiza mediante un eslabón flotante en la servoválvula. Uno de los extremos del eslabón está conectado a la palanca de salida del sensor de velocidad y el otro al cable de realimentación que viene de los accionadores del estator. El centro del eslabón flotante está fijado a través de la servoválvula al que está vinculado mediante palancas pivotantes y rotativas. Cuando la articulación que viene del sensor se mueve, el eslabón flotante pivotea alrededor del punto en que está enganchado el cable de realimentación. Esto hace mover el carrete de la servoválvula y dirige aceite a los accionadores.

c) El movimiento de los accionadores hace mover el cable de realimentación, reposicionando el brazo flotante (que ahora pivotea alrededor del punto donde está enganchado el cable axial y tracción). Y moviendo el carrete de la servoválvula hasta la posición cero. De esta manera el sistema vuelve a la posición estable. La presión del aceite para hacer funcionar el sistema es producida por una bomba de aceite

de 400 psig (2760 kp_a) ubicada en el sensor de velocidad.

El émbolo de la válvula piloto controla el flujo de aceite que va y vuelve de el lado de mayor superficie del pistón diferencial. Si el carrete está "centrado" (Su zona de control cubre exactamente la boca de control del cilindro), el aceite no fluye ni hacia ni desde el pistón. El aceite de presión que proviene de la bomba de engranajes (P_o) y vá al lado de menor superficie del pistón diferencial, presiona continuamente hacia arriba y tiende a cerrar las paletas del estator del G.G.. Pero el pistón no puede moverse a menos que el aceite se encuentre entre la zona de control del embolo de la válvula piloto y el lado de mayor superficie del pistón vuelva a la admisión de la bomba (P_o).

d) Si la velocidad aumenta o la CIT disminuye, la válvula piloto es movida hacia arriba de su posición de centrado, dejando pasar a P_o el aceite que se encuentra encima del pistón diferencial. El pistón diferencial sube, haciendo que la palanca de salida se mueve en la dirección de abertura. Si el émbolo de la válvula piloto se mueve por debajo de su posición de centrado debido a una baja de velocidad o aumento de la CIT, el aceite a presión (P_o) es dirigido a el lado de mayor superficie del pistón diferencial (así como a el lado de menor superficie).

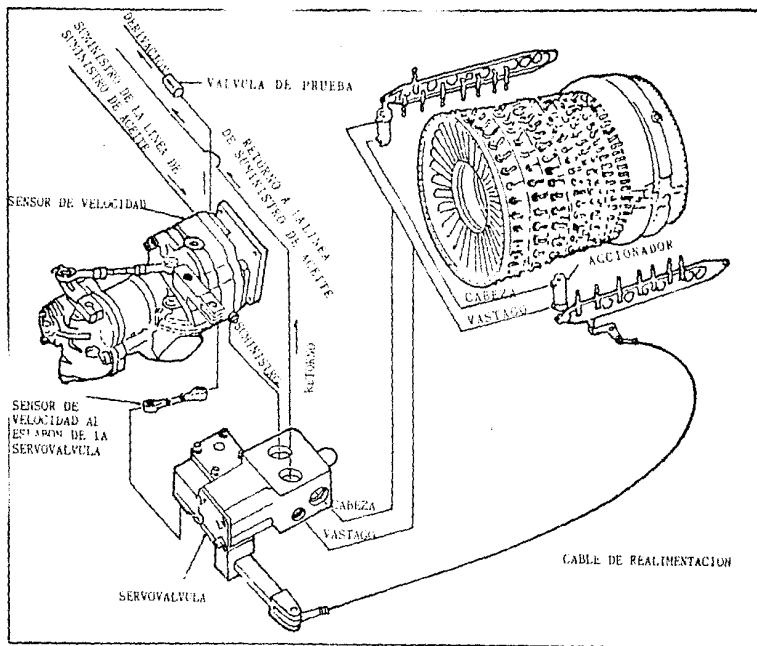


FIG. IV.3.24 - SISTEMA DE CONTROL DE ESTATOR VARIABLE.

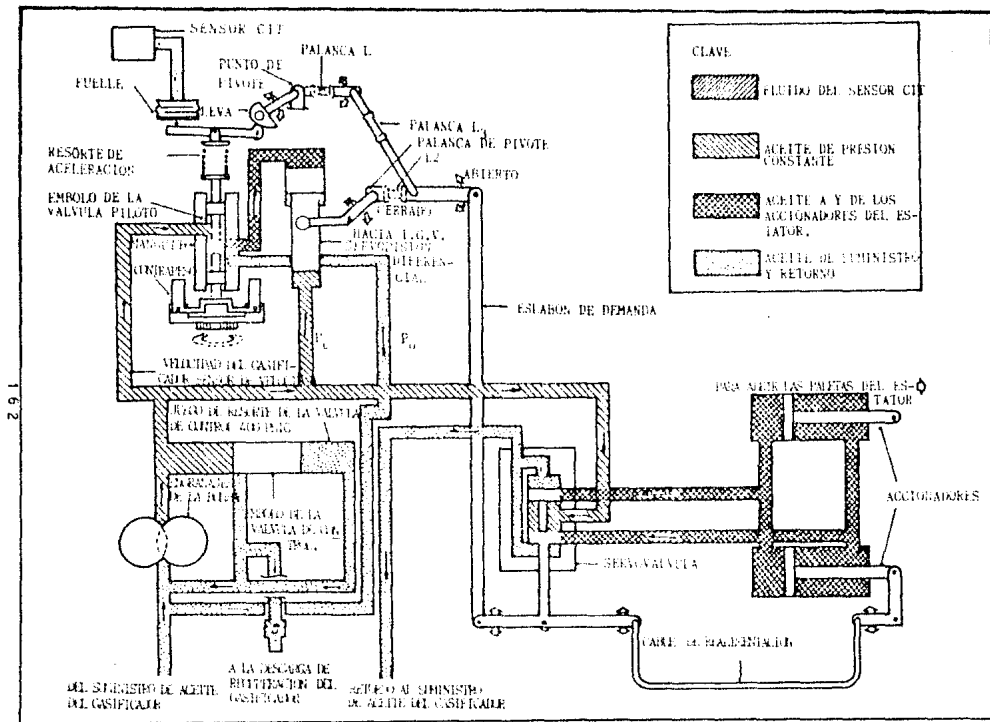


FIG. IV.3.25. ESQUEMA FUNCIONAL DE CONTROL DEL ESTATOR VARIABLE.

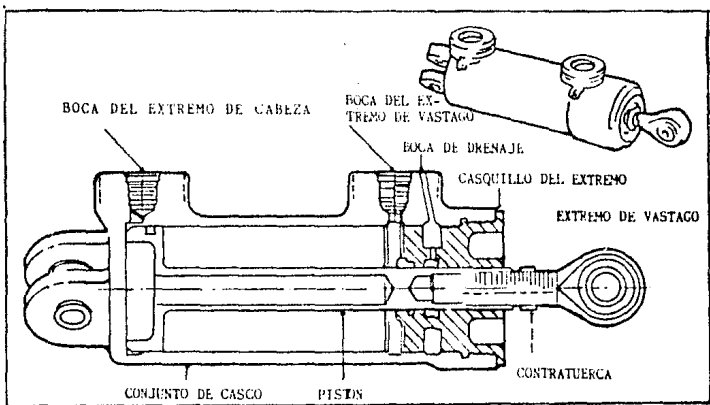


FIG. IV.3.26.- ACCIONADORES DE PALETA DEL ESTATOR VARIABLE

IV.3.3. TURBINA DE POTENCIA

Luego de salir de la sección de la turbina de alta presión, el flujo de gas caliente atraviesa el bastidor medio de la turbina y entra a la sección de la turbina de potencia. La mayor parte de la energía remanente es extraída por el rotor de la turbina de potencia de 2 etapas al convertir dicha energía recuperable de la corriente, en energía mecánica de la flecha de la T.P. i.e. que impulsa el árbol de alta velocidad con acoplamiento flexible. El árbol transmite energía a la carga aplicada. El gas sale de la T.P. a través del bastidor trasero de la turbina, atraviesa el conducto de escape y sale al exterior.

Los gases calientes del G.G. se llevan al rotor de la T.P. de 2 etapas por medio del ducto de entrada hecho de Hastelloy X (aleación de Ni - Cr). Este ducto está separado de la carcasa de la turbina y se puede expandir axial y radialmente con los cambios momentáneos de temperatura.

Los materiales utilizados son aleaciones avanzadas, específicamente diseñadas para estas temperaturas. Los álabes rotatorios de la 1ª etapa son de IN-738 y los de la 2ª etapa son de Waspaloy, las paletas fijas de U-500 (1ª etapa) y Ni 155 (2ª etapa) y los discos rotatorios son de Waspaloy (1ª etapa) e Inconel 901 (2ª etapa).

El aire de enfriamiento del G.G. se utiliza para controlar las temperaturas de los metales de los discos y raíces de los álabes. Este aire fluye a través de las superficies de los discos de ambas etapas. El aire adicional cae sobre la sección de la raíz de los álabes de la 1ª etapa a través de 8 tubos de aire de enfriamiento.

De la cascada de álabes, los gases pasan al escape por un difusor diseñado para reducir su velocidad con una pérdida mínima de potencia. El rotor de la turbina de potencia esta soportado en 2 chumaceras radiales o de trabajo tipo camisa y está diseñado para dar una rigidez máxima con la 1ª velocidad crítica de la flecha y también cuando se opere arriba de la velocidad máxima de operación. Esto se logra con una flecha de diámetro generoso y ubicación, localizando las chumaceras tan cerca como es posible del disco y del eje de acoplamiento, respectivamente, logrando así reducir la flexión causada por las masas voladizas; La chumacera de empuje, tipo Kingsbury, de zapatas oscilante, está montada en la misma caja, de chumaceras, que la chumacera en el lecho del acoplamiento de la flecha.

El acoplamiento separador, tipo engrane, de alta velocidad, tipo A, continuamente se lubrica. El disparo por sobre velocidad de la T. de P. es un sistema electrónico con detector de la frecuencia y con el detector magnético que está localizado en el extremo del acoplamiento de la flecha de la T.P.

Las ruedas de la turbina están atornilladas a la flecha por medio de 8 pernos de alta resistencia y diseño especial.

La concentricidad se mantiene gracias a adaptadores pilotos que están entre los discos de la 1ª etapa, de la turbina y entre el disco y la flecha de la 2ª etapa. El par se transmite por fricción y 4 pasadores colocados radialmente, que garantizan que los pernos de amarre se sometan sólo a esfuerzos de tracción.

Para evitar distorsiones, todos los elementos de

la carcaza de la turbina están diseñados como anillos simétricos, sin separación desde la brida de descarga de la sección de compresión del G.C. hasta el escape del difusor de la T. de P.

La caja de engranes auxiliar de la turbina de potencia se impulsa desde la flecha de la turbina por medio de engranes cilíndricos, reductores sencillos con reducción adicional a las flechas de transmisión de accesorios. Aunque la potencia que se transmite por la caja de engranes es baja, los engranes son bastante grandes y están diseñados para tener una larga vida. La caja de engranes auxiliar impulsa al siguiente equipo: 1.- Bomba principal de aceite lubricante; 2.- Bomba principal de aceite de sello.

Rotor de la Turbina de Potencia.- es un rotor de turbina de baja presión de 2 etapas montado entre el cojinete de rodillos N° 6 (sumidero C), alojado en el bastidor medio de la turbina y los cojinetes de bolas y rodillos N° 7 (sumidero D), alojados en el bastidor trasero de la turbina. Esta integrado por 2 discos. Cada disco está asegurado al árbol mediante pernos de conexión fuerte como se describió.

Los álabes de las 2 etapas tienen corazas en las puntas de traba para reducir los niveles de vibración y están retenidos a los discos mediante "colas de paloma". Sus retenes rotatorios reemplazables coinciden con los retenes estacionarios para evitar excesivas pérdidas de gas entre las etapas. Las 2 etapas de álabes están protegidas con revestimiento contra la corrosión.

Estator de la T.P.- esta integrado por 2 mitades de carcaza dividida horizontalmente, toberas de turbina y carcazas de 2 etapas de álabes revestidas (Ver figura IV 3.27).

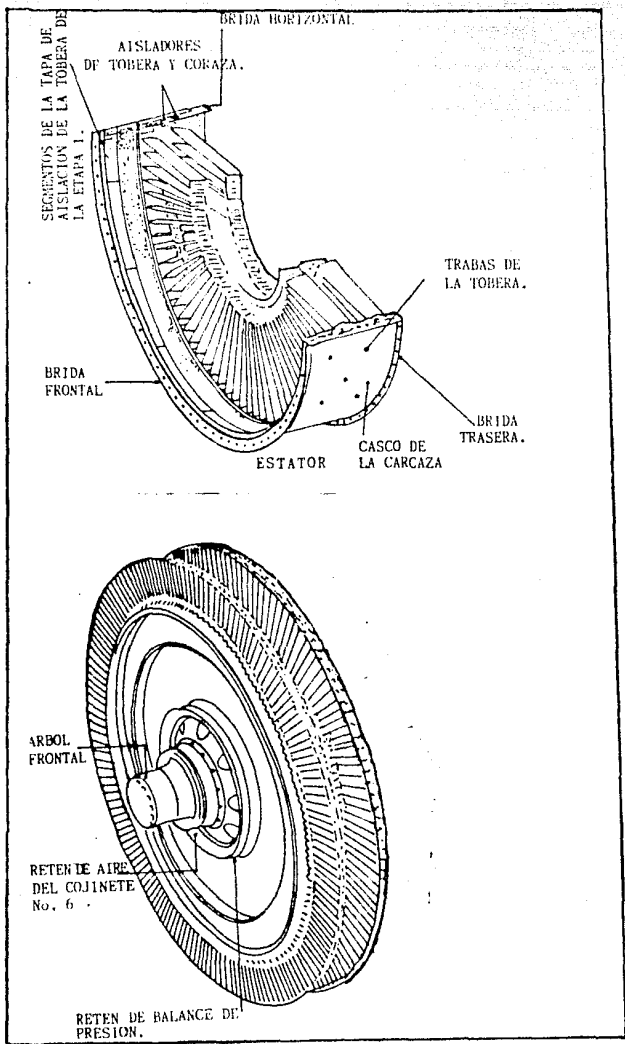


FIG. IV.3.27.- ESTATOR Y ROTOR DE LA TURBINA DE POTENCIA.

Las corazas de "panal de abejas", montadas en canales de la carcaza, coinciden con los puntos de álabes acorazados para proporcionar sellados de luz de cierre y también para actuar como blindaje térmico de la carcaza. Los retenes estacionarios intermedios estan fijados a los extremos internos de las paletas de la tobera para mantener un nivel bajo de perdidas de aire entre las etapas. Entre las toberas/corazas y la carcaza se ha instalado una aislación que protege a la carcaza de las altas temperaturas de la corriente de gas.

Bastidor trasero de la turbina.- esta integrado por una carcaza exterior, 8 puntales radiales equidistantes y un cubo de acero moldeado de una pieza. Forma la vía de escape del flujo de la T.P. y sustenta el extremo trasero de la T.P. y el adaptador delantero del árbol de acoplamiento de alta velocidad. El cubo del bastidor trasero de la turbina sostiene el deflector interno del sistema de escape. Así también, contiene un alojamiento para los cojinetes de bolas N° 6 y de rodillos N° 7, el cual es una pieza de acero inoxidable 174 PH. Los alojamientos del cubo y los cojinetes tienen bridas a las cuales se fijan los retenes de aire y aceite para formar el sumidero D. La carcaza del bastidor sustenta el cono exterior del sistema de escape y proporciona puntos de fijación para los soportes traseros de la turbina de gas. (Ver Figura IV.3.25)

Los puntales contienen conductos de servicio para lubricación, recuperación y venteo. Los captadores de velocidad de la T.P. estan montados en los puntales.

Conducto de escape.- está integrado por dos tubos, interno y externo, que forman el pasaje difusor desde el bastidor trasero de la T.P. La sección difusora recupera parte de la energía cinética de los gases de escape que salen de la T.P. antes del giro de 90° del conducto de escape. El

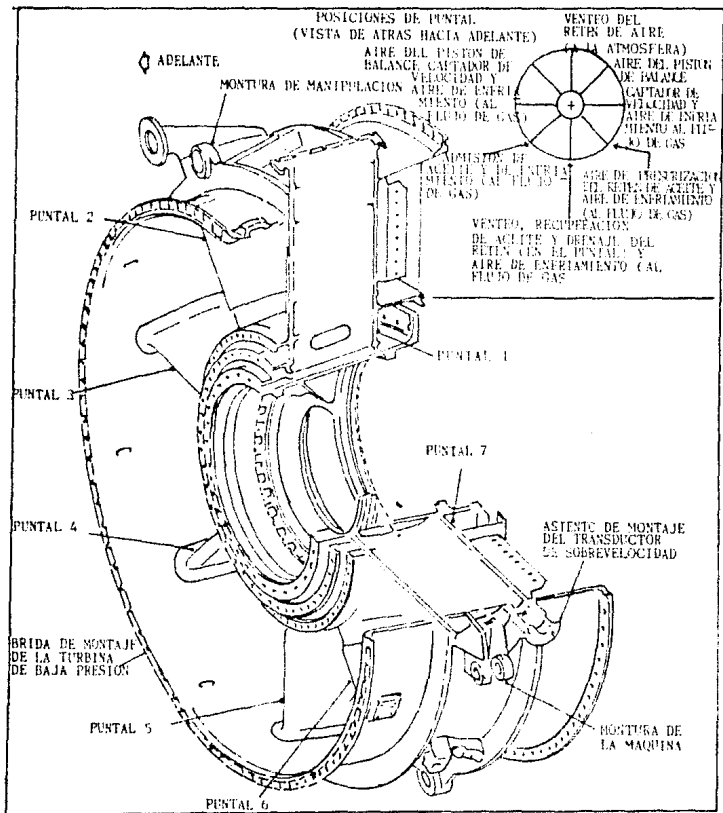


FIG. IV.3.28.- BASTIDOR TRASERO DE LA TURBINA

ARBOL DE ACOPLAMIENTO DE ALTA VELOCIDAD Y CONDUCTO DE ESCAPE

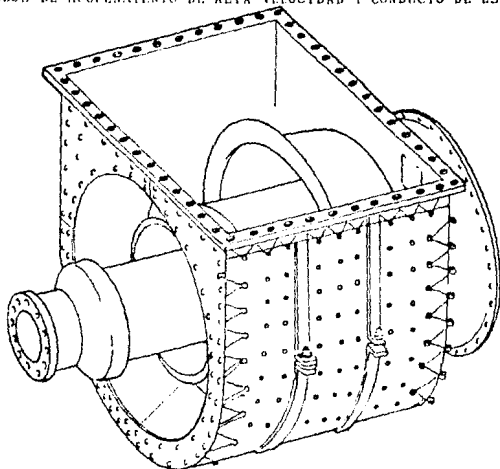


Fig. IV.3.29.- Conjunto del conducto de Escape.

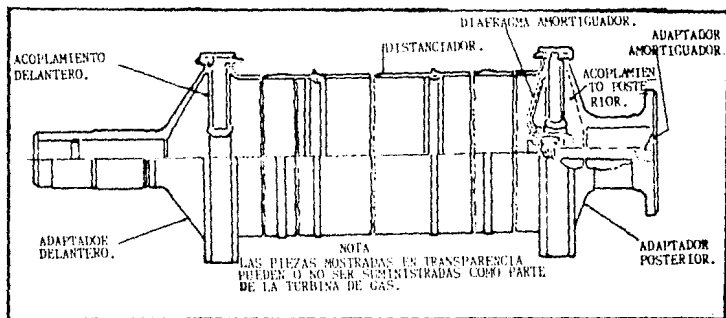


Fig. IV.3.30.- Arbol de Acoplamiento flexible de alta velocidad

conducto difusor interno puede ser movido hacia atrás para obtener acceso al árbol de acoplamiento. El conducto de escape está sustentado independientemente de la estructura básica de la turbina de gas y uniones de expansión tipo pistón/anillo se utilizan para permitir la dilatación térmica entre el bastidor trasero y el conducto de escape. (Ver fig. IV.3.29.).

Árbol de Acoplamiento Flexible de alta velocidad.- está integrado por un adaptador delantero (Inco 718) que coincide con la T.P., 2 acoplamientos flexibles, una pieza distanciadora y un adaptador trasero que coincide con la carga conectada (Ver Figuras IV.3.30)

Los adaptadores delantero y trasero están conectados a la pieza distanciadora mediante los acoplamientos flexibles los cuales permiten distanciamientos axiales y radiales entre la turbina de gas y la carga conectada durante el funcionamiento (operación).

Dentro del adaptador trasero y el acoplamiento flexible posterior hay un sistema amortiguador axial integrado por un conjunto de un cilindro y un pistón. El sistema amortiguador evita el ciclaje excesivo de los acoplamientos flexibles. Anillos antidefectores limitan la desviación radial de los acoplamientos durante cargas de choque.

SISTEMA DE LUBRICACION (Ver fig. IV.3.31.). DE LA TURBINA DE GAS.

El sistema de lubricación es del tipo circulatorio con desplazamiento positivo de 68 litros/minuto como máximo (18 galones/min.). El flujo de aceite varía directamente con la velocidad del G.G.. Desde un tanque de depósito de aceite

BY I.R. BY C.E. MILLER CORP.

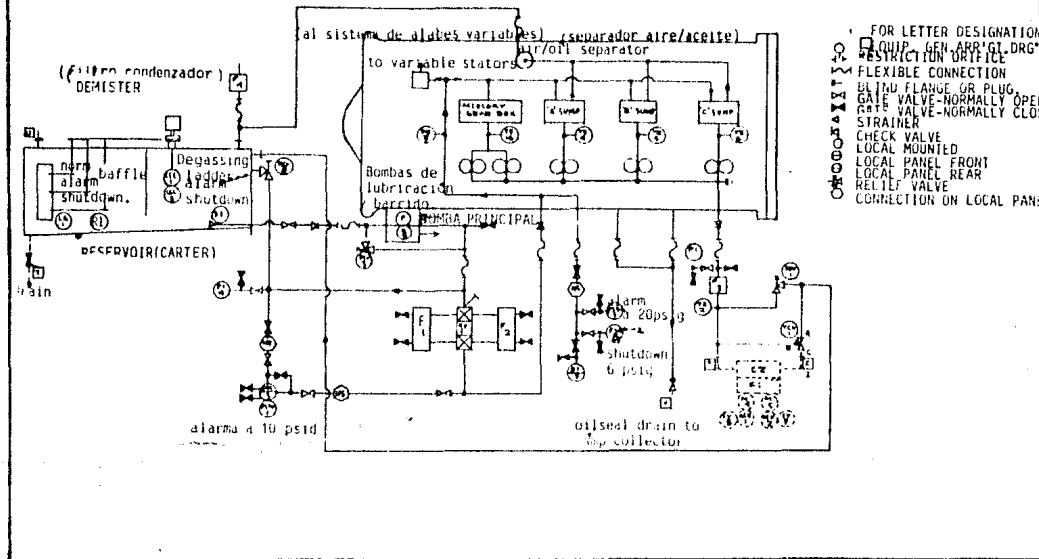


Fig. IV.3.31 Sistema de Lubricación del Generador de Gases.

lubricante sintético 2380 (Esso) se alimenta a una bomba de lubricación y recuperación (barrido). El elemento de lubricación bombea el aceite a la tubería que lo distribuye a los inyectores situados en las zonas de cojinetes y engranajes. Luego de ser rociado en cojinetes y engranajes, el aceite es recogido en los sumideros. De allí pasa a los elementos de bombeo de recuperación barrido para ser devuelto al tanque de depósito. El sistema de lubricación proporciona aceite frío que evita la fricción y el calentamiento excesivo a los cojinetes, engranajes y acoplamiento estriados de la turbina de gas (G.G.). El elemento de suministro único de la bomba impulsa el aceite por la tubería y lo hace llegar a las zonas y componentes que necesitan lubricación. Las Toberas de aceite dirigen el aceite a los cojinetes, engranajes y acoplamientos estriados. En la bomba de lubricación y recuperación, único elemento de recuperación extraen el aceite de los sumideros B, C y D y de las cajas frontal y trasera de Transferencia (El sumidero "A" drena a la caja de engranejes de Transferencia frontal). Ver la figura IV.3.31.

El sistema de lubricación se divide en 3 subsistemas

- a) Suministro de lubricante
- b) Recuperación de lubricante
- c) Venteo de Sumideros

a) El subsistema de lubricante esta formado por:

1.- Tanque de aceite o Carter, 2.- Elemento de bombeo de suministro (parte de la bomba de lubricación P-1) 3.- Doble filtro de suministro de aceite 4.- Válvula de cierre antiestática de suministro de lubricante 5.- Válvula de cierre a los suministros C y D.

El aceite lubricante (sintetico 2380) del G.G. es tomado del carter montado en el interior del recinto o comportamiento de la turbina. El depósito esta equipado con una conexión para el llenado y una línea de venteo o respiración con un desvaporizador (Demister).

El depósito esta dividido en dos secciones por una mampara o deflector montado entre ambas secciones de tal modo que el aceite pueda fluir entre las 2 desde arriba del depósito.

EL nivel normal de aceite es de 304.8 mm (12") medidos desde la parte superior del tanque.

En la sección de aereación del carter se encuentran 2 interruptores de nivel, en caso de que el nivel baje 431.1 mm (17") medidos desde la parte superior del deposito uno de ellos alarma y manda una señal de alarma al tablero de control. Si el nivel del aceite en el tanque baja a 609.6 mm (24"), se activa el 2^o interruptor y enviara una señal de disparo del G.G.

En la sección de aereación hay una escalera o rampa desgasificadora y en el fondo del tanque hay una valvula de drenado ademas de un sensor de temperatura TE-1 que registra la temperatura del G.G. en el depósito.

BOMBA DE LUBRICACION

El aceite fluye del tanque a través de un colador, (que filtra el aceite a 45 micras), una válvula de retención (check que evita el regreso del aceite al tanque cuando el G.G. esta parado asegurando que la línea quede cargada o cebada), y una válvula de compuerta normalmente abierta e ingresa

a una bomba de lubricación y barrido. Antes del elemento de bomba de lubricación hay un filtro de admisión desmontable y no derivable que impide el paso de las partículas mayores a 0.78 mm (0.030") del aceite. La bomba tiene una válvula de relevo para evitar una sobre presión (PSV-3 calibrada a 100 psi) ubicada entre el filtro de admisión y la salida del elemento de suministro. Desde la bomba, el aceite fluye a una válvula de transferencia para seleccionar el filtro de aceite del G.G. (F-1 o F-2), este arreglo de filtros permite el reemplazo o mantenimiento de uno de ellos mientras el G.G. esta operando. Los filtros cuentan con válvulas de drenado y venteo. Desde este filtro el aceite fluye a través de una válvula de cierre (check que evita que el aceite retorne al filtro seleccionado) a la caja de engranajes de admisión, al sensor de velocidad, a las paletas del estator (sistema de álabes variables), a la caja de engranajes de transferencia (cojinetes, engranes, estrias) y a los sumideros de la turbina de gas. El aceite lubricante de descarga también es conducido, mediante tubos a una boca próxima al extremo delantero de la bomba de lubricación y recuperación para que lubrique los acoplamientos estriados de impulsión.

El aceite que va a los sumideros C y D atraviesa una válvula de cierre adicional ubicado en el conducto de suministro de aceite de dichos sumideros.

La bomba de lubricación y recuperación (barrido) es una bomba de 6 elementos del tipo de paletas y desplazamiento positivo. Un elemento se utiliza por el suministro de aceite y cinco para la recuperación, barriendolos de los colectores del G.G. (Ver figura IV.3.32).

Dentro de la bomba hay filtros de admisión (uno para cada elemento) y una válvula limitativa de la presión del suministro de aceite (relevo); las características de la bomba (diseño) son las siguientes:

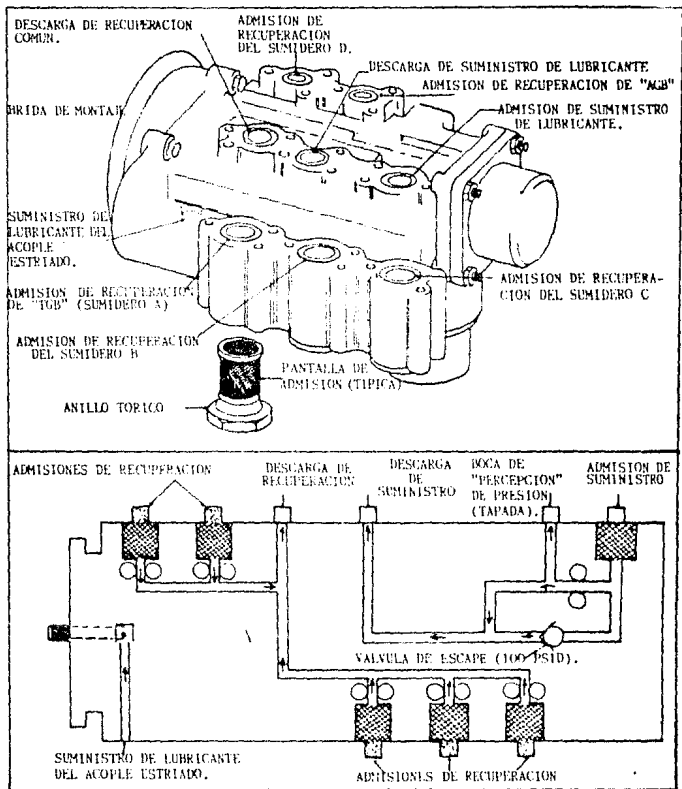


FIG. IV.3.32 Bomba de Lubricación y Recuperación.

Rotación en sentido horario cuando se le mira desde el extremo impulsor. Sección de cizalla ... valor de por (1730-2300 Kg/cm) (1500 - 2306); válvula limitativa de Presión ... Presión de fraccionamiento 300 psid (2070 kpa) min., Flujo Total ... 400 psid (2760 KPa) máx., Reposición.... 275 psid (1898 KPa) min.

Capacidad de Bombeo ... Todos los flujos dependen de las siguientes condiciones: 6000 RPM, Temp. de aceite: $66 \pm 28^{\circ}\text{C}$ ($150 \pm 51^{\circ}\text{F}$), presión de admisión del aceite 12-15 psia (83-104 KPa), fluido según MIL-L-23699 ó MIL-L-7808.

Suministro de aceite... 60,6-69.3 lpm (0-18.6 gpm)
Recuperación TGB delantero ... 18.2-20.4 lpm (4.8-5.4 gpm)
Recuperación TGB trasero ... 68.1-70.5 lpm (18.0-20.2 gpm)
Recuperación del sumidero B ... 40.1-45.8 lpm (10.6-12.1 gpm)
Recuperación del sumidero D ... 13.6-15.5 lpm (3.6- 4.1 gpm)
Recuperación del sumidero C ... 28.8-32.2 lpm (7.6- 8.5 gpm)
Recuperación NORMAL: 25-85 psia (173-518 KPa), EXTREMA: 85-100 psia (586-690 KPa).

Presión de Descarga suministro de aceite ... NORMAL: 25-75 psia EXTREMA: 75-100 psia (518-690 KPa).

La válvula de cierre de suministro de lubricante está ubicada en la zona de la corriente descendente del filtro de suministro de lubricante. Se abrirá y fluirá a 76 l.p.m (20 g.p.m) con una presión diferencial máxima de 15 psid (104 KPa), la función de la válvula de cierre es evitar que el aceite del tanque drene a los sumideros y cajas de engranajes cuando la Turbina de gas esta desconectada (G.C. parado).

En el conducto de suministro de aceite a los sumideros C y D hay una válvula de cierre la cual aísla a dichos sumide-

ros del sistema de lubricación del G.G. cuando se utiliza un sistema externo de lubricación y recuperación para la turbina de Potenciación como en este caso.

Tanto los conductos de recuperación como de suministro de aceite de los sumidores C y D están equipados con bocas de acceso para facilitar la aplicación de un sistema de lubricación externa de la turbina de potencia. Cuando la T.P. funciona normalmente el aceite lubricante es suministrado a los sumidores C y D por la bomba principal de lubricante. En ese caso, la válvula de cierre se abre a una presión diferencial de 2 psid (14 KPa).

b) Subsistema de recuperación de lubricante.- Consta de los siguientes componentes: 1.- Elementos de lubricación y recuperación de la bomba 2.- Filtro de doble recuperación de lubricante 3.- Válvula de cierre de recuperación de lubricante 4.- Termocambiador (enfriador de aceite).

El aceite de recuperación entra en la bomba a través de 5 bocas, pasa por medio de un filtro situado en cada una de las bocas y penetra a los elementos de recuperación.

Los cinco elementos de recuperación de la bomba barren el aceite de los sumideros B, C, D y de las dos zonas de la caja de engranajes de transferencia (frontal y trasera). El aceite que sale del separador aire/aceite drena en la sección trasera de la caja de engranajes de transferencia. El aceite que sale de la caja de engranajes de admisión y del sumidero A drena a través de la camisa del árbol, de transmisión radial y pasa a la sección delantera de la caja de engranajes de transferencia.

Las salidas de los 5 elementos de recuperación están

conectados dentro de la bomba y descargan a través de una boca común de descarga de recuperación.

La válvula de cierre de recuperación está ubicada en el conducto de descarga de recuperación de la bomba de lubricación y recuperación. Se abrirá y permitirá el paso de 76 litros/minuto (20 gpm) con una presión diferencial máxima. El objetivo de la válvula de cierre es evitar que el aceite de los conductos de recuperación retorne a los sumideros y cajas de engranajes cuando la turbina esta desconectada.

Este check se encuentra en el tubo entre el G.G. y el enfriador aire/aceite (está dividido en 2 secciones: C-1 y C-2).

El aceite de recuperación barrido de los colectores pasa a la sección C-2 del enfriador aceite/aire el cual esta empleado para bajar. La sección C-1 del enfriador de aire aceite enfria el aceite mineral usado por la turbina de potencia y compresores. El aceite que fluye por el enfriador de aire-aceite se enfria con aire que entra por los tubos del enfriador debido a la acción de 2 ventiladores impulsados por un motor eléctrico (M-4 y M-5).

El aceite del G.G. que se enfria en la sección (-2 fluye a 68.1 litros/minuto. En la línea de tubería hay una válvula de control de temperatura TCV-1, la cual derivaría el flujo de aceite al enfriador en caso de que su temperatura fuere mayor a 60°C, si la temperatura del aceite sintético fuera menor a 60°C lo desviaría al carter de aceite del G.G. Pero no opera la TCV-1 al quitarle sus componentes internos por lo que todo el aceite fluye a través del enfriador de aceite.

c) Subsistema de Venteo de los sumidores.- Este subsistema esta formado por el separador aire-aceite como elemento principal, además de cañerías y tuberías. Ver fig. IV.3.20

El separador aire-aceite consta de un impulsor de hoja metálica trabajada con un alojamiento de aluminio moldeado. Está montado en la parte frontal de la sección secundaria de la caja de engranajes (ya que forma parte de la caja de engranajes de transparencia) todos los sumideros son venteados al separador aire-aceite para evitar una perdida excesiva de aceite. EL aire de los sumideros se descarga despues de pasar por el separador es decir el aire presurizado de la 8^a etapa del compresor del G.G. es utilizado por los principales retenes de aceite de los cojinetes para que no salga el aceite y se pierda entonces el aire presurizado penetra en los sumideros a través de dichos retenes. Los sumideros son venteados para extraer el aire que ingresa en ellos a traves de los retenes. Cada zona de sumideros esta conectada con un múltiple de venteo a través de puntales de bastidores. El múltiple esta conectado con el separador aire/aceite, en el cual se extrae el aceite antes de ventear el aire al conducto de escape. EL aceite extraído vuelve a la caja de engranajes de transferencia.

En el separador aire/aceite, el aceite se recoge en la parte interior del impulsor a medida que el aire cargado de aceite de los sumideros pasa a través del separador. Los pequeños agujeros de los segmentos del impulsor permiten que el aceite recogido se descargue en el alojamiento exterior del separador. Para evitar que el aceite y los vapores de aceite escapen por el extremo del impulsor, el separador tiene dos retenes de laberinto, la cavidad entre ambos retenes de aceite de los cojinetes esta presurizada con el aire del eyector de la 8^a etapa. La presión del aire presurizado de la 8^a etapa es 64 psi.

El aire extraído es llevado al venteo del tanque de aceite y el aceite es enviado a la caja de engranes de accesorios (del transferencia).

Notas: Aunque los sellos de aceite estan sellados contra fugas, se permite una fuga como máximo de $200 \text{ cm}^3/\text{hora}$, por los sellos y este aceite es llevado a un colector. La válvula de seguridad PSV-1 se usa como válvula de derivación y esta puesta de tal forma que desvia el aceite al enfriador de aire/aceite si la presión diferencial a través del enfriador es de $7.03 \text{ Kg/cm}^2\text{d}$ (100 psid).

La válvula de seguridad PSV-2 se usa para aliviar la presión del aceite de suministro a 8.8 kg/cm^2 (125 psi) G y esta instalada corriente abajo de los ensambles de los filtros F-1 y F-2.

Componentes e instrumentos de control con su nombre, designación y función.

TE-1 Detector de Temperatura por Resistencia (RTD) en el depósito de aceite, no está conectado al tablero de control.

TE-2 RTD que indica la Temp. de entrada al enfriador del aceite lubricante, no tiene punto de ajuste, solo en el monitor.

TE-3 RTD del suministro de aceite lubricante al G.G., alarma a 93°C (200°F)

TE-4 RTD Temperatura de descarga del colector, "A", alarma a 149°C (300°F).

TE-5 RTD mide temperatura de descarga del colector "B" alarma a 149°C (300°F).

TE-6 RTD indica la temp. de descarga del colector "C" alarma 300°F .

TE-16 RTD indica la temp. de la caja auxiliar (Transferencia) alarma a 149°C (300°F).

LSL-1 Interruptor de alarma por bajo nivel del depósito de aceite hace sonar una alarma si el nivel de aceite baja a menos de 457.2 mm (18"), medido desde la parte superior de carter.

LSLL-2 Interruptor de Paro del G.G. por muy bajo nivel de aceite en el carter. Hace que la unidad se pare con cierre eléctrico (sin purgas) si el nivel de aceite baja a menos de 609.2 mm (24") medido desde la parte superior del carter.

PSLL-2 Interruptor de baja presión del aceite lubricante del G.G. se activa durante el arranque (si la velocidad del G.G. baja) si la presión del aceite cae a 0.35 kg/cm^2 G y hace que la unidad se pare con cierre eléctrico (sin purga o venteo). 4.9 Psig.

PSLL-1 Interruptor de baja presión del aceite lubricante del G.G. éste tiene alta velocidad.- Se activa durante la operación del G.G. a alto velocidad, si la presión del aceite cae a 1.4 kg/cm^2 G (20 psig) y hace que la unidad se pare con purgas abiertas (paro con venteo).

XSH-1 y XSH-2 vibroswitches de los motoventiladores de enfriamiento de aceite lubricante.- hace que suene una alarma de alta vibración de ventiladores de enfriamiento,

si la vibración de los motores de los ventiladores excede del ajuste hecho en campo.

SV-8 y SV-9 Restablecimientos de los vibroswitches.- se usan para restablecer el sistema de vibraciones de los ventiladores solo aire enfriadores de aceite lube del G.G. y de la T.P./comp.

PDSH-1 Interruptor de alta presión diferencial del filtro de aceite lubricante del G.G. Se activa y hace sonar una alarma, si la presión diferencial del aceite a través del filtro es de $0.7 \text{ kg/cm}^2 \text{ d.}$ (9.9 Psid.)

PDI-1 Indicador de presión diferencial del aceite a través del filtro .

PI-4 Indicador de presión del aceite antes del filtro.

PI-3 Indicador de presión del aceite despues del filtro.

PI-1 Indicador de presión del aceite barrido antes de que entre al enfriador de aire-aceite.

PSV-1 Válvula de seguridad de presión.- protege al enfriador de aire-aceite si está atascado. Se ajusta para que abra a $7.03 \text{ kg/cm}^2 \text{ D}$ en el enfriador, ya que se emplea como válvula de derivación.

SISTEMA NEUMATICO DE SELLADO DE LA TURBINA DE POTENCIA.

El aire de sangrado, tomado de la sección del compresor de la 8^a etapa, se enfria en un intercambiador aire-aire, después se regula a su presión. El aire se introduce entre

los dos sellos de laberinto, de la caja delantera de las chumaceras. (aquí se separa el aceite de la corriente de gas caliente). El aire fluye parcialmente en la caja de la chumacera y el disco, llevándose a cabo la separación del aceite de la corriente de gas saliente y parcialmente hacia el 2^o disco de la turbina, de donde pasa radialmente hacia fuera a lo largo de la superficie corriente abajo, enfriando el disco, antes de juntarse con la corriente de gases calientes.

INSTRUMENTACION:

TI-16 lee la temperatura del aire de la 8^a etapa del compresor, a la entrada del intercambiador de calor aire-aire.

TI-17 lee la temperatura del aire enfriado a la salida del intercambiador.

PCV-20 válvula de control de presión, regula la presión del aire a 3 lbs/in²g (psig) y ésta presión se lee en PI-53. (Entonces el aire es introducido entre los 2 sellos de laberinto y entre la carcasa de la chumacera y el disco de la T.P. El aire de sello es suministrado por un compresor de aire del 1er nivel como aire de instrumentos para los sellos a través de PCV-20 hasta que el G.G. incrementa su velocidad y el aire se toma de la 8^a etapa del compresor del G.G.)

AIRE DE ENFRIAMIENTO DE LA TURBINA DE POTENCIA.

El aire de la 8^a etapa del compresor axial se usa principalmente para presurizar los sellos de aceite tanto del G.G. como de la T.P., y enfriamiento de colectores y de la turbina de Potencia.

En la T.P. específicamente el aire de la 8^a etapa enfría la parte delantera y trasera del disco de la 1^a etapa y la parte delantera (frente) del disco de la 2^a etapa, además impide que el flujo radial de los gases calientes vaya hacia dentro de la T. de P.

INSTRUMENTACION.

TE-44 checa la pérdida de potencia del aire de enfriamiento de la T.P. al detectar la temperatura del aire de enfriamiento de la T.P. y envía una señal eléctrica proporcional. Arriba de 1100°F, se prende un foco de alarma.

SV-7 válvula selenoide del actuador del aire de enfriamiento de la T.P., está normalmente abierta (desenergizada) para que el aire de enfriamiento de la T.P. se purgue (ventee). Cuando se energiza (cerrada), el flujo de gas de control, regulado por la FCV-19, se dirige al diafragma de la PCV-19, haciendo que esta se cierre y el aire de enfriamiento de la 8^a etapa del compresor del G.G. se pasa en la PCV-19 deteniendo el aire de 8^a etapa).

La SV-7 recibe una señal para cerrarse cuando la velocidad del G.G. decrece a menos de 4000 R.P.M. por el contrario la SV-7 se abre cuando la velocidad del G.G. se incrementa a más de 4000 R.P.M.

La SV-7 es una válvula selenoide de 3 vias, cuando esta desenergizada abre el venteo y cierra el suministro de aire de control hacia PCV-19, manteniéndose abierta esta PCV-19 cuando el G.G. llega 4000 RPM, incrementándose.

Si la velocidad del G.G. baja de 4000 RPM la SV-7 se energiza cerrando el venteo de aire de control de PCV-19 y

abre el puerto de suministro de control, pasando por FCV-19 hasta el diagrama de PCV-19, cerrando ésta e interrumpiendo el paso de aire de un enfriamiento de la T.P.

COMPARTIMIENTO DE LA TURBINA DE GAS

El G.G. y la T. de P. estan alojados en un compartimiento a prueba de ruidos llamado recinto. El compartimiento tiene una grúa de brazo con capacidad de 3 toneladas. La grua se usa para sacar e instalar los componentes de la turbina de gas. Se cuenta con puertas de acceso y paneles desmontables que permiten tener acceso a los diversos componentes de la unidad. El compartimiento se ventila con el ventilador de cubierta de 44" que opera con un motor eléctrico. EL aire que circula por el comportamiento pasa por la caja de entrada del aire y descarga por 2 ductos, uno a cada lado, localizados en el compartimiento contiguo al de la turbina de potencia El Generador Eléctrico A.C., impulsado por los engranes auxiliares, se enfria con un ventilador impulsado por motor eléctrico. El aire circulado por el ventilador del Generador Eléctrico proviene de la descarga del ventilador de cubierta y por ductos para el ventilador del Generador A.C.

Ductos de escape.- Los gases de escape de la turbina de potencia pasan por medio de ductos a la atmósfera a través de la chimenea de escape. Los ductos de escape consisten en: una junta de expansión, pieza de transición, silenciador del escape, chimenea de escape con extensión además de soportes y materiales necesarios para su montaje.

INDICACION DE VIBRACION

Para indicar la vibración en la Turbina de gas se utilizan como captadores de vibración, a transductores del

tipo de autogeneración y velocidad. Uno de ellos instalado en la brida frontal del bastidor trasero del compresor de aire conocido como XT-1 e indica la vibración del Generador de Gases.

Otro correspondería al XT-1A que indicaría la vibración de la Turbina de potencia, el cual quedaría instalado en la brida frontal del bastidor trasero de la turbina. Se puede optar así mismo por un conjunto condicionador de señal de acelerómetros y cables de alta impedancia. Todos los acelerómetros están orientados para percibir la vibración en sentido vertical.

Aspectos sobresalientes de los acelerómetros:

1.- Principio de funcionamiento piezo - eléctrico sin piezas móviles.

2.- Alta señal de salida de 50 pico coulombios

3.- Alta capacidad térmica de 6211^oC

4.- Construcción aspera

Los acelerómetros no tienen proximitores y van a sensor una velocidad es decir un desplazamiento en una unidad de tiempo (pulgadas/seg, mm/seg).

XT-1 sensor de vibración del Generador de Gas en sentido vertical donde el subsistema de monitorio recibe las señales del transductor de desplazamiento para que sea comparadas con los puntos de ajuste de alarma y disparo en el sistema de control haciendo prender una lámpara de alarma o de disparo cuando se llegue a dichos valores preestablecidos.

Alarma 1.5 in/seg
Disparo 2.0 in/seg.

SISTEMA DE VIBRACION

Los sensores de vibración están colocados para medir la vibración de la Turbina de Potencia, los sensores se conectan con cableado eléctrico a sus respectivos proximitores; y son dispositivos que generan una señal de radio frecuencia (RF) a una sonda; las señales de RF son requeridos en el área de la punta de sensor, los cuales al acercarse a un objeto vibrante producen una pérdida de potencia medible que es proporcional al acercamiento.- La señal inicia corrientes parásitos de Eddy cuando se produce la pérdida de potencia, mientras más se acerca la flecha hacia la punta del sensor, mayor es la pérdida de corriente parasita, produciendo una pérdida de energía en las señales de radiofrecuencia que se pueden medir. La señal es relevada al módulo de vibración. El módulo envía señales a los focos de alarma que se prenden cuando se llegan a los puntos de ajuste predeterminado, haciendo que la unidad se pare (al llegar la vibración al valor de disparo).

La descripción anterior se aplica a todos los sensores de vibración (engranes, compresores). XT9, sensor de la vibración radial de la chumacera delantera de la T.P. Se utiliza para pruebas de diagnóstico.

XT2 y XY2 sensor y proximito de la vibración radial de la chumacera delantera de la turbina de potencia, plano horizontal. Alarma a 2.0 mils, paro a 3.25 milésimas.

XT2A y XY2A, sensor y proximito de vibraciones radiales de la chumacera delantera de la turbina de potencia, plano vertical alarma a 2.0 mils. y paro a 3.25 mils.

En la turbina de potencia hay un "keyphasor", QX1 y un proximito, QY1. La operación del "Keyphasor" en teoría es similar a la del sensor de vibraciones. Se utilizan con sensores de vibración para localizar una posición en la flecha y proporcionar información sobre las fases (de debe alejar de la 1a. y 2a. velocidad crítica de las flechas ya que al llegar a un punto de velocidad determinado empiezan a vibrar a determinada frecuencia, se flexionan, al tender a oscilar, entrando en resonancia hasta romperse). La QX1 es entonces una sonda de desplazamiento axial y un proximito QY1 están provistos para la carcasa de las chumaceras exteriores. Y mirillas en el extremo de la flecha (checa como oscila la flecha y chequea condiciones de chumaceras).

XT3 y WY, sensor de vibraciones radiales de la flecha de entrada a los engranes y proximito plano horizontal. Alarma a 2.0 mils y Paro a 3.25 mils.

XT3A y XY3A idem al anterior, plano vertical; XT4 y XY4 sensor de vibraciones radiales de la flecha de salida de caja de engranes y proximito, plano horizontal. Alarma 2.0 mils, Paro 2.25 mils.

XT4A y XY4A idem, plano vertical axial.

XT-5 y XY5 sensor de vibraciones radiales lado caja de engranes y proximito del compresor MTGB742, plano horizontal. Alarma a 1.5 mils, paro a 2.75 mils.

XT-5A y XY5A idem al anterior, plano vertical.

XT6 y XY6 sensor de vibración radial y proximito del extremo saliente del MTGB-742 plano horizontal.- Alarma 1.5 mils, Paro 2.75 mils.

XT6A y XY6A idem al anterior pero plano vertical del comp. 742.

XT-7 y XY7 sensor de vibración radial y proximitor del extremo del acoplamiento del compresor MTGB733, plano horizontal, alarma 1.5 mils paro a 2.75 milésimas.

XT7A y XY7A idem al anterior, plano vertical.

XT8 y XY8 sensor de vibración radial del extremo saliente (lado exterior) del compresor MTGB733, plano horizontal. Alarma a 1.5 mils. Paro a 2.75 mils.

Se coloca un sensor de la posición del empuje para medir los desplazamientos físicos de la flecha de alta multiplicación (La turbina de potencia no requiere uno). Se ajustan para dar una alarma cuando la posición del empuje excede el movimiento permisible de la flecha indicando una falla de la chumacera de empuje. Operan en teoría, en forma similar a los sensores de vibración. Solo tienen un nivel de alarma. A continuación se anota el punto de ajuste del sensor.

ZT₂ y ZY₂, sensor de la posición axial de la flecha de alta multiplicación de la velocidad y proximitor. Alarma a 17.0 mils. Paro a 20.0 mils.

La caja de las chumaceras saliente del MTGB733 tiene un "Keyphasor" que consiste en QT-1 y QY2 y visores en el extremo de la flecha. La operación del Keyphasor es similar a la del sensor de vibraciones, como se menciona, y se usan con los sensores de vibraciones para localizar una posición en la flecha para obtener información sobre las fases.

ZT-2 protección por vibración en posición axial caja de engranes.

IV.4.- SISTEMA DE COMPRESION. (ANALIZADO EN EL CAPITULO II).

IV.5. SISTEMA DE ARRANQUE Y DE COMBUSTIBLE DEL G.G. (VER FIGURA IV.5.1.)

a) Sistema de Arranque del Generador de Gas consiste principalmente en un motor de arranque o arrancador (pequeña turbina de accionamiento neumático). Cuya potencia es de 135 H.P., adquiriendo una velocidad de 75000 RPM y por medio de un tren Epicycloidal se reduce su velocidad en una relación de 16:1 para alcanzar 4687 RPM en el G.G. que produce el par requerido (torque) para acelerar al G.G. durante la secuencia de arranque. Para lo cual se le proporciona gas natural, dulce, limpio y seco a un flujo de $113 \text{ m}^3/\text{min}$. (24000 SCFH) a una presión de $24.60 \pm 0.35 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ ($350 \pm \text{psig}$) como fuerza motriz. (filtrado a 10 micrones). Cuando todos los requisitos previos al arranque se han cumplido, y se oprime el botón de listo para arranque (START), esto hace que determinadas señales electrónicas energicen las válvulas solenoides SV-3 y SV-12 para que abran. (La SV-12 abre al venteo). La válvula SV-3 permite que al gas entre el control piloto de la válvula de control de presión PCV-12. El control piloto regula el gas a una señal de control, la cual hace que la PCV-12 se abra, permitiendo el flujo de gas a una presión de 11 psi ($.77 \text{ kg/cm}^2$) hacia el arrancador para efectuar la velocidad de purga, 500 RPM, durante 30 segundos hasta 1300 en un minuto. El arrancador está montado en la placa central de la caja de engranes auxiliar del G.G. se enlaza con el compresor de aire del G.G. y activa a dicho compresor embragandolo para que purgue a la unidad a 1300 RPM. Después de 60 segundos, se acompleta el ciclo de purga y se le envía una señal de control para energizar a la válvula solenoide SV-2 para que abra, permitiendo el paso del flujo de gas regulado por la PCV-13 a una presión de 27 psi (1.9 kg/cm^2) aproximadamente, y fluya hacia el control piloto de la PCV-12. La presión adicional que va al diafragma de la PCV-12 hace que ésta aumen-

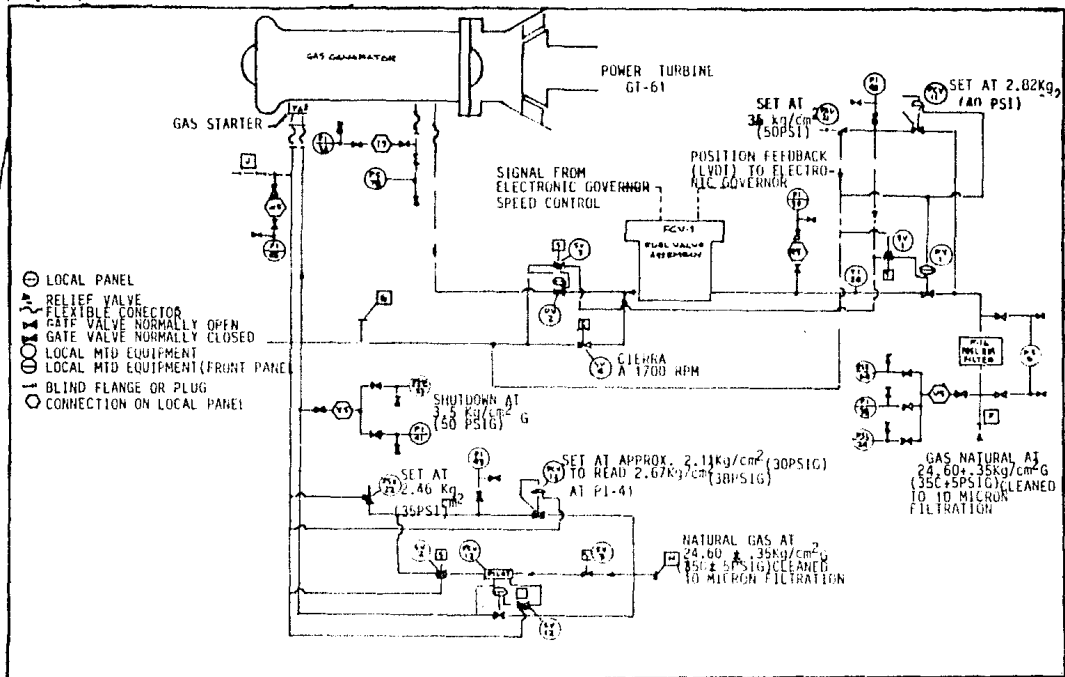


Fig. IV.5.1 SISTEMAS DE ARRANQUE Y COMBUSTIBLE

te el flujo de gas hacia el motor de arranque desde 0.77 kg/cm² hasta 2.67 kg/cm² (38 psi.) Entonces el G.G. acelerará a 1700 RPM equivalente a la vel. de encendido.

El motor de arranque neumático (turbina de arranque) ubicado en la caja de engranajes secundaria que impulsa el G.G. a cierta velocidad y que luego del encendido permitirá que siga acelerando hasta el ralenti sin necesidad de ayuda. Además el arrancador es utilizado periódicamente para mover el G.G. durante su lavado con agua, correspondiente a su mantenimiento preventivo.

Las características de diseño y los requerimientos de la turbina de arranque son los siguientes:

1. Relación de reducción de los engranajes 16 a 1.
2. Velocidad de desconexión: 4300 a 4700 RPM.
3. Rotación del árbol o flecha: en sentido contrario de las manecillas del reloj cuando se mira desde el árbol de salida.
4. Presión del gas natural de admisión 35 a 41 psig (241.3 a 282.7 KPa).
5. Energía pico: 185 HP (100 KW).
6. Velocidad de la turbina de Arranque 75000 RPM
7. Lubricación. Por salpicado en sumidero de aceite

El arrancador esta equipado con un interruptor de corte del tipo normalmente cerrado, que se abre al alcanzar la velocidad de desconexión. La máxima temperatura del gas seco

y filtrado a 10 micrones es 206°C.

Si se desea purgar y pasar a un ciclo de arranque sin parar, el G.O. debe ser impulsado a 1200 RPM a una presión de 11 psig durante 2 minutos para aumentar la presión a 38 psig y lograr una velocidad de 1700 RPM, energenizando el sistema de combustible y encendido. El acoplamiento de la turbina de arranque al rotor de alta presión puede hacerse a velocidades menores a 3800 RPM. Se puede emplear aire en la turbina neumática y se usa entonces una válvula reguladora que permite o interrumpe el paso del aire al arrancador y regula el flujo del medio neumático para que el flujo y la presión sean los adecuados y que una vez hecho su trabajo puede ser descargado directamente del arrancador sin necesidad de cañerías adicionales.

Si se utiliza gas natural, el gas de escape debe ser venteado en una zona segura. La contra presión en el arrancador no debe exceder los 2 psi (ver figura IV . 5.0.).

b) Sistema de combustible (ver figura IV. 5.1.)

El gas combustible proveniente de las plantas endulzadoras de la plataforma de compresión a una presión equivalente a la descarga de los módulos de compresión (entre 70 a 80 kg/cm² menos 1 kg/cm² de caída aproximadamente) entra en un sistema de calentamiento (en el arranque a un calentador eléctrico, actualmente reinstalado y durante la operación normal a un intercambiador de calor gas-gas), para poder ser regulada su presión a 27 kg/cm² mediante una válvula de control de presión 31032 marca Fisher correspondiente al 1^{er} paquete de regulación de presión. Lógicamente el aumento de la temperatura del gas combustible se debe a la relación directamente proporcional de que al aumentar o disminuir la presión de

un gas, en esa misma razón lo hace su temperatura, que debe ser superior al punto de rocío (entre 50 y 70°C) ya que si no fuera por dicho calentamiento, el gas congelaría las líneas y dañaría los diafrágramas de los válvulas de control de presión. Los cambios de temperatura que sufre el gas combustible produce condensados (hidrocarburos) los cuales son separados y enviados con el gas de proceso en la descarga final. (Separador de gas combustible). Después de separarse el gas combustible entra a un 2^o paquete de regulación de presión, donde se reduce su presión a $24.6 \pm .35 \text{ kg/cm}^2$, dirigiéndose hacia el recinto de la turbina de gas y se divide en 2 corrientes a 113 m³/min., una vá al sistema de arranque y otra se dirige hacia 2 filtros donde se limpia a 10 micras (los filtros están montados en el compartimiento). Después de filtrado el gas combustible fluye a la válvula de control de presión PCV-11 donde el gas se regula a 2.82 kg/cm² (40 psi) y manda una señal de control (gas combustible a 40 psi) a la válvula solenoide SV-1 abierta al diafragma de la PV-1 (válvula de cierre de presión corriente arriba de gas combustible), haciendo que ésta abra y el gas fluya hacia el ensamble de la válvula electrónica principal, dosificadora de gas combustible. Al mismo tiempo, el gas regulado por la PCV-11 fluye como señal de control a través de la SV-5 para que se energice y se abra hacia el diafragma de la PV-2, haciendo que la PV-2 se abra a 1700 RPM (válvula de cierre presión corriente abajo de gas combustible). Antes de que el compresor de aire del G.G. aumente su velocidad hasta 1700 R.P.M., las válvulas solenoides SV-1 y SV-5 como son de 3 vías, una de éstas estan abiertas al venteo y cerradas a la PV-1 y PV-2 respectivamente. Cuando el G.G. pasa por 1700 R.P.M., la válvula solenoide SV-5 recibe la señal de abrirse y la SV-4 recibe la señal para cerrarse (SV-4 es la válvula de venteo de gas combustible). Con la SV-4 cerrada, el sistema de combustible queda sin purga y el combustible puede fluir a la cámara de combustión del G.G.

El ensamble de la válvula electrónica dosificadora (medidora de gas combustible) FCV-1, sólo permite un flujo mínimo de combustible hacia las 30 toberas, alimentadas por medio de un múltiple de combustible que está localizado sobre la cámara de combustión del G.G. Forma parte del sistema de combustible, un múltiple de combustible del tipo anillo elástico que incluye una toma de presión para diagnóstico y solución de fallas. Además de 30 toberas; todo ello montado sobre la turbina de gas. A fuera de la máquina se encuentra un control de combustible que forma parte del sistema regulador de velocidad el cual regula el flujo de combustible a la sección de combustión del G.G. para controlar la velocidad de dicho G.G. La velocidad de la T.P. no es controlada directamente, sino establecida como resultante del nivel de energía de la corriente de gas producida por el G.G. El control de combustible además de regular el flujo de combustible combina varios parámetros para producir un funcionamiento estable de la turbina de gas en el punto de aceleración elegido.

También a 1700 RPM es activado el sistema de encendido que producen alta energía 1800 volts operando entonces los encendedores de chispas y prendiendo la mezcla combustible /aire en el forro de combustión, una vez encendida la mezcla, la combustión continua hasta que se desconecta la turbina sin necesidad de encendido adicional de las bujias de acuerdo al programa de aceleración (control de velocidad del G.G.).

Cuando el G.G. pasa por 4500 RPM, las válvulas solenoides SV-2, SV-3 y SV-12 del sistema de arranque reciben la señal de cerrarse y suspende el flujo de gas hacia el arrancador. También a 4500 R.P.M. los pesos centrífugos del arrancador se botan por fuerza centrífuga haciendo que se desenganche

del compresor y el G.G. acelera a 5000 RPM (velocidad de vacío) por su propia cuenta. Conforme sigue acelerando el G.G. el ensamble de la válvula principal de gas combustible FCV-1 se abre más y acelera en rampas y aumentando la presión del combustible que va a las toberas correspondientes.

Durante un paro de emergencia o normal, las válvulas solenoides SV-1 y SV-5 reciben la señal de cerrarse y la válvula solenoide SV-4 se abre para purgar el sistema de combustible.

Componentes e instrumentación del sistema de arranque y combustible.

En el sistema hay válvulas de seguridad:

PSV-22 montada entre la SV-2 y la PCV-13, protege al sistema del arrancador contra la sobre presurización.

Se ajusta a 2.46 kg/cm^2 (35 psi).

PSV-21 Montada entre la SV-1 y la PCV-11, protege al sistema de combustible contra la sobrepresurización, se ajusta a 3.5 kg/cm^2 (50 psi).

Las válvulas PV-2, PV-13, PCV-12, PV-1 y PCV-11 operadas por diafragma, tienen líneas de purga conectadas a los respiradores principales. Las líneas permiten que se purguen los diafragmas en caso de que hubiera fugas de gas mas alla de un diafragma dañado.

DESIGNACION Y NOMBRE

FUNCION

SV-2 Válvula solenoide	Válvula solenoide de 3 pasos normalmente cerrada, que purga el piloto de la PCV-12. Cuando se energiza para que abra, permite que la presión del gas regulada por la PCV-13 fluya al piloto de la PCV-12.
SV-3 Válvula solenoide	Válvula solenoide de 2 pasos normalmente cerrada, que no permite el flujo de gas al piloto de la PCV-12.
SV-12 Válvula solenoide	Válvula de 3 pasos, normalmente cerrada, que purga el diáfragma de la PCV-12. Cuando se energiza para abrir, permite que fluya el gas regulado al diáfragma de la PCV-12 desde el piloto.
PCV-13 Válvula reguladora de presión.	Regula la presión del gas de arranque que de 2.11 kg/cm^2 hasta 2.67 kg/cm^2 (38 psig).
PSHH 23	Interruptor de paro por alta presión en el arrancador Se activa a $3.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$ (50 psig) y envía una señal para que corte el flujo de gas al arrancador, ha-

IV.6. SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE

ANTECEDENTES (VER FIGURA IV.6)

Transcurridas cierto número de horas de operación de los módulos de compresión se observó que éstos producían una presión de descarga del compresor del G.G. bastante bajo por lo que la eficiencia de las turbinas bajaba, además de que en cada arranque de estas máquinas, se tenía que cambiar diafragmas a los reguladores de presión de gas combustible, ya que al bajar la presión, baja también la temperatura, originándose condensados de hidrocarburos (a la temperatura menor al punto de rocío), los cuales dañaban a los diafragmas (roturas) y o'rings de las válvulas reguladores de presión.

Se encontró que la causa a estos problemas se debía a la temperatura del gas combustible (baja) que entregaban las plantas endulzadoras por lo que se requería mayor temperatura y: un cambio en las endulzadoras lo cual no era posible prácticamente, entonces se determinó instalar un calentador eléctrico con las respectivas modificaciones en las líneas de combustible de cada módulo de compresión; además de un intercambiador de calor gas-gas para aprovechar la alta temperatura del gas de proceso a la salida del compresor 742 (1er compresor). Con ello quedaron cubiertas las dos condiciones de la máquina: a) durante el arranque al uso de calentador eléctrico, b) y a plena operación, el empleo de intercambiador de calor.

Como consecuencia de lo anterior se integró el control de este sistema de calefacción de gas combustible, al control de secuenciador programable PSC, con ello se automatizó e integró este paquete en la secuencia correspondiente y al programa de control.

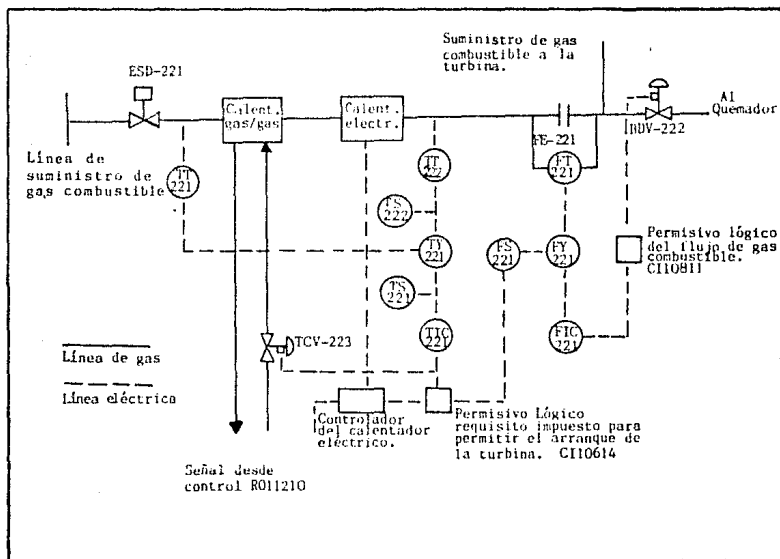


Fig. IV.6 Sistema de Calentamiento de Gas Combustible.

El sistema de calentamiento de combustible se ha incluido para asegurar que la temperatura de suministro de gas combustible esté lo suficientemente arriba de su punto de rocío después de pasar por el sistema reductor y regulador de la presión y para evitar que el regulador trabaje en condiciones de congelamiento, con sus daños correspondientes en diaframas y O'rings. Para lograrlo, el sistema cuenta con dos secciones de calentamiento separados: La primera por la que pasa el combustible es un intercambiador de calor gas-gas, etiqueta E-221 que utiliza gas caliente y comprimido de la salida del compresor MGTB742. La segunda sección por la que pasa el combustible es un calentador eléctrico de combustible SCR (Rectificador Controlado de Silicio). Durante las condiciones de arranque, el calentador eléctrico de combustible proporciona todo el calor requerido para elevar la temperatura del gas combustible. Durante las condiciones de velocidad muerta (vacío) y ter. calentamiento de la unidad, el calor requerido por el gas combustible proviene de los dos calentadores. Ya que la temperatura del gas de proceso aun no es lo suficientemente alta para calentar debidamente el combustible. A plena marcha (condiciones de operación en línea), el calentamiento del gas combustible es efectuado por el intercambiador de calor gas-gas.

La cantidad de calor requerida se controla mediante un sistema diferencial de temperatura ($\Delta T = 30^{\circ}F$), en donde, las temperaturas del gas combustible a la entrada y a la salida son medidas por transmisores de temperatura TT-221 y TT-222, respectivamente. Estas señales son sumadas y/o restadas algebraicamente por el sumador/sustractor TY-221 para obtener el valor de la variable del proceso (la temperatura de entrada se resta de la de salida en el TY-221) que va al controlador de temperatura TIC-221 (Ver fig. IV.6). Este valor de la variable

del proceso se compara con el punto de ajuste del controlador TIC-221 ($\Delta T=30^{\circ}F$) y proporciona una señal de salida al calentador eléctrico de combustible SCR y a la válvula de control de temperatura del intercambiador de calor gas-gas (TCV-223) simultáneamente cuando la diferencial de temperatura es menor que el punto de ajuste ($\Delta T=30^{\circ}F$), el controlador de temperatura aumentará su salida por medio del PIU112 canal 10 al controlador del calentador SCR para que suministre más energía eléctrica, incrementando el calentamiento. Este aumento en la salida del controlador de temperatura también causará que la válvula controladora de temperatura se abra y deje fluir más gas caliente por el intercambiador de calor gas-gas.

El sistema de calentamiento del combustible también tiene un controlador de flujo FIC-221 que mantiene un flujo mínimo por el calentador eléctrico SCR durante el periodo de arranque de la unidad, cuando la demanda es baja. Se requiere este flujo mínimo para impedir que el calentador eléctrico SCR se dispare asimismo por una sobre temperatura del revestimiento, debido a puntos calientes localizados en su carcasa. El controlador de flujo FIC-221 mantiene el flujo mínimo, controlando la cantidad de gas que se envía al quemador por medio de la válvula de barrido.

En el controlador de flujo, en su circuito, se colocó en permisivo lógico, por medio del PIU 108 canal 11, con la finalidad de indicarle al secuenciador que se tiene flujo en la línea de gas combustible, el cual se está venteando al quemador por la válvula de barrido BDV-222 hasta que la máquina llegue a velocidad de vacío. Ver fig. IV.6. Así que el permisivo lógico cierra la válvula de barrido cuando la unidad llega a vel. de vacío y en un paro de emergencia abre dicha válvula BDV-222. En forma simultánea, cuando hay

una condición de paro de emergencia en el módulo de compresión, la válvula de corte rápido de gas combustible ESD-221 (bloquea el suministro de combustible) o válvula de paro de emergencia se cierra y se ventea el sistema de gas combustible.

El calentador eléctrico SCR tiene entrecierres de seguridad (candados) para impedir que el calentador opere en condiciones inseguras. La lógica de activación SCR requiere que el flujo de combustible se verifique con el interruptor de flujo FS-221 antes de energizarlo. También envía una instrucción al calefactor SCR para apagarla una vez que la unidad está operando en línea (arriba del 80% de velocidad de la turbina de potencia).

El calentador eléctrico SCR también incorpora termopares incrustados en su revestimiento para protegerlo de sobretemperatura. Los termopares están conectados al circuito de protección del controlador SCR que dispara el interruptor del circuito del calentador SCR.

Hay también dos interruptores de temperatura (TS-221 y TS-222) que operan para proteger a la turbina de gas. El TS-221 es un interruptor de alarma que actúa cuando el ΔT a través del calentador es inferior a 20°F , mientras la turbina GT-61 está operando. Este interruptor también suministra un arranque permisivo que permite que la turbina de gas GT-61 se arranque o se gire en crank una vez que se ha alcanzado la ΔT mínima de 20°F . Para en este caso de alarma se emplea el PIU 511 canal 7 (Temperatura baja de gas combustible).

El TS-222 permite que la válvula dosificadora de gas combustible (válvula principal marca Bendix) y la turbina GT-61 estén protegidos contra cualquier sobretemperatura del suministro de combustible.

Operación del Sistema Calentamiento del Combustible

1.- El sistema de combustible se despresuriza con la válvula de cierre rapido por parada de emergencia ESD-221 cerrada y la válvula de barrido o purga BDV-222 abierta al quemador.

2.- Con todos los permisos satisfechos del módulo y de la estación de compresión, el interruptor S-907 de "COMBUSTIBLE PRESURIZADO" se oprime momentaneamente para dejar pasar el gas combustible al 1^{er} paquete de regulación y 2^o paquete hasta el venteo mediante la apertura de la ESD-221 y cerrando la BDV-222.

3.- Durante la secuencia de arranque, cuando la secuencia de presurización se ha completado, la válvula de barrido o purga es abierta y una vez que el flujo ha sido verificado por el interruptor permisivo F-S-221, el calentador eléctrico de combustible SCR recibe la instrucción de empezar a funcionar.

4.- Cuando se haya establecido flujo de combustible por los paquetes de regulación hasta el mechero a través de BDV-222 y se haya energizado el calentador SCR, la temperatura del combustible en TT-222 comienza a incrementarse.

5.- Cuando la diferencia de temperatura a través del calentador es 20°F ($\Delta T=20^{\circ}\text{F}$), el permiso de temperatura es satisfecho y se engancha el arrancador de la turbina GT-61 (arrancador en operación), entonces la secuencia de arranque continua con el calentador eléctrico energizado y la válvula de purga abierta para mantener un flujo mínimo a través del calentador SCR.

6.- Cuando la turbina de gas GT-61 llega a la velocidad de vacío la válvula de barrido es cerrada y por lo tanto la unidad GT-61 usa todo el combustible calentado.

7.- Después del 1^{er} calentamiento de la unidad en velocidad de vacío, automáticamente empieza a acelerar en rampas. Al aumentar la velocidad de la unidad, el intercambiador de calor gas-gas proporciona más calor al combustible y el calentador eléctrico SCR da cada vez menos calor.

8.- Cuando la velocidad de la turbina alcanza el 80% (4200 RPM) el calentador eléctrico recibe la orden de salir de operación (apagado) y todo el calentamiento de combustible requerido es ahora suministrado por el intercambiador de calor gas-gas.

9.- Durante la secuencia normal de paro o el retorno a velocidad de vacío para parar, el calentador eléctrico SCR entra en operación cuando la velocidad de la turbina de potencia cae a menos del 80% y permanece prendido mientras la unidad permanece en velocidad de vacío en una secuencia de enfriamiento.

10.- Cuando la secuencia de enfriamiento termina, la unidad se para, el calentador SCR recibe la instrucción de apagarse.

11.- Si no existe emergencia en el módulo, ni en la estación, el combustible queda presurizado con el ESD-221 energizado para abrir y la BDV-222 para cerrar.

12.- El sistema de calentamiento de gas combustible está listo para una secuencia de rearranque o una secuencia manual de giro de la turbina de gas GT-61.

INSTRUMENTACION

- FE-221 orificio para el flujo de combustible
- FS-221 interruptor permisivo para el flujo de combustible
- FT-221 Transmisor de flujo de combustible
- FY-221 Aislador de la señal de flujo de combustible
- FIC-221 Controlador indicador del flujo de combustible
- TIC-221 Controlador indicador de la temperatura de combustible
- TS-221 Interruptor de alarma que actua cuando la ΔT es inferior a $20^{\circ}F$ del combustible a través del calentador SCR.
- TAL-221 Persivo de Arranque y alarma por baja temperatura de combustible.
- TT-221 Transmisor de temperatura de entrada de combustible
- TY-221 Sumador/restador.- (resta de temp. de entrada de la de salida del combustible) o (módulo de sustracción de la temperatura del combustible).
- TS-222 Interruptor de la temperatura de salida del combustible
- TT-222 Transmisor de la temperatura de salida del combustible
- TSDH-222 Paro por alta temperatura de salida del combustible
- TCV-223 Válvula controladora de temperatura del combustible
- ESD-221 Válvula bloqueadora de suministro de combustible (válvula de corte rápido en paro de emergencia del módulo)
- BDV-222 Válvula de purga de combustible (válvula de barrido del módulo)
- E -221 Intercambiador de calor gas/gas
- E -222 Calentador eléctrico del combustible controlado por el SCR.

IV.7 SISTEMAS DE SEGURIDAD

SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

Este sistema consiste en tres sistemas independientes que monitorean en forma continua para detectar fuego y tomar las medidas pertinentes para parar con seguridad el equipo y selectivamente descargar el Halon 1301 (agente químico para la extinción de incendios CF_4 , ó CCl_4 , $C-Br_4$, CF_2Cl_2 que absorben el O_2 del aire y forman atmósferas inertes) para extinguir cualquier fuego en las áreas protegidas.

SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN EL COMPARTIMIENTO DE LA TURBINA DE GAS GT-61.- consiste en un sistema detector de rayos ultravioleta que controla un sistema de supresión de incendios por Halon 1303.- El sistema de detección con ultravioleta consta de un detector controlador Detronics, modelo U76008 (UVD-1), un detector remoto C70508 (UVD-2) y una estación de prueba W5006 (UVTS-1). El controlador detector U76008 y el detector C70508 están montados en el compartimiento de la turbina GT-61 (Recinto) para proteger el equipo que se encuentra adentro. La estación de prueba W5006 esta montada fuera del compartimiento, en la pared posterior del mismo frente al patín de compresores. Ver ffigura IV.7

El sistema de supresión de incendios consiste en un módulo de control (CM-1), tres esferas para el almacenamiento del halón con iniciadores con tapa de explosión (INT 1, 2, 3), dos módulos de conducción de interfase (IFM-1,-2), un interruptor de presión (PS-79), tres disparos operados con presión para bloquear el flujo de ventilación y dos conjuntos de focos verde/rojo, indicadores de la condición, montados arriba de la puertas de acceso el recinto.

El sistema de detección/supresión es autosupervisor para indicar una falla en el sistema, fallas de energía, el agente supresor vaciado o un lente detector sucio (ojo electrónico).

Si cualquiera de los detectores registra fuego (un incendio), todo el tren de compresión se para (742 y 733), se bloquea y se purga incluyendo el sistema de suministro de combustible y gas de arranque y el sistema de ventilación del compartimiento/generador eléctrico A.C. reciben la orden de pararse (ventilador de cubierta y ventilador del Generador A.C.). Ya que los mamparas de contrafluyo que están a la entrada y salida del aire del recinto, permiten aislarlo (aislar la Turbina de gas) en caso de presentarse un incendio. Las mamparas se cierran cuando se activa el sistema extintor de incendios. Si cualquiera de los detectores registra una condición continua de fuego durante 5 segundos (ajustable de 0 a 30 seg) (En fábrica ajustado a 5 segundos), una esfera de halón de 60 Lb. se descarga inicialmente liberando el agente supresor, una segunda esfera será para una descarga del halón prolongada a 15 minutos y la tercera como respaldo, que se descarga únicamente si no se logra la presión en la tubería del sistema de Halón en un lapso de 5 segundos a partir del momento en que recibió la señal de descargar. Así los disparos operados bajo presión cierran las puertas de seguridad aislando el compartimiento de la Turbina GT-61 y apagando el fuego. Los focos verde/rojo indicadores de la condición del compartimiento se prenden y se apagan intermitentemente. Si estuviese operando el ventilador de cubierta y el halón no se vacía, el foco rojo la condición se prende para advertir al operador sobre el peligro de abrir la puerta del recinto mientras está presurizado por el ventilador de cubierta.

Quando se genera la orden de liberación del agente supre

sor Halón desde el detector/controlador U76008, el módulo de la interfase de la conducción #1 se energiza para liberar el Halón de 2 esferas, una de estas esferas tiene una tobera de descarga lenta y el otro recipiente tiene una tobera de descarga rápida. Cuando el recipiente del Halón de descarga rápida recibe la orden de descargar, se activa un regulador de 5 segundos, localizado en el módulo de control CM-1. Si el PS-79 no detecta la presión del Halón en la línea de descarga rápida dentro de 5 segundos, el segundo recipiente del Halón recibe la orden de descargarlo, energizando el módulo de interfase de la conducción #2.

El sistema de protección contra incendios es auto-supervisor, de tal forma que cuando hay alguna falla en el sistema, la unidad retorna a velocidad de vacío y se activa un regulador de 15 minutos. Si la falla no se corrige en este lapso, la GT-61 se para.

En el sistema de control de la turbina de que Gt-61 no se puede restablecer después de que se detecta un incendio, sino hasta que se ha verificado que la unidad está completamente despresurizada.

SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS EN MODULOS.

El sistema de protección contra incendios en módulos - consiste en doce detectores Detronics, modelo C 70508 y dos controladores Detronics, modelo 7302. Los controladores están montados en la parte superior del tablero de instrumentos C.E. Miller. Los detectores están colocados estratégicamente en los tres niveles del módulo de compresión. Hay cinco detectores colocados en el nivel inferior (piso de separadores), cuatro en el intermedio o piso de compresores y tres en el superior o piso de ventiladores. El sistema

es autosupervisor y proporciona diagnósticos para ayudar a definir y analizar problemas de fallas del sistema. Cuando ocurre una falla en el sistema la unidad GT-61 reduce su velocidad en rampas hasta llegar a la velocidad de vacío y se activa un regulador de 15 minutos. Si la falla no se elimina durante el lapso de 15 minutos, la unidad se para y todo el módulo se bloquea y purga, incluyendo el sistema de gas combustible y gas de arranque.

Se cuenta además con extinguidores (extintores) estacionarios, portátiles y de acción manual, mascarillas con tanque de oxígeno (aire comprimido y alarmas.)

Sistema de aspersión de agua que abarca piso de separadores y piso de compresores.

Para los casos de conatos de incendio que pueden presentarse y que deben controlarse localmente por medio del personal presente en el área con auxilio del personal de seguridad.

Si hubiese fugas de gas se deben detectar su origen, avizar (comunicarse a producción para que deriven gas a los quemadores) y parar inmediatamente el equipo de compresión.

Nunca correr, enfrentarse al gas y/o fuego con el equipo de seguridad adecuado que nos asegure el control del siniestro y personal.

Checar las válvulas de seguridad o alivio, que estén bien calibrados, que funcionen bien y que estén alineadas, tanto al equipo que se requiere proteger como el cabezal de venteo al quemador (en caso de una sobrepresión de gas).

Si hubiera sobrepresión de aceite, sus válvulas de seguridad estarán alineadas hacia los recipientes (carter) de aceite respectivos.

Evitar riesgos de incendio.- Tener limpia el área de trabajo de sustancias combustibles (flamables) tales como solventes de limpieza, estompas, papeles, adheridos, cementos epoxy, pinturas, aceite regado, gasolina, diesel, etc. Colocar avisos de NO FUMAR, tener cada quien limpia su área de trabajo. Dar capacitación e información sobre seguridad industrial al personal de operación y mantenimiento en general.

Saber las temperaturas de auto ignición de los líquidos y combustibles empleados (tener venteados los pisos con extractores de aire).

El excitador de ignición genera tensiones de salida mortales. No enérgice el excitador si la conexión de salida no esta adecuadamente conectada. Asegurese que todos los conductores esten conectados y que los tapones esten colocados antes de encender el excitador y que todo el personal se ha apartado 1.50 metros del motor.

También se debe tener cuidado con las líneas y contactos de alto voltaje alimentadas con energía del Generador Eléctrico a un voltaje de 440 volts.

Al utilizar equipo provisto o asociado a generadores de energía de alta frecuencia asegurese que todos los componentes estan bien aislados del personal no involucrado y que prevengan al operario de un accidente. Cheque que la fuente del Generador esta desconectada (off) al conectar o posecionar

conectores y cables y al regular elementos de calentamiento (Resistencias).

SISTEMA DE DETECCION DE GAS

El sistema de detección de gas consta de cuatro sistemas de detección independientes, a continuación descritos:

COMPARTIMIENTO DE LA TURBINA.

El resinto de la turbina de gas GT-61 se monitorea continuamente para saber si hay fugas de gas natural del sistema de gas combustible y gas de arranque, utilizando para ello un monitor general modelo 520, de canales dobles, monitor de gas combustible y dos sensores industriales de hidrocarburos. El monitor de que se monta en el cuadrante delantero superior del tablero de control IECS de la GT-61 (arriba del monitor de datos de temperaturas RTD) en el cuarto de control de módulos. Los sensores se montan adentro del compartimiento de la turbina, específicamente en el techo, con sus puntas apuntando hacia abajo para medir las concentraciones de gas en el área protegida. El monitor de gas tiene tres señales de salida que advierte al operador cuando hay alguna condición-anormal. Las dos primeras salidas miden las concentraciones de gas en % del límite explosivo inferior (% L.E.L.) y le advierten al operador que las concentraciones de gas han sobrepasado los niveles de alarma y paro. La tercera salida advierte al operador que hay algún mal funcionamiento del sistema monitor de gas. Si hay algún mal funcionamiento del monitor de gas o un nivel de alarma del % de L.E.L., la unidad GT-61 desacelera en rampas, en forma automática hasta llegar a velocidad de vacío/(muerta) y comienza a funcionar un timer (regulador) de 15 minutos. Si no se ha podido corregir la falla o problema después de transcurridos los 15 minutos de

la unidad se para a cero automáticamente. SI se llega a detectar un % de L.E.L. de paro, la unidad GT-61 y el tren de compresión así como el turbo-compresor Axi/Saturno se pararán de inmediato y todo el módulo incluyendo el suministro de combustible y el gas de arranque, se bloquean y purgan de inmediato, no importa en que punto de la secuencia se encuentre la unidad GT-61.

El sistema de detección de gas de turbina Saturno/Solar utiliza un monitor General modelo 180, con un monitor de gas combustible de un solo canal, montado en la mitad inferior del tablero de control de la turbina Saturno y un sensor industrial de hidrocarburos. La operación del sistema es idéntica a la del comportamiento de la turbina GT-61, excepto la acción correctiva que toma el monitor. Cuando hay una alarma por el % del L.E.L., o cuando el monitor de gas indica un malfuncionamiento, el tablero de control de la saturno indicara una condición de alarma. Cuando se detecta un alto % del LEL, el turbo compresor saturno/Axi automáticamente se para y se purga.

SISTEMA DE DETECCION DE GAS DEL MODULO

Consiste en un monitor General modelo 4800, monitor de gas combustible de 16 canales y 15 sensores industriales de hidrocarburos montados arriba del tablero de instrumentos C.E. Miller.

Los sensores están localizados estratégicamente en las cubiertas inferior e intermedia del módulo de compresión (piso de separadores y piso de compresores), e incluyen un sensor que está montado en la caja del filtro de aire de entrada. La operación de este sistema es idéntico a la del sistema del compartimiento de la turbina GT-61.

Un nivel de alarma del % del L.E.L. y cualquier malfuncionamiento del monitor de gas harán que la unidad GT-61 retorne a la velocidad de vacío y activaran el mismo timer (regulador) de 15 minutos para poder corregir la falla o mal funcionamiento indicado en el tablero. Al exceder el nivel de paro para el % del L.E.L., todo el módulo de compresión incluyendo al Axi de inmediato y automáticamente se pararán y purgarán (incluso el suministro de combustible y gas de arranque se bloqueará y purgará).

SISTEMA DE DETECCION DE GAS SULFHDRIDICO (H_2S).

El sistema de detección de gas sulfhídrico está montado en la parte superior del tablero de instrumentos C.E. Millar y fue suministrado y mantenido por personal de Pemex.

El sistema consiste en varios monitores de gas ácido sulfhídrico Rexnord modelo 710 y sensores montados estratégicamente alrededor del filtro/separadores de la cubierta inferior de cada módulo de compresión (Piso de separadores). Cada monitor mide en forma continua la concentración de H_2S que está registrando el detector y proyecta esta lectura en partes por millón en la pantalla digital del monitor. Aún pequeñas concentraciones de H_2S son letales y, por lo tanto, se debe subrayar la necesidad de tener precaución extrema cada vez que el monitor indique una concentración de H_2S mayor que 10 partes por millón (límite de exposición: 8 horas según OSHA).

Es importante que el sistema de monitores de H_2S tenga el mantenimiento adecuado y periódico necesario por razones obvias de seguridad.

Precauciones de seguridad.- Si bien la turbina de

gas es confiable y segun, es necesario cumplir algunas recomendaciones:

1.- Las superficies exteriores de la turbina de gas no estan aislados por lo que se debe evitar que el personal operario toque inadvertidamente las superficies calientes. (Usar guantes de carnaza).

2.- La turbina de gas produce bastante ruido (más de 100 decibeles) por lo que es necesario que el personal de operación y mantenimiento que trabaje en ella o en sus cercanias use el equipo de protección auditiva cuando la turbina esta funcionando.

3.- La turbina de gas es una máquina que funciona a alta velocidad. En el caso de que una pieza se rompa (o se averie) la carcaza de la turbina podra contener averias de álabes del compresor o de la turbina, pero no podra absorber averias mayores de los discos del compresor o de la turbina. En la práctica ya sucedio des trozandose (M-3) álabes y discos de la turbina salieron disparados a su alrededor, con una fuerza capaz de atravesar la puerta metalica del recinto para irse a incrustar hasta la otra puerta del M-2, afortunadamente no hubo desgracias personales que lamentar. El personal operario no debe permanecer en o cerca del plano de piezas rotatorias.

4.- Las piezas rotatorias del arrancador funcionan a altísima velocidad. El personal no debe de permanecer en el plano de arrancador durante el ciclo de arranque, aún cuando la averia de una pieza puede ser improbable .

5.- La baja presión y alta velocidad creadas en el compresor de la turbina pueden atraer objetos e inclusive

al personal, dentro del G.G. Se debe colocar una malla de admisión u otras medidas protectoras.

6.- Debe proporcionarse y mantenerse en condiciones óptimas el equipo de contra incendios adecuados.

7.- Al realizar tareas de inspección o mantenimiento en el recinto de la turbina de gas deben cumplirse los siguientes requerimientos: a) turbina de gas desconectada o limitada a velocidad de vacío (potencia en ralenti) b) Posibilidad de salir inmediatamente e) Evitar contacto con piezas calientes d) Si la turbina esta funcionando, use protección auditiva y si se quiere checarla, un observador debe permanecer en la entrada del recinto e) EL sistema de protección contra incendios debe estar inhibido (by-passeado).

SISTEMA DE DETECCION Y SUPRESION DE FUEGO (INCENDIOS)

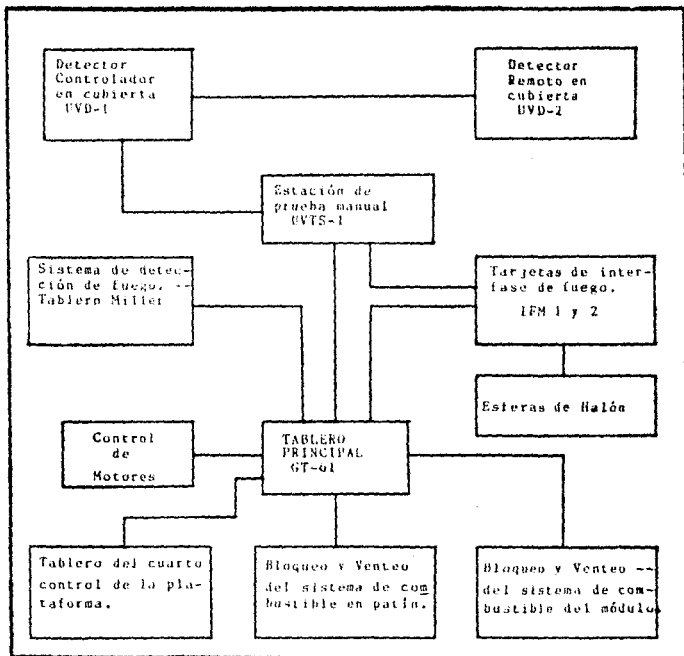
RESUMEN.

Los detectores ultravioleta de incendios están montados en el interior del compartimiento de la turbina. Un detector sirve para detectar, mientras que el otro es un detector/controlador.

Los detectores están calibrados de tal forma que si uno o ambos detectan un incendio, se activa el sistema. Si ocurriera un incendio, la unidad de inmediato se para, todo el tren se bloquea y se purga incluyendo el sistema de combustible. EL sistema de ventilación del compartimiento también recibe la orden de pararse. Si el incendio se sigue detectando después de un periodo ajustable de 0 a 30 segundos, se vaciará el Halón en dos etapas. La primera es el vaciado inmediato de una de las esferas. En la segunda hay un vaciado lento

de otra esfera. El sistema de detección de incendios es suministrado por C.E. Miller, el cual está cableado en serie con los contactos instantaneos de detección de incendios de IR, que harán que todo el tren se pare. El sistema de descarga de halón sólo se activará con el sistema IR. El sistema se activa con 24 volts C.D. y tiene un sistema autosupervisor que verifica si el sistema tiene un mal funcionamiento, una falla de energia o si el lente detector ultravioleta esta sucio. Si el sistema de supervisión detecta una falla, se anunciará una alarma en el tablero de control principal y en la estación de prueba manuales montadas afuera de la pared del recinto. Al detector fuego se anunciará en el tablero de control principal y en el detector controlador, el lugar donde se ha detectado el incendio. La estación de pruebas manuales permite revisar el circuito de detección a través de la característica de integridad opcional del sistema de detección o a través del uso de una lámpara ultravioleta para pruebas portatil a pruebas de explosiones.

La estación de pruebas manuales esta construida de tal forma que el sistema siempre esta preparado para detectar y suprimir fuego en la posición "NORMAL del boton Interruptor) de dicha estación, a menos que se oprima y se cambie la posición del boton a "by-pass" (derivación para prueba) donde la señal de fuego detectada se deriva para no activar el sistema de supresión y detección de fuego. Esto ocurre cuando se efectuan trabajos de soldadura en el área (campo) de comprensión y sus cercanias, ya que la radiación emitida por el arco eléctrica es detectada por el sistema de detección. El flash de las cámaras fotograficas también activa a dicho sistema por la que se há prohibido tomar fotografias en los módulos de comprensión y su alrededores.



SISTEMA DE DETECCIÓN Y SUPRESION DE FUEGO FIG. 14.7

CAPITULO V
P.S.C.S. SISTEMA DE CONTROL DE LA SECUENCIA PROGRAMABLE
(MODULO CONTRALADOR DE LA SECUENCIA DEL PROGRAMA
DE LA UNIDAD)

El sistema de control de la turbina de gas y demás equipo empleando en los módulos de compresión es un problema difícil y complejo de automatización y control de procesos, ya que la compresión del gas natural es tan delicado que no admite funcionamientos erróneos, ni condiciones anormales por lo que es necesario contar con un sistema de control confiable y con la habilidad suficiente para procesar los datos de las variables físicas de las condiciones de operación que permitan medir, evaluar y corregir los cambios de las mismas para un óptima operación.

El PSC realiza la función de control de la secuencia de la unidad como un controlador general del proceso con un monitoreo continuo del mismo con el fin de analizar su estado. Ejecutando funciones lógicas de contactos y relevadores, de temporizado y conteo a través de unidades de interfase asociadas de entradas y salidas del proceso (PIUS).

Las funciones del sistema de control que van a ser realizadas para una aplicación específica son almacenadas dentro de la memoria del secuenciador.

El cargado de estas funciones en la memoria es conocido como programación del secuenciador y el resultado clasificado de funciones de la memoria es conocido como programa.

El sistema de control de secuencias programable de

los módulos de compresión emplea tres microcomputadoras digitales y 16 unidades de interfase del proceso (P.I.U.s): a) El secuenciador programable (PSC), b) El control de interfase del programa (PIC) c) El controlador de las unidades de interfase del proceso (PIUC). El sistema de control de la operación de los módulos de compresión lo constituyen el PSC y el PIUC conjuntamente con los P.I.U.s. Ya que la unidad PIC se utiliza solamente con objeto de programar al secuenciador, ésto es introducir caracteres de las ecuaciones o modificar el programa de control.

Los módulos microcomputadores, en operación normal se chequean a si mismos, es decir, el PSC y el PIUC ejecutan una rutina de revisión uno en la memoria del otro, con la finalidad de asegurar la integridad del sistema.

Para la comunicación entre los módulos microcomputadores se emplea un "BUS" o canal de comunicación de 8 bits en paralelo, el cual permitirá al PSC leer la memoria del PIUC. y viceversa, empleando el método de acceso directo a la memoria.

El control de las diversas secuencias de la unidad de arranque y paros de la operación normal es proporcionado por el secuenciador programable el cual es un microcomputador digital 1802 de RCA, basado en un microprocesador que recibe las señales (entradas lógicas) desde los interruptores externos por medio de los PIUS del tipo de entrada de contacto (CI) que a su vez reciben los señales (CI) del monitor de malos funcionamientos del sistema a través de la barra colectora de datos en paralelo o en serie del sistema. El PSC tiene 16 canales idénticos al igual que sus unidades de interfase con el proceso (P.I.U.s con entradas y salidas (ver figura V. 1.0).

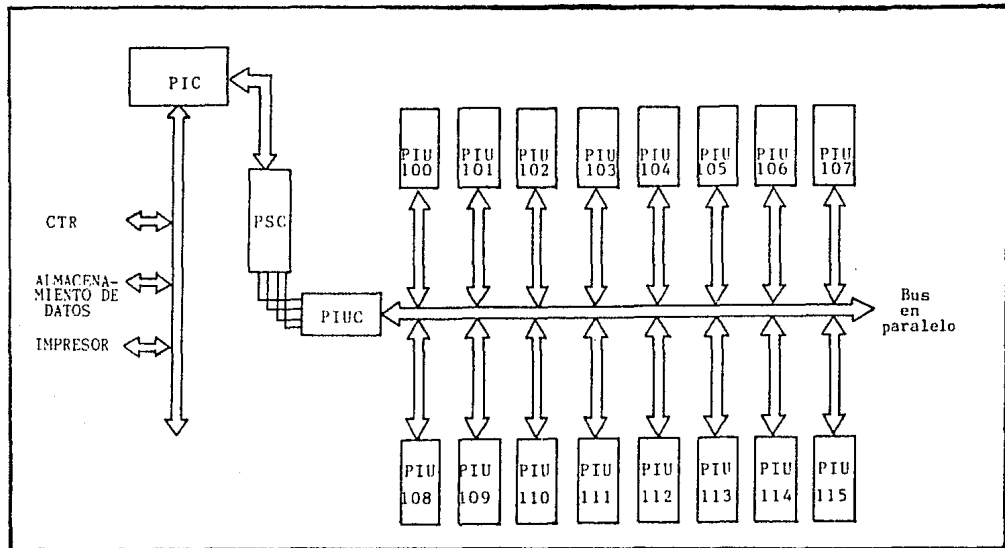


Fig. V.1.0 Diagrama a Bloques del Sistema de Control de Secuencias Programable.

Utilizando estos datos de entrada, se procesan ecuaciones lógicas específicas y adecuadas para la operación de la unidad compresora, los cuales se emplean para controlar las salidas lógicas del sistema de control. La capacidad máxima de entradas/salidas es de 1024, pero 64 de ellos están reservadas para funciones especiales, quedando 960 disponibles. Hay también 1024 lugares de almacenamiento interno disponibles para los términos lógicos intermedios. En la ecuación lógica se pueden incorporar hasta 64 reguladores de tiempo o contadores de eventos. Sin embargo cada regulador de tiempo/contador usa dos puntos de almacenamiento interno. Para un contador dado la cuenta máxima es de 16,383 y se pueden especificar demoras de 0.5 segundos a 4 horas, con una resolución de 0.5 seg. Se pueden tener demoras más prolongadas poniendo en cascada los elementos lógicos del regulador de tiempo. La velocidad de barridos y la actualización de I/O 1 seg. La capacidad de almacenamiento de programa del usuario es de 500 términos estándar, expandible en múltiplos de 500 términos. Las entradas se muestrean a una velocidad aproximada de 1000/seg. y las "entradas críticas" se muestrean más de una vez por ciclo.

Las ecuaciones de salida se ejecutan aproximadamente a 2000/seg y las ecuaciones de "salida crítica" se pueden computar más de una vez por ciclo. En este sistema se ha hecho énfasis de la importancia de una operación segura de las salidas lógicas de dicho sistema, por lo que la unidad central del proceso (CPU) dentro del secuenciador (PSC) realiza una subrutina de auto verificación periódica y genera una señal de operación adecuada (funcionamiento confiable) de las salidas lógicas del sistema de acuerdo a lo establecido en el programa de control. Si esta señal no se genera con regularidad, la lógica del control de secuencias del programa se reajustará y la CPU volverá a empezar nuevamente la subrutina de auto-

revisión. Asimismo, si el controlador de salidas del PIU (PIUC) no recibe la señal de "operación correcta", a intervalos regulares, todas las salidas de los relevadores se desenergizan. El módulo controlador de la secuencia también puede instruir al controlador de salidas del PIU (PIUC) para que desactive los relevadores de salida, si determina de acuerdo al programa almacenado en su memoria e integrado por los datos recibidos mediante los PIU's de contactos de entrada (basándose en la retro alimentación de los contactos al módulo) que una salida en particular no esta en la posición correcta y que es riesgoso continuar con la operación.

Por ejemplo el caso de válvula del proceso. El relevador de salida envía una señal para energizar la solenoide de la alimentación del aire de instrumentos a la válvula, al energizarse la solenoide (normalmente cerrada), permite el paso del aire (se abre) cuya presión suficientemente alta hace girar el actuador de la válvula, ésta cambia su posición, la cual es detectada por medio de limit-switches colocados casi sobre la válvula (interruptores de límite), lo cuales indican si la válvula esta abierta o cerrada. Y estas señales entran al sistema de control a través de los PIUS de entrada por contacto, cada uno en su canal respectivo.

Cuando el control de secuencias cambia una condición de salida se efectua en dos pasos: a) El control de secuencias envía la instrucción y analiza los datos de retorno que se reciben como "eco" y se verifica que estos datos son correctos, entonces se envía una señal (instrucción) de ejecución al controlador de los PIUS de salida (PIUC). Este a su vez selecciona el canal indicado en los PIUS de Salida.

b) La señal sale al exterior a ejecutarse por medio de algun canal de los PIU de salida por transistor o de salida

por relevador (RO).

Cada uno de los PIUs de entrada esta ópticamente aislado de la energía del sistema y las salidas se aíslan por medio de los contactos de los relevadores para eliminar problemas de aterrizaje. Cada entrada requiere, aproximadamente, 13 mA a 7 V mínimo y normalmente opera sobre un rango de 20 mA a 30 V de la batería. Los relevadores de salida requieren aproximadamente, de 40 mA a 28 V y la capacidad nominal de los contactos es de 5 amperes a 28 VCD. Los PIUs de salida con transistores no aislados se utilizan para operar los componentes del tablero frontal del sistema. Estas salidas tienen una capacidad nominal de 0.5 amperes de corriente máxima y 32 V DC de voltaje máximo. Se usan diodos emisores de luz (LEDs) en los PIUs de entrada y de salida para indicar la condición de entrada de un contacto o del contacto de salida del relevador o una condición de los transistores. Para programar el módulo controlador de la secuencia se requiere que se instale en el sistema, el módulo controlador del programa (PIC) para lograr una interfase estándar RS232. Se puede usar o modificar la lógica de la secuencia de la terminal CRT (Tubo de Rayos catódicos) dando entrada a ecuaciones lógicas que se proyectan en la CRT.

Se utiliza un formato de 7 x 11 y se puede enrrollar o indizar para localizar las expresiones lógicas descadas.

El PSC es esencialmente una computadora Booleana que usa las entradas del sistema PIU como datos para los términos de las ecuaciones. El PSC maneja todas las comunicaciones I/O con su sistema PIU para actualizar los datos y para las señales de control reales. Una vez que lo programa el PIC, ejecuta el programa como su función natural y por tanto, crea

un PSC a la medida para una función específica.

El PSC lleva a cabo cuatro tareas básicas:

1. Ejecuta el programa del usuario
2. Actualiza las entradas de datos de los PIUs, así como las salidas a los PIUs
3. Se comunica con otros módulos como el PIC
4. Corre auto diagnósticos para detectar malos funcionamientos .

El PSC se comunica con el PIC a través de una barra paralela del sistema que está interconectada por medio del plano posterior de la tarjeta de circuito impreso (PCB).

El secuenciador programable ejecutando el programa almacenado en su memoria, examina por medio de los diagramas de escalera el programa de control de principio a fin. Colecta los datos de entrada desde el PIUC después de haber analizado los datos de entrada. Envía señales de comando de salida al PIUC después de haber analizado los datos de entrada. Si existiese una falla detectada con respecto al programa en memoria, el secuenciador tomara la rutina de paro.

También ejecuta rutinas de verificación en: a) Memorias Ram y Rom b) El canal de comunicación (Bus) en serie c) El canal de comunicación de los PIUs d) El programa de control.

RESUMEN

Sistema de control de las secuencias programable (PSCS). Los módulos de la microcomputadora están diseñados para trabajar juntos como un sistema de control de las secuencias programable (PSCS) que le da al usuario gran flexibilidad y facilidad de aplicación. El PSCS mínimo consiste entres módulos microcomputadoras y varias unidades de interfase con el proceso PIUs como ya se mencionó:

1. Módulo de control de las secuencias programable (PSC).
2. Módulo de control de la interfase con el programador (PIC)
3. Controlador del PIU (PIUC)
4. PIUs de salida de los relevadores y transistores además de PIUs de entrada de contactos.

El PSC y el PIC con los PIUs constituyen en el sistema real de control, el PIC sólo se usa para poner el programa de control requerido en la memoria del PSC.

Focos del PSC en el tablero Central.

En el tablero frontal del PSC hay 16 focos, que se pueden separar en dos grupos, a) Indicadores de la condición del módulo b) Indicadores de la condición de las válvulas del proceso (status) (usuario).

Las 185 ocho lámparas se localizan en la parte supe-

rior y son:

1. PARALLEL Bus o.k. Cuando está prendido, indica que la barra colectora está operando sin errores (fatales) peligros. Si no esta prendido el foco, ha ocurrido "fatal" y se invalida el módulo de tal forma que no puede comunicarse en la barra colectora para impedir que se alteren los otros módulos de operación.

2. SERIAL BUS OK. Este foco indica que la barra colectora en serie que se usa para comunicarse con los focos e interruptores del tablero frontal del sistema de control y como respaldo para la barra paralela, aparentemente esta funcionando normalmente.

3. PIU BUS OK. Este foco indica que la barra colectora en serie del PIU esta funcionando normalmente sin errores fatales.

4. SELF TEST OK. Este foco indica que el módulo ha pasado. Todos sus exámenes internos y que está funcionando dentro de los límites.

5. I HZ TEST. Si este foco esta centelleando aproximadamente a un Hertz, la dinámica del PSC está funcionando bien. Prueba de potencial que tiene que hacer múltiples tareas y la apagado o prendido todo el tiempo o si esta centelleando erráticamente, hay una falla en la dinámica del sistema o en la barra colectora del PIU.

6. SYSTEM OK. Si está prendido este foco, todo el módulo está operando sin errores detectables. Si el foco esta apagado, ha habido un malfuncionamiento en el sistema y los 8 focos indicadores de la condición del usuario (STATUS

DE LAS VÁLVULAS PRINCIPALES DEL PROCESO) ahora son la clave del error del sistema.

7. POWER FAIL. Si esta prendido este foco, se fue y volvió la energía que va al módulo. Muestra al usuario la razón de la indicación de la falla de la UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU) si se desconecta la energía, de tal forma que no se puede pensar en una falla de los componentes electrónicos del módulo.

8. CPU FAIL. Si está prendido este foco, la UNIDAD CENTRAL DEL PROCESO CPU rearranco por el circuito "pérdido en el bosque" y ocurrió una condición de falla. También puede ocurrir cuando se conecta la energía nuevamente.

Para restablecer los focos rojos de CPU FAIL y POWER FAIL, oprima el botón de prueba de focos del sistema.

Los 8 focos de abajo están controlados por el programa del usuario (si una válvula está fuera de posición de las 8 principales del proceso) mientras este prendido el foco SYTEM OK. También se pueden usar para manitorear cualquiera de los bits de la memoria que desee el usuario. Si esta apagado el foco de SYTEM OK, los 8 focos cierran la designación del usuario y se vuelven la clave de los errores del sistema. Algunos errores se consideran fatales y hacen que deje de correr del usuario, restablecen todos los PIUs de salida y esperan a que el usuario reconozca la falla, despejando la condición por medio del PIC.

Si hay falla de CPU lo indica una luz roja, es posible modificarlo, restableciendo el sistema. Lo mismo sucedera con falla de energía (Power).

Bus en paralelo correcto (PARALLEL BUS O.K.) La luz verde indica que la comunicación entre el PSC y el PIC es correcta.

BUS de los PIU, correcto. (PIU BUS OK). La luz verde indica que el bus en serie que suministra datos entre el PSC y el PIUC se encuentra funcionando bien.

Restablecer paro de emergencia (CLEAR EMERGENCY HALT) (interruptor utilizado para restablecer el circuito de paro de emergencia en el PSC.

(STATUS 0-7) Estados 0-7. La luz verde indica el estado del sistema. Cuando el sistema se encuentran correcto las 8 lámparas indicadoras se encuentran apagadas. Al encenderse muestran el código de error del sistema.

Sin error esta considerado como fatal, un paro de emergencia ocurre.

El PSC para el programa de control, restablece todas las salidas de los PIUs y espera a que el usuario restablezca la falla con el interruptor para restablecimiento del circuito de paro de emergencia en el PSC.

Lo estados 0-7 en el sistema de control de los módulos de compresión de gas se clasifican como sigue:

Válvula de presuarización	0	M 40.700
Válvula de succión	1	M 40 701
Válvula de Descarga	2	M 40 702
Válvula de venteo al quemador		
lra.etapa	3	M 40 703
Válvula de venteo al quemador		

2a. Etapa	4	M 40 704
Válvula de venteo Atmosférico E-101	5	M 40 705
Válvula de venteo Atmosférico E-102	6	M 40 706
Válvula de venteo Atmosférico E-103	7	M 40 707

V.I. CONTROL DE INTERFASE CON EL PROGRAMADOR (PIC)

El PIC es un módulo autónomo que permite al usuario dar entrada a una serie de ecuaciones Booleanas usando la anotación gráfica de la escalera del relevador (diagramas de escalera) por medio de la videoterminal (CRT). O sea se usa como cargador de programa al secuenciador introduciendo las ecuaciones que forman los diagramas de escalera utilizando la CRT. Esta técnica permite no sólo tener la facilidad de la programación, sino que también de modificar o ver el estado de las ecuaciones y la da al usuario una mejor idea de lo que realmente está haciendo la ecuación. Hay diversos tipos de reguladores de tiempo, relevadores y contadores disponibles que pueden ser graficamente contruidos e integrados en las ecuaciones.

El PIC permite al usuario circular (simular) su sistema sin el PSC en el circuito para la eliminación inicial de las interferencias de la ecuación. Cuando el programa esta listo para una prueba inicial en el sistema real, se le puede incluir el PIC a que transfiera el programa al PSC para que éste arranque. Una vez programado el secuenciador si se desea, es posible que la unidad compresora entre su operación. Si el usuario así lo desea, el módulo de programación mostrará las entradas y las salidas especificadas en la video terminal para que se puedan monitorear, mientras esta operando el siste-

ma. En este punto el programa parece ser correcto, se puede quitar el PIC y el PSC retendrá el programa en su memoria. Esto quiere decir que solo se necesita en PIC para muchos PSCs.

El PIC también puede guardar programas en cintas de cassettes, para referencia posterior o puede imprimir una serie de ecuaciones para fines de documentación del proceso. En general la función del PIC es servir como interfase entre la forma de introducir el programa al secuenciador programable. Y estas formas pueden ser: 1. Mediante la construcción de las ecuaciones con la terminal de video. 2.- Mediante la transferencia del programa, almacenado en un cassette.

CONTROL PIU (PIUC)

El sistema PIU debe ser un subsistema flexible para adquisición y control de datos el PIUC es un módulo de micro-computación que puede ejecutar las ordenes recibidas del PSC. Estas órdenes pueden ser solicitudes o salidas de datos del PIU. Los PIUs son módulos que establecen la interfase sobre el aparato que se esta controlando. Se comunican co el PIUC por medio de un cable plano de 50 conductores que interconecta un máximo de 16 PIUS por PIUC. Cada PIUC establece la interfase con 16 entradas o salidas; así, un PIUC puede manejar 256 entradas o salidas como máximo.

En operación, los módulos se hacen pruebas asimismo, y el PSC y el PIUC se prueban mutuamente para garantizar la integridad del sistema. En caso de que ocurriera un mal funcionamiento, el sistema pone todas las salidas en edo. desenergizado (POWER OFF) y separa proyectando la clave del error en el PSC. Sólo el PIC puede despejar la clave del error, de tal forma que un problema intermitente causará falsas alarmas constantemente, que podían dañar el equipo auxiliar.

V.2. MODULO PIU (I/O)

Todos los PIUs tienen un direccionamiento que selecciona el usuario y que está en el rango de 0 a 15. Cada PIU tiene un interruptor seleccionador del direccionamiento que se ajusta con un desarmador, al que se tiene acceso quitando los 4 tornillos del tablero frontal y deslizando la tapa hacia fuera de la caja mas o menos una pulgada. En el tablero central hay un espacio para que el usuario ponga un marcador para indicar la posición de este interruptor. Cada PIU tiene una interfase con 16 entradas o salidas y se pueden conectar con la barra colectora de cable plano en cualquier posición. Se tiene que suministrar 24 volts DC a cada PIU por serpado para energizar, los relevadores o cualquier otro aparato de corriente alta. Sin embargo la energía lógica se suministra a través de la barra colectora de cable plano. Cada PIU contiene un fusible para protegerlo contra conexiones incorrectas.

El PIU de contacto. Contiene 16 interfases para cualesquier contactos de las señales lógicas. Cada entrada consume de 8 a 4 m A de corriente, que tiene que suministrarse externamente. El voltaje de entrada debe estar en el rango de 6.5 a 32 volts D.C. Cada entrada se aísla ópticamente y por lo tanto, no tiene que tener una tierra común. Puesto que cada entrada es una fuente de corriente flotante verdadera, cada entrada es unidireccional, que solo tiene importancia cuando se conecta la entrada a un aparato de transistores o unidireccional. La siguiente tabla muestra la conexión interna para los casos que requieren este conocimiento. Recuerde que esencialmente las entradas estarán moviéndose con flexibilidad para quedar adyacentes a la terminal de la batería apropiada. Asimismo, se pueden juntar dos contactos como se muestra en el diagrama gráfico del tablero frontal.

Las unidades de interfase del del Proceso (PIUs) proporcionan la interfase entre módulos microcomputadores de control y los dispositivos controlados como la instrumentación de campo y demás módulos electrónicos de funciones específicas.

En el sistema de control diseñado para los módulos de compresión se tienen tres tipos de PIU y estos son:

- a) PIU del tipo de entrada por contacto (CI)
- b) PIU del tipo salida por transistor (TO)
- c) PIU tipo salida por relevador (RO)

Los PIU de entrada (CI) actúan como interruptores desde contactos mecánicos instalados en los dispositivos controlados que se encuentran en campo y también con niveles de voltaje, en los módulos de control.

Los PIU de salida tienen relevadores o transistores que suministran una interfase con otros dispositivos externos.

Al programarse cada PIU se le asigna un número para identificarlo y en nuestro sistema de control se encuentra como sigue:

3 PIU del tipo de salida por transistor (TO): 100, 101 y 102.

8 PIU del tipo entrada por contacto (CI): 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109 y 110.

5 PIU del tipo de salida por relevador (RO): 111, 112, 113, 114 y 115.

Cada PIU tiene 16 canales de servicio, teniendo cada uno de ellos el asignamiento de una función distinta a la de

los otros.

En cada canal se tiene un diodo emisor de luz, el cual indicará el estado del canal. Activo o Desactivado.

En general, estas unidades manejan cargas típicas como son: relevadores, solenoides, lámparas indicadoras, interruptores de límite (limit switch), alarmas etc.. Y también entradas comunes como son: interruptores de botón, selectores y contactos de relevador.

EL PROGRAMA COMPUTARIZADO DE CONTROL

Un microcomputador digital con su memoria asociada es esencialmente una máquina de uso general que se puede programar para ejecutar una serie de operaciones en una secuencia prescrita.

Esta serie de operaciones incluyen instrucciones para entrada y salida, unidades aritméticas y de memoria.

Si se considera el sistema de adquisición de datos como alimentador del microcomputador, entonces ésta llevará su unidad de salida y será capaz de coordinar la variedad de instrucciones y secuencias de operación asociadas con el sistema de adquisición de datos.

Cuando el programa lo requiere, los valores digitales arbitrarios de los datos muestreados se convierten en unidades significativas como (grados centígrados) °C, kg/cm², R.P.M.

En el programa los datos se están comprobando para que no violen cualquiera de las condiciones límites impuestas para valores razonables.

Para el control de salida, una rutina generadora de salida, ensambla y registra la señal como lo especifica el programador.

3. Control de error. Una de las funciones mas importantes del programa ejecutivo, es el manejo automático de errores. Es difícil que pueda existir un sistema libre de error, por ello es necesario que un sistema de control por microcomputador, se revise a si mismo, para que los errores del sistema se detecten automáticamente y se inicie la acción correctiva.

4. Control de diagnóstico. Durante la rutina de control de diagnóstico, el programador puede llamar automáticamente y ejecutar varias rutinas de diagnóstico durante el tiempo que no se requiera el sistema para el control del proceso.

LOS DIAGRAMAS DE ESCALERA

La operación del sistema de secuencias programables es determinado por ecuaciones lógicas escritas en la unidad de procesamiento del secuenciador (CPU) por medio de una terminal de video CRT como se mencionó anteriormente. Estas ecuaciones del tipo Booleano se encargan de mostrar el estado de la secuencia, por medio del edo. de los elementos que las forman, tales como: relevadores, contactos, contadores y temporizadores.

Las ecuaciones lógicas estan construidas con una serie de símbolos como se muestra:

- []-- Contacto normalmente cerrado en estado cerrado
- []-- Contacto normalmente cerrado en estado abierto
-] [-- Contacto normalmente abierto en estado abierto

Se corrigen datos inconsistentes para cálculos subsecuentes o se utilizan para encender alarmas o tomar acciones especiales.

Los valores de las variables no medibles pero calculables se computan por medio de ecuaciones de balances de material y de calor, y otras ecuaciones analíticas empíricas o relaciones estimadas establecidas durante el estudio preliminar al proceso.

En suma, se determinan las limitaciones físicas del equipo que restringen los valores de las variables de pendientes.

Como es el caso de los valores predeterminados en el programa para la turbina de gas.

El programa ejecutivo del sistema de control es un juego altamente versátil de rutinas, las cuales proporcionan la secuencia automática de eventos. Y consiste en una rutina maestra de control que a su tiempo maneja aquellas funciones como las de control de salida, control de error, control de diagnóstico e interrupción de rutinas. Las funciones principales del programa ejecutivo son las siguientes:

Control de interrupción. La rutina de control de interrupción decodificará e interrumpirá las peticiones de la secuencia y proporciona además el camino de las subrutinas de interrupción.

2. Control de entradas y salidas. Las interrupciones son causadas por los dispositivos de entradas y de salidas. Ejecutándose automáticamente el programa de control de entradas y salidas especificando los parámetros apropiados para la señal que se va a transmitir.



Contacto normalmente abierto en estado cerrado

- (OFF)- Salida desenergizada

- (ON) - Salida energizada

= = = = Flujo de energia al siguiente elemento horizontal



flujo de energia al siguiente elemento vertical

1. Formato Lógico de los Elementos del programa:
Formato de las Entradas y Salidas

Se utilizan direcciones de 7 dígitos- a b c p p x x -

en donde:

a = es el prefijo para especificar el tipo de la entrada/salida: (T) para transistor, (R) para Relevador, (C) para Contacto.

b = (I) para entrada, (O) para salida

c = número del controlador del 1 al 4 (en este sistema sólo se usa un controlador con 16 canales)

pp = número del PIU, 00-15

xx = número de la entrada /salida, 00-15

Este formato muestra la identificación asignada a las entradas y salidas. Por ejemplo TO 10007: TO = transistor de salida,

1 = Solo existe un PIUC en el sistema, 00= PIU #00, 07= canal #7 CI 10507, CI= Entrada por contacto.

RO 11207 RO = Salida por Relevador. Ver figuras V.1, V.2, V.3 y V.4.

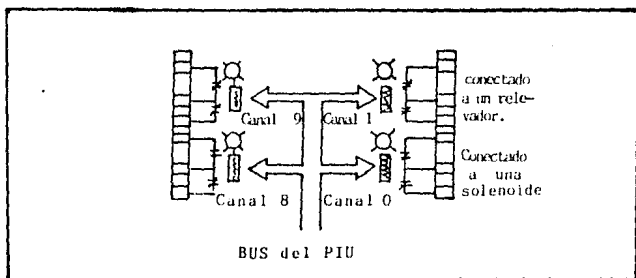


Fig. V.1 Unidad PIU del tipo Salida por Relevador (RO).

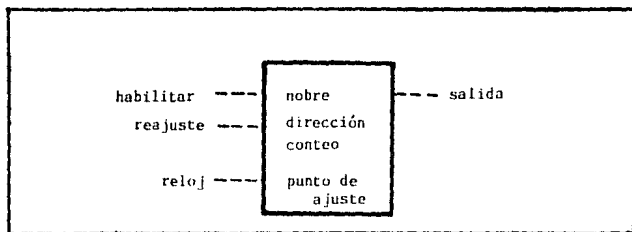


Fig. V.2 Esquema de un Temporizador/ Contador.

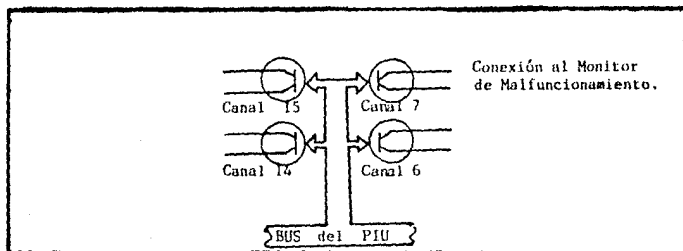


Fig. V.3 Unidad PIU del Tipo Salida por Transistor (TO)

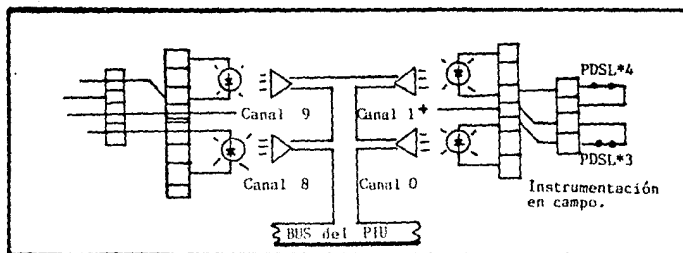


Fig. V. 4 .- Unidad PIU del tipo Entrada por Contacto (CI).

2. Formato de las localizaciones de memoria. Se utilizan 6 dígitos- MCppxx en donde: M=designación de Memoria C= localización de memoria (1-4), pp=localización de memoria (00-15), xx= localización de memoria (00-15).

Las direcciones de la memoria M 40 700 hasta M 40707 están indicadas en los 8 estados (leds) del PSC. La memoria M 40700 corresponde al edo. O.

3. Formato de Temporizadores y Contadores

Se utilizan direcciones de 6 dígitos. t u p xx

t = T para temporizador, C para contador

u = V para temporizador/contador de "subida"

D para temporizador/contador de bajada

p = número (0-7) localización de memoria

xx= número (00-15) localización de memoria. Ver figura V. 2

```

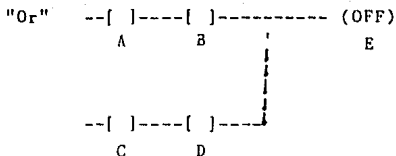
*****
habilitar*nombre* salida
*         *
*         *
reajuste *dirección*
*         *
reloj    *count*
*         *
* set *
* point*
*         *
*****

```

Funciones lógicas utilizadas en el programa

"And" --[]---[]---[]----- (OFF)
 A B C

En esta función lógica, la salida D es energizada solamente cuando los contactos A, B y C se encuentren en la condición de cerrado.



En esta función lógica, la salida E es energizada solamente cuando A y B se encuentren cerrados o también cuando C y D cierran o también cuando los cuatro contactos están en la condición de cerrado.

ANALISIS DEL MANEJO DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA

La interfase entre los periféricos y el sistema con microprocesador requiere de circuitos de adaptación que pueden estar implementados con componentes MSI (decodificadores, "buffers" etc).

El procedimiento para el manejo de las entradas y salidas en el sistema es mediante interrupciones. O sea que los periféricos provocan una interrupción a la unidad central de procesamiento para reclamar su atención.

En este caso las interrupciones pueden tener carácter prioritario y además es posible su enmascaramiento o no atención en los momentos que éste interesa que suceda.

La diferencia entre una interrupción y una llamada a subrutina es que ésta llamada la realiza el propio programa. En los dos casos se ejecuta una subrutina y se vuelve al punto de partida.

La interrupción es producida por un temporizador, un contador o una entrada por contacto. Es evidente que la interrupción puede cogerle al programa aleatoriamente en cualquier sitio. Al producirse la interrupción, el microprocesador guardará en el "Stack" el valor del contador de programa de la dirección de retorno y se dirigirá a la dirección del programa que el "hardware" externo al microprocesador le indica en el momento de producirse la interrupción (El caso de un determinado canal programado de un PIU de entrada por contacto) En esta dirección del programa hay una subrutina que después de ser ejecutada, se vuelve al punto original en que se produjo la interrupción.

La ventaja de los sistemas con interruptores es que el microprocesador no presta atención continua a la ocurrencia de dicho fenómeno o sea, que el programa sigue ejecutándose y al momento de suceder la interrupción es cuando se le presta atención. De esta forma es evidente que el microprocesador no tiene que entretenerse para observar si sucede o no, cierto fenómeno, sino que solo le prestará atención una vez que ocurra.

V.3. MODOS BASICOS DEL CONTROL

Todo sistema de control debe tener las características de "estabilidad y exactitud". El que sea estable significa que la respuesta a una señal, ya sea un cambio del punto de referencia o una perturbación, debe alcanzar y mantener un valor útil durante un periodo razonable.

Debe haber exactitud dentro de ciertos límites específicos de todo sistema de control, esto significa que debe ser capaz de reducir cualquier error a un valor aceptable. Hay que hacer notar que en la práctica es difícil reducir el error a cero en todo tiempo.

Aún cuando haya sistemas de control, que matemáticamente bajo condiciones ideales puedan reducir a cero el error, esto no sucede en la realidad a causa de imperfecciones inherentes a los componentes que forman el sistema.

La respuesta a cierta señal de entrada debe ser completada en un tiempo aceptable. Aunque se tenga estabilidad y exactitud requerida; no tiene ningún valor si el tiempo para responder a una respuesta es muy grande.

El objetivo de los controladores automáticos es la de llevar una o más variables a su punto adecuado de trabajo y mantenerla ajustada a los valores prelijados, independientemente de las perturbaciones que se produzcan dentro de ella.

Para realizar esta operación es necesario conocer los fenómenos o hechos que ocurren en el proceso y que interesan para poderlo controlar.

Para esto interviene la cuantificación y evaluación

de las variables tales como temperatura, flujo, presión, nivel, etc.

Estas señales deben ser captadas y transformadas en magnitudes susceptibles de ser medidas, transmitidas y amplificadas en caso de ser necesario.

El transmisor es el medio por el cual es detectada la variable controlada a través del elemento primario y posteriormente sometida al proceso de gobierno del mismo controlador el cual produce una señal de corrección en respuesta a una señal de error de entrada.

El controlador se compone de 2 elementos: a) Un comparador mediante el cual se establece una diferencia entre la señal detectada con la equivalencia al valor deseado, b) el segundo elemento es un circuito que determina la ley o la forma matemática del control en que se maneja la entrada y que por último se aplica al elemento final, corrigiendo el error, disminuyendolo en magnitud.

Los controladores de mayor uso en los procesos son del tipo neumático y electrónico. Y las señales de entrada y salida son presiones neumáticas y eléctricas respectivamente.

Dependiendo del tipo de proceso y de las características (capacidad, tiempo muerto, cambios de carga, etc.) será el modo de control que se utilice en el sistema de regulación automática y las operaciones de ésta se clasifican en:

- a) Modo de Control de dos posiciones (todo - nada)
- b) Modo de Control proporcional
- c) Modo de Control proporcional más integral (PI)
- d) Modo de Control proporcional más integral más derivativo (PDI).

V.4. AUTOMATIZACION Y CONTROL DE LOS MODULOS DE COMPRESION

La automatización en las plantas compresoras. En un principio las plantas compresoras fueron consideradas como unas instalaciones primordialmente mecánicas pero al paso del tiempo aumentaron sus capacidades de compresión hasta alcanzar magnitudes que implican mayor riesgo de falla ya que las instalaciones son mayores y resultan mas complicadas y difícil su control .Si ,por criterio de diseño se han desarrollado sistemas eléctricos y electrónicos auxiliares para efectuar el control y manejo de la turbina de gas y de los compresores de una manera automática. Así desde el cuarto de control de los módulos de compresión podemos operar el equipo principal y auxiliar remotamente por medio de un sistema de control automático de una manera exacta y segura; para esto los dispositivos y señales portadoras de información procedentes de los diversos puntos de mando llegan a la unidad electrónica de mando que decide la ejecución de prioridades dados como soluciones lógicas, también tiene la función de mando de accionamiento, recibe órdenes del operador que trasmite a las partes activas del equipo y vigila su ejecución.

Con el avance de la Electrónica se implantaron circuitos impresos, el transistor sustituyo a las válvulas electrónicas, se redujo el volumen de los dispositivos electrónicos con menor pérdida de energía, se empleo de manera extensa la lógica electrónica y también la automatización de las centrales al desarrollar la miniaturización de los circuitos electrónicos (placas de Silicio de un mm^2 de superficie que realizan funciones técnicas con una exactitud y posibilidad de reproducción muy grande, integrando varios transistores, diodos condensadores, resistencias y uniones conductoras) llamados circuitos lógicos integrados o circuitos integrados.

Así la automatización de los módulos de compresión proporciona al operador (Ingeniero de Proceso o de Operación) un instrumento perfecto para utilizar y dirigir la técnica valiéndose de medios tecnológicos ultramodernos de alta autonomía con el menor mantenimiento y máxima confiabilidad.

El nivel de automatización se divide en 4 funciones determinadas: a) La protección; b) La Regulación; c) El Mando; d) La supervisión; cada función del proceso tiene un control e instrumentación independiente por lo que se puede hablar de automatización por etapas y por lo tanto decidir libremente qué y cómo debe automatizarse.

Entonces la turbina de gas y los compresores de un módulo de compresión con su respectiva instrumentación y control independiente están automatizados para la Medición (de parámetros fundamentales del proceso), su regulación, el mando de ellos, la protección de fallas y del equipo y de vigilancia o supervisión de los mismos. Así por medio de una microcomputadora o microprocesador que se aplica como sistema supervisorio del funcionamiento de las variables que intervienen en el proceso de compresión de gas, se emplea debido a que tiene las características de sensar, almacenar, procesar e indicar el estado de cada una de ellas, sin pérdida de tiempo y periódicamente. La principal aplicación de la microcomputadora es la de captar señales provenientes de los dispositivos de interfase en el proceso y de los dispositivos automáticos de forma real con exactitud y a tiempo

El sistema de control para el paquete de la turbina de gas GT-61 es totalmente electrónico, el cual emplea la lógica CMOS (semiconductores complementarios de óxido de metal) (Representa otro criterio en el diseño del paquete de

la turbina de gas GT-61). Los niveles de voltaje de operación utilizados en la lógica se mantienen considerablemente por debajo de los máximos permisibles. Se logra la inmunidad contra el ruido usando señales de nivel alto y desacelerando la lógica. El sistema de control incluye el sistema de consecución o secuenciamiento.

El control se efectúa programando consecutivamente las verificaciones de las secuencias apropiadas. Cuenta con un mecanismo de seguridad que protegen a la unidad contra cualquier operación anormal. En caso de que hubiera que un paro, suena una alarma audible y el anunciador del tablero principal de control indicará la causa.

La potencia de salida de la turbina impulsora o de potencia depende de la velocidad del G.G. Esta velocidad está regulada por un regulador detector de la velocidad que coloca (sensor de velocidad con pick up magnético, donde da una señal de voltaje proporcional a la velocidad) a la válvula controladora (dosificadora del combustible en la posición adecuada por medio de un sistema servoelectrónico.

El sistema de control autoselector envía una señal eléctrica al sistema servoelectrónico. Esta señal es una función de las demandas de carga o de la capacidad del G.G.

Los diferentes medidores o interruptores del tablero monitorean la operación y las secuencias de la unidad. Los interruptores cuando se activan envían señales eléctricas al tablero de control principal (local) y adentro tiene montada una entrada telefónica. Dos interruptores de botón opri mible estan montados frente del tablero, uno se usa para parar

la unidad en una emergencia y el otro es para hacer un encendido manual. (marcha o crank).

El tablero de control tiene la lógica y las funciones de sincronización requeridas para las secuencias de la unidad así como medidores, interruptores selectores de los anunciadores, focos del tablero, potenciómetros ajustables, mímica de la unidad, medidor de horas y contador de arranques.

Los medidores son:

1.- RTD (detectores de temperatura por resistencia) analógico.

2.- Temperatura interetapa de la turbina de gas. analógico y digital.

3.- Vel. del G.G. (análogo y digital).

4.- Velocidad de la T.P. (análogo y digital).

5.- Punto de ajuste de la velocidad de la T.P (analógico).

6.- Vibraciones (16 canales, analógico).

7.- Salida de instrucciones para las inestabilidades del proceso, el punto de ajuste y válvulas de cada circuito.

8.- Posición Axial (dos canales analógico).

9.- Graficadores (1 de 15 canales, 3 de tres canales).

10.- Punto de ajuste para el control del proceso.

Los Anunciadores son:

1.- Si las alarmas son blancos indican advertencia, paros NLO (sin cierre eléctrico) si son amarillos la unidad retorna a velocidad de vacío y paros a cero % de velocidad, LO (con cierre eléctrico) son rojos.

2.- Iluminación de RTD₅ en 32 puntos.

Los interruptores selectores son:

1.- Proyección de los canales de los RTDs.

2.- Botón rotatorio del monitor de los datos de las secuencias.

3.- Encendido/apagado de tablero (off/on) energía del tablero.

4.- Selector local/remoto/marcha o crank /off.

5.- Listo para marcha secuencia de marcha (para lavado del G.G.).

6.- Listo para arranque/secuencia de arranque.

7.- Paro normal sin venteo.

8.- Paro normal con venteo.

9.- Paro de Emergencia (con cierre eléctrico y purga o venteo.)

- 10.- Paro de Emergencia sin venteo.
- 11.- Sistema de sello AUTOMÁTICO/Manual
- 12.- Secuencia de Válvulas Automático/Manual.
- 13.- Prueba de lamparas (uno para el monitor de malos funcionamientos y otro para los focos indicadores de la condición.)
- 14.- Selección de los puntos de advertencia y paros (monitores de vibraciones y posición axial).
- 15.- Compensación de vibraciones 1/2.
- 16.- Proyección de la primera salida (monitores de malos funcionamientos).
- 17.- Proyección de los puntos de ajuste (monitores de vibración y posición axial).
- 18.- Selección de los puntos de ajuste de advertencia paros (monitores RTDs).
- 19.- Proyección del punto de ajuste (monitores RTD).
- 20.- Reconocimiento de malos funcionamientos.
- 21.- Restablecimiento de malos funcionamientos.
- 21¹ = Combustible presurizado.
- 22¹ = Unidad con carga a corriente de Plataforma/idem - a corriente de módulo.

22.- Abrir/Cerrar Válvula de Succión.

23.- Abrir/Cerrar Válvula de Descarga

24.- Abrir/Cerrar Valvula de Presurización.

25.- Abrir/Cerrar Valvula de venteo al quemador de la 1^a etapa.

26.- Abrir/Cerrar Valvula de venteo al quemador de 2^a etapa.

27.- Cargo/Descargo de la Unidad.

28.- Punto de Ajuste de la posición axial (direcciones inactiva/activa.)

Los indicadores de secuencia son:

1.- Focos indicadores de la condición.

2.- Focos indicadores de la posición de válvulas.

3.- Monitor de los datos de las secuencias.

4.- Revestimiento presurizado.

5.- Sistema de aceite de sello/gas de sello verificado.

Los potenciómetros ajustables son:

1.- Punto de ajuste manual de la velocidad de la T.P.

2.- Apertura manual de la válvula de recirculación por baja presión de succión del compresor (circuito de inestabilidades).

3.- Punto de ajuste del proceso (canal # 1).

4.- Punto de ajuste del proceso (canal # 2).

5.- Apertura manual de la válvula de recirculación del compresor por alta presión (circuito de inestabilidades).

FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control proporciona las siguientes funciones:

1.- Control del combustible para arrancar y parar el Generador de Gas y controlar la velocidad del Generador de Gas (G.G.).

2.- Secuenciamiento de funciones durante el arranque y paro. Además de los modos de funcionamiento del G.G.

3.- Secuenciamiento y monitoreo de la operación del equipo auxiliar asociado con la turbina de gas y los compresores.

El sistema de control consistirá: en un ensamble de suministro de energía y dos subsistemas principales:

I.- Subsistema de control de la unidad.

II.- Subsistema de monitor de la unidad.

I.- El módulo de suministro de energía incluye 3 características de seguridad:

- a) Paro por bajo voltaje de baterias
- b) Paro por sobrevoltaje
- c) Paro por protección por sobrecorriente
(corto circuito)

II.- El subsistema de control de la unidad consiste de 3 grupos de módulos separados funcionalmente.

- a) Control de Combustible de la Turbina.
- b) Control de surge del compresor
- c) Control de la secuencia de la unidad.

El grupo de control de combustible de la turbina consistirá de:

- i) Monitor de velocidad del G.G.
- ii) Monitor de velocidad de la T.P.
- iii) Monitor de temperatura Inter etapa de la Turbi
na de Gas.
- iiii) Módulo de Control de Proceso.
- iiiii) Módulo de Control de Combustible.

Estos módulos controlaran la dosificación de combustible al motor mediante la válvula principal de Control de Gas Comb. (Bendix) para lo siguiente:

- 1.- Control del flujo de Combustible de encendido.
- 2.- Control de aceleración del motor
- 3.- Desaceleración del motor
- 4.- Gobernación o Regulación de la velocidad del G.G.
- 5.- Gobernación de la velocidad de la Turbina de Po--
tencia (T.P.)
- 6.- Control de temperatura.
- 7.- Control del Proceso Externo.

Junto con la función de control se proporciona la siguiente protección por mal funcionamiento:

- 1.- Estancamiento del G.G. durante el arranque.
- 2.- Mal funcionamiento del sistema de combustible en el módulo de control de combustible.
- 3.- Sobrevelocidad del G.G. (Redundante).
- 4.- Sobrevelocidad de la T.P. (Redundante).
- 5.- Sobre temperatura de la máquina (Redundante).

La función de control de surge es la controlar las inestabilidades de c/compresor proporcionada por:

El módulo de control antisurge el cual tiene 2 canales (con señales analógicas proporcionales al flujo y a la presión diferencial de los compresores, comparando los valores a un punto de ajuste). Cada canal tiene un circuito sencillo para controlar las inestabilidades. El modulo Ejecutara el control de inestabilidades como una función de:

$$P_D/P_S \text{ contra } (dP_I/P_S)$$

P_D = Presión de descarga del compresor

P_S = Presión de succión del compresor

dP_I = Presión diferencial de la entrada del compresor -
(señal de flujo de Celdilla medidora de la dP)

X = Exponente (ajustable de 0.5 a 1.0).

Cada loop (circuito antisurge) proporciona una señal de control de 4 a 20 mA (miliamperes) a la válvula de recircu-

lación (4 mA para válvula completamente abierta y 20 mA para cerrar la válvula de recirculación al 100%). Se puede operar manualmente esta válvula pero solamente en la dirección de abrir.

La anulación manual en la dirección abierta se hace a través de una entrada a un potenciómetro correspondiente a cada circuito del control.

Una entrada lógica de activación del módulo de control de secuencia, mantiene las válvulas de recirculación abiertas cuando se arranca y se para la unidad.

La función de control de secuenciamiento de la unidad es proporcionada por un módulo programable: El Módulo de Control de Secuencias Programable y por sus unidades de interfase de entradas asociadas y/o sus salidas de unidades interface de proceso (PIU).

El PSC o Módulo de Control de Secuencias Programable (microprocesador programable) que recibe entradas lógicas de interruptores externos a través de los contactos de entrada de unidades de interface de proceso o del sistema de monitor de malos funcionamientos por medio de una barra del sistema colector de datos en paralelo y/o en serie.

SUBSISTEMA DE MONITOREO DE LA UNIDAD

Este monitor consiste de tres grupos módulos funcionalmente separados:

- 1.- Módulos de Monitoreo de mal funcionamientos.
- 2.- Módulos de Monitoreo de Temperatura RTD
- 3.- Módulos de Monitoreo de Vibración y posición Axial.

El sistema de monitoreo de mal funcionamiento consiste en 5 monitores de mal funcionamiento de 16 canales.

Los canales de alarma se restablecerán automáticamente cuando la condición de alarma desaparezca. (Se despeja del monitor de mal función).

El subsistema monitor de temperatura RTD, consiste de 4 monitores de temperatura RTD de 8 canales de nivel simple.

En este módulo cada canal tiene una salida de voltaje análogo y una salida lógica. Canal requiere una conexión de 4 alambres del sistema al RTD platinum de 100 ohms, utilizando el módulo de 8 canales, un RTD se puede conectar a 2 entradas de un canal para tener un canal de 2 niveles (alarma y paro).

El punto de ajuste de los detectores puede ser seleccionado para ser asegurado a no asegurado.

El punto de ajuste es indicado en el medidor de temperatura RTD poniendo el interruptor de indicación del canal RTD enfrente del tablero de control.

El sistema de monitoreo de vibración y posición axial consiste de 4 módulos cada uno con 4 canales de nivel dual de vibración de monitoreo; mas el monitor de posición axial que consiste en 2 canales de monitoreo, duales. (a 2 niveles).

El sistema de monitoreo de vibración recibe 2 tipos de entradas.

- 1.- Transductor de velocidad, CEC4-126 o EQUIV.,
145 m V/pulg/seg.

2.- Transductor de desplazamiento, -18V o -24V de potencia, 200 mV/mil.

Los puntos de ajuste de alarma y disparo pueden ser indicados en los medidores seleccionando el punto de ajuste y presionando el boton indicación del punto de ajuste.

Con una entrada de velocidad, se aplica una señal de 70 Hz proveniente de un filtro de paso alto y banda interna a una vibración de pico a pico. En todos los casos la entrada de la vibración se aísla de las salidas analógicas por medio de un transformador para eliminar la posibilidad de afectar los circuitos de aterrizaje del sistema. La potencia del proximito es -18 V siempre y cuando el voltaje del módulo esté regulado y la corriente de cada canal esté limitada para eliminar los efectos interactivos entre los canales. Además de la salida analógica, cada canal tiene una salida de corriente que se puede emplear para impulsar un medidor remoto y 3 salidas lógicas: entrada normal, advertencia de vibraciones y paro por vibraciones. La salida de entrada normal indica cuando esta fuera de rango el voltaje de salida del proximito o la resistencia del transductor de velocidad, o si el regulador del voltaje del canal falló. Las salidas de alarma y paro indican cuándo se proyectó el nivel de vibraciones en un medidor analógico del tablero seleccionado con un interruptor. Los puntos de ajuste de alarmas y paros se pueden proyectar en estos medidores si se selecciona el punto de ajuste deseado y se oprime el boton DISPLAY SET POINT.

Cada canal de vibraciones se tiene una lógica de la 1^a salida de malos funcionamientos. El canal de la 1^a salida de paros por vibraciones se puede ver al oprimir el boton DISPLAY FIRST OUT. También se puede conectar las analógicas de cada canal individual por medio de un interruptor externo para indicar cuál es el mas alto de un grupo de canales de

vibraciones. "El monitor de la posición de empuje" monitoreará el espacio de la sonda del transductor del desplazamiento axial en lugar de las vibraciones. Este tiene características similares al monitor de vibraciones.

1.- MONITORES DE MAL FUNCIONAMIENTO.

El Módulo de Suministro de Energía tiene la función de recibir la energía de 24V del banco de baterías y proporciona diversos voltajes secundarios que se requieren para otros módulos y subsistemas cuyo rango normalmente de 20V a 32V CD sin ser afectado por las fluctuaciones de voltaje de la batería (s) hasta de 8 volts de pico a pico siempre y cuando uno se extienda a un máximo instantáneo de 32 volts y en mínimo de 20 volts excepto en las oscilaciones momentáneas hasta \pm 600 Volts en 100 microsegundos y tiene una protección interna contra conexiones de polaridad inversa.

Los voltajes de salida del suministro de energía incluyen + 5 V, \pm 15 V, \pm 10 V y +24V todos tienen retorno común (sistema de aterrizaje) pero están aislados de la batería y caja. Los +5V se usan para energizar los focos indicadores de la condición del módulo, los \pm 15V se usan para energizar los amplificadores operacionales, los \pm 10V se usan como voltajes de referencia en los circuitos críticos y los + 24 son para usos generales (focos de interruptores en el panel, impulsor de relevador de salida etc.). Los -28V se usan para energizar los proximitores de vibraciones remotos por medio de los monitores respectivos.

Los Paros de la unidad por bajo voltaje, sobrevoltaje y protección por sobrecorrientes (corte circuito) son 3 características de seguridad, diseñadas para impedir una operación que sea insegura o nociva para los componentes de otros módulos

del sistema. Si se para por alguno de los 2 suministros de energía se anuncia PARO por FALLA EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA, se eliminan las cargas exteriores como los focos frontales del módulo y el otro suministro de energía mantiene funcionando el sistema de control. El circuito detector de bajo voltaje de baterías de cada suministro de energía está conectado al sistema de detección de malos funcionamientos para llevar a cabo las funciones de alarma y paro.

MONITOR DE MALOS FUNCIONAMIENTOS (FALLAS).

Este módulo recibe entradas de cualquiera de los interruptores lógicos que se encuentran en otros módulos del sistema de control, o de sensores con interruptores de contacto que monitorean los parámetros de la turbina de gas, importantes para el sistema, compresores impulsados y equipo relacionado con la planta compresora. Aunque existe la capacidad por programar cada entrada por separado para que reciban la apertura o el cierre de un contacto por las condiciones de mal funcionamiento, la configuración de entradas estándar es el método a prueba de fallas de un contacto abierto o cableado interrumpido que indica un mal funcionamiento.

Cada monitor de malos funcionamientos contiene 16 canales idénticos, c/u se puede programar con puentes para recibir advertencias, paros con cierre eléctrico y para participar o no en la lógica de la 1ª salida. La operación del sistema monitor de malos funcionamientos es la siguiente:

Cada vez que ocurre un mal funcionamiento de cualquier tipo, suena la alarma, el indicador de malos funcionamientos resumido se prende y el indicador del canal individual centellea. Si hay otro mal funcionamiento antes de que se oprima el botón de ACUSE DE CONOCIMIENTO DE MAL FUNCIONAMIENTO (MAL FUNCION

ACKNOWLEDGE), el indicador de su canal también centella. Una vez que se han reconocido los malos funcionamientos, se calla la alarma y los indicadores del canal individual quedan prendidos. Si hubiera otro mal funcionamiento la alarma suena de nuevo y el indicador correspondiente empieza a centellar hasta que se da acuse de conocimiento. Si hay mas de 2 fallas a mal funcionamientos que paran la unidad por orden del modulo controlador de secuencias, podemos saber cual fue la 1a. falla o mal funcionamiento al oprimir el boton indicador de la falla, antes de los otros botones de restablecimiento de fallas (Reset). Al oprimir el boton indicador PROYECTAR LA PRIMERA SALIDA (DISPLAY FIRST OUT) la falla empieza a centellear y los otros indicadores de los canales que hayan indicado malos funcionamientos quedaran prendidos. El soltar el boton DISPLAY FIRST OUT los indicadores de los canales regresan a su condición original y empiezan a centellear de nuevo y los indicadores de mal funcionamiento que no se reconocieron. El 1er. mal funcionamiento con paro quedará en la memoria hasta que se oprima el botón de restablecimiento (MALFUNCION RESET) de fallas, esta acción también despeja todos los canales que tienen entradas normales. Para paros seleccionados por malos funcionamientos críticos, los contactos se pueden conectar directamente a la secuencia por medio de entradas del sistema controlador de secuencias de la unidad (SCU) para llevar a cabo la capacidad redundante de paro. La operación del sistema es igual, no importa cuantos monitores de malos funcionamientos tenga el sistema.

Existen varias opciones programables con puentes que se pueden utilizar.

1.- Selección de una de cuatro barras colectoras de inhibiciones/activaciones que den servicio a los 16 canales.

2.- Posibilidad de cerrar o no cerrar el canal.

3.- Separar el restablecimiento de la barra colectora de primeras salidas, permitiendole quedar cerrado por medio de una instrucción al restablecimiento de falla (MALFUNCTION RESET). Esto permite retener el mal funcionamiento, mientras se restablecen los malos funcionamientos secundarios.

4.- Reconocimiento automático cuando se oprime el boton MALFUNCTION RESET.

5.- Silencio automático de la alarma cuando se oprime el boton MAL FUNCTION RESET.

6.- Inhibición de la proyección de los malos funcionamientos secundarios hasta que se acuse conocimiento del 1^{er} mal funcionamiento.

Se incluye una entrada para restablecimiento remoto para poder restablecer solo los advertencias (WARNINGS) desde un punto remoto. Se cuenta con una entrada para silenciar la alarma, para poder cortar la alarma despues de cierto lapso por medio de la Unidad controladora de las secuencias para aplicaciones no atendidas.

Cada monitor de malos funcionamientos tiene entradas de 16 canales que anuncian condiciones anormales provenientes de otros modulos dentro del tablero de control y de los aparatos detectores montados en la unidad (Temperatura, presión etc).

Cada canal de un módulo es una alarma o un paro. Los paros pueden ser de 4 tipos: a) Paros de emergencia. con venteo b) Paros de Emergencia sin venteo y cierre eléctrico

(a vel. de vacío y cero) c) Paros Normales con o sin venteo
d) Paros a velocidad de vacío. Todos los paros se tienen que restablecer en el tablero de control local. Los paros de emergencia con venteo o purga no se restablecen hasta que el módulo controlador de las secuencias verifique que las válvulas de venteo están abiertas y que la presión ha caído por debajo del ajuste del interruptor de presión PS-76.- Las alarmas se pueden restablecer en el tablero local o remoto.

Se debe checar la operación correcta de cada canal, activando físicamente los interruptores o quitando sus alambres o simulando fallas desde otros módulos para que lleven las salidas resumidas al ensamble de focos de malos funcionamientos con botones de Paro/Restablecimiento (local de c/canal/función de restablecimiento remoto en paros sin cierre eléctrico).

Así el control y Automatización de los modelos de compresión es la parte fundamental de la operación de éste equipo tan sofisticado, cuenta con los adelantos más avanzados del mundo occidental cuya tecnología es americana, su funcionamiento gobernado por 3 microprocesadores es automático casi en su totalidad, ejecutando funciones lógicas de contactos y relevadores, de temporizado y conteo sin admitir funcionamientos erróneos, ni condiciones anormales del proceso y del equipo, procesando los datos de operación y comparandolos con los puntos de ajuste, corrigiendo los parámetros que intervienen, protegiendo la operación y al equipo de fallas con alarmas y disparos o velocidad de vacío o paros a cero % de vel.

Siendo el responsable de la operación el control de las secuencias programadas (la comanda, controla, corrige y la asegura) para obtener los efectos deseados en la recolección y transportación del gas natural, con mayor durabilidad del equipo de compresión eliminando pérdidas de energía innecesarias y evitando entonces pérdidas por largos períodos

de mantenimiento, de tal modo el sistema de control automáticamente gobierna la unidad.

El PSC está conectado en un tablero de control remotamente instalado e interconectado con los parámetros esenciales del proceso, esta localizado en el cuarto de control que incluye un banco de baterías y un cargador para suministrar energía al sistema de control en caso de interrupción del suministro. El cargador tiene un voltaje de entrada de 440 volts y una salida de 24 volts. La capacidad de las baterías es de 50 amperes para operar durante 4 horas.

El tipo de control que se emplea depende del tipo de turbina y compresor a los cuales deberá aplicarles y además de las condiciones a las que estará sujeto dicho equipo.

SISTEMA DE CONTROL ELECTRONICO DE LA TURBINA DE GAS.

El control de la turbina es electrónico y corresponde a la parte más importante de estas potentes y eficaces máquinas ya que genera señales analógicas y digitales necesarias para operar y "proteger" a éste motor que impulsa a los compresores.

Ver la siguiente figura V.4.0 que muestra un diagrama del sistema de control de la turbina de gas (Generador de Gases y turbina de potencia)

La instrumentación electrónica del sistema de control de la turbina de gas utiliza las señales de los sensores de velocidad, de temperatura, de presión y de posición de abertura de la válvula principal de gas combustible. (Bendix).

Una combinación de todos estos parámetros dan origen a la señal de demanda de combustible hacia la válvula Bendix. Ver figura V. 5.1.

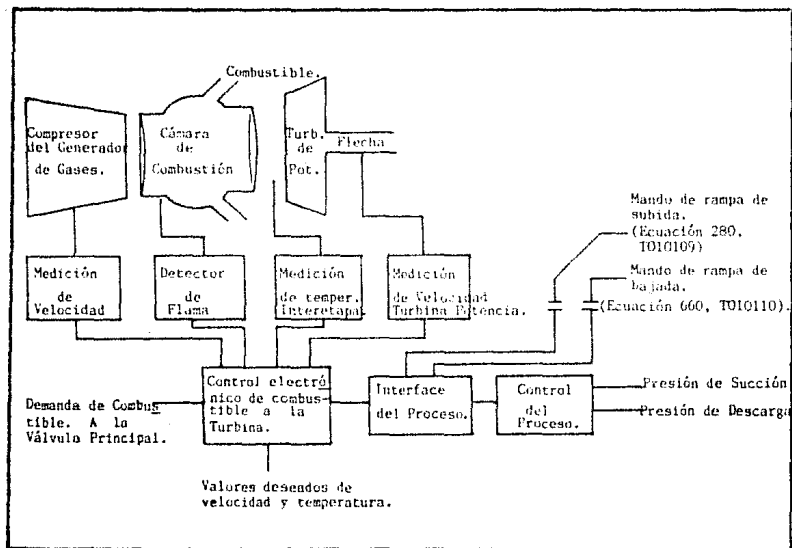


Fig.V.4.0.- DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL DEL GENERADOR DE GASES Y TURBINA DE POTENCIA.

Frecuentemente hay redundancia de sensores para aumentar la confiabilidad del sistema; así por ejemplo si el sistema se encuentra operando en control de temperatura y la velocidad aumenta entonces la demanda de combustible disminuye y con ello la velocidad de la máquina.

El control de la turbina cuenta con circuitos secuenciales que verifican las condiciones de operación de los sensores de la turbina. También, generan señales lógicas para facilitar el arranque y paro de la máquina en cualquier condición de operación.

Estas señales lógicas incluyen señales de velocidad, temporizadores y señales que protegen la turbina disparandola cuando se ha excedido a los parámetros críticos o cuando se han presentado fallas en alguna parte del equipo.

Es de suma importancia el control que debe existir sobre el sistema de lubricación óptima para evitar calentamientos y dilataciones en las piezas sujetas a movimiento.

Respecto a las variables, éstas son indicadas y registradas en el tablero de control de la turbina y directamente en la instrumentación en campo por indicadores de presión, temperatura, velocidad, flujo, vibraciones, etc.

V.5. CONTROL DE COMBUSTIBLE. (Figuras V.5.1 y V.5.2)

El monitor o módulo de control de combustible y la válvula medidora de gas combustible, electrónica, marca Bendix, es la parte medular del sub-sistema de control de la máquina que se encarga de regular el suministro de gas combustible a la turbina de gas por medio de una señal de demanda de 0 a 5 volts. C D, a la válvula principal dosificadora de combustible y ésta a su vez envía una señal de retroalimentación de 0 a -1 mA, indicando con ello la posición del vástago de la válvula, al módulo de control de combustible (fuel control monitor) para que haga las siguientes funciones: a).- controlar el flujo de combustible, durante el encendido del G.G.

b).- Controlar la aceleración del G.G. y su desaceleración.

c).- Regular la velocidad del G.G. y T.P.

d).- Controlar la temperatura. (temperatura de escape de los gases).

e).- Proporcionar una salida lógica para el canal de malfuncionamiento de estancado del sistema de combustible.

f).- Control del proceso externo.

La válvula medidora de combustible (Bendix, FMV-1), recibe señales electrónicas para el control del actuador de la válvula que es un motor electrodinámico de fuerza lineal cuyos componentes electrónicos proporcionan una salida analógica de la posición al monitor de fuel control y al servoamplificador para el control de la válvula (ver la siguiente secuen-

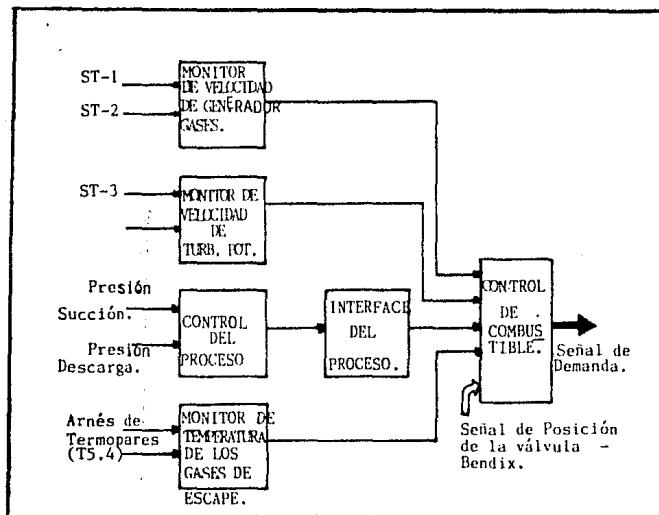


Fig.v.5) INTERCONEXIONES DE MONITORES Y CONTROLADORES DEL TABLERO PRINCIPAL DE CONTROL DE COMBUSTIBLE.

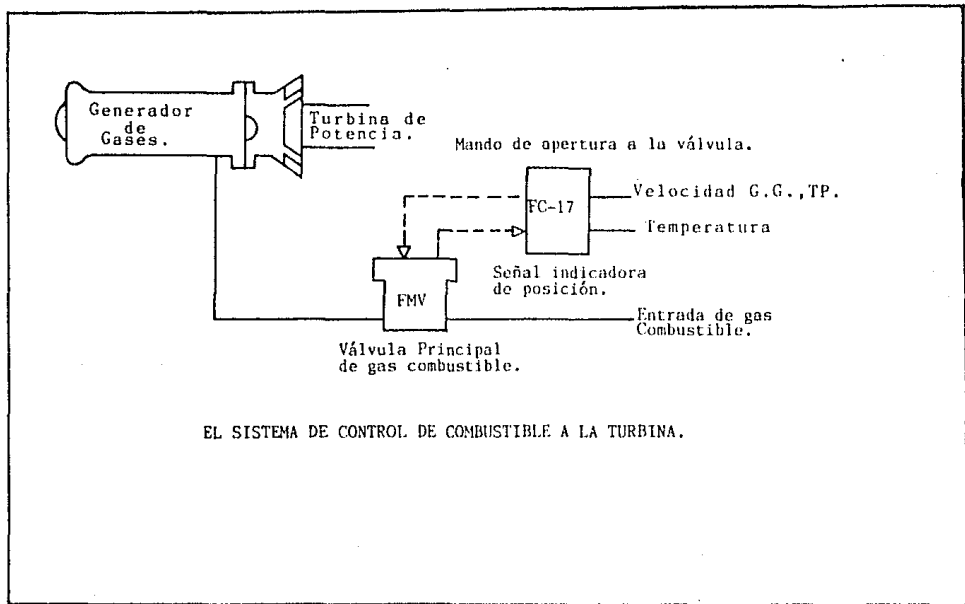


Fig. V.5.2.

cia de controles, en un arranque de la turbina y la posición de la válvula Bendix) en figura V.5.3.)

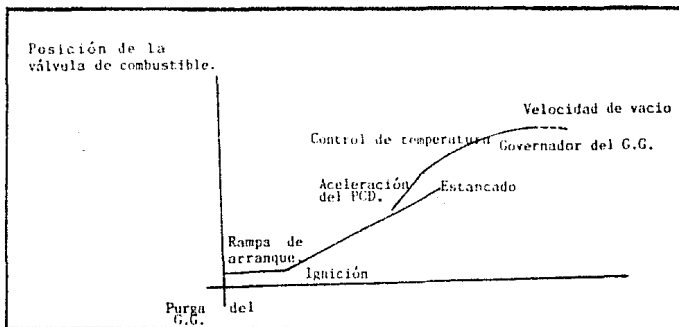


Fig.V.5.3.- Secuencia de controles de arranque de la Turbina.

El estancado ocurre durante la secuencia de arranque, entre el momento en que la temperatura de la turbina alcanza la temperatura de encendido ó ignición y la velocidad del G.G. alcanza la velocidad de desenganche del arrancador.

El módulo de control de combustible está controlando el índice de incremento de velocidad del G.G. Si el índice de incremento es inferior a la graduación de fábrica (Aproximadamente 20 rpm/seg. por más de 3 seg.), el módulo de control de combustible señalará un mal funcionamiento de estancado.

a).- CONTROL DEL FLUJO DE COMBUSTIBLE DE ENCENDIDO.

El módulo de control de combustible vigila las señales de realimentación de posición de la Bendix, durante la secuencia de arranque por medio del programa de arranque de combustible que controla que el encendido de la máquina sea suave y confiable, desde el momento en que se activan las solenoides de arranque y la de la válvula de corte de combustible corriente abajo, para que abra y se tenga una presión de 2 a 4 psig en el distribuidor de combustible. El control de combustible compara la señal de demanda y de posición, incrementándose desde cero hasta la cantidad permitida por el programa de aceleración en circuito abierto, en lapso de 4 segundos (La señal de demanda debe incrementarse de .05 a .25 VCD). Si la señal de posición no sigue a la de demanda en más de un seg. se tendrá una falla del sistema de gas combustible.

V.6. CONTROL DE VELOCIDAD

CONTROL DE ACELERACION Y DESACELERACION.

Inmediatamente después de encendido, se transfiere el control al programa de aceleración, el cual limita al temperatura y la presión de descarga del compresor del G.G., durante la aceleración y desaceleración por medio de un gobernador que está controlando dentro de los puntos de ajuste de velocidad o de temperatura y se esta determinando la demanda de combustible dentro de los límites programados para las condiciones de diseño de la máquina.

El programa de aceleración se divide en dos partes:

1.- Programa de aceleración de la presión de descarga del compresor (P.D.C.) que restringe la demanda de combustible a un valor menor que el límite máximo y representa un programa de apoyo o de seguridad, que ayuda a que exista un margen de combustible para que el G.G. acelere, hasta que la temperatura de la máquina aumente a un punto donde la aceleración quede bajo control de temperatura. Bajo condiciones normales de operación del modulo de control de combustible, este programa nunca debe usarse.

2.- Programa de aceleración de velocidad (Programa N_G), limita la demanda de combustible en la región de baja velocidad, el cual es una función de la velocidad del G.G. corregida para la temperatura de admisión al compresor (CIT). Este programa coloca al máximo la demanda de combustible durante el arranque de la máquina.

Control de la Desaceleración. El motor (G.G.) se desacelera por medio del programa de desaceleración, que se encarga de suministrar suficiente combustible para mantener

la flama dentro de la cámara de combustión (encendido al G.G.) durante el descenso de marcha de la turbina. Se tiene los siguientes modos de control: de aceleración/desaceleración.

- 1.- Regulador o gobernador del G.G.
- 2.- Regulador o gobernador de la T.P.
- 3.- Control de Temperatura
- 4.- Control de Proceso.

Ver Fig. V.5.1.

Cualquier cambio rápido o excesivo del punto de ajuste de la velocidad o de la carga de la unidad podria hacer que la demanda de combustible se forzara a bajar al programa de desaceleración, momento en el cual el programa de combustible en la desaceleración tiene la misma conformación gral. que el programa combinado de aceleración, pero los limites reales de la demanda de combustible en la desaceleración se reducen y compensan en base a los límites combinados de la demanda de combustible en la aceleración.

La operación bajo el programa de desaceleración debe ser transitoria y una instantánea reducción de la demanda de combustible como índice de cambio en función de los límites de calibración del indice de control de combustible.

REGULADOR DE LA VELOCIDAD DEL G.G.

Se puede regular la velocidad del G.G. por medio de un controlador de 3 modalidades, como ganancias ajustables en el subtablero (velocidad, proporcional, e integral y derivativo). La señal de velocidad que entra al regulador del G.G. se deriva de su entrada analógica mas alta. Esta técnica ayuda a evitar una condición de sobrevelocidad.

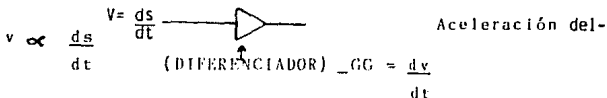
La señal de velocidad del G.G. que entra al regulador del G.G. se deriva de un selector analógico de la señal más alta, el cual seleccionará la velocidad más alta entre las

las 2 velocidades de entrada a dicho selector. Esta técnica ayuda a evitar condiciones de sobrevelocidad, debido al error de una sola entrada analógica de velocidad la cual se compara con la entrada efectiva del punto de calibración o ajuste del G.C. que proviene de un circuito analógico de baja selección el cual dá una salida que es representativa del punto de ajuste más bajo de velocidad, proveniente de las siguientes entradas: a) la salida del gobernador o regulador de velocidad de la turbina de potencia, b) El limitador del caballaje del G.G. (potencia), c) El límite del punto de ajuste del G.C. Cada vez que el límite de vel. del G.C. controla su velocidad, se prenderá un foco correspondiente del tablero frontal del regulador del G.G.

En el control de combustible se calibra a un límite mínimo del G.C. por medio de un ajuste hecho en el subtablero. Este mínimo es el tope inferior y el G.C. no puede cruzarlo. Si la velocidad del G.C. se forzó hasta éste límite, se prenderá otra lámpara indicadora G.C. MINIMUM LIMIT. La única modalidad de control que puede forzar al motor, a sobrepasar éste tope inferior es el control de temperatura.

Así, si las señales de velocidad al gobernador son proporcionadas por los sensores de velocidad, los cuales llegan al monitor de vel. del G.C. y éste se encuentra interconectado con el módulo de control de combustible.- Ver la siguiente figura V.5.4.

Las señales proporcionadas por los sensores de velocidad son proporcionales a la vel. del G.G.



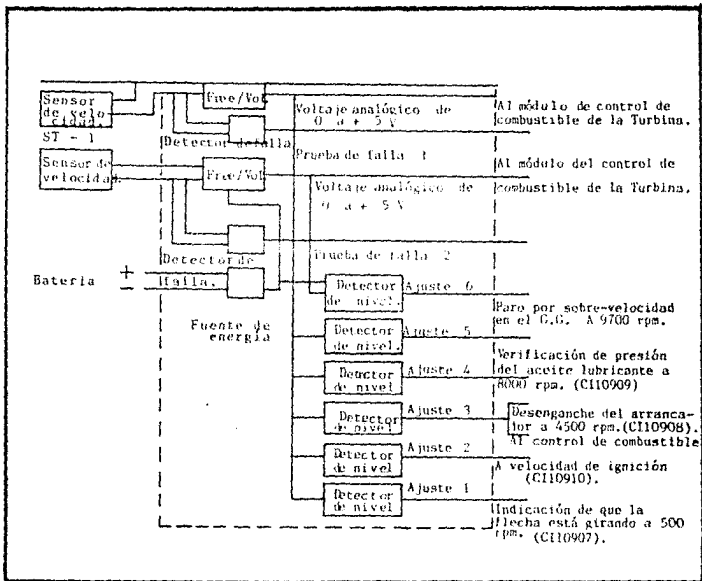


Fig. V.5.4 Monitor de velocidad del Generador de Gases.

Control de la velocidad de la turbina de Potencia (T.P.). La velocidad de la T.P. se regula por medio de un controlador trimodal con ganancias ajustables en el subtablero,

(Índice, proporcional e integral). La señal de velocidad que va al regulador de la T.P. deriva de un circuito analógico de alta selección como la señal de vel. el G.G.

La analógica de velocidad se compara con el punto de ajuste efectivo de la T.P. o de la entrada de la señal de demanda de control del proceso. Siempre que la velocidad de la T.P. exceda el punto de ajuste, la demanda de combustible se recortará y el regulador de la T.P. entrará en control en el punto de ajuste. Cuando el límite del punto de ajuste de la T.P. exceda el punto de ajuste, la demanda de combustible se recortara y el regulador de la T.P. entrará en control en el punto de ajuste. Cuando el límite del punto de ajuste de la T.P. está controlando su velocidad el foco del regulador de la T.P. se prende y cuando el controlador externo del proceso está controlando la velocidad de la T.P., se prende el foco de control de la interfase con el proceso.

El controlador del proceso está en cascada y en serie con el regulador de la T.P. La señal de demanda del proceso se usa para modificar el punto de ajuste de la vel. de la T.P. y su regulador está en cascada con el regulador de vel. del G.G. La salida del regulador de la T.P. se usa para ajustar el punto de ajuste del regulador del G.G.

Monitor de velocidad del G.G.- es un módulo de 2 canales que proporciona las siguientes funciones: (Ver figura V. 5.5).

1.- Conversión de frecuencia a voltaje D.C. (0 a + 5V) para establecer la interfase con los sensores de veloci-

dad montados en el G.G y el sistema de control de combustible.

2.- Señales de salida del interruptor de velocidad que se emplean para las secuencias del G.G y para la protección contra sobre velocidad/baja velocidad del G.G.

3.- Salida analógica para los indicadores de velocidad del tablero y los remotos.

4.- Señales lógicas para detectar la continuidad del sondeo de velocidad para indicar un mal funcionamiento.

Existen 6 detectores ajustables del nivel del interruptor de vel./módulo (nivel de conmutación de velocidad ajustables por módulo) cinco de los cuales trabajan con la analógica del canal # 1 y el sexto, trabaja con la analógica del canal # 2. La operación de cada detector de nivel se indica con un foco en la cara del módulo. Los detectores de quinto y sexto nivel son de cierre (tipo seguro) y se emplean para paros por sobrevelocidad. Estos detectores de nivel también activan las salidas de los relevadores que normalmente se energizan (desenergizan cuando hay una condición de paro por sobrevelocidad). Se tiene que hace un restablecimiento de malos funcionamientos para restablecer los seguros de sobrevelocidad.

El canal # 2 del monitor de velocidad se energiza directamente con energía de 24 volts de la batería y no con el suministro de energía del sistema (unidad). Esto proporciona un canal totalmente independiente y redundante para proteger contra sobrevelocidad y voltaje analógico para el control de combustible.

CONTROL DE LA TEMPERATURA EN LA TURBINA DE GAS

La temperatura máxima programada es seleccionada para colocar el punto de ajuste del Gobernador de Temperatura, ocasionada por el máximo límite de combustible del Generador de Gases. La máxima temperatura programada está formada de 3 partes, la 1ª parte controla el punto de ajuste de la temperatura desde el arranque hasta las 1300 RPM de vel. del G.G. La 2ª parte controla el punto de ajuste de la Temperatura desde las 1300 RPM hasta las 7000 RPM. La 3ª parte es función de la presión de descarga del compresor axial de aire (PDC) y controla el punto de ajuste desde las 7000 RPM hasta el límite máximo de temperatura interetapa de la turbina. Si la temperatura de la turbina excede el límite determinado por el programa, en el punto de ajuste, el gobernador de temperatura reducirá la demanda de combustible. Ver la figura V.5.b.

Este gobernador de temperatura es del tipo PI (proporcional e integral).

La temperatura de los gases de escape del G.G. es detectada por once termopares conectados en paralelo en la turbina.

Un termopar está formado por la unión de 2 metales distintos que al unirse ambos extremos de los alambres se forma un circuito cerrado. Los termopares generan una señal eléctrica proporcional a la temperatura del gas de escape del G.G.; los termopares empleados son del tipo K (cromel y alumel) y cuya temperatura de operación es:

0 - 277°C

277 - 1269°C

Concluyendo el control de temperatura se logra por me-

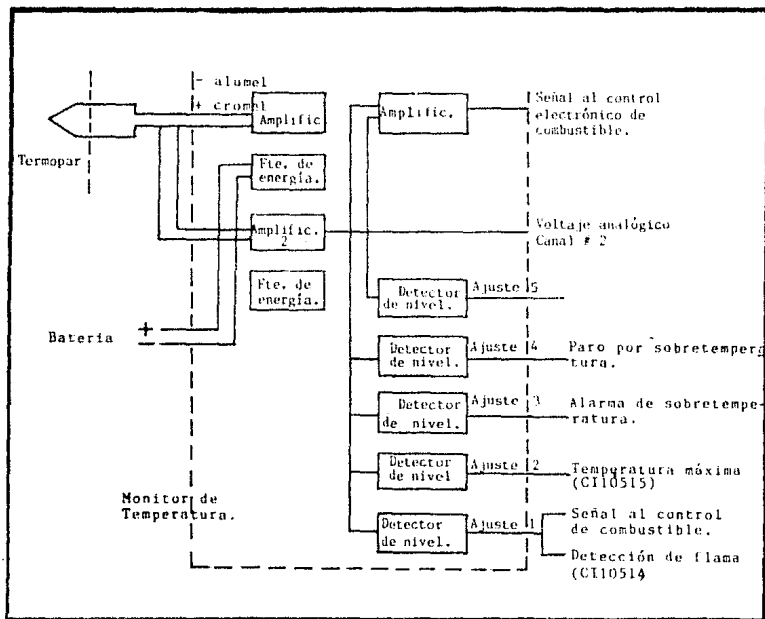


Figura V.5.6

dio de un controlador bimodal y la compensación del índice térmico del retraso (del movimiento de los termopares). Las ganancias proporcional e integral y el índice de compensación se calibran en fábrica. El límite de temperatura de la turbina está determinado por un programa combinado de temperaturas con los rangos de velocidad inferior e intermedio, el programa se determina como una función de la velocidad del G.G. corregida, por la temperatura de entrada del compresor de aire de flujo axial (CIT).

En los rangos de velocidad superiores, el programa de la temperatura se determina por la presión de descarga del compresor (PDC) o por el límite máximo ajustable del subtablero. Si la temperatura excede el límite determinado por el programa combinado entonces la operación del G.G. controlara a la temperatura programada al recortar la demanda de combustible. Cada vez que sucede ésto en el tablero de control frontal se encenderá una lámpara indicando CONTROL DE LA TEMPERATURA.

MONITOR DE TEMPERATURA DEL G.G.

Es aquel que emplea termopares tipo K con 2 canales. Cada canal tiene un amplificador de entradas aisladas, con un sensor de continuidad el cual es alimentado por propia fuente de poder aislada, que trabaja con la entrada de la batería del sistema. Cada canal proporciona un voltaje analógico de 0 a + 5 V y una salida de corriente de 0 a + 1 m A.

También proporciona un voltaje analógico promedio que usa el control de combustible y para activar al medidor del tablero de control frontal. El módulo tiene 5 detectores de punto de graduación ajustable que da información lógica para las secuencias del (monitoreo) sistema y control de los malos funcionamientos. Los 4 primeros detectores de punto de ajuste son impulsados por la analógica del canal # 1 y el quinto

detector del punto de ajuste es impulsado por el canal # 2. El detector del punto de ajuste # 1 se usa para detectar la temperatura de encendido y los detectores 4o y 5o se utilizan para detectar las condiciones de paro por sobre temperatura y se aseguran. Se tiene que llevar a cabo una función de reestablecimiento de mal funcionamiento para restablecer los seguros.

Las salidas del transmisor al relevador de sobre temperatura son tales que el relevador normalmente se energiza y se desenergiza en el caso de sobretemperatura.

El 3o, 4o y 5o detectores poseen variaciones en su punto de graduación (compensaciones lógicas consecutivas ajustables en su punto de graduación).

Esta característica se puede usar para proporcionar diferentes puntos de ajuste de paro por sobre temperatura durante la secuencia de arranque que cuando está operando. En caso de que cualquiera de los termpares de entrada se abrieran, los detectores de continuidad hacen que el voltaje analógico correspondiente llegue a la escala máxima para que indique en malfuncionamiento.

SISTEMA DE CONTROL DEL G. DE G.

El Sistema de Control del G. de G. controla el arranque, la operación y el paro del G. de G.. Hay varios sensores que enviaran al G.G., por los módulos de control, las señales necesarias para operar al G.G. a la eficacia máxima y que son los siguientes:

TE-32 sensor de la temperatura ambiente del aire de admisión, indica al módulo de control la temperatura ambiente

usada para controlar el flujo de combustible al G.G.

ST-1 y ST-2 transmisores de la velocidad del G.G. son captadores magnéticos (con pickup magnético, y de rueda dentada que corta y abre un campo magnético formando una corriente pulsante o señal de frecuencia que entra a un amplificador/rectificador, dando una señal de voltaje proporcional a la velocidad) montados en la caja auxiliar del G.G. Dichos captadores envían dichas señales al módulo de control de velocidad y junto con otras señales, controlan la demanda de combustible a la cámara de combustión del G.G.

TE-33 sensor de la temperatura del escape del G. de G. Envía al módulo de control una señal proporcional a la temperatura del gas de descarga (de escape) del G.G. La señal junto con otras controla la salida de combustible al G.G.

PI-44 Presión de descarga del compresor del G.G. (P.D.C.) indica la presión del aire en la 16a. etapa del compresor.

XT-1 sensor de vibraciones del G.G. Está sensor es autogenerador; es un transductor de velocidad que se usa para indicar la vibración del G.G. Se localiza en la brida delantera de la estructura posterior del compresor para indicar la vibración del G.G.

MODULO DE INTERFASE EN EL PROCESO

El Módulo de Interfase con el Proceso en los sistemas de control de la turbina de gas y de los compresores, proporciona aislamiento y acondicionamiento de las señales para la entrada de la demanda del proceso, para la generación

de rampas del proceso; para cargar y descargar la unidad, además de circuitos interfásicos para la graduación manual de la velocidad (su punto de ajuste). Este módulo se hace especialmente para que trabaje con las entradas en la barra colectora del punto de ajuste de la T. de P., el punto de ajuste del G.G., o el recorte del G.G.; que van a los controles de combustible FC-11, FC-13, FC-17.

La señal de entrada de demanda del proceso es de 4 a 20 mA, 1 a 5V o 0 a 5V, la cual se aísla por medio de un circuito energizado por voltaje de batería y posteriormente se acondiciona para que trabaje en una barra colectora para el recorte en bajo (decreciente).

El cableado externo establece la entrada de la demanda creciente o decreciente como un punto de ajuste en aumento de velocidad al control de combustible.

Las señales aisladas de la retroalimentación del proceso se desarrollan para usarse con el módulo de control de proceso el cual permite el uso de las característica - del registrador de la barra colectora de éste módulo.

Se cuenta con salidas lógicas y un indicador para señalar cuando la señal de demanda del proceso está controlando el combustible que va a la turbina.

En este módulo también se incorpora las rampas del proceso cuando se aterriza (puesta a tierra) la entrada de la rampa ascendente, la salida de la rampa aumenta el punto de ajuste de la T.P. o del G.G. dependiendo de la conexión externa, hasta que alguna otra modalidad tome el control. Cuando aterriza la entrada de la rampa descendente, se anula la entrada de la ascendente por lo que el punto de ajuste de

la T.P. o G.G. descienden en rampas a un mínimo. EL módulo tiene salidas lógicas cuando la rampa llega a cualquiera de sus límites. Un indicador y otras salidas lógicas señalan cuando la rampa esta controlando el combustible que va a la turbina.

La falla de rampa (enrollamiento) se minimiza al incorporar un detector de errores que compara la posición de la rampa y la analógica del parámetro de control, esto es la velocidad de la T.P. o del G.G.; y hace que la rampa aumente o disminuya rápidamente hasta quedar un 5% dentro del punto de control, para después hacer la transferencia al índice ajustado. Hay un ajuste separado para los índices crecientes y disminución de las rampas. Se tiene también un circuito que establece la interfase entre el punto de ajuste de la velocidad (0 a +10V) y la barra colectora del control del recorte de combustible. Se tienen salidas lógicas y de indicación que señalan cuando el punto de ajuste manual está controlando al combustible que va al G.G.

Para cada una de las señales analógicas de demanda del proceso, ajuste manual de rampa hay un acondicionamiento de la señal para desarrollar una salida analógica que se puede usar para hacer una representación visual en la pantalla o para cualquier otro uso externo.

CONTROL DEL PROCESO

Es un módulo de una sola tarjeta y 3 canales el cual está diseñado para limitar o controlar 3 parámetros diferentes del proceso: control de la presión de succión, control de la presión de descarga y control del flujo. Cada canal es independiente de los otros dos y puede limitar aumentando o reduciendo los parámetros del proceso, dependiendo de la

configuración de los puentes.

Cada canal consiste en 2 entradas analógicas (proceso y punto de ajuste) y 3 salidas analógicas (salida del canal para la barra colectorora de datos de recorte, salida analógica de voltaje y salida analógica de corriente).

Esta entrada del proceso es una entrada diferencial que permite hacer una serie de conexiones en los circuitos de corriente. Se cuenta con ajustes del cero y del rango total para calibrar la salida al rango deseado. Las salidas analógicas de voltaje y corriente monitorean la señal acondicionada del proceso o del punto de ajuste, dependiendo de la condición de la lógica proyectada del punto de ajuste. La señal de salida de la barra colectorora de datos del recorte es la sumatoria de la acción proporcional e integral de la diferencia entre las señales acondicionadas del proceso y las del punto de ajuste. Se instala uno de 2 puentes para tener control, si el proceso acondicionado es mayor o menor que el punto de ajuste acondicionando.

Cuando un canal específico es el parámetro de control una lampara indicadora de la condición del tablero superior del módulo se prende, indicando el control.

Los circuitos rastreadores de la barra colectorora de datos de cada integrador (circuito de restablecimiento) impiden que el integrador se desaparezca del rango de operación.

CAPITULO VI
ARRANQUE Y OPERACION DE LOS MODULOS
DE COMPRESION DE GAS.

El gas natural procedente de los pozos petroleros marinos de la Sonda de Campeche, después de separarlos del crudo se quemaba inutilmente, antes de 1982; pues era mas fácil y seguro su manejo ya que no se contaba con la infraestructura necesaria para comprimerlo y enviarlo a tierra para su aprovechamiento (95 Km mar adentro). Para su manejo y envío se construyeron e instalaron las plataformas de compresión de gas (AKAL C, AKAL J, ABKATUN & y recientemente POOL) que cuentan con gran capacidad de compresión y pueden manejar altos volúmenes de gas, ya que poseen una amplia y variada instrumentación electrónica y neumática para el control de los diversos sistemas que integran a las unidades compresoras mas sofisticadas y modernas, cuyo funcionamiento se rige bajo las condiciones establecidas en un programa computarizado de control que ordena el arranque, paro y sus diversas secuencias de operación que deben y ejecutarse de una manera óptima y segura.

Como ya se menciona en capítulos anteriores, cada módulo de compresión tiene un sistema de control de secuencia programable compuesto de 3 computadores (microcomputadores) y demas equipo auxiliar que operan y controlan a una turbina de gas, de gran potencia, como fuerza motriz; que impulsa a un tren de compresores colocados en línea, los cuales comprimen al gas hasta 80 kg/cm^2 y pueda llegar a Atasta y Ciudad Pemex Tabasco.

El sistema secuenciador activa, controla y monitorea el arranque y la operación de los modulos de compresión (Secuencias de arranque, de paro, y los diversos sistemas que

los conforman), mediante un microprocesador (PSC) y unidades de interfase de proceso de entradas y salidas (PI INPUT/OUTPUT); junto con los monitores de mal funcionamiento (detectan cualquier falla, siendo así anunciadores de condiciones de alarma). Las secuencias o ecuaciones lógicas pueden ser cambiadas inspeccionadas o monitoreadas usando una terminal de video CRT y éstas son mostradas esquemáticamente en hojas de flujo lógico (PROGRAMA).

La operación controlada remotamente incluye a todos los sistema del módulo de compresión, no solo a la turbina de gas aunque esto es la parte principal del equipo que se gobierna al tener control del suministro de combustible.

TURBINA DE GAS.

La inspección de la instalación es una de las condiciones del pre-arranque de la turbina de gas por lo que debe consultar la información detallada sobre la instalación del equipo y los procedimientos de alineación en el manual del fabricante, así como se verificación en campo con los planos, croquis, diagramas dimensionales de montaje, puntos de conexión interfase, pesos de los componentes principales y centro de gravedad, consultando las prácticas generales de mantenimiento. Para requerimientos de detalles del diseño se debe consultar el manual de instalación y diseño (base sobre la cual se monto la turbina de gas que satisfaga los requerimientos de los planos de instalación), hecho lo anterior hay que inspecionar la turbina de gas y equipo asociado a ella, entonces practique ensayos de encendido, anotando anormalidades y haga los acciones correctivos y necesarias. Además es necesario hacer lo siguiente:

- 1.- Checar si las revisiones requeridas del equipo han sido completadas.

2.- Comprobar que no hay pérdidas en los conductos de combustible y de aceite lubricante. (fugas).

3.- Efectuar la revisión de encendido

Impulsar el G.G. e inspeccione lo siguiente:

1.- Indicación de la presión del aceite.

2.- Fugas de aceite lubricante, gas de proceso, gas camb. y de sello y aire (de enfriamiento y de sello).

3.- Ruido anormal durante la desaceleración.

Efectuar un falso arranque, la inspección del regulador y el prearranque húmedo (sin ignición).

Arrancar la turbina de gas y fijarla en velocidad de vacío (ralenti). Cuando se haya estabilizado inspeccione lo siguiente:

1.- Observe si hay escapes de lubricante, combustible y aire en la turbina de gas y en los sistemas de suministro.

2.- Observe y anote los parámetros de funcionamiento en vel. de vacío (variables de operación) y compárelos con los definidos por el fabricante (según apéndice correspondiente al modelo de la turbina).

3.- Desconecte la turbina de gas.

Después de lo anterior efectuar una prueba de revisión:

Compruebe que todos los servicios auxiliares (electricidad, aire combustible, aceite lubricante, control de fuego, agua, indicadores y controles) han sido inspeccionados y estan listos para hacer funcionar al equipo.

b) Arranque la turbina de gas de acuerdo a las instrucciones de funcionamiento correspondiente al modelo de la turbina Estabilícela en velocidad de vacío.

c) Efectue la prueba de desconexión de la turbina de potencia por sobrevelocidad, con la turbina sin carga, aumente lentamente la velocidad de la T.P. hasta que se produzca la desconexión (3960 ± 40 RPM). Si no se produce la desconexión automática, desconecte la turbina manualmente e inspeccione la indicación de velocidad y los sistemas de desconexión automática.

d) Vuelva arrancar la turbina de gas y acelérela hasta la máxima potencia.

e) Estabilícela en la máxima potencia durante 3 minutos. Observe y anote los siguientes parámetros:

- 1.- Temperatura de admisión del compresor.
- 2.- Temperatura de admisión a la turbina de potencia.
- 3.- Velocidad del C.G.
- 4.- Velocidad de la T.P.
- 5.- Presión en el múltiple de combustible.
- 6.- Presión del aceite de recuperación.

7.- Temperatura del aceite de recuperación.

8.- Vibración del G.G.

9.- Vibración de la T.P.

10.- Presión de descarga del compresor axial (PCD o GDP) (PDC).

f) Redusca a ralenti (Vel. de vacío)

g) Desconecte la turbina de gas

h) Revise visualmente la turbina y servicios auxiliares, cheque si hay lugar y efectue las correcciones necesarias.

i) Revise los filtros de la bomba lubricante y recuperación y observe si hay indicios de contaminantes.

CAPITULO VI.-ARRANQUE Y OPERACION DE LOS MODULOS DE COMPRESION.

VI.1. SERVICIOS AUXILIARES/CONDICIONES Y REQUISITOS DEL PRE-ARRANQUE.

Los servicios auxiliares necesarios para el pre-arranque, y operación normal de los módulos de compresión son:

1.- Energía eléctrica de plataforma proporcionada, por turbo-generadores. En el pre-arranque) un principio para poder arrancar uno de los tubogeneradores, se tuvo que poner en operación un compresor el aire de arranque, de combustión interna alimentado por diesel que proporcionará aire de arranque en la red respectiva a una presión de 110 a 120 psi. Y como combustible gas dulce proveniente de una endulzadora pequeña que estuvo instalada en C-3 y que proporcionó que combustible a una presión de 14 kg/cm^2 . Una vez que arranco un turbo-generador se dispuso de energía eléctrica en la red de la plataforma y así se logró arrancar un compresor de aire de instrumentos eléctrico y se precindió del aire proveniente de las plataformas de producción C-2 y C-3 además se pudo probar todo el equipo e instrumentación que requiere electricidad para su funcionamiento.

2.- Aire de instrumentos y de Plantas como se vio anteriormente el aire es también un servicio auxiliar indispensable para la instrumentación, (indicadores, controles, válvulas, de control, solenoides etc. y demás accesorios neumáticos, para este fin se cuenta con un sistema de 6 compresores, 4 eléctricos y 2 de combustión interna, con 2 tanques de almacenamiento que mantienen una presión en la red (como se menciono de aproximadamente 110 psi ($8 \text{ a } 9 \text{ kg/cm}^2$). De los compresores eléctricos son exclusivamente para Aire de Instrumentos.

3.- Gas combustible/Gas de Sello.- su nombre indica la finalidad de este servicio auxiliar indispensable en la

turbina de gas ya que se trata de una máquina de combustión Interna y como gas de sello o amortiguador que hace que funcionen los sellos de laberinto de las chumaceras de los compresores, junto con el aceite de sello constituyen el sistema de sello.- Durante el arranque del Turbo-compresor Centauro se contó con Nitrógeno presurizado (varios cilindros unidos al sistema de gas de sellos). Para usarse como gas de sellos, y conteniendo un sistema dual de combustible, siempre y cuando se empleara diesel como tal.

Este gas dulce es proporcionado por las endulzadoras de la plataforma de compresión en operación normal. Durante el período del pre/arranque como se mencionó anteriormente, entró a operar una endulzadora pequeña con la que se proporcionó gas combustible para el turbogenerador primero y después para arrancar el turbo-compresor Centauro, el cual comprimió gas de proceso hasta 70 kg/cm^2 para alimentar una endulzadora de plataforma con gas de proceso amargo y además empaquetar el cabezal de descarga de módulos via Nohoch. Una vez que arrancó el Horno de la endulzadora, ésta entro en operación y alimento gas dulce a los módulos para su arranque respectivo.

El diesel se empleo como servicio auxiliar en los pre-arranques de los compresores de arranque (de combustión interna), también para operar los turbo-generadores y turbo-compresor centauro ya que tienen un sistema dual de combustible (gas/diesel). Se emplea como práctica común en la operación de las motobombas de contraincendio y de uso común para lavar pisos, etc.

4.- Otro servicio auxiliar fundamental es el sistema contraincendios que debe estar siempre en condiciones de ope-

rar rápida y oportunamente frente a cualquier conato de incendio, se cuenta con motobombas de agua de mar que descargan entre 7 y 9 Kg/cm².

Además del equipo restante de control de fuego (extinguidores, botellas de Mallon, etc.) descrito en el capítulo de sistemas de seguridad (Detección y supresión de fuego).

5.- Otros servicios auxiliares lo constituyen -- la potabilizadora que proporciona agua limpia y potable para la endulzadora y servicios grales. Cuenta con un tanque de almacenamiento.

6.- Los hipocloradores que alimentan de hipoclorito de sodio al agua de mar que succionan las bombas de agua de mar pues evitan que se tape dicha succión por llevar materia orgánica como algas e incrustaciones calcareas (bruma) en el interior de la tubería.

Las bombas de agua de mar mandan agua de mar libre de impurezas orgánicas hacia los sellos de las bombas de recirculación caliente del horno a las plantas, para enfriarlas. Además sirven para dar agua a los baños, etc.

7.- Reactivos Químicos: a) Inhibidores de corrosión para las plantas endulzadoras (Petromil). Y para tuberías (Agua-Treat) cuentan cada uno con su bomba respectiva.

b) Mezcla de disolventes para evitar la formación de asfaltenos en separadores principalmente (V-102), la forman principalmente tolueno (125 lts o diesel) + SIA 301 (25 lts) + DAS 301 (15 lts). + RA - 11 (25 lts). Se inyectan con una bomba neumática a la entrada del separador V-101.

c) Antiespumante (se emplea Aldol, que evita la

espumación en las torres absorbedoras de las endulzadoras.

d) DEA dietilen amina reactivo base para el endulzamiento del gas de proceso amargo.- absorbe los gases ácidos H_2S y CO_2 .

e) Dietanol o trietanol Glicol. absorbe la humedad (H_2O) del gas de proceso de la descarga, previene la formación de hidratos en la tubería. Se emplea en la Deshidratadora

NOTA: Tanto el dietilen amina como el dietanol glicol se bombean desde el 1er. nivel de la plataforma, cada uno cuenta con su tanque de almacenamiento.

8.- De los servicios auxiliares mas importantes en el pre-arranque, arranque y operación normal de los módulos de compresión lo constituyen los aceites de lubricación para el G.G., la turbina de potencia y compresores, reductores de velocidad de ventiladores. El G.G. emplea aceite sintético ESSO-2380, la T.P. y compresores usan aceite mineral turbina 15 ó T-11 (El Turbo-compresor axi emplea para el compresor T-15 T-11 y para la turbina de gas T-9). Los reductores de velocidad de los ventiladores emplean aceite compuesto 2A.

Para la lubricación de motores, bombas, compresores de aire se emplea DEX 30 o 40.

Como aceite de calentamiento del horno se usa el Dow therm. Se cuentan con tanques de almacenamiento y bombas respectivas.

9.- Como servicio auxiliar importante se considera a los separadores de condensados, (líquidos) que se forman

y/o se arrastran por las corrientes, gaseosas tanto de alta presión, como de baja presión (vapores), conocidos como slug catchers. Se cuentan con 3 separadores para la corriente de alta y un separador para la de baja así como 2 tanques de desfogue que separan los líquidos que son arrastrados por el flujo de gas de proceso, combustible, etc., que se dirige al quemador. Así como este último también es considerado un servicio auxiliar que en el pre-arranque, al alinear gas de proceso hasta los separadores de líquidos antes mencionados y abrir el paquete de regulación de la presión de succión a Módulos, parte del gas se deriva al mechero por lo que se debe encender dicho gas como una medida de seguridad.

Las condiciones y requisitos que deben verificarse antes del arranque de los módulos de compresión (PRE-ARRANQUE) son los siguientes:

1.- Que el tanque del desgasificador esté lleno antes de que empiece a operar su calentador. El llenado de aceite puede realizarse a través de la entrada/salida del dren o purga al carter (charola) del desgasificador, también al llenar el tanque de aceite lubricante de la T.P. y compresores ya que están intercomunicados (interconectados), su chequeo es al observar su nivel óptico instalado a un costado del carter del desgasificador (No operar el calentador del tanque si esta vacío).

2/- Checar que el nivel de aceite lubricante de la T.P./compresores sea el adecuado en el depósito respectivo, el cual deberá ser del 152.4 mm (6") medidos desde la parte superior de dicho tanque, también cuenta con un nivel óptico que facilita el chequeo.

Se emplea aceite mineral turbina 11 o turbina 15 para este fin, debiéndose someter antes un análisis físico-químico-

que nos asegure su calidad, limpieza y demás características físicas y químicas.

3.- Que el nivel de aceite lubricante del Generador de gases (G.G.) en su carter nos indique lleno por medio de su nivel óptico. El nivel se debe medir desde la parte superior del depósito y debe ser de 304.8 mm (12"). El lubricante apropiado es el aceite sintético ESSO 2380 y se debe asegurar antes de cargarlo que tiene las propiedades físicas y químicas mediante un examen de laboratorio.

El arrancador (Turbina o motor de arranque) debe tener también su nivel de aceite lubricante correcto, emplea 950 ml de aceite sintético 2380. En caso de que tubiera Retrofit (depósito) debe llenarse con 4 litros aproximadamente, se verifica con el nivel óptico.

4.- Por seguridad debe revisar todos los componentes y condiciones apropiadas del equipo (aceite, mecánicas y eléctricas), como niveles y fugas de aceite, (fugas de gas); indicadores y controles calibrados y probados, válvulas en su posición adecuada y alineadas, etc.

Así para poder llevar a cabo el arranque del módulo # 1 en AKAL C-4 fue necesario hacer ajustes al equipo de control y en la instrumentación ya que se presenta el problema de la variabilidad de la presión del gas de proceso por lo que los compresores caen en un estado de inestabilidad (SURGE) por lo que el control electrónico anti-inestabilidad tuvo que calibrarse y ajustarse a las condiciones existentes en el proceso.

5.- Revisar los sistemas de admisión de aire y de escape para asegurarse que estén limpios y que los mallas

(tamices) de los filtros y silenciadores estén bien montados y seguros, así como el área limpia, con malla protectora, líneas de aire limpias (sopleteadas) antes de instalarse.

6.- Checar que las líneas de aceite, gas combustible, de arranque hayan sido sopleteados y lavados, y por lo tanto se encuentra limpia de objetos extraños, etc.

7.- Instalar los conos de bruja (strainers) y mallas o filtros de todas las bombas principales, auxiliares y de emergencia, en las líneas de gas de proceso, de aceite lube/sello gas combustible/arranque.

8.- Asegurarse de que las válvulas de seguridad de los sistemas de aceite lubricante y sello, gas de proceso y gas combustible se encuentren alineados y en condiciones de operar de acuerdo a su calibración respectiva.

9.- Purgar la carcaza (drenar) de los compresores 733 y 742 y la tubería de escape de la turbina de potencia. Cierre los drenes cuando no contengan líquidos. Evite que en un enfriamiento se forman asfaltenos y amarramientos en las partes mecánicas de los compresores.

10.- Chechar que todos los cartuchos de los filtros estén limpios y bien montados en los sistemas de aire, de aceite, gas combustible/sello (aceite lube/sello).

11.- checar que los tanques elevados de aceite de sello, sus líneas y (chechar que las purgas de los filtros estén cerradas y que los filtros estén alineados) sus drenes estén limpios, en buen estado y en condiciones de operar (cierre los by-pass de las válvulas de control de nivel de aceite de sellos).

12.- Compruebe la operación de la válvula de barrido (BLOW-DOWN) de gas combustible BDN-222 y de la válvula de corte rápido de gas combustible ESD-221 (paro de emergencia) y efectúe un barrido de gas combustible al quemador para remover condensados, gas estacionado e impurezas de las tuberías de gas combustible y gas de arranque. Esto debe hacerse antes de cada arranque en local o en marcha (CRANK).

13.- Revise que en las camas de tubos (interior y exteriormente) de los enfriadores solo-aire de gas de proceso y de aceite lubricante no exista ninguna obstrucción, que el tanque de aceite del reductor de velocidad este a su nivel apropiado, que tenga su vibro-switch en buenas condiciones de operación (ya probado), que sus aspas giren libremente y en su sentido correcto.

14.- Checar la existencia de extinguidores cargados (observe su manómetro) que estén además en su lugar y que sea de fácil acceso, al igual del resto de servicios de contra-incendios (botellas de Hallon, alarmas, sistema de aspersión-de agua, etc.), estén en condiciones de operar adecuadamente detectores de fuego limpios y en su lugar, etc. (ON).

15.- Asegurarse de que se ha instalado el eliminador de niebla al venteo de la turbina de potencia, localizado entre T.P y caja principal de engranes. Para evitar que el aceite lubricante escape por el venteo y caiga como lluvia en esta área. Por lo que hay que revisar la presión del aire de sello de la T.P. que debe ser entre 1 y 4 psi.

16.- Caliente el gas combustible antes del arranque ya que el gas que proviene de la endulzadora a una presión de 60 a 70 kg/cm² debe regularse en el 1er. paquete a 27 K/cm² y en el 2º paquete a 24.5 Kg/cm². Al reducir la presión,

se reduce su temperatura, a tal grado que puede congelar la línea y al piloto del regulador 31032, además, de que dicho enfriamiento produce condensados de hidrocarburos i.e. gasolinas que dañan los diafragmas de las válvulas reguladoras de presión (31032) y también sus O'rings, dejando de regular dicho gas. "No active el calentador eléctrico si no hay flujo de gas" ya que sería muy peligroso, podría explotar, asegúrese que los switches TS-221 (30°F incrementando) y TS-222 (220°F incrementando) están en sus valores correctos. En la actualidad el calentador eléctrico se había sacado de operación por seguridad de la planta y del personal. Pero por necesidades del servicio el gas dulce llega frío desde C. Pemex donde se le -- proceso petroquímicamente; este metano se le calienta así:

1°.- Se hace flujo de gas a través del separador de gas combustible hacia el quemador.

2°.- Se opera manualmente al calentador eléctrico al subir su interruptor, hasta que la temperatura del gas que fluye hacia el quemador es de 60°C (10 a 15 minutos) de acuerdo a la abertura de la válvula de venteo, + abierta + flujo + (flujo de calor) siempre y cuando no se cierre totalmente. Desconectar el calentador eléctrico cuando la temp. del gas comb. sea mayor a 65°C. Pero si funcionan las Endulzadoras se sigue la siguiente práctica de calentamiento de combustible a través del by-pass del 1er. paquete de regulación de presión de combustible. Al abrir las purgas tanto del separador de gas combustible como del separador del gas de sellos haciendo que el flujo de gas hacia el quemador. Así el gas combustible proveniente de la endulzadora cuya temperatura alcanza equilibrio al igualarse en ambos lados del regulador 31032 y correspondiendo a la temperatura permisible de arranque de la turbina de gas en local o en crank. Entonces se procede a cerrar el by-pass del regulador 31032 y las purgas de los separadores e inmediatamente se alinea

lentamente el regulador 31032 (A / B) tanto del 1er paquete como del 2º paquete de regulación. Y además durante la secuencia de arranque, después que se realizó la secuencia de barrido y presurización, se debe simular que se ha alcanzado la temperatura del gas combustible, al puentear el PIU 506 canal 14 para que el programa continúe con la secuencia de arranque y empieza a girar la máquina (G.G.) a velocidad de purga.

17.- Checar que los tanques elevados estén alineados y limpios, incluyendo sus indicadores de nivel óptico y que los drenes de aceite de sello estén cerrados (by-pass de las válvulas de control de nivel). Si no existe gas de sellos "Nunca opere la bomba auxiliar de aceite de sellos en manual porque provocaría que el aceite de sellos se fuera a los compresores y separadores (V-102 y V-103), recargando los sellos (causando pérdida de aceite).

18.- Revisar que las trampas de aceite/gas de sellos de los compresores están a su nivel normal 40% del indicador. Nunca llenos o vacíos para evitar la pérdida de aceite y arrastre excesivo de gas a la atmósfera. Si hay mucho consumo de aceite se deben checar los sellos de laberinto del compresor que pueden estar operando defectuosamente.

19.- Checar que todos los indicadores de nivel ópticos estén limpios y alineados (separadores y carters), así como sus válvulas macho de purga estén cerrados.

20.- Checar que la inyección de reactivos disolventes estén operando correctamente con la solución adecuada y el nivel suficiente en cada tanque. Esto nos evita la formación de asfalternos en los separadores.

21.- Checar que la presión de gas combustible,

gas de proceso, aire de instrumentos sea la adecuada y que estén alineadas en sus cabezales respectivos.

22.- Checar el voltaje de los bancos de baterías.

23.- Checar la posición de los interruptores del tablero de control,* energizarlos y restablecerlos (incluso los tableros del Generador A.C. y ventiladores y bombas auxiliares).

24.- Colocar el selector maestro en local.

25.- Detectores de fuego en posición NORMAL.

26.- Checar que no haya fallas que estén alarmando en el tablero y proceder a corregirlas en campo para poder restablecerlas.

* CE-101 a CB-108 en ON

VI.2. UNIDAD LISTA PARA ARRANQUE (VERIFICACION DE CIRCUITOS)

Esta condición es indicada por la lámpara iluminada de "unidad lista para arrancar" que nos indica que las siguientes condiciones han sido satisfechas:

1.- no debe existir paro de Emergencia, en ninguna de sus modalidades y ningún mal funcionamiento debe estar indicado en el panel.

PIU CH

510 13 Paro de Emergencia con venteo Nombre ESDV Dirección CI 110 13 on

510 14 Paro de Emergencia sin venteo Nombre ESDNV Dirección CI 110 14 on

[PIU (510) = 110 Entrada por contacto]

Paros clareados o limpiado de Paros.- Memoria M
105 13 "ON".

2.- El interruptor selector de la unidad debe estar en local (no debe estar en OFF ni en CRANK)

PIU CANAL

510 0 Unidad en modo LOCAL Nombre LCL MODE Dirección CI 11000 on

510 3 Unidad en modo APAGADO (OFF) Nombre OFF MODE Dirección CI 110 03 off

510 1 Unidad en modo MARCHA (CRANK) Nombre CRKMODE Dirección CI 110 01 off

3.- El venteo a los compresores ha sido ordenado y por lo tanto las válvulas de venteo atmosférico (# 1, # 2, y # 3) y las válvulas de venteo de los compresores al quemador (# 1 y # 2) están abiertas.

		ENTRADA POR CONTACTO		NOMBRE	DIRECCION
PIU	505	Canal 9	Válvula de Venteo Atmosférico # 1 (E-101)	1AVO/CC CI	105 09 ON
PIU	506	Canal 15	Válvula de Venteo Atmosférico # 2 (E-102)	2AVO/CC CI	106 615 ON
PIU	508	Canal 8	Válvula de Venteo Atmosférico # 3 (E-103)	3AVO/CC CI	108 08 ON
PIU	503	Canal 2	Válvula de Venteo al Quemador # 1	1VVO/CC CI	103 02 ON
PIU	503	Canal 4	Válvula de Venteo al Quemador # 2	2VVO/CC CI	103 04 ON

NOTA: Los PIU de entrada por contacto no pueden ser definidos como una salida. Son empleados para estados de entrada solamente.

La verificación de su función y condición se checa en el monitor de secuencia de datos (datos de la secuencia) al dar encendido (on) del circuito o posición abierta en caso de válvula. Además debe encenderse el diodo correspondiente al PIU y el canal respectivo para que el programa del microprocesador (PSC) lo cence verifique .

En caso contrario que el monitor de secuencia de datos nos de apagado (off) el circuito cerrado, deberá che-arse en campo el equipo correspondiente o circuito y aquí radicaré el problema, se recomienda monitorear la ecuación 40 del programa de control para detectar la falla en caso de que la unidad no de listo para arrancar. Una vez detectada la falla se debe corregir y entonces llegará la señal electrónica al PIU y microprocesador, además del mímico del equipo (lámparas prendidas en una posición adecuada de las válvulas del proceso).

4.- La válvula de presurización está cerrada.

PIU 503 (ch) Canal 1.- Función: CC = Contacto cerrado de la válvula de presurización cerrada. Nombre PVC/CC dirección CI 103 01 (on).

5.- Las válvulas de succión y de descarga están cerradas PIU 503 Canal 7.- Válvula de Succión cerrada Contacto cerrado (función).

Nombre SVC/cc Dirección "ON" CI 103 07 Luz prendida del monitor de sec. de datos .

PIU 503 Canal 9.- Contacto cerrado válvula de Descarga Cerrada.- DVC/CC.- CI 1030 "ON".

6.- Las válvulas de recirculación o anti-inestabilidad (antisurge) # 1 y # 2, se deben encontrar abiertas.

PIU 503 canal 10.- Válvula de recirculación 1ª etapa abierta contacto cerrado, nombre IRVO/CC, dirección CI 10310 "ON".

PIU 503 Canal 12.- Contacto Cerrado Válvula de recirculación 2ª etapa nombre 2 RVO/CC, dirección CI 103 12 "ON"

7.- Las válvulas de la estación mencionadas anteriormente están en su posición de arranque y por lo tanto se tiene el permisivo de arranque por lo que se debe checar la memoria M 10103 "ON" , la lámpara del monitor de secuencia de datos debe encenderse en "ON" que nos indica que dichas válvulas están en posición de arranque.

8.- El temporizador o timer del G.G. parando (coast dawn cuesta abajo) o conocido como "máquina parando" cuya lámpara se enciende en el tablero, ha sido restablecido y cuando se apaga finaliza el tiempo de máquina parando (cuenta regresiva de 3 minutos) del temporizador T001. Entonces al oprimir el botón del reset tendremos listo para arranque. Nombre Timer de bajada, dirección T001 CSTDN. N° de ecuación 210.

La memoria de listo para arranque, en el monitor de secuencia de datos se verifica en la dirección M 10104 ecuación 40.

9.- La energía de plataforma está lista para aceptar la carga.

Se verifica en el monitor de secuencia de datos la memoria M 10101 "ON". debe encenderse, ecuación 510,

nombre PPWRRDY, dirección M 10101. "ON"

10.- La rampa de control de la velocidad de la turbina de Potencia está en una mínima graduación de 4200 RPM (por seguridad optativo). NOMBRE PT 4200 función turbina de Potencia 4200 RPM, dirección CI 10912 "ON".

11.- Todos los enfriadores de aceite y de gas de proceso están en la posición automática "auto" PIU 508 canal o.- función Permisivo de Arranque en Auto.- Nombre FNSAUTO Dirección CI 10800 "ON".

NOTA: ON = Abierta/encendido OFF = Cerrado/APAGADO

No debe estar algún ventilador operando en manual antes de arrancar la máquina

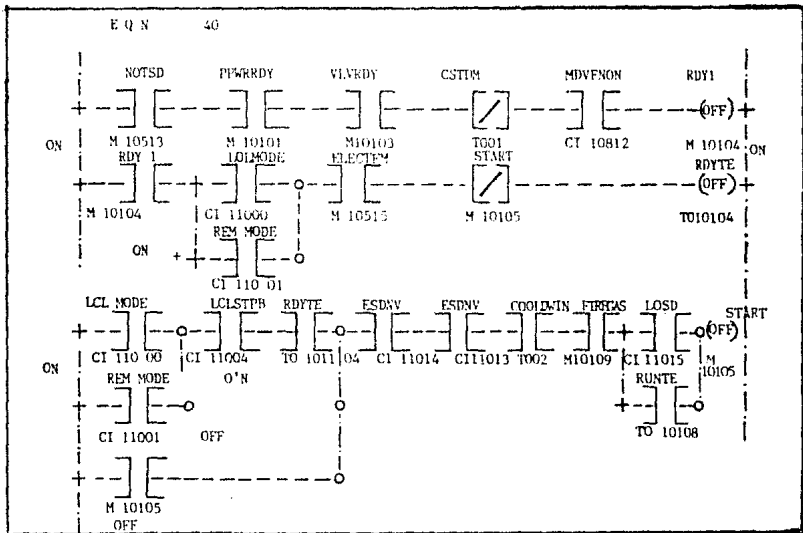
12.- Verifique que el sistema eléctrico de los ventiladores está bien (O.K.) para el arranque. Todos los arrancadores de los motores de los enfriadores están desembra-gados y las palancas de los interruptores termomagnéticos están en ON.

Dirección Memoria M 10515 nombre ELECT PM Ecuación 10 "ON".

13.- El extractor de aire localizado en frente a los tanques elevados de aceite de sello, en el piso de compresores debe estar operando en manual (Middle deck fan).

PIU 508 Ch 12 Extractor de Aire operando en manual, nombre MDVEN ON Dirección CI 10812 "ON".

Si ya verificó los puntos anteriores y no da listo para arranque. Hay que checar el programa de control para monitorear la ecuación 40 (listo para arranque).



M 10104, la localización de esta memoria, que es el término de listo para arranque, en el monitor de datos de las secuencias, colocando el selector en Mem (MEM), después coloque de izquierda a derecha los números que forman su

dirección, el 1er. dígito del extremo izquierdo (Nº 1) y se coloca después de MEM que corresponde a "C" (localización de la Memoria) después los dos dígitos siguientes, o sea 01 se colocan a continuación en el selector de dígitos del monitor y por último se colocan los dos dígitos finales en la parte derecha del selector de dígitos del monitor o sea 04 (M 10104). Debiendo prenderse la lámpara de ON (abierto/encendido) en el monitor de secuencia de datos. En el caso de que nos de "apagado" hay que revisar los contactos anteriores a este término y son:

CI 10812 del ventilador del deck de enmedio (extractor de aire) operando en manual, se coloca el monitor de datos de la secuencia en PI" y a continuación de izquierda a derecha como en el caso anterior su dirección 10812 entonces la lámpara del monitor de secuencia de datos nos dará apagado o encendido, si nos da encendido significa que esta bien pero en el caso que nos dé apagado nos iremos a los anteriores contactos-los cuales deben ser monitoreados de igual forma; notar, al TO01 que de antemano se encuentra cerrado (timer de máquina parando de 3 minutos. La memoria M-10103 que nos indica la posición correcta de las válvulas del proceso para tenerlos listos para el arranque al monitorearlas nos debe dar encendida (ON) la lámpara del monitor de los datos de la secuencia; pero en el caso de que nos diera apagado, nos trasladaremos a la siguiente localidad de memoria M 10101 que corresponde a la Energía plataforma disponible para arrancar (energía de plataforma lista para aceptar la carga), la cual al monitorearla si nos da encendido, el problema se encuentra en un de las válvulas del proceso que está fuera de posición para arrancar por lo que se debe checarlas y corregirlas. También se debe analizar la memoria M10103 desde donde se inicia por lo que se busca en la lista de memorias dicho término:

M 10103 40 510* (*Indica que hay que analizar la ecuación 510 donde nace dicha memoria). Se observa que

existen dos términos en el arreglo OR el M10200 y M10201, al revisar ambos, con uno que nos de encendido no habría problema ya. Y así continuamos analizando. A continuación se anota todos los términos con su nombre así como la condición resultante de apagado o encendido, en el monitor de secuencias de datos:

- M 10104 Término intermedio de listo para arranque debe dar encendido "ON"
- CI 10812 Entrada por contacto del extractor de aire operando en manual (MDVFNON). Encendido "ON".
- M 10103 Válvulas del proceso en posición correcta para el arranque (VLVRDY), debe dar "ON". Encendido
- M 10101 Energía de plataforma lista para aceptar la carga (PPWRDY).- "ON" Encendido.
- M 10513 Restablecimiento de paros por fallas anunciadas (Reset de Limpiado de Parosa) (NOTSD) "ON" Encendido
- M 10105 Relevador de Arranque (START): Off.- APAGADO (CERRADO)
- M 10515 Sistema eléctrico está bien para el arranque (ELECT PM) "On" Encendido
- CI 11000 Unidad en modo Local (LCL MODE) (Entrada por Contacto).- ON = Encendido
- CI 11001 Unidad de Modo Remoto (REM MODE) (Entrada por Contacto) OFF = Apagado
- CI 11004 Boton (interruptor) de arranque Local (LCLSTPB).- "ON" Encendido
- CI 11014 Paro de Emergencia sin venteo ESDV.- OFF = Apagado
- CI 11013 Paro de Emergencia con venteo ESDV.- OFF = Apagado
- M 10109 Detector de gas o fuego (FIRE GAS) ON = Encendido o Dentro
- CI 11015 Retorno a velocidad de vacío (Paro de vacío) LOSD.- OFF = Apagado

VI.3. ARRANQUE DE LA UNIDAD EN LOCAL.

1.- La lámpara de listo para arranque debe estar prendida. La unidad compresora sólo puede ser operada (arrancada) con el mando del tablero en control "local".

2.- Posicione el switch selector en modo LOCAL y oprima el botón de secuencia de arranque/listo para arrancar. Un timer de 10 minutos de la secuencia auxiliar de arranque es activado e inicia su conteo y las siguientes operaciones tienen que ser efectuados y terminados antes de que expire este lapso.

a) La válvulas de venteo atmosférico # 1, # 2, y # 3 se cierran y su posición se checa (PIUs 505 ch 9, 506 ch 15 y 508 ch 8 corresponden a la posición de abiertas y al cerrarse les llega la señal a los PIUs 506 ch 3, contacto cerrado de la válvula de venteo atmosférico # 1, posición cerrada, 508 ch 7, contacto cerrado de la válvula de venteo atmosférico # 2 y posición cerrado y 508 ch 9, contacto cerrado de la válvula de venteo atmosférico # 3 posición cerrada.

b) Arranca la bomba de lubricación de Emergencia, se checa su operación y su presión (506 ch 12, 505 ch 2) y automáticamente se para. (Se energiza la bomba de lube de Emergencia, se comprueba su funcionamiento y se desenergiza).

c) La bomba auxiliar de aceite lubricante arranca y se comprueba su operación y su presión (PIU506-ch-10 y PIU505-ch-3).

d) Se energiza y se arranca la bomba auxiliar de aceite de sellos y se verifica el nivel de aceite de sellos en los tanques elevados correspondientes a los dos compresores (742 y 733). Cuando se alcanza el punto de ajuste de nivel, sale de operación automáticamente dicha bomba.

e) Se efectúa la admisión de gas de sellos y se checa la presión diferencial del gas de sellos en ambos compresores.

f) El ventilador de cubierta arranca y se verifica su operación.

g) El ventilador del Generador Eléctrico es arrancado y se checa su operación.

Si las operaciones anteriores no se han completado en el término de los 10 minutos permitidos, la secuencia de arranque se interrumpirá y se iniciará un paro de emergencia sin venteo y se indicará en el panel una "falla en la secuencia auxiliar de arranque".

El paro de emergencia sin venteo se llevará a cabo en la secuencia siguiente:

1.- Se enciende intermitente la lámpara que anuncia "Secuencia Auxiliar" localizada en el Tablero de control (parte frontal).

2.- Las selenoides de las 3 válvulas de venteo atmos-

férico se energizarán para cerrar, lo cual será indicado por las lámparas correspondientes en el mínimo del proceso, en la parte frontal del panel. El cierre de las 3 válvulas de venteo atmosférico debe ser comprobado por medio de los limit-switch (interruptores limitadores que indican dicha posición), antes de que se agoten los 10 minutos o cuando se anuncie un paro por falla en la secuencia auxiliar de arranque. Ejemplos:

3.- La bomba de emergencia arrancará. El contacto de la bomba de emergencia se activará y la presión en PS-6 debe exceder 2 psi dentro de 10 segundos (cuando el switch de presión PS-6 cheque dicha presión deberá cerrar) y una lámpara en el tablero anunciará bomba de emergencia trabajando. Si ésto no sucede en 10 segundos, una alarma anunciará falla de la bomba de emergencia y la secuencia de arranque continuará hasta que el timer de la secuencia auxiliar agote los 10 minutos y se anuncie un paro por falla en la secuencia auxiliar.

4.- La bomba auxiliar de aceite lubricante arrancará y se prenderá una lámpara en el panel que indica que esta bomba está operando (AUX PT LUBE PUMP ON) y cuando la presión del aceite de la T.P/Comp. debe exceder del punto de calibración del switch de presión PS-3 aproximadamente 10 psi incrementando, lo cual permite al arranque de la bomba auxiliar de aceite de sellos en ese instante. También la presión del aceite lubricante de la T.P. tiene una lámpara que se encenderá en el tablero frontal.

CI10503 ON PS-3 permisivo de arranque presión aceite T.P.
CI10503 ON PS-4 arranca bomba Aux. lubricación energizada).

Si el arrancador, de la bomba no está activado (no está dentro y no se capta la señal) o si la presión del aceite lubricante no se restablece en PS-3₀ éste no lo acciona); entonces la secuencia de arranque continuará hasta que agote

el tiempo del timer y se anuncie un paro por falla en la secuencia auxiliar. Por el contrario si el arrancador de la bomba está dentro (ON) captando su señal y se restablece la presión del interruptor PS-3 para accionarlo, entonces arrancará la bomba auxiliar de aceite de sellos y en el panel, una lámpara se prenderá de bomba auxiliar de aceite de sellos operando (AUX. SEAL OIL PUMP ON).

Se energiza LSL-3 PIU 505 ch 5 ON arranca por bajo nivel, 1ª etapa.

Se energiza LSL-4 505 ch 6 ON arranca por bajo nivel etapa.

La operación de la bomba auxiliar de aceite de sellos se comprueba por el establecimiento de un nivel dentro de un rango de control de un controlador neumático de cada tanque elevado de aceite de sellos.

entrada por contacto nombre LSL-3 dirección CI 10505

entrada por contacto nombre LSL-4 dirección CI 10506

El nivel de aceite en el tanque de la 1ª etapa debe estar entre las graduaciones LSH-1 y LSL-3. El nivel de aceite en el tanque elevado de la 2ª etapa debe estar entre los puntos de calibración LSH-2 y LSL-4. Si estas condiciones no se satisfacen antes de que el timer termine su conteo, se anunciará un paro por falla en la secuencia auxiliar. Cuando el nivel de aceite de sellos en el tanque de la 1ª etapa está arriba de la graduación LSL-3 y el nivel de aceite de sellos en el tanque de la 2ª etapa este por encima de la graduación LSL-4 se prenderá una lámpara NIVEL DE ACEITE DE SELLO, en el tablero de control parte frontal. Y entonces el gas de sellos es admitido en ambos compresores. Si la presión diferencial de gas de sellos en ambos compresores no es la correcta (no se comprueba) antes de que el timer de la secuencia auxiliar agote los 10 minutos, entonces se

anunciará un paro por falla en la secuencia auxiliar.

La presión diferencial de 25 psid en el compresor de la 1ª etapa (742) es comprobada cuando el switch PDSL-3 es activado y cerrado. De igual modo en la 2ª etapa (733) cuando el switch PDSL-4 es cerrado (PICKED UP). Siempre y cuando la selenoide SV-6 es energizada para admitir gas (se energiza la selenoide de corte de gas de sellos, relevador RO 11206 PIU 512 ch 6) de sello a los compresores se prenderá el foco BUFFER GAS ON" del tablero frontal

Se verifica ▲P de gas de sellos y aceite de sellos del comp. 742 PDSL-3 PIU 505 CANAL 0 ON

Se verifica ▲P de gas de sellos y aceite de sellos del comp. 733 PDSL-4 PIU 505 canal 1 ON

Entrada por contacto CI 10500 y CI 10501

5.- Cinco segundos después de recibida la orden de arranque procedente del sistema de Control (PSC) arranca el ventilador de cubierta y su operación es comprobada cuando cierra el switch PDSLL-15, al captar la señal de activamiento o sea se energiza su arrancador (picked up). Entonces una lámpara se ilumina "Ventilador de cubierta trabajando" en el tablero de control frontal. Cuando se comprueba la operación del ventilador del compartimiento de la Turbina (cubierta) por la retroalimentación de un interruptor auxiliar del arrancador (INTERLOCK) y por el PDSLL-15, arrancará el ventilador del Generador eléctrico y su operación se comprueba por medio del cierre del switch PDSLL-16 y por la retroalimentación de un interruptor auxiliar (INTERLOCK). Si la operación de ambos ventiladores no ha sido verificada por el cierre de los interruptores PDSLL-15 y PDSLL-16 dentro de 45/20 segundos después de haber recibido la instrucción

de arrancar, se abortará el arranque y se anunciará un paro con cierre eléctrico (LOCKOUT) sin venteo "FALLA DE VENTILADOR DE CUBIERTA/GENERADOR A.C." en el tablero de control.

Ventilador de cubierta trabajando PDS11-15 PIU 505 ch12 ON entrada por contacto dirección CI10512.-, entrada por contacto dirección CI10513 Fan Generador (PDS11-16) trabajando 505 ch13 ON.

Si todas las operaciones de la secuencia auxiliar de arranque han sido efectuados correctamente y completar antes de que el temporizador (timer) de la secuencia auxiliar termine su tiempo. La lámpara de la secuencia auxiliar deberá - - permanecer encendida estaticamente y la unidad empezará a purgar y presurizar.

SECUENCIA DE PURGA Y PRESURIZACION

Se efectúan las siguientes operaciones:

1.- Un temporizador de falla se presurización de 5 minutos es arrancado.

1.1.- Se checa que las válvulas de venteo atmosférico # 1, # 2, # 3 esten cerrados (506 ch 3 "on", 508 ch y 7 "on" 508 canal 9 "ON").

2.- Se habilita a la solenoide de la válvula de presurización a abrir salida por Relevador PVSOL RO113 15 (PIU 513 canal 15) entra el contacto del comando para abrirla PIU 509 ch 2 (PVCOM).

Entrada por contacto PIU 503 ch0 CI 10300 "ON" válvula presurización abierta.

3.- 15 segundos después cierra la válvula de venteo al quemador # 1 (se energiza la solenoide de la válvula del venteo al quemador # 1, JVV SOL para cerrar, salida por Relevador Dirección RO 11400 PIU 514 ch 0.)

Entrada por Contacto, Dirección CI 10303 PIU 503 ch 3 "ON" IVVC/CC, válvula de venteo al quemador 1ª etapa cerrada.

Al tener la válvula de presurización abierta y la válvula de venteo al quemador # 1 cerrada la unidad purga a través de sus líneas del gas de proceso, incluyendo a los compresores y sus líneas de recirculación; la importancia radica en barrer al aire contenido en las líneas de acceso a los compresores que se introduce (por contra presión) por las válvulas de venteo atmosférico (hacia el interior de dichas líneas de gas de proceso) ya que sería muy peligroso una mezcla gas O_2 del aire en el momento de empezar a operar los compresores.

4.- La unidad purga a través de la válvula de venteo al quemador 2ª etapa por un periodo de 2 minutos (se barre gas/aire al quemador).

4.A.- Las válvulas de recirculación 1ª y 2ª etapa cierran, se verifica en el monitor de secuencias de datos en el PIU 503 canal 11 y 13 respectivamente (encendidos los diodos o lámpara encendida del monitor "ON").

5.- Se hace un barrido a través de los compresores y 45 segundos después las válvulas de recirculación # 1 y # 2 abren (503 ch 10 y 503 ch 12 "ON") es decir la unidad purga por un periodo adicional de 45 segundos a través de la válvula de venteo al quemador # 2.

6.- La válvula de venteo al quemador 2ª etapa es

cerrada y las líneas del gas de proceso empiezan a empaquetarse es decir la unidad empieza a presurizarse. Una lámpara frente al panel se pretende intermitentemente "Secuencia de Presurización". Se checa en PIU 503 ch 4 ON y la solenoida de la válvula de venteo al quemador # 2 es activada para cerrar; salida por relevador PIU 514 canal 1 (2 VV sol) dirección RO 11401.

7.- Cuando la diferencial de presión (ΔP) a través de la válvula de succión cae a 25 psid (10 psid), el interruptor de presión PDS-102 se energiza (cierra su contacto) y las válvulas de descarga y de succión abren. Una lámpara frente al panel se ilumina "baja P en válvula de succión", se verifica el activarse el PIU 508 canal 15. Segundos antes de que abran las válvulas de descarga y succión, la válvula de presurización es cerrada (PIU 503 ch 1) y la lámpara de secuencia de presurización permanece encendida y fija. El switch PDS-102 se activa a 15 psi, se cierran los contactos del PIU 509 ch 3 y 4 que mandan abrir a las válvulas de succión y descarga. Entra también los relevadores del 514 canal 2 y 514 ch 3 que corresponden a los solenoides que abren las válvulas de succión y descarga respectivamente. Se checa que abrieron en PIU 503 en 6 y ch 8. Válvulas de succión y descarga abiertas.

8.- Si las operaciones de purga y presurización no han sido completadas y verificadas antes de que el temporizador agote el tiempo de 5 minutos; cuando no se logra presurizar, entonces ser anunciado un paro sin venteo por falla de presurización y la secuencia de arranque se interrumpirá (será abortada).

Las función de la presurización es la de llenar con gas de proceso las líneas de succión y descarga de cada compresor (a la misma presión que hay en el cabezal de succión de módulos) para evitar o amortiguar el golpe de ariete del gas cuando abra la válvula de succión.

9.- Si no hay falla de presurización (secuencia completa y checada) entonces será iniciada una secuencia de barrido y calentamiento de gas combustible. Cuando la temperatura mínima de gas combustible es alcanzada y verificada (calentamiento efectuado por el calentador eléctrico SCR que es turnado a operar).

10.- Secuencia de Arranque.- El TS-221 dirección CI 10614, se verifica con el PIU 506 ch 14 del permisivo para arrancar por temperatura de gas combustible o en el monitor de datos de la secuencia debe dar "ON". Entonces el motor de arranque del G.G. empieza a girar a velocidad baja (velocidad de purga). Se prende una lámpara frente al tablero "Máquina Arrancando" y Arranque con Purga Trabajando (Purge Start on). Si el Generador de Gas no logra alcanzar 500 RPM dentro de los 10 segundos (TO 11) después de que las solenoides de velocidad de purga son energizadas, la secuencia de arranque se detendrá y se anunciará un paro sin venteo por falla de marcha/giro (fail to crank). El G.G. continúa funcionando (to motor) a velocidad baja durante 60 seg. después de que los 500 RPM han sido alcanzados. Después de un minuto el G.G. empieza a acelerar y la lámpara a arranque con purga o venteo se apagará, encendiéndose la lámpara "arranque con marcha dentro" (CRANK START ON). Para que empiece a girar la turbina de arranque, se manda una señal eléctrica que energiza la solenoide de vel. de purga SV-12 abriendo la válvula PCV-12 para que regule la presión del gas de arranque a 11 psig o (8 psig), para que el G.G. gire a vel. de purga. La SV-12 que se prueba en el PIU 512 ch 0 "ON" cuya salida es por Revelador RO 11200 Válvula solenoide de suministro de gas de arranque a vel. de purga 1200-1300 RPM. Esto se lleva a cabo si antes el G.G. alcanza los 500 RPM en los 10 segundos posteriores, se checa por cierre del contacto del PIU 509 ch 7 (ON), CI 10907

G.G. 500; como ya se mencionó, después de que se ha completado un minuto de purga. (TD-12, 1 minuto) se energiza la solenoide que manda abrir la SV-2 para alcanzar las 40 ó 38 psig reguladas por la PVC-13 que se checa por el PIU 512 ch 1, (válvula solenoide, velocidad alta del arrancador) "ON" salida por relevador, RO 11201, entonces el G.G. alcanza 1300-1600 RPM, de la velocidad de purga final.

10.A.- Los excitadores de ignición se activan y son turnados a entrar a las 1300 RPM de velocidad de purga que deben alcanzarse 10 segundos después de la activación de la solenoide de alta velocidad del arrancador o velocidad de encendido (SV-2) si no se abortará el arranque con paro sin venteo por falta de marcha. (FAIL TO CRANK).

10.B.- Al mismo tiempo que se energiza al SV-2, (light off speed solenoid) también se energiza la solenoide de combustible corriente arriba SV-1 que provoca que la PV-1 abra (válvula de cierre principal de corriente arriba de gas combustible) y se aplica energía, para habilitar la válvula medidora de gas combustible (válvula electrónica principal de gas combustible FMV-1 marca Bendix). Esto se realiza por los relevadores RO 11202 (dirección); UP FG sol (nombre) del PIU 412 ch 2 "ON" y RO 11205, FMV 50% (energía a la FMV-1).

La activación del control del excitador de ignición, se efectúa con el relevador RO 11308 correspondiente al PIU 513 canal 8 "on" (10 seg.). El interruptor termo magnético de los excitadores debe estar en "ON" y su selector en "auto".

Esto se realiza por los relevadores RO 11202 (dirección UPFG SOL (nombre) del PIU 512 canal 2 "ON" respectivamente. En el tablero de control frontal, las lámparas de "solenoides de corriente arriba de combustible activada y válvula principal electrónica medidora de gas combustible activada" son iluminadas (UPSTR FUEL SOLENOID ON, FUEL METERNIG VALVE ON). Esta completa la rama de SURIDA de Combustible, al cerrar el contacto CI 10915 PIU 509 ch 15.

10.C.- La línea de gas combustible (Tubería que va después del filtro A/B hasta un poco antes de la PV-2 válvula de corte corriente abajo de combustible) se ventea por la solenoide de venteo de gas combustible SV-4 durante el período de tiempo en que el G.C. está acelerado desde la velocidad de purga (de las 500 RPM a las 1300 RPM).

10.D.- A las 1600 RPM, se habilitan los componentes electrónicos del sistema de control de combustible, la solenoide corriente abajo de gas combustible es energizada para que se abra (SV-5) y la válvula de venteo de gas combustible (SV-4) es energizada para que se cierre.

Al abrirse la SV-5 provoca que la PV-2 abra (válvula de corte de corriente abajo de combustible) y haya flujo de combustible a los inyectores de la cámara de combustión. La activación de SV-5 se efectúa por la acción del relevador

RO 11203 del PIU 512 canal 03 ON y la de la SV-4 por la acción del revelador RO 11204 PIU 512 ch 4 ON.

Llevándose a cabo así, la rampa de bajada de gas combustible al cerrar el contacto CI 109 14 ON del PIU 509 ch 14 (rampa de bajada completa).

10.E.- Cuando el G.G. ha alcanzado los 1600 RPM, se verifica por el cierre del contacto CI 10910 del PIU 509 canal 10 "ON" (G.G. a 1600 RPM), llevándose a cabo la ignición del combustible y el PSC verifica el cierre del contacto CI 10514 que nos indica que se ha alcanzado la Temperatura de ignición de 350^oF (PIU 505 canal 14).

10.F.- En el instante en que entra la ignición, las lamparas del tablero frontal se iluminaran "Ignición, solenoide corriente abajo de combustible activado, válvula de venteo de combustible activada, encendido en marcha".

10.G.- En el momento en que se abre la válvula de corte corriente abajo de combustible, se arranca un temporizador por falla de encendido T013 de 10 segundos y si la temperatura de arnes del termopar entre las etapas del G.G. no excede de 350^oF antes de que se agoten los 10 seg. un paro sin venteo será anunciado por falla de ignición (fail To Ignite).

10.H.- Cuando el combustible es admitido en el G.G en temporizador por falla de aceleración de la T.P. es arrancado (T014 de un minuto). Y si la velocidad de la turbina de potencia no excede de 500 RPM antes de que el timer se detenga, será anunciado un paro por venteo por "secuencia de arranque incompleta".

10.I.- Después del encendido, el G.G. deberá acelerar a un promedio de 20 RPM por segundo hasta alcanzar 4500 RPM o un paro sin venteo ocurrirá por estancado (STAGNATION) o estancamiento.

10.J. Cuando el G.G. alcance las 4500 RPM, se cierra el contacto CI10908 (G.G. 4500) del PIU 509 canal 8. A esta velocidad la máquina se encuentra a velocidad de vacío, llevándose a cabo el ler. calentamiento en un periodo de 15 minutos (al arrancar el timer T100). También al 60% de Vel. G.G. ó las 4500 RPM de la T.P., la turbina o motor de arranque se desenganchará (arrancador desembragado). Y las siguientes lamparas frente al panel se apagaran: "Ignition on", "Purge Start on", "Crank Start on" y "Engine Starting", perose encenderán las lamparas "Unidad Trabajando", intermitentemente máquina calentando (ler. calentamiento "Engine Warm UP"). Se verifica en el PIU 502 canal O, el diodo se prende y se apaga (luz del ler, calentamiento de la máquina).

En la práctica la velocidad de vacío es un poco mayor a 5100 RPM en el G.G. y 1100 RPM en la T.P.

10.K.- También a 4500 RPM se habilita un paro por baja velocidad del G.G. y si subsecuentemente la velocidad del G.G. cae abajo de 4500 RPM, sin que se ordene un paro, un paro de emergencia con venteo ocurrirá y se anunciara "BAJA VELOCIDAD DEL GENERADOR DE GAS".

10.L.- Si han transcurrido mas de 30 minutos, en que la máquina ha estado parada, el G.G. permanecerá en velocidad de vacío durante 15 minutos correspondientes al ler. calentamiento (que fue perdido al estar parada la unidad) e inmediatamente después de ordenar "a carga" (LOAD) la máquina acelera a velocidad de transfer por si sola en lo que se conoce "rampa arriba". El interruptor de Carga/Descarga se encuentra frente al tablero de control, al oprimir su boton comandamos la posición deseada cuyo relevador es RO 11512 del PIU 515 canal 12 "ON" (LDUNSTL). Una lampara encendida nos indica la posición CARGO/DESCARGO en que se encuentra la unidad. Si está

en descargo (UNLOAD) la máquina puede quedar operando en velocidad de vacío indefinidamente.

Si la máquina ha estado parada menos de 30 minutos, entonces no ha perdido su ler. calentamiento y acelera inmediatamente rampa arriba o de subida, previo ordenamiento a "CARGO". En cualquier caso la lámpara de calentamiento de máquina dejará de estar intermitentemente, quedando encendida tan pronto como la máquina empiece a acelerar rampa de subida (ramp up). Hay que aclarar que a velocidad de vacío, la turbina de gas que impulsa a los compresores, aun no tiene la fuerza motriz necesaria para el proceso de compresión por lo que es necesario llegar a velocidad de carga para tener en línea óptima a los compresores, una vez terminando un 2o. calentamiento de máquina. Secuencia de Velocidad de Transferencia de Carga Eléctrica (transferencia de energía).

1.- Cuando el G.G. alcanza 8800-9000 RPM y la T.P. alcanza una velocidad de 4200-4000 RPM, ocurre lo siguiente:

a) El incremento de velocidad rampa arriba se detendrá momentáneamente en la turbina de potencia o impulsora permanecerá en control de velocidad en este punto hasta nueva orden del programa de control, a 4200 RPM de la T.P. se cierra el contacto CI 10912 "ON" del PIU 509 en 12 de T.P. 4200 RPM.

b) Las bombas auxiliares de lubricación y de aceite de sellos son desenergizadas a 4000 RPM de la T.P. y turnadas a salir de operación, a menos que la presión del aceite lubricante en cabezal fuese menor a 13 psig, entonces la bomba auxiliar de lubricante permanecería trabajando. La bomba auxiliar de aceite de sellos queda apagada a menos que el nivel de aceite de sellos en los tanques elevados caiga por debajo de los puntos -

de calibración de los switches LSL-4 o LSL-3, si cualquiera de las bombas auxiliares esta trabajando arriba de 4000 RPM de velocidad de la T.P., se anunciará una alarma "de bombas auxiliares sin programar". La bomba seguirá funcionando hasta que se oprima el botón de restablecimiento local o remoto. La bomba auxiliar de aceite de sellos requiere para su funcionamiento que la bomba auxiliar de lubricación funcione al mismo tiempo. Los arrancadores de estas bombas auxiliares estan interconectados eléctricamente (interlocked) para asegurar que esta restricción sea satisfecha.

c) El calentador eléctrico (SCR) de gas combustible es puesto fuera (desactivado).

d) La solenoide SV-7 es desenergizada, abriendo la válvula PCV-19 para admitir aire de la 8^a etapa a los alabes del compresor axial del G.G. y para el enfriamiento de la turbina de potencia. La realiza el relevador R011102 ON PIU 511 ch 2 (sol. aire de enfriamiento T.P.).

e) Los ventiladores de cubierta y del generador eléctrico se desenergizan hasta que el sistema eléctrico pueda realizar la transferencia de energía de plataforma a la energía propia del módulo de compresión. Las bombas auxiliares de lubricación y aceite de sellos también son turnados a salir, (puestos fuera si estan trabajando.).

f) Se arranca un temporizador T0103 de 20 segundos, de transición para que los ventiladores de cubierta/Generador A.C. y bombas auxiliares queden fuera (desenergizados) durante este periodo. Este timer permite que todas las cargas eléctricas conectadas bajen y que no se energicen cuando la secuencia este defasada.

g) Una lámpara frente al panel empieza a centellear de "2o. calentamiento" (2ND WARM UP) y un temporizador el T101 de 15 minutos de calentamiento de la T. de P. es arrancado.

h) El sistema de control envía una señal de 24 VCD al sistema lógico central de control de motores para empezar la excitación del generador A.C. del módulo. Cuando el voltaje del generador es estable y el generador esta listo para aceptar la carga, una lámpara frente al panel se iluminará "Energía del módulo disponible (MODULE POWER AVAILABLE). El interruptor de transferencia (Transfer switch) será ordenado a moverse a la posición de energía de módulo.

i) Cuando se efectúa la transferencia de energía de plataforma a energía del propio módulo de manera correcta, es indicado por una lámpara frente al panel "Unidad Conectada a Energía de Modulo". Si el interruptor no transfiere antes de que los 20 segundos se agoten en el timer de transición, un paro a vacío se tendrá y será anunciada una falla por "secuencia de carga incompleta" (LOADINC SEQUENCE INCOMPLETE). Es muy importante checar desde el principio de arranque que el interruptor esté en "CARGA UNIDA A ENERGIA DE MODULO" desde el arranque se hará la selección el oprimir su botón respectivo a más tardar en velocidad de vacío. Una lámpara prendida frente al panel nos indica ésta condición, de no ser así, no habrá transferencia de energía eléctrica y el módulo operará con energía de Plataforma (carga unida a energía de plataforma "LOAD UNIT ON PLATFORM PWR") indicada por una lámpara prendida.

Lo anterior se realiza por el cierre del relevador RO 11310 que comanda mover al interruptor de transferencia, a energía de módulo TSGNPRM del PIU 513 canal 10 "ON". Y al seleccionar la carga unida a energía de plataforma se realiza por medio del relevador RO 11309 que comanda mover el interrup-

tor de transferencia a corriente de plataforma (PIU 513 canal 9, TSPLPRM) en este caso debe estar off pues se ha seleccionado la transferencia de energía del propio módulo y la lámpara de LOAD UNIT ON PLATFORM PWR deberá estar apagada.

j) Tan pronto como se hace la transferencia a la potencia del generador AC del módulo, verificandose que el generador está listo para aceptar la carga y el timer de transición ha terminado su tiempo, entonces las bombas auxiliares y los ventiladores de cubierta y del Generador A.C. entrarán en la secuencia requerida. Una lámpara frente al panel se prenderá intermitentemente. "Secuencia Auxiliar de Carga".

K) Cuando el timer de transición ha agotado su tiempo (20, seg) se energiza y arranca otro temporizador de 2 minutos el TO 104 de secuencia auxiliar de carga. Si este timer se detiene al agotar su tiempo antes de que se haya verificado el funcionamiento de todos los ventiladores que enfrían el gas y el aceite, se anunciará un alarma por "falla en la secuencia auxiliar de carga".

SECUENCIA DE VENTILADORES.

a) Veinte segundos después de que se ha terminado el tiempo del temporizador de transición, entonces el centro de control de motores envía la señal de que ya esta disponible la energía del Generador A.C., antes de que el sistema de control energice el revelador de interposición necesario para activar el arrancador de cada motor-ventilador solo aire.

b) A intervalos de 20 segundos arrancaran los ventiladores de gas y aceite en el siguiente orden: # 1, # 4, # 2, # 5, # 3, # 6, # 7, y # 8 (estos últimos dos corresponden a los ventiladores de aceite # 1 y # 2 respectivamente.) En la práctica entran a intervalos de 10 segundos.

si cualquiera de los ventiladores no arrancara por cualquier falla (no se restableció vibroswitch, fundido un fusible, dañado el arrancador o el contador, con corto etc.) o bien estuviera fuera por mantenimiento o reparación), el resto de los ventiladores continúan con la secuencia. Entonces se debe checar cual de ellos no entro a operar para poder simular su operación al cerrar su contacto por unos 10 segundos en el PIU 106 y en el canal correspondiente, "con un puente", para que el microprocesador (PSC) cence que está trabajando y sea acomplejada la secuencia auxiliar de carga, evitando con ello que el módulo se dispare a velocidad de vacío por falla en la secuencia auxiliar de carga, alarmando una lámpara que marca "secuencia de carga incompleta" en el tablero de control frontal.

Es importante señalar que cuando se pare el ventilador de un enfriador por cualquier falla, antes de volver a rearmarlo, se pare también el ventilador adyacente, cuando ambos ventiladores hayan dejado de girar (parada su rotación), éstos deberán ser rearmados con una diferencia de 6 a 10 segundos, si no se hace esta acción (precaución), el segundo ventilador puede empezar a girar al sentido contrario (al revés) de tal forma que cuando se arranque, la carga incrementada puede hacer que los pernos (shear pins) se dañen en el cople de Generador A.C. (fallan los pasadores de cortante del acoplamiento.).

Si algún ventilador no arranca por vibración, se alarma en el tablero "alta vibración en ventiladores de enfriamiento" se debe verificar cual de los ventiladores se disparo y la posible causa en campo (rozamiento de aspas, ruido anormal, desbalanceo etc. coloque, el switch selector en OFF, baje el interruptor termomagnética (en OFF), quite los fusibles del arrancador o coloque un candado en la palanca del interruptor termomagnético y coloque un aviso de equipo en

reparación (hombres trabajando) ya que personal de mantenimiento deberá repararlo con seguridad de que no operará.

Para re-arrancar algun ventilador disparado, pare el adyacente y cuando no giren, restablezca el vibroswitch, el tablero del arrancador, retire candado y aviso, instale los fusibles del arrancador, suba el interruptor termo magnético en "ON" y coloque el switch selector en auto y con una diferencia de 10 seg., re-arranque el adyacente, cheque su operación en campo y en el PIU respectivo.

Cuando todos los ventiladores sobaire estan operando y se han verificado eléctricamente, dejará de centellear la lampara secuencia auxiliar de carga" y permanecera encendida. El sistema antiinestabilidad (antisurge) ahora podrá funcionar en control automático.

Cuando no se acompleta la secuencia auxiliar de carga antes de que el temporizador de 2^o calentamiento (T101 calentamiento T.P.) agote los 15 minutos se anunciará un paro con cierre eléctrico por secuencia de carga incompleta y la unidad retorna a velocidad de vacio durante un periodo de 15 minutos de enfriamiento (T002) y se para la unidad, si la falla no es corregida y restablecida. SI la secuencia auxiliar de carga se verifica completa y si la turbina de Potencia hubiera estado por debajo de los 4200 RPM por menos de 30 minutos, la velocidad empezará a incrementarse en rampa arriba y tan pronto como el microprocesador checa que el segundo calentamiento de 15 minutos es completo, su lámpara dejará de centellar y quedará encendida "2ND WARM UP" cuando la unidad esta arriba de 4200 RPM. La secuencia de 2^o calentamiento empieza cuando la velocidad de la T.P. es 4200 PRM, se realiza durante 15 minutos contados por el timer 101 de calentamiento de la T.P., la lampara "2^o calentamiento" se prende intermitentemente. Durante el periodo del 1er. calentamiento (15 minutos) de máquina calentando (T100) la lámpara frente al panel "Engime Warm"

esta centelleando y queda prendida cuando se acompleta la secuencia de calentamiento y la unidad está operando o cuando no se agotan los 30 minutos del temporizador T204 del re-arranque en caliente de la T.P. y la unidad se para sin perder su calentamiento, entonces podrá la unidad ser arrancada hasta velocidad de carga. Lo mismo sucede cuando la unidad terminó su 2º calentamiento y está operando arriba de 4200 RPM (T.P.) o se dispara a velocidad de vacío (por debajo de los 4200 RPM en la T.P.) y todavía no se agota el tiempo del timer del calentamiento del segundo re-arranque en caliente, quedando prendida la lámpara HOT RESTART AVAILABLE (re-arranque caliente disponible o encendido en caliente) que nos indica que no ha perdido el 2º calentamiento y bastaría con restablecer la falla para re-arrancar hasta 2º calentamiento (vel. de carga)

Una vez terminadas las secuencias de carga eléctrica, ventiladores (secuencia auxiliar de carga) y el 2º calentamiento, la turbina de potencia continuará aumentando su velocidad (rampa arriba) hasta que el control de proceso (monitor de proceso de interfase), la temperatura (el control de temperatura lo hace el monitor de fuel control) o la máxima velocidad toman el mando de la máquina.

Las solenoides de las válvulas anti-inestabilidad son energizadas a 4000 RPM, pero éstas válvulas son mantenidas abiertas por el sistema electrónico de control hasta que la turbina empiece a acelerar a partir de las 4200 RPM rampa arriba.

El cierre del relevador RO 113 14 del PIU 513 canal 14 para habilitar las solenoides disp. válvulas de Recirculación (RVSOL). A 4200 RPM, las válvulas de recirculación # 1 y # 2 o antiinestabilidad son permitidas (habilitadas) para controlar a ese punto y mantener la máxima presión de descarga permisible conforme la velocidad de la turbina aumenta

rampa arriba.

Cuando ambas válvulas antiinestabilidad están cerradas totalmente, el paquete del compresor Axi puede arrancar. Esto es indicado por una lámpara que se ilumina ("Permisivo arranque del AXI").

Compresores en operación con carga al 100%. En esta secuencia la velocidad de la T.P. es aproximadamente 4500 RPM y cerrando manualmente las válvulas antisurge lentamente se va metiendo carga a los compresores 742 y 733 cuidando que haya suficiente presión de succión, que la velocidad de la T.P. sea la adecuada y que los indicadores de flujo y presión diferencial 1º y 2º paso de compresión no se igualen para que los compresores no entren en surge. Además de que alguien esté pendiente en el separador de succión V-101, ya que al ir metiendo carga, llegan en ocasiones baches de líquidos por lo que las purgas laterales y las válvulas de by-pass deben abrirse para ayudar a las válvulas automáticas a desalojarlos.

A 4500 RPM los compresores 733 y 742 están girando con suficiente velocidad para comprimir el gas de 5 Kg/cm^2 a 35 Kg/cm^2 en el 1er. paso y en el 2º de 34 Kg/cm^2 a 80 Kg/cm^2 aproximadamente, el cerrado de las válvulas de recirculación lo puede hacer el sistema de control también de manera automática; si se tiene el control manual en posición cerrado. Las lámparas correspondientes a estas válvulas de antiinestabilidad en posición cerrado serán iluminadas en el mimic de válvulas del proceso, frente al tablero de control y los contactos CI 10311, CI 10313 se cerrarán y los diodos del PIU 503 canal 11 y 13 se encenderán indicando que han cerrado dichas válvulas.

Cuando la unidad está en línea, la temperatura de la descarga del 1er. paso de compresión está sobre los 250°F

y el intercambiador está alineado, entonces el calentador eléctrico es OFF.

VI.3.1. ARRANQUE CON MARCHA (CRANK)

Esta modalidad se emplea para la revisión inicial y limpieza del Generador de Gases (G.G.).

1. El interruptor selector debe estar en la posición de CRANK.

a) La lámpara lista para marcha debe estar iluminada.

2. Oprima el botón de secuencia de marcha.

a) Se prende el foco de secuencia de crank.

b) Arranca la bomba auxiliar de aceite lubricante.

c) La presión del aceite lubricante excede a 8 psig y se permite la entrada de gas al motor de arranque para alcanzar baja velocidad.

d) El Generador de Gas acelera a velocidad de marcha solamente y si la presión del gas de arranque excede de 50 psig (3.5 kg/cm^2) un paro de emergencia es iniciado. Pero antes de que esto suceda, se inicia la secuencia de purga y calentamiento del gas combustible/ arranque (se activa el calentador eléctrico y la válvula de barrido). Un timer (regulador de tiempo) de 5 minutos empieza su conteo. Si la diferencial de temperatura a través del calentador del gas combustible no alcanza el punto de ajuste permisivo antes de que se agote el tiempo del regulador, entonces se anunciará una falla por secuencia de arranque incompleta. (Se puede simular que se alcanzado la temperatura del gas combustible al puentear el PIU 506 channel 14). Se apagará el foco de secuencia

de crank y dicha secuencia es abortada.

Cuando la diferencial de temperatura a través del calentador de gas combustible alcanza el punto permisivo y la presión del aceite lubricante excede de 8 psig. La lámpara lista para CRANK es iluminada y un timer de un minuto inicia su conteo. Si el tiempo de un minuto se agota antes de que la máquina este girando, la secuencia de CRANK será interrumpida (abortada).

3.- Mantenga presionado el botón de secuencia de CRANK para que el motor de arranque de la Turbina de gas (G.G.) trabaje a la velocidad de purga (1300 a 1500 RPM en el G.G.) El arrancador trabajará en esta forma mientras el botón de secuencia de marcha se mantenga oprimido y que ningún paro sea anunciado.

Precaución.- Todos los ventiladores (enfriadores) deben tener el interruptor de cada arrancador del motor en la posición AUTO y el interruptor termo-magnético (palanca) en ON. De no ser así la unidad se puede parar (nunca los actúe cuando la unidad está arrancando o trabajando). Esto debe cumplirse tanto en el arranque con marcha como en el arranque en LOCAL.

VI.4. PARO DE SISTEMA

MODOS DE LOS MODULOS DE COMPRESION

Hay siete modalidades para la secuencia de paro. Una descripción de su operación es como sigue:

1. PARO NORMAL SIN VENTEO

a) Cuando en el tablero de control local o remoto se oprime el botón de paro normal sin venteo o paro normal respectivamente. Una lámpara frente al panel se iluminará "Secuencia de Parada" (SHUTDOWN SEQUENCE).

En un principio el turbo-compresor Axi que comprime los vapores de baja presión, estaba ligado a las secuencias de arranque y de parada, en la actualidad están independientes.

Por lo anterior en la secuencia de parada del módulo, si estaba operando el paquete del AXI este se detenía inmediatamente.

Quince segundos más tarde, las válvulas anti-inestabilidad son abiertas y la velocidad de la turbina empieza la rampa abajo lentamente. Tan pronto como la rampa de bajada comienza, el calentador eléctrico de gas combustible SCR es ordenado a entrar en operación.

b) cuando la velocidad de la turbina de potencia alcanza 4200 RPM, la rampa de bajada se detiene y toda la carga eléctrica es puesta fuera del generador A.C. Un temporizador de transición es activado para impedir que los ventiladores de cubierta, generador A.C. y bombas auxiliares de lubricación y aceite de sello arranquen hasta que el switch del

transferir haya completado la transferencia a energía de plataforma, completamente. Se energiza la SV-7 cortando el aire de enfriamiento a la T. de P.

c) Cuando el sistema de control reconoce que toda la carga eléctrica del Generador ha sido puesta fuera (SHED) y desde la lógica han sido eliminados los comandos (órdenes) de arranque de todos los enfriadores de gas y aceite, el interruptor de transferencia recibe la orden para moverse a la posición de energía de plataforma.

d) La transferencia será indicada por las lámparas de condición (status) del panel. Si el timer de transferencia ha terminado su tiempo antes de que la transferencia de energía sea completa, se anunciará un paro a vacío con cierre eléctrico por "secuencia de carga incompleta". Después de que la transferencia de energía es completa, la velocidad de la turbina seguirá decreciendo rampa abajo hasta que el G.G. alcance la velocidad de vacío. A 4000 RPM las bombas auxiliares de aceite de lubricación y aceite de sellos arrancarán.

Cinco segundos después de que el interruptor de transferencia alcance la posición de energía de plataforma, los ventiladores de cubierta y del Generador A.C. arrancarán y siempre y cuando el centro de control de motores señale que la energía de plataforma está disponible.

e) Cuando el G.G. alcance la velocidad de vacío, un temporizador de enfriamiento de 15 minutos es arrancado. Si la unidad no es ordenada a arrancar antes de que los 15 minutos de enfriamiento expire, se cortará gas combustible y la máquina se detendrá al final de dicho período. Frente al panel, una lámpara se prenderá "máquina en enfriamiento" (ENGINE COOLDOWN) cuando el G.G. alcance velocidad de vacío

y se apagará cuando el suministro de combustible del G.G. es cortado.

f) Cuando el suministro de gas combustible es cortado un temporizador de 2 horas es arrancado para mantener en operación a la bomba auxiliar de aceite lubricante de tal forma que las chumaceras de la turbina de Potencia y tren de compresores se enfrían lentamente. Este período de operación de la bomba auxiliar de lubricante será indicado por un lámpara del tablero como "secuencia de post lubricación". Otro timer de 2 horas es arrancado el cual mantiene operando a la bomba auxiliar de aceite de sellos y a las válvulas de venteo al quemador # 1 y # 2 cerradas. Esta condición se indica por medio de las lámparas de situación (status) de la bomba auxiliar y "Carcaza Presurizada" (CASING PRESSURIZED).

Las válvulas de venteo al quemador permanecerán cerradas a condición de que no se anuncie paros de emergencia sin venteo; el nivel del aceite de sello es mantenido arriba del interruptor de nivel de disparo en ambos tanques elevados y la presión diferencial es mantenida en ambos compresores. La válvula de venteo al quemador de la 2a. etapa puede abrirse o cerrarse según su ciclo, bajo el control del interruptor de la presión de estabilización que mantiene a la carcaza presurizada alrededor de 100 psig. Al final de las 2 horas, si la máquina no ha sido re-arrancada, una secuencia de venteo comenzará y las bombas auxiliares y el gas de sello serán cortados tan pronto como la carcaza es despresurizada.

Si se re-arranca la máquina antes de que transcurra el período de 2 horas, la máquina arrancará sin que haya el ciclo de purga del compresor ya que se encuentra presurizada.

También cuando se corta el suministro de combustible, un temporizador de 15 minutos es activado, el cual mantiene

operando el ventilador de cubierta y al ventilador del generador A.C., durante un período de enfriamiento de 15 minutos cuando la unidad se para. Cuando el suministro de combustible es puesto fuera, también el calentador eléctrico de gas combustible SCR recibe la orden de apagarse(off).

NOTA.- Si la máquina está en su ciclo de enfriamiento, ésta puede ser traída en línea, oprimiendo el botón de arranque, siempre y cuando todos los interruptores de los ventiladores de enfriamiento de gas y aceite estén en la posición de "auto".

2. PARO NORMAL CON VENDEO

Esta secuencia es idéntica a la secuencia de paro normal sin venteo excepto por dos puntos.- 1º porque hay un solo botón de esta secuencia en el tablero de control local y 2º porque cuando se corta el suministro de combustible se inicia una secuencia de venteo o purga al abrirse las 2 válvulas de venteo al quemador y las 3 válvulas de venteo atmosférico, después que la máquina ha terminado su período de enfriamiento.

a) Las válvulas de venteo de la 1ª y 2ª etapa se abren de inmediato.

b) Después de que la presión del gas de proceso en la línea de los compresores ha descendido a 3 Kg/cm^2 o ha transcurrido un minuto de purga abrirán las válvulas de venteo atmosférico E-101, E-102 y E-103.

3. PARO POR CIERRE ELECTRICO O PARO A VACIO (LOCK SHUTDOWN)

A.- Cuando se anuncia un paro a vacío, inmediatamente

el sistema de control realizará las siguientes etapas:

1.- Retira el permisivo de arranque/funcionamiento del Turbo-compresor Axi.

2.- Toda la carga eléctrica del Generador A.C. ha sido puesta fuera.

3.- Se inicia una rápida desaceleración de la T. de P. rampa abajo.

4.- Permanecen prendidas las lámparas del panel "2º calentamiento" y "encendido en caliente (HOT RESTART AVAILABLE) o re-arranque en caliente disponible, para un re-arranque rápido.

5.- Arranca un temporizador de transición para impedir (prevenir) el arranque de los ventiladores de cubierta, del Generador A.C. y las bombas auxiliares de aceite lubricante y aceite de sellos hasta que la transferencia de energía sea completa.

B.- Cuando el sistema de control ha verificado que toda la carga eléctrica ha sido retirada (desconectada), el interruptor de transferencia (switch del transfer) ha recibido la orden de moverse a la posición de energía de plataforma. La transferencia será indicada por una lámpara del panel frontal.

Las bombas auxiliares de lubricación de aceite de sellos además de los ventiladores de cubierta y del Generador eléctrico podrán arrancar, si se requiere, cuando el timer de transición se pare agotando su tiempo y se compruebe que el interruptor de transferencia está en la posición de energía de plataforma.

C.- La velocidad de la turbina continuará rampa abajo hasta que la máquina alcance la velocidad de vacío. Una vez que la velocidad de vacío es alcanzada, la secuencia es idéntica a la iniciada por un paro normal sin venteo.

La máquina se puede poner en línea, si se pueden restablecer las condiciones de paro (fallas) y otro arranque se puede iniciar antes de que el período de enfriamiento termine. Para iniciar otra instrucción de arranque todos interruptores selectores de los ventiladores de enfriamiento de gas y aceite deben estar en "AUTO", sin puentes en el PIU y canales correspondientes y el punto de ajuste de la velocidad de la T.P. se encuentre en el mínimo (set point manual de la T.P. en 90%).

4. UNIDAD A DESCARGO (UNLOAD)

Esta modalidad es exactamente igual que un paro a vacío (paro por cierre eléctrico), con las excepciones, de que el botón de su control comando que inicia el "descargo" no es el mismo y el hecho de que la máquina no entra en un ciclo de enfriamiento. La máquina permanecerá en velocidad de vacío indefinidamente hasta que se reciba la instrucción de carga (LOAD) comandada por el operador.

A.- Si se oprime el botón interruptor "carga/descarga" (LOAD/UNLOAD) del tablero de control local, se iniciará la modalidad de descarga. Se iluminará la lámpara descarga (UNLOAD UNIT) que se encuentra atrás del botón interruptor respectivo y se apaga la lámpara que nos indica "carga". Y de forma inversa al oprimir de nuevo el botón interruptor "carga/descarga", se ordena "cargar la unidad" otra vez, después de que la máquina esté en velocidad de vacío y todos los interruptores de enfriamiento estén en "Auto" además de la condición de no haber perdido el ler. calentamiento o des-

pués de haberlo efectuado durante 15 minutos.

Cabe hacer la aclaración que durante el arranque la máquina permanecerá en velocidad de vacío después del período normal del 1er. calentamiento de 15 minutos ya que el interruptor carga/descarga se mantiene en "descarga". Sólo hasta que el operador comande la instrucción de carga, la máquina acelerará rampa arriba desde velocidad de vacío.

5. PARO DE EMERGENCIA SIN (PURGA) VENTEO

A.- Cuando este modo de paro es empleado y anunciado, el suministro de combustible se corta inmediatamente.

Las válvulas de recirculación # 1 y # 2 son abiertas rápidamente por la acción de un solenoide de venteo rápido.

Se retira el permiso de arranque/operación del T.C. Axi.

La transferencia de energía del Generador A.C. a energía de plataforma se maneja exactamente igual que en caso de un paro con cierre eléctrico (rápido).

B.- Las válvulas de succión y descarga se cierran y se abre la válvula de venteo al quemador 2a. etapa.

C.- La válvula de venteo 2a. etapa permanecerá abierta hasta que el interruptor de la presión de estabilización instalado a un lado de la succión del compresor de la 1.ª etapa haya tomado el control.

D.- La válvula de venteo al quemador 2º etapa se

cierra cuando se alcanza la presión de estabilización y se mantendrá esta presión en la máquina mientras el nivel del aceite de sello se mantenga en ambas etapas y se mantenga la presión diferencial de gas de sello en ambos compresores y no se den instrucciones para que no se realice paros de emergencia con venteo.

E.- El ciclo de postlubricación y el mantenimiento de la presión en la carcaza son iguales que durante la secuencia de un paro normal sin venteo.

La máquina no podrá re-arrancar hasta que se agote el tiempo de 3 minutos de un timer que empieza a funcionar cuando se corta el suministro de combustible, esto permite que el G.G. se pare paulatinamente (Time to coast To a Stop.).

6. PARO DE EMERGENCIA CON VENTEO

Esta secuencia es la misma que la de un paro de emergencia sin venteo, con las siguientes excepciones.

A.- La secuencia de venteo comienza inmediatamente.

B.- El paro no puede ser restablecido hasta que la presión de la carcaza haya caído por debajo de 10 psig.

7. PARO POR CIERRE ELECTRICO (PARO A VEL. DE VACIO) CAUSADO POR FALLA DEL GENERADOR DEL MODULO

Un paro por falla del Generador es iniciada por la lógica del centro de control de motores y la secuencia de operación es idéntica a la del paro por cierre eléctrico o paro a vacío con la excepción de la operación del interruptor de transferencia. Cuando una falla del Generador es detectada, el interruptor de transferencia será colocado inmediata-

mente en la posición neutral.

Las lámparas frente al panel "Unidad conectada a energía del módulo y unidad conectada a energía de plataforma" deberán estar apagadas. El timer de transición será activado y de este punto la secuencia es idéntica a la de un paro a vacío cuando el módulo se dispare a velocidad de vacío por falla del Generador A.C., el operador debe anotar la hora y la falla marcada en el tablero de control del Generador del módulo y 1° restablecerá la falla al oprimir el botón del reset localizado en la parte central del tablero de control del Generador antes de restablecer la falla del Generador a.C. en el tablero de control de la Turbina de Gas GT-61, en el cuarto de control local del módulo respectivo.

VI.5. SELECCION DE LA CARGA ELECTRICA

El operador tiene la opción de poner la carga eléctrica en la red de energía de la plataforma o en la red de energía del Generador. La selección se hace al oprimir el botón interruptor cuyas lámparas indican "carga unida -a energía de plataforma" y "carga unida a corriente de módulo". Este interruptor es de acción alterna. La posición es indicada por una de las lámparas mencionadas y la otra se apaga. Un cambio en la selección de la carga eléctrica y por lo tanto un cambio en la secuencia de carga, solamente podrá ser hecho a máquina parada o la máquina se encuentra en velocidad de vacío/descarga. Un cambio también requiere todos los interruptores de ventiladores esten en la modalidad "AUTO". Si la unidad es ordenada a operar con energía de plataforma la secuencia de arranque es igual que si se hubiera ordenado cargarse con energía del Generador del módulo con las siguientes excepciones:

1.- Los ventiladores de cubierta y el del Generador A.C. no son puestos fuera durante el período de transición cuando la T. de P. alcanza una velocidad de 4200 RPM y se mantiene ahí.

2.- Si las bombas auxiliares de lubricación y aceite de sello son requeridos para operar después del punto normal de paro de 4000 RPM. Las bombas se pararán por un período de transición cuando la T. de P. alcance una vel., de 4200 y se sostenga.

3.- Los enfriadores de gas y aceite deberán entrar de la misma manera que en la secuencia donde se arranque la unidad unida a energía del generador del módulo, sin embargo están consecutivamente conectados a la barra colectora (BUS) de la plataforma y no a la barra colectora del Generador.

Es imperativo que se considere. Si el sistema de energía de plataforma va ser capaz de aguantar o aceptar la carga total a medida van entrando en su secuencia los ventiladores. Esta consideración será hecha antes de ordenar a la unidad que se carga con energía de plataforma.

4.- En un paro, las secuencias de descarga (dispersión de carga) será igual que si la unidad se hubiera cargado con energía de módulo.

Todos los ventiladores pararán inmediatamente en un paro a vacío (con cierre eléctrico), paro de emergencia sin venteo, paro de emergencia con venteo o reciba la orden de descargo. Los ventiladores se pararán a 4200 RPM de vel. de la T.P. cuando un paro normales ordenado. Los ventiladores de cubierta y del generador A.C. no deberán parar por el período de transición. Al igual las bombas auxiliares de aceite no se pararán si fuese necesario por el período de transición.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

En la actualidad el desarrollo de las operaciones unitarias como el proceso de la compresión de gas, se manifiesta mediante el control de las condiciones y parámetros de operación del proceso y equipo asociado a éste, de manera automática, confiable y eficaz, a través de un Sistema de Control de Secuencias Programable (3 microprocesadores) que dirige y ordena la ejecución de las diversas secuencias operativas correspondientes a dicho proceso.

PEMEX instaló y opera actualmente plataformas marinas en los yacimientos más ricos del País, que corresponden al cretácico mesozoico, localizados entre las latitudes 20° 30' y 18° 20' Norte, las longitudes 23° 30' y 91° 30' Oeste; aproximadamente 80 Km. mar adentro de la isla de Ciudad del Carmen y cuya explotación en un principio el gas asociado al crudo se desperdiciaba inutilmente al quemarlo por falta de equipo. Por lo que al entrar en operación las plataformas de compresión AKAL C, AKAL J, ABKATUM con objeto de comprimir grandes volúmenes de gas natural (1,100 MMSFCD) y enviarlo a tierra firme mediante dos gasoductos marinos de 36" de diámetro para su aprovechamiento en la petroquímica de Ciudad PEMEX, donde es procesado para obtener: Azufre, Gasolinas ligeras, gas dulce que pasa a las criogénicas para la obtención de gas metano, etano, propano, butano y otros. El gas metano se puede usar como combustible o procesario para obtener amoníaco. El etano sirve de base a la petroquímica secundaria para obtener polietileno y otros derivados.

Para éste fin se considero el equipo ya instalado y se verificó la -

selección del equipo a las condiciones reales de operación y las prácticas operativas y de mantenimiento normales se establecieron para lograr el fin mencionado. Empleando Módulos de Compresión de Gas, formado por dos turbo-compresores para manejar dos corrientes de gas, una a alta presión (3 a 5 kg/cm²) y otra a baja presión (.8 a 1.5 kg/cm²). El primero emplea una turbina de gas GT-61 que impulsa a un par de compresores centrífugos MTGB 724 y 733, de 7 etapas múltiples, sin enfriamiento, el gas confinado y comprimido por la acción de los impulsores, los cuales convierten la energía mecánica a energía de presión, inferida al gas de proceso desacelerado a través de un difusor y poder alcanzar la cabeza requerida para que llegue a su destino, su velocidad y capacidad es variable y su presión máxima de salida es constante (90 y 87 MMSCFD, 4500 lb/min, Vol. de entrada 15460 y 2147 ICFM húmedo, columna politrópica 71994 y 35920 ft., presión de descarga 1136 Psig=80 kg/cm²). En comparación con el caso general de los compresores centrífugos cuya máxima presión de descarga es de 10 000 Psig, bajando este valor con el tamaño de la máquina, manejando de 500 a 200 000 ICFM y presiones de salida de 800 a 5 000 Psig. La capacidad depende de la cabeza exigida por el proceso de compresión que representa el objeto de la operación y como base del control de los parámetros y equipo asociado al proceso de compresión a través de un microprocesador que registra, compara, ajusta y ejecuta la acción correctiva de las condiciones de operación.

Al irse agotando los yacimientos se pronostica un cambio en las condiciones físicas del gas de proceso en cuanto a presión y flujo, por lo que se ajusta la operación en función al comportamiento y características del equipo ya que las nuevas condiciones en la succión y en la descarga, nuevos requerimientos de potencia y servicios generados, adaptados y determinados con exactitud dentro de los límites del diseño, que nos aseguren una operación óptima al controlar la velocidad del G.G. y I.P. por el programa de control de combustible, que controlará el incremento en la

velocidad del impulsor por lo que el tipo de control debe emplearse de acuerdo al tipo de compresor y a las condiciones de operación del mismo. Así un cambio en la velocidad de giro del impulsor produce un cambio en la capacidad, cabeza desarrollada como en la temperatura del gas por cambio en su presión. Se estableció un control automático al accionamiento de velocidad variable en lugar de los controles de restricción de la corriente en la succión o la descarga donde las presiones de succión y de descarga se especifican independientemente del flujo. El control de la inestabilidad en los compresores centrifugos evita vibraciones y golpes o esfuerzos innecesarios como calentamiento del gas de proceso por medio de un módulo de control de inestabilidades que gobierna la posición de 2 válvulas de recirculación, para que a una determinada presión, de cierta cantidad de gas, manejada a cierta velocidad del compresor, se mantenga el flujo mínimo requerido para estar recirculando el gas de proceso sin caer en surge o inestabilidad del compresor por variaciones del flujo y la presión de succión; normalmente se encuentran cerradas para poder comprimir bien. Para poder predecir el comportamiento del equipo por cambios operacionales hay que conocer los tipos, las características de los compresores como las propiedades físicoquímicas del gas de proceso, base del diseño del compresor, ya que al cambiar la presión de succión, temperatura de entrada, peso molecular o el factor de compresibilidad, representa un cambio proporcional en el volumen de entrada, dentro del límite de capacidad diseñada, chequeando la información del fabricante a las condiciones de diseño original. Así del volumen inicial de 90 MMSCFD a la succión del compresor 742, obtenemos 80 MMSCFD de volumen de descarga en el compresor 733, siendo la diferencia los condensados de hidrocarburos. Cuando el gas entra al compresor a través de la conexión de succión y de ahí al impulsor, que imparte energía de velocidad radialmente, pasa al difusor donde se convierte la energía de velocidad en energía de presión.

la carcaza completa el cerco al difusor ,y sirve para recolectar todo el gas y recuperar la energía de velocidad adicional.

Tanto en el difusor como en las conexiones de succión,descarga y rodamientos se producen pérdidas por fricción y entonces la potencia desarrollada deberá ser lo suficiente para vencer éstas pérdidas(12984 y 6600 BHP).

El rango de velocidad de los compresores centrífugos es de 2 000 hasta 30 000 RPM dependiendo de la carga y el flujo para una aplicación específica(7313 y 8310 r.p.m. velocidad aproximada y continua máxima)

El Impulsor es el elemento principal del Compresor Centrífugo y está montado sobre la flecha motriz o su propia flecha que proporciona movimiento de giro a las partes móviles.Se encuentra soportada en sus extremos por los cojinetes,donde se efectúa el sellado a través de la carcaza para evitar fugas de gas al exterior.El tipo de sello depende del nivel de presión y de la naturaleza de el gas a manejar.

Al comprimir el gas aumenta su presión y su temperatura.Generalmente los Compresores Centrífugos no son enfriados,por lo que no pueden diseñarse para verificar una compresión Isotérmica donde el calor incrementado es eliminado durante la compresión,tal que la temperatura del gas permanece constante,pero para aproximarse se construyen con varias etapas de enfriamiento y enfriamiento de diafragmas.Por lo que la compresión se considera "Politropica"

Debido a que los Compresores Centrífugos tienen más de una etapa de compresión y bajas relaciones de compresión,la compresión del gas emplea enfriamiento entre etapas y separación de condensados.Aquí el intercambio de calor es gobernado por las Leyes de la Transferencia aplicadas a las propiedades del material.Esta compresión es irreversible debido a la fricción,turbulencia y conducción o radiación del gas.Estas pérdidas tienen un efecto térmico (pérdidas de calor) y requieren un trabajo adicional.Las pérdidas dependen del

exponente de el gas "K" y de la eficiencia politrópica (n_p). La eficiencia politrófica es la aproximación más cercana para verificar la efectividad de un --- compresor y es un criterio más preciso para el diseño de un compresor y no depende de las características de el gas.

El accionamiento o motor que impulsa a los Compresores Centrifugos lo constituye una turbina completamente computarizada de velocidad variable,-- programada para operar automáticamente con el menor riesgo y con una potencia de 26 650 HP. c paz de hacer volar un jet.

La operación de un sistema de Compresión está fundamentada tanto en el proceso de compresión como en las condiciones de operación, y sus contro-- les en función a las caracteristicas particulares del accionamiento-compreso-- res-instrumentación, que implican determinadas prácticas operativas y límites - de funcionamiento.

En el diseño del sistema de compresión se basa primordialmente en las propiedades fisico-químicas del gas de proceso como: el peso molecular, peso específico o densidad, capacidades caloríficas etc., incluyendo los reque-- rimientos del usuario respecto al costo, materiales de construcción, característi-- ticas, disponibilidad, tipos y eficiencias del equipo. Se considera una Compre--- sión politrópica cuya ecuación es : $P.V^n = \text{constante}$, donde "n"= constante poli-- tr pica. (la ley de la transf. de calor se aplica a las propiedades del material, su forma y  rea). Los compresores más empleados en la industria son los Centrifugos y Reciprocantes, su principal diferencia consiste en la forma particular que ca-- da uno tiene de impartir el aumento en la presión del gas manejado. Su selección depende básicamente de la cabeza y c pacidad r querida.

Este trabajo proporciona la información necesaria al lector (perso-- nal de operación y mantenimiento), notando las condiciones de operación más im-- portantes o críticas que se controlan para una operación adecuada, refiriendo a

los procedimientos rutinarios y de emergencia, que proporcionen un panorama general de la operación y un criterio más realista en el diagnóstico y solución de fallas, participando el personal involucrado, con disposición, conocimiento y experiencia, sosteniendo una comunicación efectiva para optimizar la operación y aumentar la productividad continua y sostenidamente. Además el lector con este trabajo podrá identificar plenamente los componentes, sistemas, protecciones, equipos auxiliares, instrumentos de control neumáticos y electrónicos de un turbo-compresor Ingersoll Rand GT-61, también podrá poner en operación los equipos principales y auxiliares de acuerdo a las secuencias de arranque y paro, con un máximo de seguridad y eficiencia. Detectará y corregirá algunas fallas de los componentes y sistemas de los módulos de compresión para que la operación sea mejor, previo auxilio de un mantenimiento preventivo, evitando disparos de la unidad al máximo; al controlar correctamente las variables de operación del proceso como presiones y temperaturas de succión y de descarga, flujos, niveles de aceites y condensados, vibraciones etc., tomando en cuenta las variaciones críticas y normales de los parámetros mencionados, como descomposturas y contingencias del equipo incluyendo las fallas humanas, previendo cambios operacionales de acuerdo a los cambios previstos de las condiciones del gas de proceso y de los pozos como del equipo disponible, simplificando métodos y procedimientos - un mantenimiento mas preventivo que correctivo, mejor capacitación del personal ya que si hay mayor orientación e información, redundarán en la calidad del trabajo y su seguridad, previniendo casos de emergencias y accidentes por ser área de alto riesgo. Respecto a las fallas del equipo que paralicen su operación, su diagnóstico empieza en el tablero de control del módulo de compresión y su eliminación en la reparación y refaccionamiento necesario.

CAPITULO VIII

VIII.1 BIBLIOGRAFIA

- 1.- "Chemical Engineers Handbook". Robert H. Perry and Cecil N Chilton Editors. Mc Graw Hill Book Company. Fifth edition - 1973.
- 2.- Operación y mantenimiento de los Módulos de Compresión. Vol. I y II. Secc 1-9 y Secc. 10-11, Febrero 1981. Ingersoll - Rand.
- 3.- Turbinas de gas Industriales y marítimas. General Electric, Septiembre 1980. Generador de Gases 7 LM-2500, GEK 505, 10-5, Vol. I.
- 4.- "How to control centrifugal compressors". Elliot Co. Copyright 1963 - Gulf Publishing Co., Houston Texas.
- 5.- Instruction Manual TCG 103-3 Vol. 1-11, Vol. II Ingersoll - Rand - Pemex. Electronic Control System. Enero de 1982, Continental Controls Corporation. Bendix.
- 6.- Compressor Handbook. Published by Hydrocarbon Processing Gulf Publishing Company. 1969.
- 7.- Reporte de Operación del Departamento de recolección y transporte de gas. Cd. del Carmen. Septiembre de 1982. Petróleos Mexicanos.
- 8.- Boletín de Fisher Controls. Marzo de 1979.

- 9.- "Centrifugal Compressors". Ingersoll - Rand, 1972, Ingersoll Rand Co.
- 10.- New Developments en the Antisurge Control for Centrifugal Compressors. Dr. Humberto Filippini. Departamento de Diseño de Turbinas, Nuovo Pienone.
- 11.- Product Manual. Dislapak Indicator and On - Off Controllers. Honeywell Inc.
- 12.- Physical and Thermodynamic, Properties of elements and Compounds". Chemetron Corporation. Catalysis division. 1969.
- 13.- Boletín de Heat Engineering & Suplly Co. Marzo de 1980. El Monte Cal.
- 14.- Reciprocating Process gas Compressors. Borsig Gruppe Deutsche Bab cock.
- 15.- Factors that influence selection of a Compressor. Pág. 101 a 103 (Cost Engineering in the process industries). Edited by Cecil H. Chilton and the staff of Chemical Enginnering. Mc Graw Hill Book Company Inc. 1960.
- 16.- Det - Tronics Instructions. RT302, C 70 50 B Combination Ultraviolet Fine Detection System 6/79.
- 17.- Principios de Operaciones unitarias A.S. FOUST. C.W. CLUMP. L.A. WENZEL L.B. Andersen, L. Maus;CEPSA.