

620.
SAN.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Cursos Especiales de Tecnólogos

**Mantenimiento mecánico y eléctrico
de equipos de Refinería.**

**Monografía previa a la obtención
del Título de Tecnólogo en:**

Electromecánica de Refinerías

**WILSON SANTACRUZ ALVAREZ
DARIO PAZ SALAZAR**

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.984



**SECRETARIA
GENERAL**

INDICE GENERAL

| | Pag. # |
|---|-------------------|
| PROLOGO | 1 |
| CAPITULO I. BOMBAS CENTRIFUGAS | 2 |
| 1.1. GENERALIDADES | 2 |
| 1.2. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO | 2 ^a 3 |
| 1.2.1. LIMITES DE CAVITACION | 3 ^a 4 |
| 1.3. COMPONENTES | 4 |
| 1.4. DESARMADO | 4 ^a 7 |
| 1.5. REPARACION | 8 |
| 1.5.1. CHEQUEO DE LA FLECHA | 8 |
| 1.5.2. CHEQUEO DEL IMPULSOR | 8 |
| 1.5.3. CHEQUEO DE LA CARCASA | 8 |
| 1.5.4. CHEQUEO, SELECCION DEL TIPO Y TAMAÑO DE LOS RODAMIENTOS | 9 ^a 10 |
| 1.5.4.1. CAPACIDAD DE CARGA Y DURACION DE LOS RODAMIENTOS | 11 |
| 1.5.4.2. VELOCIDAD DE GIRO PERMITIDA | 11 |
| 1.5.4.3. INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS ELEVADAS | 12 |
| 1.5.4.4. CAPACIDAD DE CARGA ESTATICA DE LOS RODAMIENTOS | 12 -13 |
| 1.5.4.5. DIMENSIONES PRINCIPALES DE LOS RODAMIENTOS | 13- 14 |
| 1.5.4.6. JUEGO INTERNO DE LOS RODAMIENTOS | 14- 15 |

... VIENE

| CAPITULO | Pag. # |
|---|---------|
| 1.6 AR MADO DE LA BOMBA | 15 a 17 |
| 1.7. LUBRICACION Y MANTENIMIENTO DE L OS RODAMIENTOS | 17 a 18 |
| 1.7.1. LUBRICACION Y GRASA | 18 a 19 |
| 1.7.2. LUBRICACION CON ACEITE | 19 |
| 1.7.3. INTERVALOS DE LUBRICACION | 19 a 22 |
| 1.7.4. MONTAJE Y DESMONTAJE DE LOS RO DAMIENTOS | 22 a 24 |
| 1.8. EMPAQUETADURA EN UNA BOMBA CEN TRIFUGA | 24 a 28 |
| 1.8.1. EMPAQUETADURAS, METALICAS | 28 a 29 |
| 1.8.2. EMPAQUETADURAS PLASTICAS | 29 a 30 |
| 1.8.3. EMPAQUETADURAS DE FIBRAS | 30 |
| 1.8.3.1. EMPAQUETADURAS DE FIBRA VEGE- TALES | 30 |
| 1.8.3.2. EMPAQUETADURAS DE FIBRA DE AS_ BESTO | 30 a 31 |
| 1.8.3.3. EMPAQUETADURAS DE T.F.E. | 31 a 32 |
| 1.8.3.4. EMPAQUETADURAS DE GRAFITO | 32 |
| 1.8.3.5. SELECCION DIMENSIONAL DE LA EMPAQUETADURA | 32 a 36 |
| 1.8.3.6. EL CORRECTO METODO DE EMPACAR | 36 a 45 |
| 1.9. SELLOS MECANICOS EN BOMBAS CEN TRIFUGAS | 45 a 49 |

... VIENE

| CAPITULO | Pag. # |
|--|---------|
| 1.9.1. CLASIFICACION DE LOS SELLOS MECANICOS | 49 a 54 |
| 1.9.2. SELECCION DEL SELLO MECANICO | 55 |
| 1.10 ALINEAMIENTO DE BOMBA Y MOTOR | 55 a 61 |
| II. COMPRESORES CENTRIFUGOS. | |
| 2.1. GENERALIDADES | 62 |
| 2.2. DEFINICIONES MECANICAS | 62 |
| 2.2.1. BASE | 62 |
| 2.2.2. BOOSTER | 62 |
| 2.2.3. CARCAZA | 62 |
| 2.2.4. DIAFRAGMA | 63 |
| 2.2.5. ENFRIAMIENTO DE DIAFRAGMA | 63 |
| 2.2.6. DIFUSOR | 63 |
| 2.2.7. COMPRESOR DINAMICO | 63 |
| 2.2.8. IMPULSOR | 64 |
| 2.2.9. ROTOR | 64 |
| 2.2.10. SELLOS | 64 |
| 2.2.11. FLECHA | 64 |
| 2.2.12. CHUMACERAS DE LA FLECHA | 64 |
| 2.2.13. MANGUITOS DE LA FLECHA | 64 |
| 2.2.14. ACCESORIOS DE BALANCEO AXIAL | 64 |

| ... VIENE | Pag. # |
|---|---------|
| CAPITULO | |
| 2.2.15. CHUMACERAS AXIAL | 65 |
| 2.2.16. VOLUTA | 65 |
| 2.3. APLICACIONES DE COMPRESORES CENTRIFUGOS | 65 a 67 |
| 2.4. CARACTERISTICAS | 67 a 68 |
| 2.5. DETALLES PRINCIPALES DE DISEÑO | 68 a 70 |
| 2.5.1. EFECTO DEL ANGULO DE SALIDA DEL ASPA | 70 |
| 2.5.1.1. PRUEBA Y BALANCEO | 71 |
| 2.5.2. DIAFRAGMA | 71 |
| 2.5.3. EMPAQUES INTERETAPAS | 71 |
| 2.5.4. ROTOR Y SUS COMPONENTES | 72 |
| 2.5.4.1. TAMBOR DE BALANCEO | 72 |
| 2.5.4.2. VIBRACION Y BALANCEO | 72 |
| 2.5.4.3. VELOCIDADES CRITICAS | 72 a 73 |
| 2.5.4.4. CARCAZA | 73 |
| 2.5.4.5. CHUMACERAS Y BALEROS AXIALES | 73 |
| 2.5.4.6. SELLOS PARA FLECHA | 73 a 74 |
| 2.5.4.7. SELLOS DE LABERINTO | 74 |
| 2.5.5. SISTEMA DE LUBRICACION Y DE SELLADO | 74 a 75 |
| 2.6. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO | 75 |
| 2.7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE COMPRESORES CENTRIFUGOS | 76 a 78 |

... VIENE

CAPITULO

Pag.#

III. PROBLEMAS DE VIBRACION EN MAQUINARIA ROTATORIA

3.1. GENERALIDADES

79 a 84

IV. MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS

4.1. GENERALIDADES

84 a 85

4.2. PARTES DE QUE ESTA COMPUESTO

85 a 87

4.3. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO

87 a 98

V. TRANSFORMADORES

5.1. GENERALIDADES

99

5.2. COMPONENTES

99 a 102

5.3. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO

102 a 109

INDICE DE FIGURA

| Figura # | | Pag, # |
|--------------|---|--------|
| 1. | COMPONENTES DE UNA BOMBA CENTRIFUGA | 5 |
| 2. | INTERVALOS DE LUBRICACION DE RODA - MIENTOS | 21 |
| 3. | CAJA DE ESTOPEROS | 25 |
| 4. | R AYADURAS PREMATURAS DE LA FLECHA | 25 |
| 5. | EMPAQUETADURAS PREFORMADAS Y PRECOR TADAS | 35 |
| 6. | PRESION QUE SUFREN LOS ANILLOS | 37 |
| 7,8,9,10 | METODOS DE EMPACAR | 39 |
| 11,12,13,14, | METODO DE EMPACAR | 41 |
| 15,16,17, | METODO DE EMPACAR | 42 |
| 18,19,20 | METODO DE EMPACAR | 44 |
| 21. | FORMA PRIMITIVA QUE USA COMPONENTES MECANICO | 47 |
| 22. | SELLO MECANICO QUE USA COMPONENTES POR SEPARADO | 47 |
| 23. | CLASIFICACION POR ARREGLO POSICIO- NAL (SELLOS MECANICOS) | 53 |
| 24. | ACLOPLAMIENTO SIN ESPACIADOR | 59 |
| 25. | ACOPLAMIENTO CON ESPACIADOR | 59 |
| 26. | TIPOS DE IMPULSORES | 69 |
| 27. | EMPAQUES INTERETAPAS | 69 |
| 28. | SELLO PARA FLECHA | 69 |
| 29. | PARTES DE UN MOTOR ELECTRICO TRIFASI CO. | 86 |

... VIENE

Pag. #

Figura #

30

DISPOSICION GENERAL DE UN TRANSFOR

MADOR

100

ESTA MONOGRAFIA FUE DIRIGIDA Y REVISADA POR EL INGENIERO
FRANCISCO TORRES.

ING. FRANCISCO TORRES
DIRECTOR DE TEISS
PROF. DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL.

P R O L O G O

El mantenimiento de los equipos en una industria tiene gran importancia. Así podemos hablar del mantenimiento preventivo y correctivo,

Al mantenimiento preventivo lo definimos como el conjunto de actividades para reducir el desgaste, conservar la maquinaria en buenas condiciones de funcionamiento y evitar paros imprevistos por causa de averías.

El mantenimiento preventivo tiene una marcada influencia en el trabajo de mantenimiento correctivo y en el costo total de mantenimiento.

El mantenimiento correctivo se lo define como el conjunto de actividades para corregir los fallos, sustituir partes desgastadas y la reparación y reconstrucción de máquinas para volverlas a poner en condiciones de funcionamiento y devolverles su precisión.

En el contenido de esta monografía hablaremos acerca del mantenimiento de Bombas Centrífugas, de Compresores, de motores eléctricos y de transformadores.

I. BOMBAS CENTRIFUGAS.-

1.1 Generalidades.-

1.1. Una bomba centrífuga es una máquina que se utiliza para transferir líquidos de un punto a otro - por medio de la conversión de energía mecánica aplicada por una fuente externa, a energía potencial dentro del líquido manejado por la bomba. La bomba puede elevar el líquido, ó simplemente darle suficiente carga - para vencer la fricción de la tubería.

Se acostumbra expresar esta energía como carga expresada en pies de líquido manejado por la bomba.

Actualmente las bombas ocupan el segundo lugar en importancia entre todas la maquinaria que se emplea en la industria. El primero le corresponde a los motores eléctricos. Cualquier substancia que pueda fluir, es capaz de ser bombeada, desde el éter más volátil, hasta los lados más pesados. Los metales fundidos y los líquidos a 600°C ó más, no representan mayor problema para las bombas modernas.

1.2 . PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO

Tanto el funcionamiento mecánico como hidráulico se ven afectados cuando una bomba centrífuga maneja una mezcla de líquido con sólido en suspensión.

Los sólidos en suspensión en el líquido no pueden absorber, almacenar, ó transmitir energía de presión, co-

no puede hacerlo en líquido. La presión ejercida por un fluido sobre las paredes de un recipiente es ocasionada por el bombardeo de las moléculas que se mueven libremente en un espacio confinado. Las moléculas de un sólido están restringidas en su movimiento por la atracción molecular y no pueden participar en mantener ó transmitir energía de presión, ni pueden aumentar su propia energía cinética cuando están rodeadas con líquidos que transportan la energía de presión.

Para que una bomba centrífuga se mantenga en buenas condiciones, siempre hay que estar chequeando las vibraciones que tengan una buena lubricación, que no tenga ruidos extraños en esta forma evitaremos que el equipo de problemas. Pero cuando el problema de funcionamiento es grave hay que desarmar la bomba para hacerle el chequeo respectivo y proceder a su reparación.

1.2.1. LIMITES DE CAVITACION.-

La presión estática en una corriente cerrada de fluido desciende a medida que se incrementa locamente la velocidad de circulación. Las velocidades del fluido en una corriente cerrada alcanzan un límite superior concreto tan pronto como la presión absoluta se hace igual a la presión de vapor del fluido. Cuando se alcanza este límite, el fluido vaporiza, formando bolsas de vapor en la corriente que perturban la circulación,

y por su colapso subsiguiente, producen vibraciones, ruido y la destrucción de las paredes circundantes. Esta forma de vaporización en una corriente rápida de fluido, recibe el nombre de cavitación.

1.3. COMPONENTES.-

Una bomba centrífuga consta primordialmente de un rodete portador de los álabes o paletas, llamado impulsor, y de una caja, envolvente o carcasa fija. Otras partes esenciales complementarias de todas las bombas centrífugas son las siguientes: 1) Las superficies de desgaste situadas en el lugar en donde están en contacto las partes giratorias y las fijas que impiden que el fluido regrese del lado de alta presión al de baja presión del rodete. 2) El eje que soporta el rodete y que transmite la fuerza motriz; y 3) el prensa estopas o cierre hermético del eje, que impide las fugas a lo largo del eje en donde este último atraviesa la carcasa.

1.4. DESARMADO.-

Este tipo de equipo así como una mayoría, viene provisto en su diseño de puntos básicos para su manio - bra y desarme, siendo esto pasado por alto frecuentemen - te.

Para desarmar la bomba es necesario desacoplarla del motor o turbina y al ejecutar esta operación hay que uti -

BOMBA CENTRIFUGA DE UNA ETAPA

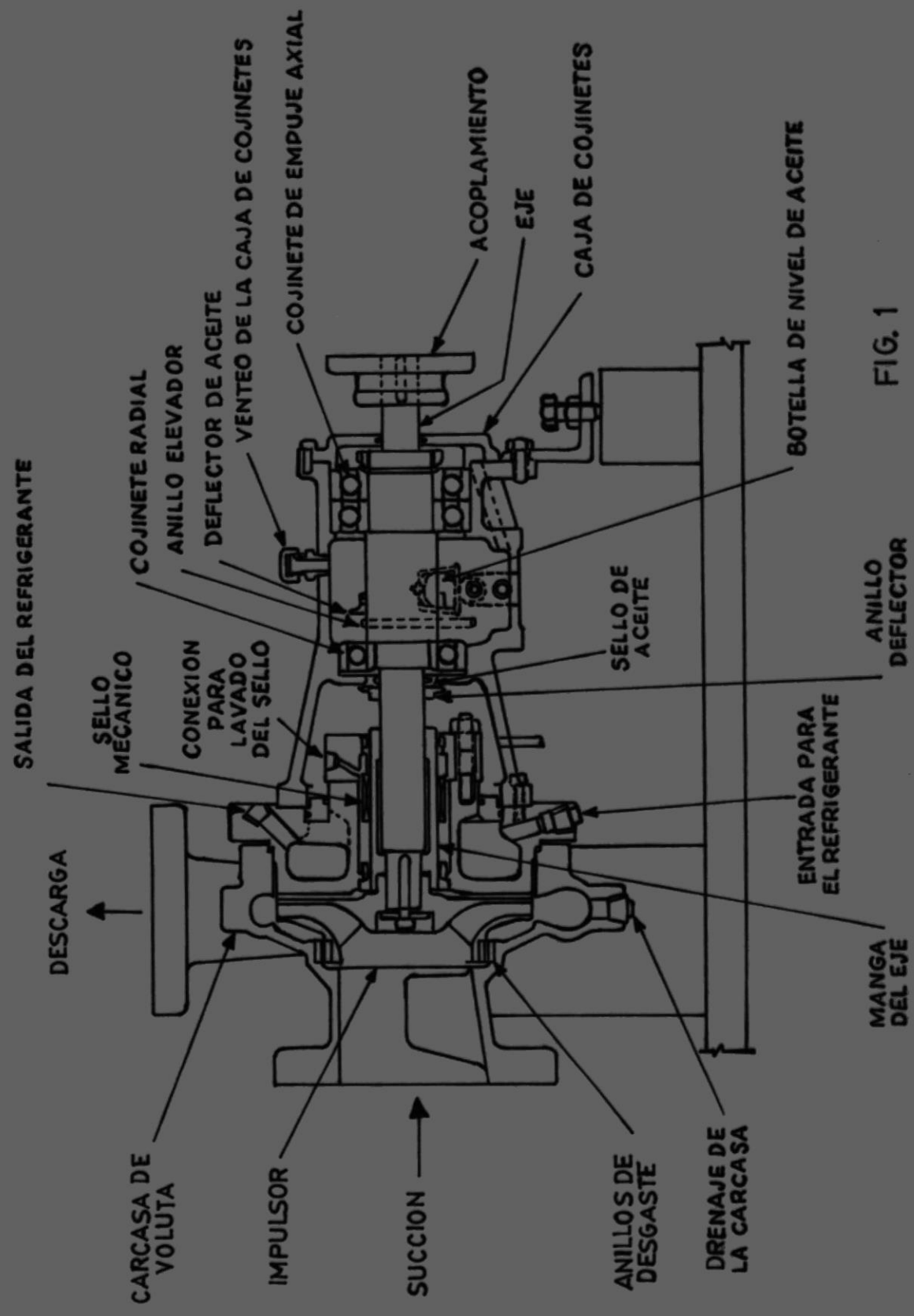


FIG. 1

lizar las herramientas correctas y necesarias, así como martillo de hule o plástico, plomo, etc., para separar los medios coples y el espaciador, teniendo cuidado de no dañar el sello de hule que tiene en la parte posterior la brida del medio cople, ni la zona frontal del cubo, que es donde se efectúa el alineamiento. La mayoría de las veces para despegar las bridas, se les golpea en el borde exterior, produciéndole deformaciones al mismo, dificultando en algunos casos la entrada de los tornillos que tienen también la función de guía. Es muy común tener en los equipos, desbalances producidos por mala distribución de masa en los acoplamientos ocasionado por la falta de tornillos, desigualdad de los mismos o de las tuercas, como consecuencia de un mal desacoplamiento al dañar o extraviarlos y no reponer idénticos.

Para sacar el medio cople que corresponde a la bomba, por lo general la operación se efectúa golpeando en la parte trasera de la brida o del cubo, ocasionando con esto deformaciones que posteriormente causarán problemas mayores. Todos los acoplamientos traen sus barrenos para ser extraídos y en caso de no contar con ellos es necesario hacer uso de extractores de plato, de uña, de puente, etc.

Para desarmar el elemento rotativo de una bomba centrífuga, es necesario separar la voluta o parte estaciona-

ria de la bomba el cuerpo donde se alojan los rodamientos y el rotor, dicho cuerpo viene provisto de barrenos roscados en la brida de union de la media bomba perfectamente distribuidos para despegarlos, auxiliándose con extractores tipo opresor de cabeza cuadrada de acero de alta resistencia; en la mayoría de los casos, se efectúa dicha operación por medio de cuñas, que dañan ambas caras de union, los esparragos de sujeción, la guía, la junta, etc., al no poder controlar la separación de los mismos de una manera uniforme.

En la parte superior del cuerpo de la bomba se encuentran puntos perfectamente localizados para la maniobra de desarme, consistiendo por lo general en cáncamos roscados u orificios donde alojar el estrebo para mantener dicho cuerpo nivelado.

Hay que tomar en cuenta que para separar el cuerpo de la bomba es necesario efectuar un movimiento hacia el lado matriz por tal motivo al instalar la maniobra, hay que preveer este desplazamiento.

Esta muy generalizado el uso de un tubo o madera pasada por el cáncamo, para soportar el cuerpo de la bomba, poniendo en peligro al operario u operarios y al equipo mismo por tratar de sostenerlo; es necesario hacer uso del montacarga, diferenciales, etc., para efectuar las maniobras asi como las gruas móvil existentes en los sectores.

1.5. REPARACION.-

Las partes principales a reparar son las siguientes:

1.5.1. CHEQUEO DE LA FLECHA.-

En el rectificad~~o~~ de la flecha deberá efectuarse una inspección completa previa para ver si no es necesario un trabajo extra en la misma, siendo estos: lugar de alojamiento del impulsor, rosca de fijación del impulsor, zona de baleros, zona de cople, manga para empaque o sello mecánico. Posteriormente la fecha se colocará entre dos puntos y se observará si no está flexionada o torcida, efectuándose las correcciones necesarias.

1.5.2. CHEQUEO DEL IMPULSOR.-

Se inspeccionará perfectamente el impulsor, viendo el estado de sus álabes, anillos de desgaste, cuñero diámetro exterior, etc., si es de varios pasos, se observará el estado de los espaciadores y los difusores intermedios.

En el cuerpo de la bomba, se observará el alojamiento de los baleros, midiendo el ajuste que tiene con respecto al balero mismo.

1.5.3. CHEQUEO DE LA CARCASA DE LA BOMBA.-

Hay que chequear que la carcasa no tenga rajaduras.

Ay que ver, en la parte interna de la carcasa donde -

van acoplados los otros elementos se encuentran en buenas condiciones.

1.5.4. CHEQUEO, SELECCION DEL TIPO Y TAMAÑO DEL RODAMIENTO.*

Hay que chequear que los rodamientos se encuentran en malas condiciones para proceder a su cambio. Los factores que influyen en la selección de rodamientos son totalmente numerosas, que es casi imposible establecer una regla general de selección. No obstante pueden ser muy útiles los principios siguientes: Para pequeños montajes se emplea generalmente "rodamientos de bolsas". La capacidad de carga de los rodamientos de bolsas pequeños es apenas inferior a la de los pequeños rodamientos de rodillos del mismo tamaño, en cambio son de un mantenimiento más sencillo que el de los rodamientos más sencillos que el de los rodamientos de rodillos.

Para soportes de grandes dimensiones y fuertemente cargados, deben adoptarse "rodamientos de rodillos". Incluso en pequeños montajes son preferibles los rodamientos de rodillos si la carga va acompañada de choques.

Para montajes en los cuales existen empujes axiales relativamente importantes que deban ser soportados por un rodamiento radial, el rodamiento rígido de bolas ofrece corrientemente la mejor solución, sobre todo si la velo

cidad de giro es elevada. Existen otros tipos de rodamientos radiales apropiados para soportar cargas axiales bastantes elevadas, por ejemplo, los rodamientos de bolas con contacto angular, los rodamientos de rodillos o rótula y los rodamientos de rodillos cónicos.

Si el eje puede ocupar una posición oblicua con respecto al soporte, conviene emplear rodamientos de bolas o rótula o de rodillos a rótula por sus propiedades de alineación automática.

Los rodamientos de rodillos cilíndricos de ejecución corriente, con uno de los aros sin pestañas, no pueden soportar cargas axiales. Estos rodamientos permiten que el eje se desplace dentro de ciertos límites.

Los rodamientos axiales de bolas están destinados únicamente a soportar cargas axiales y no pueden soportar ninguna carga radial.

Los rodamientos axiales de rodillos a rótula pueden soportar no solamente empujes considerables sino también cargas radiales de importancia.

Cuando deben satisfacerse exigencias particulares, por ejemplo, si los rodamientos de una máquina deben tener la mínima deformación elástica posible bajo carga variable, o también cuando los rodamientos de una máquina deben permitir el desmontaje rápido y cómodo de sus diferentes elementos, se obtiene la solución mediante una acertada selección de los rodamientos y estudiando cuida

dosamente el proyecto de la aplicación.

1.5.4.1. CAPACIDAD DE CARCA Y DURACION DE LOS RODAMIENTOS.-

Se entiende por duración de un rodamiento el número de revoluciones que puede efectuar un rodamiento antes de que aparezcan signos de fatiga en algunos de sus aros o de sus cuerpos rodantes. El desgaste del material es la única causa de averías en los rodamientos que no pueden eliminarse. Una disposición defectuosa, una falta de cuidado, una lubricación insuficiente o inadecuada, una obturación poco satisfactoria, los ajustes inexactos, etc., pueden inutilizar el rodamiento en un tiempo imposible de calcular por adelantado, pero en general estas causas de averías de rodamientos pueden evitarse adoptando disposiciones de montaje adecuadas.

1.5.4.2. VELOCIDAD DE GIRO PERMITIDA.-

La velocidad máxima permitida para cierto rodamiento, depende de la importancia de la carga, del sistema de lubricación, de las condiciones de refrigeración y de otros numerosos factores. Pues imposible de indicar exactamente el número máximo de revoluciones por minuto a que puede girar un rodamiento.

1.5.4.3. INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS ELEVADAS.-

La capacidad de carga de los rodamientos, que depende de la calidad de los aceros empleados, disminuye se la dureza del material es rebajada por una temperatura elevada. La reducción aproximada de la capacidad de carga a diferentes temperaturas está indicada en la tabla siguiente: Temperatura del Rodamiento en ° C 125°

| | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|---|
| 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | Reducción de la capacidad de - | |
| carga 5% | 10% | 15% | 25% | 35% | 40% | Debe tenerse en cuenta que esta reducción de la capacidad de carga es permanente, ya que el material no vuelve a recuperar su dureza primitiva cuando la temperatura desciende. |

Para rodamientos que deban emplearse a temperaturas elevadas, puede ser necesario un tratamiento térmico especial de los aros, para que tengan una estabilidad de medida suficiente.

Además, cuando se estudia el empleo de rodamientos a temperaturas elevadas es necesario considerar la capacidad del lubricante de conservar sus propiedades lubricadoras a la temperaturas previstas.

1.5.4.4. CAPACIDAD DE CARGA ESTÁTICA DE LOS RODAMIENTOS.*-

En el caso de una carga aplicada a un rodamiento parado o que solamente efectúe pequeños movimientos, no es la fatiga del material lo que determina la ca

pacidad de carga, sino que ésta queda reducida por la aparición de deformaciones permanentes en los puntos de contacto entre los cuerpos rodantes y los caminos de rodadura. No existe ningún límite claramente determinado a partir del cual empieza a producirse tales deformaciones, ya que éstas aumentan progresivamente. En general, la carga de un rodamiento parado que más tarde debe estar en disposiciones de girar normalmente, pueden alcanzar la capacidad de base estática sin que el funcionamiento del rodamiento sufra con ello.

En ciertos casos, donde los rodamientos no giran sino que desarrolla solamente movimientos oscilantes, se puede admitir una carga bastante superior a la capacidad de base estática.

También para los rodamientos giratorios, la capacidad de base estática puede alguna vez determinar la selección de un rodamiento.

Si la carga máxima actúa uniformemente y sin choques durante largo tiempo, el camino de rodadura se deforma en su totalidad y no aparecen irregularidades molestas.

1.5.4.5. DIMENSIONES PRINCIPALES DE LOS RODAMIENTOS.-

Es de común interés para el fabricante de rodamientos y para el constructor de máquinas obtener rodamientos de alta calidad a bajo precio. Estas dos condiciones, al parecer contradictorias, solo pueden conseguir

se con una producción de rodamientos en grandes series. Para ello, los fabricantes y los constructores deben ponerse de acuerdo para limitar el número de tipos y tamaños diferentes.

A este efecto se han establecido en la Organización Internacional de normalización ISO unos planes para las dimensiones principales de los diferentes tipos de rodamientos.

Cada rodamiento normalizado pertenece a una "serie de dimensiones" que es designada por un número de dos cifras. La segunda cifra indica la "serie de diámetro" y la primera la "serie de anchura".

Los rodamientos que pertenecen a una cierta serie de diámetro exteriores correspondientes a los mismos agujeros son diferentes para las diferentes series de diámetro. En cada serie de diámetro existen rodamientos de anchuras diferentes. Los rodamientos correspondientes a una serie determinada de dimensiones, tienen el mismo agujero, la misma sección.

1.5. 4. 6. JUEGO INTERNO DE LOS RODAMIENTOS.-

Se entiende por juego interno de un rodamiento el desplazamiento relativo de los dos aros, en el sentido radial o en el sentido axial.

El juego radial es de primordial importancia para el funcionamiento del rodamiento. Como regla general, se

puede afirmar que el juego radial de los rodamientos de bolas, en funcionamiento continuo, debe ser casi nulo, - incluso un ligero apriete previo no tiene por lo general ninguna consecuencia perjudicial. Los rodamientos de rodillos, que trabajan en condiciones difíciles, deben tener un cierto juego, aún insignificante, para funcionar satisfactoriamente.

Todos los rodamientos radiales son suministrados con un juego superior al que debe tener el rodamiento durante - su funcionamiento. El juego de un rodamiento queda, en efecto, reducido después del montaje con un ajuste fuerte del aro interior el cual por esta causa, se dilata o bien del aro exterior que se comprime dentro de un cierto límite.

Además el juego de rodamiento es influenciado por la diferencia de temperatura que se establece entre los dos aros durante el funcionamiento. Generalmente las condiciones son tales que el aro exterior es más enfriado que el aro interior. Este último tiene pues una temperatura un poco más elevada que el aro exterior, de lo que proviene una disminución del juego del rodamiento.

1. 6. ARMADO DE LA BOMBA.-

Cuando se tenga todos los componentes del elemento rotatorio listos para armar, se tendrá mucho - cuidado con el montaje de los rodamientos, ya que si tan

to los baleros como las tuercas de sujección se apretan con herramientas no adecuada eso producirá una falla prematura en los mismos, por tal motivo se dispondrá de aditamentos necesarios como camisas que permitan deslizar - en su interior la flecha, al igual que la cara de contacto con el balero, perfectamente maquinada, para introducir el rodamiento parejo y sin el riesgo de golpear el anillo separador de las bolas o roles, efectúándolo con la prensa, gatos mecánicos o hidráulicos, a golpe sobre dicho aditamento, etc.

Antes de introducir el cuerpo de la bomba en la voluta, será necesario chequear la guía, la junta y los anillos de desgaste, así como los orificios de aceite labador - cuando existan. Hay que tener mucho cuidado de apretar perfectamente la media bomba, así como de hacer la introducción de esta apretando parejo las tuercas opuestas, - dando un recorrido final en un solo sentido.

ACOPLAMIENTO

Una vez que se tenga la bomba completamente armada no debe corregirse el alineamiento, con más o menos apriete de la media bomba, ya que si es necesario efectuar correcciones se hará con toda la unidad completa si no está perñada la base, o con la parte motriz, motor o turbina.

Cuando una bomba es del tipo Cantiliver, no se corregu-

rá el alineamiento con el soporte frontal, ya que esta pieza se fijará hasta tener el alineamiento permitido. La cantidad de grasa que se debe poner a los acoplamientos, es simplemente una película en todos los dientes de medios coples y espaciadores, colocando una vez acoplado, aceite pesado por los orificios que traen exclusivamente para ello. La cantidad necesaria de aceite pesado es aproximadamente de 80 cm³. en cada brida. Es muy común el llenar completamente de grasa el espaciador, produciendo ésto vibración por tener una mala distribución de la grasa cuando está operando la unidad. Hay que tener en cuenta que, el cubre -cople es parte integrante de la bomba, y por tal motivo es necesario instalarse cada vez que se efectúa una reparación o se haga el mantenimiento preventivo de cople en ese equipo. Al terminar la reparación de la bomba, es necesario hacer una limpieza general del área donde se encuentra dicha unidad, teniendo cuidado de chequear la existencia de drenajes operables, tanto de la bomba misma como de la base.

1. 7 . LUBRICACION Y MANTENIMIENTO DE LOS RODAMIENTOS.

Todos los rodamientos, excepto los rodamientos axiales de rodillos o rótula, pueden ser lubricados ya sea con aceite mineral. La grasa contribuye a la obturación de los soportes, y el aceite no se emplea más que

cuando existe una razón cualquiera para emplearlo, por ejemplo: cuando la velocidad es demasiado elevada para permitir el empleo de grasa.

1.7 .1. LUBRICACION CON GRASA.-

La mayoría de los rodamientos no necesitan ser lu
bricados más que una o dos veces al año. Se el -
rodamiento es fácilmente accesible, no es necesario toma
mar disposiciones especiales para la introducción de la
grasa.

Con velocidad elevada el rodamiento, sobre todo si es de
grandes dimensiones, debe ser engrasado a intervalos re-
lativamente cortos. Lo mismo cuando la grasa debe prote
ger contra los efectos del agua o cuando la temperatura
es elevada. Entonces es aconsejable que el soporte ten-
ga un agujero de engrase y una boquilla que permita in-
troducir la grasa y por medio de una bomba. A fin de -
que la grasa nueva pueda realmente penetrar entre los ele
mentos rodantes, el conducto de engrase debe desembocar
inmediatamente al lado del aro exterior o llegar hasta -
los elementos rodantes.

Una cantidad demasiado elevada de grasa en el soporte -
puede ocasionar un fuerte aumento de la temperatura si
el número de revoluciones por minuto es elevado. Por -
ello, el soporte no debe llenarse enteramente de grasa;
con ciertas grasas líticas por ejemplo, sólo debe lle -

narse enteramente de grasa líticas, por ejemplo, sólo debe llenarse un tercio del espacio libre. Si el rodamiento necesita lubricaciones suplementarias debe abrirse el soporte después de algunos engrases y quitar la grasa usada.

1. 7 . 2 . LUBRICACION CON ACEITE.-

La temperatura de funcionamiento de un rodamiento de bolas o de rodillos es la más favorable cuando el rodamiento es alcanzado por una cantidad relativamente pequeña de lubricante. Si el rodamiento, debido a velocidad elevada está lubricando con aceite, debe preocupar que no llegue al interior del rodamiento mientras gira, una cantidad de aceite demasiado grande.

Los rodamientos axiales de rodillos o rótula exigen una mayor cantidad de aceite que los rodamientos en general.

1. 7 . 3 . INTERVALOS DE LUBRICACION.-

EL mantenimiento de un rodamiento consiste entre otras cosas en la aportación, a intervalos convenientes, de nuevo lubricante que reemplace al que se ha consumido o ensuciado durante el funcionamiento.

El tiempo durante el cual un rodamiento lubricado con grasa puede trabajar sin renovación del lubricante, de la construcción y tamaño del rodamiento y también de otros factores. En casos corrientes, como por ejemplo -

cuando se trata de rodamientos en máquinas estacionaria que trabajan a temperaturas y cargas normales, se puede si se lubrican con grasa apropiada para rodamientos, fijar los intervalos de lubricación.

Para los rodamientos con una altura de sección mas pequeñas, los intervalos de lubricación puede ser un poco más largos; en cambio los rodamientos de series de dimensiones gruesas cuya capacidad este enteradamente a provechada deben lubricarse más a menudo. Para los rodamientos de rodillos cónicos lubricados con grasa, puede adoptarse en general, el mismo intervalo de lubricación que para los rodamientos de rodillos a rótula.

Se puede fijar los intervalos de lubricación según los diagramas de la fig. # 2 . Las abscisas representan los diámetros de agujeros de los rodamientos (d) en mm, y las ordenadas el número de revoluciones por minuto (n). Las curvas (tf) indican los intervalos de lubricación en horas de funcionamiento, todo establecido para tres diferentes grupos de rodamientos radiales: rodamientos de bolas, rodamientos de rodillos cilíndricos y rodamientos de rodillos a rótula.

La cantidad de grasa necesaria para una lubricación correcta es, en gramos y aproximadamente, igual a $0.005 \times D \times B$, siendo D el diámetro exterior del rodamiento y B su anchura, ambos en mm.

Cuando se trata de rodamientos a los cuales la grasa de

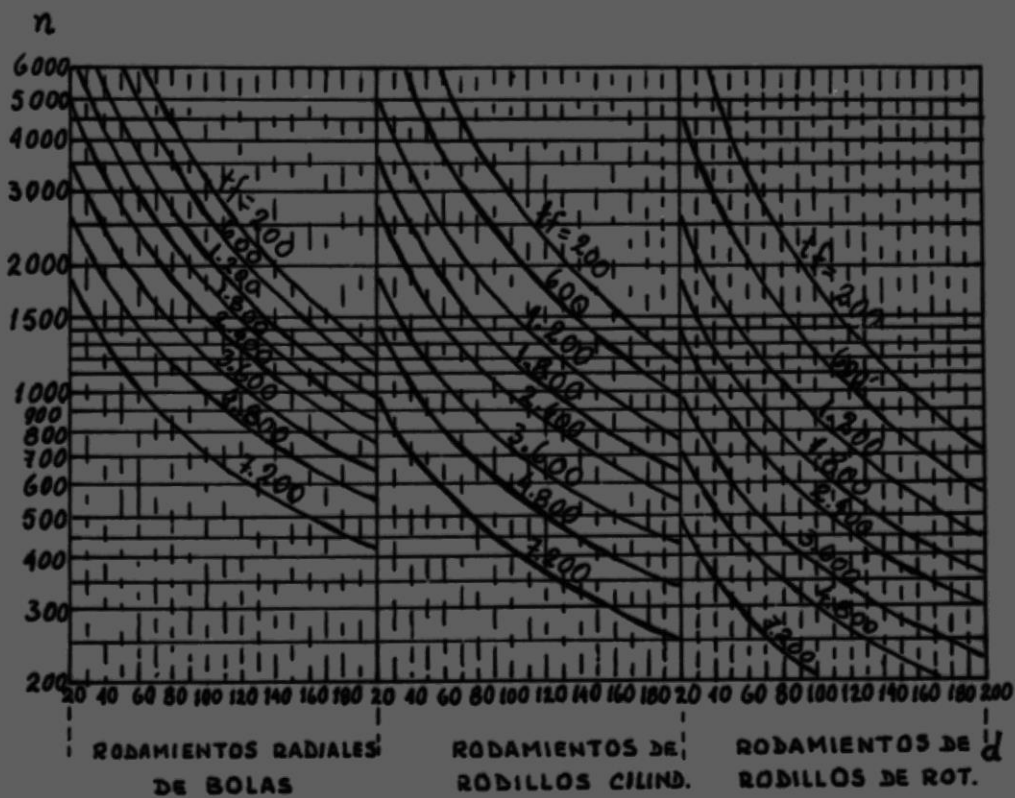


FIG. 2

be proteger contra la oxidación, por ejemplo, en máquinas emplazadas en locales húmedos, pueden ser necesario intervalos de lubricación más cortos.

Con lubricante por baño de aceite, debe retirarse, a ciertos intervalos, el aceite viejo existente en el soporte y sustituirlo por aceite nuevo. La duración de los intervalos depende sobre todo, de la temperatura del rodamiento y del riesgo de ensuciarse el aceite, pero también de otros factores, como por ejemplo, de la velocidad del rodamiento. Si la temperatura de funcionamiento es siempre inferior a 50 C y no hay gran riesgo de suciedad, el aceite debe renovarse cada año aproximadamente.

A temperaturas más elevadas o en condiciones difíciles de funcionamiento, el aceite debe renovarse con más frecuencia, por ejemplo cada dos o tres meses para una temperatura de 100 C.

Es necesario prever que puede convenir una aportación de aceite para compensar las pérdidas por oxidación, evaporación y derrames.

1. 7 . 4 . MONTAJE Y DESMONTAJE DE LOS RODAMIENTOS.-

Una condición para obtener resultados de funcionamiento satisfactorios, es realizar el montaje con la máxima limpieza. Esto debe considerarse al seleccionar el local de trabajo.

Los rodamientos deben conservarse en su embalaje original hasta el momento de ser montados, para no arriesgar que entre impurezas en los mismos accidentalmente.

Las otras partes del conjunto a montar, como por ejemplo ; alojamientos, ejes, etc., serán bien liquidados y aceitados antes del montaje.

Al montar rodamientos de bolas con manguito de fijación no deberá apretarse la tuerca del manguito tan fuerte que no pueda hacerse girar con facilidad el aro exterior.

Después de haber engrasado los rodamientos y terminado de montarlos, se efectúa la prueba de funcionamiento.

Se escucha el funcionamiento de los rodamientos aplicados el oído en el mango de un destornillador por ejemplo, cuyo otro extremo se apoya en el soporte. Un silbido indica una lubricación defectuosa que una marcha ruidosa e irregular es debida probablemente a la presencia de materiales extrañas dentro del rodamiento.

Durante la prueba, debe observarse la elevación de temperatura, principalmente si se trata de elevadas velocidades de giro. Observando la temperatura que se alcanzan los rodamientos se pueden en efecto, juzgar si el montaje es correcto y si el lubricante es apropiado en calidad y cantidad.

El sistema más apropiado para desmontar un rodamiento depende de la ejecución del montaje. Un rodamiento de

agujero cilíndrico montado con ajuste fuerte sobre el eje, se desmonta más comodamente con un útil de desmontaje, el cual debe colocarse de forma a evitar que el esfuerzo necesario para el desmontaje no se transmita a través de los elementos rodantes.

1. 8 . EMPAQUETADURA EN UNA BOMBA CENTRIFUGA.-

La función de una empaquetadura en una bomba centrífuga, no es propiamente como su nombre lo indica, el de empaquetar y evitar la fuga del fluido en operación. Su objetivo práctico es permitir la fuga, restringiéndola y controlándola dentro de los límites aceptables al proceso.

Esto es particularmente cierto al considerar las altas velocidades periféricas generalmente encontradas en las bombas centrífugas, pues el calor generado por fricción entre la empaquetadura y el eje rotativo es tan grande, que solo una fuga controlada del producto es capaz de disiparlos.

Para una mejor comprensión de la función de una empaquetadura, veamos el diseño común de una caja de estoperos conteniendo seis anillos de empaquetadura tejida y lubricada. Fig. # 3

Inicialmente la empaquetadura es comprimida por medio del prensaestopos; cuando la bomba entra en operación, el fluido bombeado pasará por el pequeño claro entre la

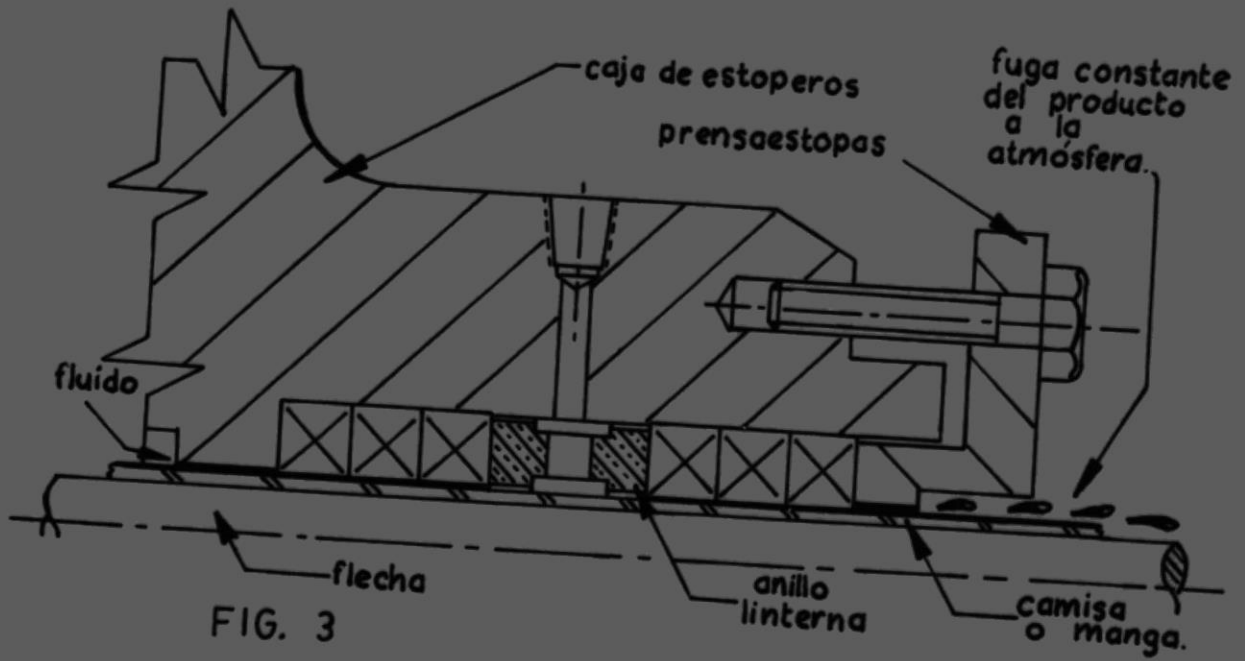


FIG. 3

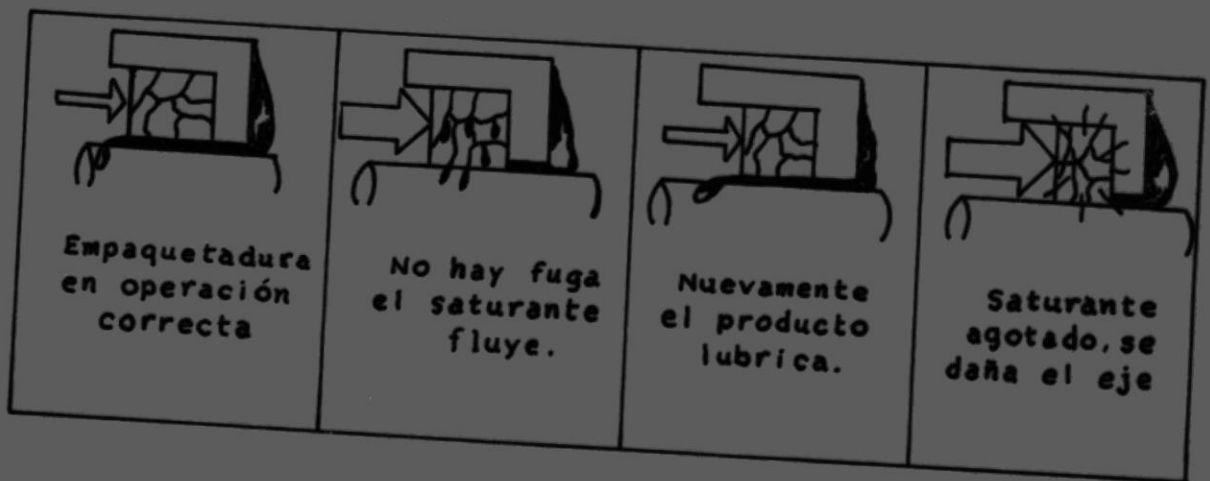


FIG. 4

empaquetadura y el eje rotativo, actuará lubricante y ayudará a disipar el calor por fricción resultante.

Este importante punto es con frecuencia ignorado por me cánicos inexpertos, que al observar fuga del producto - efectúan ajustes en exceso y al deterla, provocan que - la empaquetadura opere en seco, limitando su vida y oca sionando rayados prematuros de la flecha o manga de la bomba. **Fig. 4**

Quando operamos en altas temperaturas o altas presiones que crean calor adicional, será necesario proveer medio de lubricación externos. Estos también se requerirán cuando se opere con fluidos de valores lubricantes no satisfactorios.

Esta lubricación externa se introduce a la caja de estoperos por medio de un anillo linterna que generalmen te se localiza a la mitad de la caja de estoperos, sin embargo su exacta localización debe ser determinada en base a la viscosidad y poder lubricante del fluido in troducido, así como a las condiciones de succión a las condiciones de succión o vacío contra los que actúa la empaquetadura.

Los medios de introducir la lubricación varían de a - cuerdo a los requerimientos y pueden ser tan simples como el uso de una grasera hasta la complicada instala ción de un sistema independiente de bombeo para suminis trar el vital fluido lubricante.

El medio más usado es recircular el mismo fluido bombeado, tomándolo de la zona de descarga de la bomba e inyectándolo directamente a la caja de estoperos, esto asegura la afluencia de lubricante a la zona de empaquetadura a pesar de efectos de vacío o cavitantes sobre ella y permite una más rápida disipación del calor.

La línea de recirculación, produce además otro beneficio, es obvio que si la conectamos perpendicularmente al flujo de descarga, conducirá menor porcentaje de sólidos y partículas extrañas que las propias del fluido en operación.

No existe empaquetadura que pueda resistir condiciones abrasivas dentro de límites de duración que se consideren satisfactorios.

Basados en que una empaquetadura en una bomba centrífuga, actúa realmente como un buje restrictivo y requiere por tanto de una adecuada lubricación, pasemos a analizar las propiedades deseables y necesarias para su correcto funcionamiento.

1.-) La empaquetadura debe ser lo suficientemente moldeable para conformarse a la felcha y caja bajo la presión del prensaestopas.

2.-) No debe tener ningún componente que pueda ser disuelto, atacado o debilitado por el fluido bombeado o el lubricante.

3.-) Debe ser lo suficientemente elástica para absorber

los movimientos radiales normales de la flecha rotativa.

4.-) Bajo efectos de presión, debe adoptarse por sí misma, sin extruirse, ni producir fricción destructiva y calor.

5.-) No debe causar abrasión o corrosión a la flecha.

6.-) Debe perder su volumen lentamente de modo que no requiera frecuentes ajustes o reposición.

Las bombas centrífugas usan empaquetaduras que en referencia a su método de operar, son llamadas del tipo a - compresión dentro de estas se clasifican en acuerdo a sus materiales y métodos de construcción tres grupos básicos:

Empaquetaduras metálicas

Empaquetaduras plásticas y,

Empaquetaduras de Fibras o filamentos tejidos.

Bajo análisis de sus propiedades básicas, se puede llegar a una correcta selección del estilo de empaquetadura más adecuado para determinado servicio, siempre que se consideren además los factores básicos de inatacabilidad por el fluido bombeado y resistencia a la temperatura y presión de operación.

1. 8 .1. EMPAQUETADURAS METALICAS.-

Los materiales más comunes para aplicaciones en bombas centrífugas son plomo, aluminio, y cobre en forma de cintas delgadas arrolladas en espiral para pre

er flexibilidad y depósitos de lubricante.

Ventajas: Alta disipación de calor, formar el buje más perfecto entre todas las empaquetaduras conocidas y - permiten una regulación de fuga constante sin necesidad de ajustes frecuentes, costo razonable.

Desventajas: Poco poder de recuperación, por lo que su uso está limitado a bombas centrífugas operando en correcto alineamiento y libre de vibraciones excesivas.

1. 8 . 2 . EMPAQUETADURAS PLASTICAS.-

Construcción en mezcla homogénea a base de fibras de asbesto, grafito, aceite y aglutinantes especiales; algunos tipos incorporan partículas metálicas antifricción.

Ventajas: Fácil conformación y excelente flexibilidad, a través de su desgaste siguen presentando la misma composición antifricción contra la flecha, y se adoptan a sus irregularidades, sin crear excesivo calor por fricción, excelentes en bajas presiones, costo económico.

Desventajas: Baja resistencia a la presión, se extruyen por los claros entre flecha y caja de estoperos y requieren frecuentes ajustes para regular la fuga cuando existen altas fluctuaciones de presión.

Bajo un análisis de ventajas y desventajas de las empaquetaduras metálicas y plásticas, estas se complementan -

tan para formar una combinación ideal en juegos de empaquetadura formados de ambos estilos.

1. 8 . 3 . EMPAQUETADURAS DE FIBRAS O FILAMENTOS TEJIDOS

Cabe aquí hacer una subclasificación dada la enorme variedad de materiales y métodos de construcción

1. 8 . 3 . 1. EMPAQUETADURAS DE FIBRA VEGETALES.-

Estas incluyen fibras de limo, yute o algodón trenzadas y lubricadas.

Ventajas: Bajo costo, facilidad de instalación, contra flechas de bronce y en servicios de agua fría o similares todavía son satisfactorias.

Desventajas: Sus lubricantes son lavados y arrastrados por el fluido en operación, soportan muy poco calor por fricción y por tanto debe permitirse mayor fuga.

1. 8 . 3 . 2. EMPAQUETADURAS DE FIBRAS DE ASBESTO.-

Existen dos clases de esta fibra mineral resistente a alta temperatura: el común asbesto blanco o candiense y el asbesto azul o africano.

Esta última es más áspera y abrasiva pero tiene superior resistencia a los ácidos.

Las fibras de asbesto mezclada con algodón para proporcionar fuerza tensil se trenzan en sección cuadrada, impregnada con lubricantes especiales y grafito para obtener las empaquetaduras de uso más generalizado en la operación de bombas centrífugas.

Ventajas: Resistencia a la temperatura generada por fricción, adaptables y flexibles con muy poca variación de su volumen en los diferenciales de temperatura de operación, costa económico.

Desventajas: A través de su operación, sus lubricantes e impregnantes son arrastrados por el fluido en operación, presentan entonces una superficie que desgasta a la flecha o su manga.

1. 8 . 3 . 3 . EMPAQUETADURAS DE TFE(POLITRETRAFLUORO ETILENO).-

Dadas sus relevantes propiedades, resistencia al calor (260 ° C, máximo), su bajísimo coeficiente de fricción y su casi total inatacabilidad química, el TFE se ha convertido en uno de los materiales de empaque de mayor uso en la industria.

Lamentablemente, otra de sus propiedades, su baja conductividad térmica, limita su uso en la operación de bombas centrífugas como empaquetadura, pues la alta velocidad periférica de la flecha de la bomba, genera tal calor, que sobrepasa la resistencia del TFE (260 ° C), lo degenera y carboniza. Por tanto su uso también está sujeto al paso de lubricante entre la flecha y la empaquetadura para disipar el calor por fricción.

Ventajas: Químicamente inerte, permite operar productos altamente corrosivos, no produce ninguna contaminación

al producto manejado, bajo coeficiente de fricción. Desventajas: Disipación de calor casi nula, su volumen en cambio de temperatura dificulta control de fuga, alto costo.

1.8 .3 .4. EMPAQUETADURAS DE GRAFITO.-

El advenimiento de estas nuevas empaquetaduras es tá resolviendo muchos de los grandes problemas de empaçado. Fabricadas totalmente de filamento o escamas laminadas de grafito puro, combinan las propiedades de inercia química, alta resistencia a temperatura, bajo coeficiente de fricción y excelente conductividad térmica, características de ese material.

Ventajas: Alta resistencia a la temperatura, virtualmente inerte a ataque químico, magnífica disipación de calor.

Desventajas: Muy alto costo, no resisten oxidantes fuertes.

1.8 .3 .5. SELECCION DIMENSIONAL DE LA EMPAQUETADURA

Los espesores de la sección transversal de la empaquetadura, guardan una íntima relación con el diámetro de la flecha o manga. En la siguiente tabla se enumeran los espesores recomendados contra el diámetro correspondiente de la flecha, que generalmente usan los fabricantes de prestigio de bombas centrífugas.

Es muy recomendable por tanto, que se hagan maquinados a los ajustes necesarios para establecer una correspondencia dimensional adecuada, si se encuentran en el campo bombas centrífugas que esten usando empaquetaduras de sección transversal alejadas en exceso de las correlativas de la tabla indicada.

| DIAMETRO DE FLECHA | | SECCION TRANSVERSAL |
|--------------------|----------|---------------------|
| | | EMPAQUETADURA |
| 1/2" | a 5/8" | 5/16" |
| 11/16" | a 1 1/2" | 3/8" |
| 1 9/16" | a 2" | 7/16" |
| 2 1/16" | a 2 1/2" | 1/2" |
| 2 9/16" | a 3" | 9/16" |
| 3 1/16" | a 4" | 5/8" |

Es importante usar los espesores indicados para llenar el espacio reservado al empaque. Si se usan espesores menores, habrá que comprimir excesivamente las empaquetaduras para lograr llenado. Esto reduce la sección, agotando los márgenes de compresibilidad que pueden ser necesarios en ajustes futuras. Por el contrario, si se usan espesores mayores, se hace necesario forzarlas o emplanarlas previamente. En tal condición la empaquetadura está sobrecargada en la caja de estoperos y produce aumento de temperatura.

Un método infalible que asegura el uso del espesor correcto, es el adquirir las empaquetaduras moldeadas y preformadas en forma de anillo; en lugar de comprarlas en carretes o rollos. Lo más importante es que estos juegos preformados, ponen en mano del cliente, las empaquetaduras adecuada para la tarea y presentan las siguientes ventajas:

- 1.-) Vienen dispuestos en el debido orden de instalación.
- 2.-) Conformadas a las dimensiones exactas, tanto del eje como de la cja de estoperos.
- 3.-) Eliminan la posibilidad de emplear un espesor incorrecto.
- 4.-) No hay el riesgo de cortar defectuosamente los anillos; que, o quedan cortos y no cierran, o resultan largos y atascan la cja de estóperos.
- 5.-) Impiden el uso de empaquetaduras incorrectas u ordenadas impropiamente y reducen el volumen de existencias en almacenes considerablemente.
- 6.-) Suprimen los desperdicios de material, motivados por anillos mal cortados que deben desecharse.

Empaquetaduras Preformadas y Precortadas, Fig. # 5

Puesto que han sido moldeadas, los anillos que componen estos juegos vienen ya parcialmente comprimidos, lo cual reduce el periodo de asentado y hace posible ponerlos a trabajar a plena carga en menos tiempo.

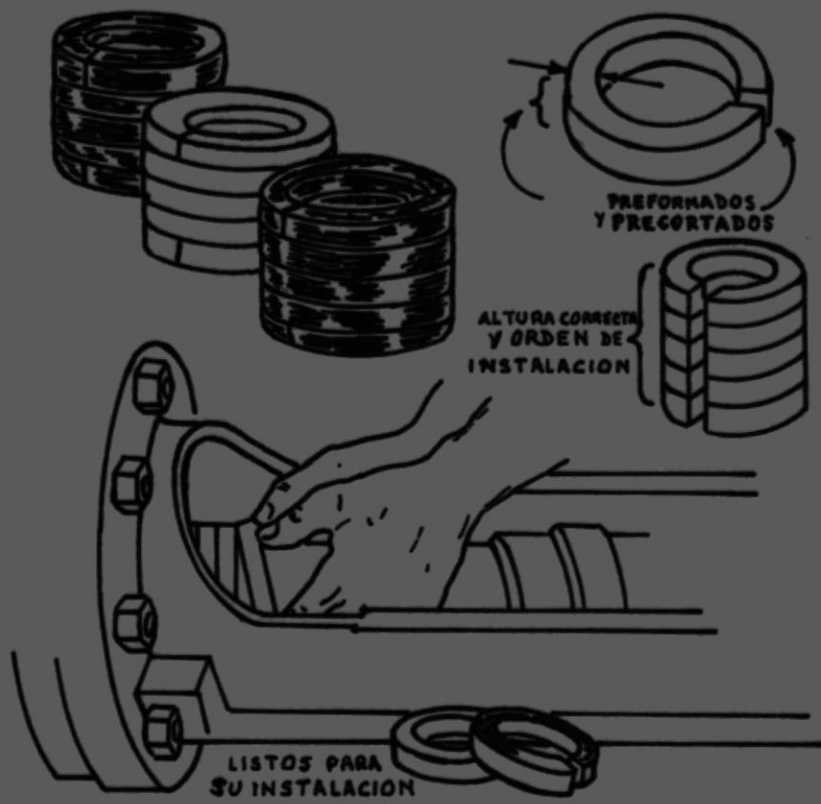


FIG. 5

La experiencia ha demostrado que, en las empaquetaduras del tiempo comprensión, una combinación de estilos, rin de mejor servicios y duración que los conjuntos de una sola clase. Cuando las condiciones de operación no son severas y la presión es baja, empaques blandos de plásticos, todos de un mismo estilo, pueden utilizarse con buenos resultados. Con mayores presiones se aconseja incluir en el conjunto empaques de mayor densidad, a fin de que servan de soporte a los menos denso. Uno de ellos debe instalatse al nivel del cuello de la caja de estoperos y otro inmediato al prensaestopas, con el objeto de evitar la extrusión de los más blandos, por estos dos puntos.

Los anillos inmediatos al prensa estopas son siempre - los que soportan la mayor parte de la carga mecánica de éste; y los que contribuyen en mayor proporción al sellado.

En la figura 6 se muestra, claramente, como los anillos inmediatos al prensaestopas son los que sufren - una mayor comprensión. Siempre es posible mediante - una inteligente disposición de anillos de diferentes densidades, lograr una repartición uniforme de la carga a lo largo de todo el conjunto de empaques.

1. 8 . 3. 6 EL CORRECTO METODO DE EMPACAR.-

Independientemente de la correcta selección de -

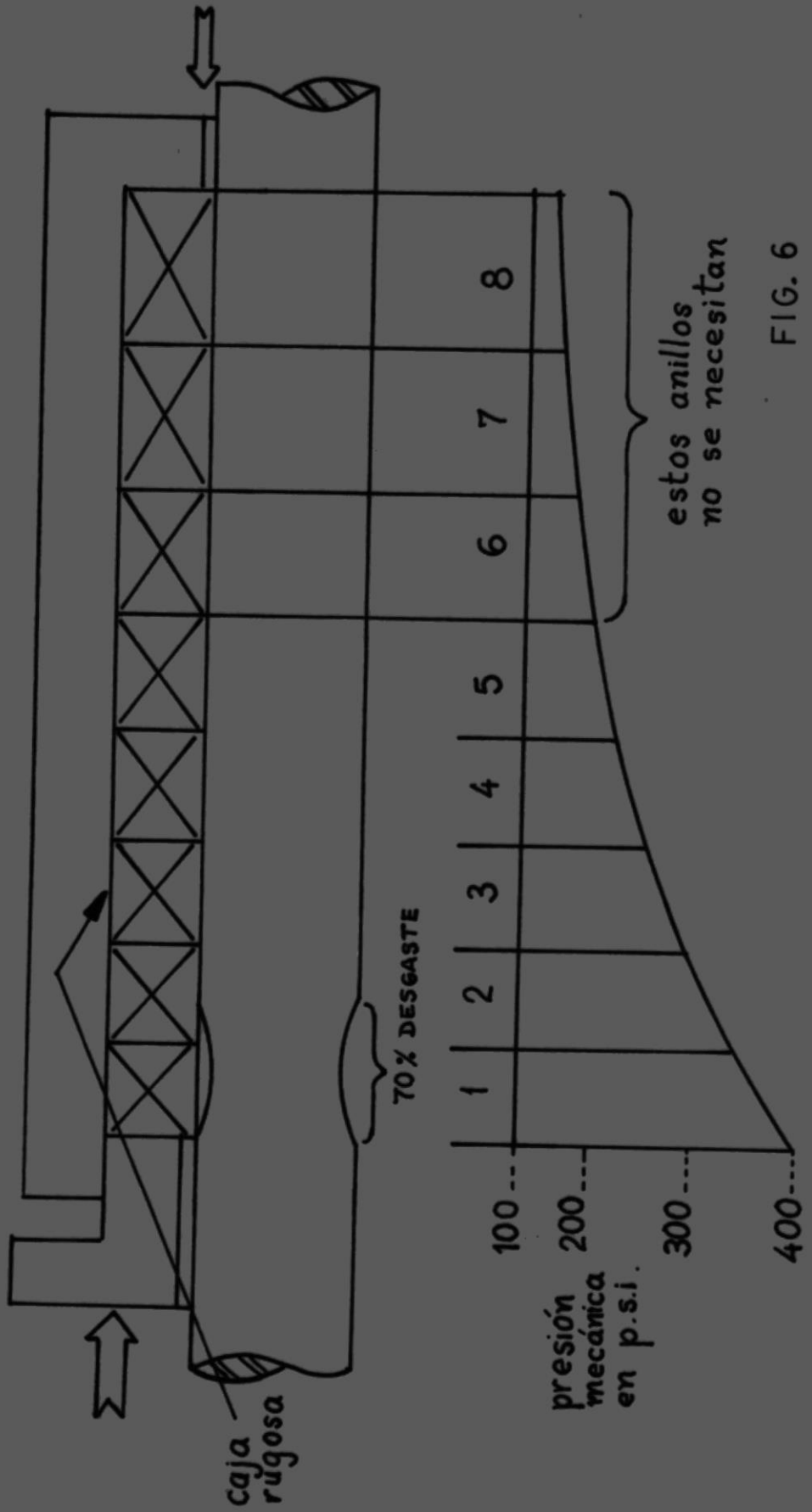


FIG. 6

una empaquetadura para servicio determinado y de los esfuerzos por proporcionarle medios de lubricación adecuados, Las empaquetaduras continúan fallando prematuramente en la industria. Estas fallas son atribuibles casi en su totalidad a métodos impropios de empaquetado y asentado inicial.

A menudo se dice que empaquetar una bomba centrífuga no es una ciencia sino un arte.

A continuación se indica como se debe empaquetar una bomba centrífuga.

- 1.-) Remueve la empaquetadura usada con la ayuda de un par de ganchos extractores del tamaño adecuado y sin dejar vestigios de empaquetaduras, limpie perfectamente el interior de la caja de estoperos, chequeando con es y lámpara de ser necesarios. Fig. # 7
- 2.-) Chequee la concentricidad de la flecha en relación al diametro interior de la cja de estoperos. Fig. # 8
- 3.-) Chequee la concentricidad en giro de la flecha, - esta no debe exceder. 05 mm. (0.002") al diámetro. Fig. 9
- 4.-) La superficie de la flecha en el area de empaquetado debe estar libre de rayados, corrosión o protuberancia. Fig. #10
- 5.-) Examine el prensaestopas, el claro radial interior debe ser 0.4 mm (0.015") máximo para prevenir la extrusión de la empaquetadura el claro radial exterior debe ser 0.25 mm (0.010") máximo para evitar que se apoye en la flecha. Fig. # 11

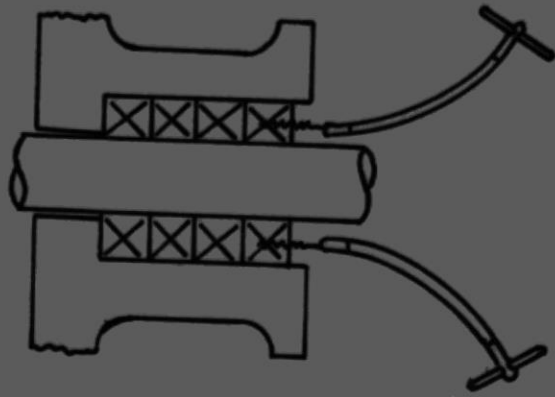


FIG. 7



FIG. 8

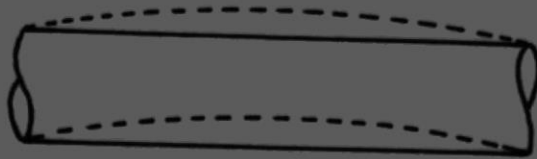


FIG. 9

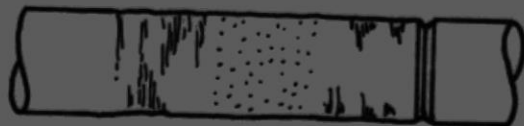


FIG. 10

6.-) Chequee el claro entre el apoyo del fondo de la caja y la flecha, este no debe ser mayor de 0,25 mm (0,010") radialmente. Puede ser ventajoso el uso de un espaciador delgado para cerrar el claro al fondo de la caja de estoperos para prevenir la extrusión de la empaquetadura. Fig. # 12

7.-) Mide la profundidad de la caja de estoperos para asegurarse de cuantos anillos de empaquetadura son requeridos, deje espacio libre para la entrada y centrado del prensa estopa. Fig. # 13

8.-) De no notar con juego preformados, coloque la empaquetadura alrededor de la flecha a un mandril del mismo diámetro, trace dos líneas paralelas a la flecha y separadas por una distancia igual a la sección de la empaquetadura y corte a 45°. Fig. # 14

9.-) Las empaquetaduras metálicas y plásticas deben abrirse para su instalación en sentido espiral apartando sus puntos axialmente. Si esta abertura no es suficiente puede hacerse un corte interior parcial a cada anillo de empaque. Fig. # 15

10.-) Chequee el primer anillo para asegurar su correcto ajuste, la flecha debe girar libremente; de ser compatible con el producto lubrique cada anillo con compuesto antiaferrador lubricante THRED-GARD en sus diámetros interior y exterior. Fig. # 16

11.-) Instale cada anillo individualmente, con la ayu-

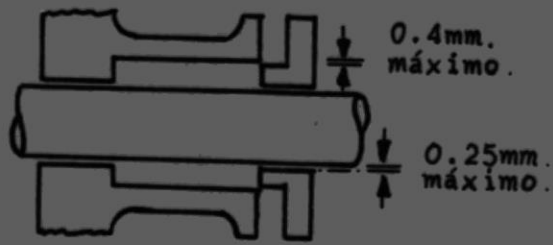


FIG. 11

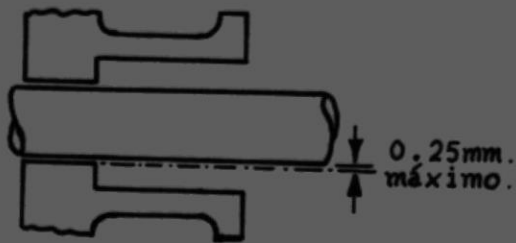


FIG. 12



FIG. 13

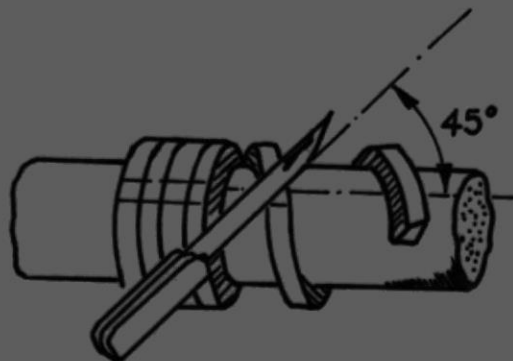


FIG. 14



FIG. 15

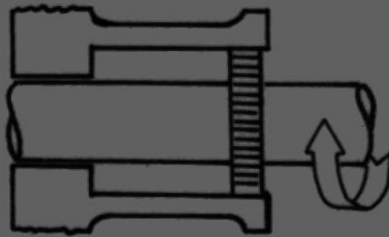


FIG. 16

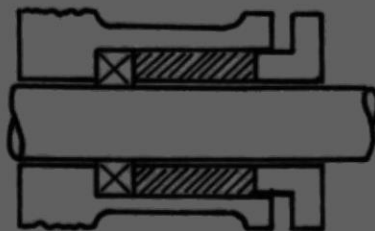
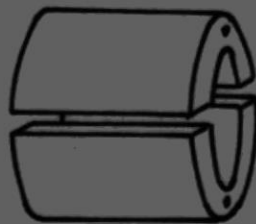


FIG. 17

da de bujes bipartidos guíelos y asiéntelos firmemente a su lugar, presionando con ayuda del prensaestopas, recuerde que los anillos del fondo serán los que reciban en operación la menor presión distribuida del prensaestopas, por tanto presiónelos con mayor firmeza. Fig. #17

Si se usan empaquetaduras de multifilamento de TFE o Grafito deslízela a su lugar solamente, no las comprima.

12.-) Asegúrese que los cortes delos anillo queden girados a 120 uno a otro. Para impedir sendas de fuga imprevistas. Fig. # 18

13.-) Si la instalación incluye anillo linterna, este debe ser posicionado directamente abajo de el orificio de inyección, considerando la compresión y pérdida de volúmen que absorveran los anillos del fondo. Fig. # 19

14.-) Posicione el prensaestopas contra el último anillo de empaquetadura, chequee su encuadre y apriete las tuercas uniformemente y solo a presión de dedos. Gire la flecha y asegúrese que no roze en el diámetro interior del prensaestopas. Fig. # 20

15.-) Presurize la caja de estoperos, asegúrese que no quede aire entrampado, la fuga debe aparecer tan pronto se establezca la presión.

16.-) Mientras la fuga continúa aparece, la caja de estoperos puede sobrecalentarse. Si esto sucede, pare la bomba y permita su enfriamiento. Vuelva a arrancar, la fuga debe aparecer, si no, la operación debe repetirse



FIG. 18



FIG. 19

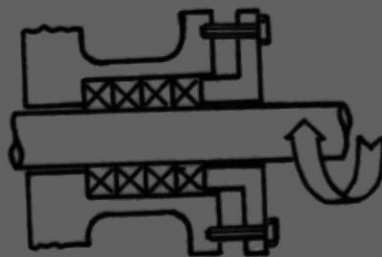


FIG. 20

hasta lograr una fuga continua sin sobrecalentamiento de la caja de estoperos.

Las tuercas no deben aflojarse a menos que se hubieran presionado en exceso inicialmente.

17.-) Después que la bomba haya operado por 10 minutos con fuga invariable, empiece a regularla apretando las tuercas del prensaestopas únicamente 1/6 de vuelatas completa, con intervalos de 10 minutos, hasta reducir la fuga a un nivel aceptable.

18.-) Los subsecuentes ajustes para control de la fuga, deben efectuarse bajo el mismo sistema, 1/6 de vuelta solamente y a intervalos de 10 minutos, y siempre con la bomba trabajando a su normal presión y temperatura de operación.

1.9 SELLOS MECANICOS EN BOMBAS CENTRIFUGAS.

Análisis de su Funcionamiento.-

Las aplicaciones de sellos mecánicos en la operación de bombas centrífugas en los últimos años han crecido a un ritmo impresionante. Esto no solo ha sido causado por los requisitos críticos con que opera la industria actual, sino por el rápido avance de desarrollo y conocimiento sobre lo que hoy se llama "Ingeniería del sellado" y en la cual por fin la práctica se empieza a unir con la teoría para obtener sorprendentes resultados.

La operación, cada vez a mayores velocidades, presiones y temperaturas de fluidos corrosivos y derivados del petróleo ha impuesto mínimos críticos a las fugas.

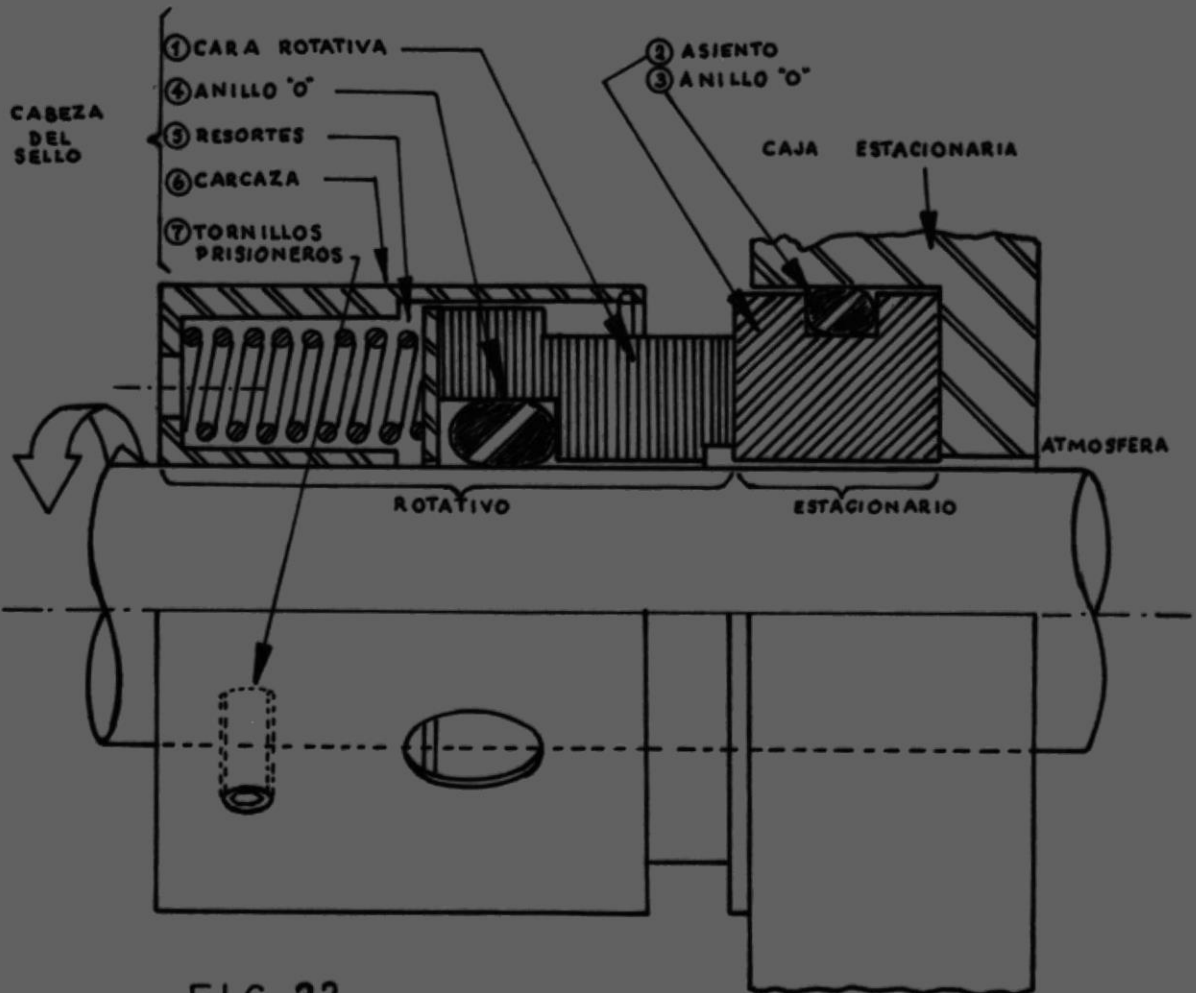
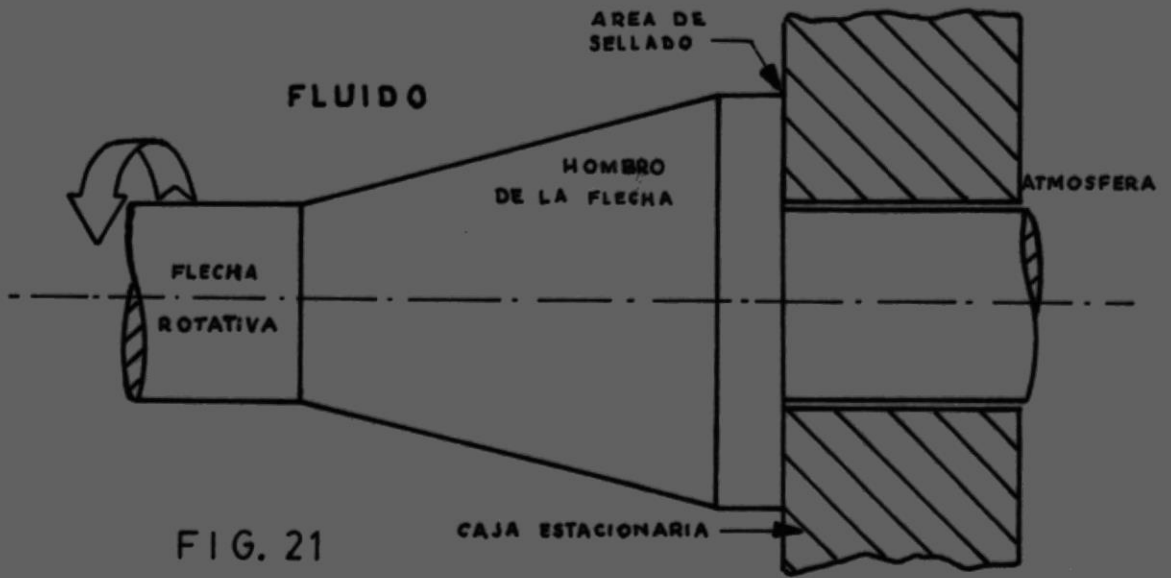
El sello mecánico es un producto de alto costo inicial, de muy alta precisión en sus formas, temperamental y delicado. Sin embargo su uso representa superiores ventajas contra la empaquetadura a compresión convencional en aplicaciones en bombas centrífugas:

- 1.-) Reduce la fricción y pérdida de potencia.
- 2.-) Elimina el desgaste prematuro de la flecha o en su manga.
- 3.-) Mínima o invisible fuga del producto en operación.
- 4.-) Habilidad para absorber el juego y deflexión normales del eje rotativo.
- 5.-) Reduce tiempos de mantenimiento.
- 6.-) Permite operar con seguridad fluidos tóxicos, corrosivos o inflamables.

El sello mecánico puede ser definido técnicamente como un dispositivo mecánico que previene el escape del fluido de un recipiente, al cual atraviesa una flecha rotativa; realizándose el sellado por el contacto axial de sus caras que se encuentran perpendiculares a la flecha y en movimiento relativo una a otra.

La forma más primitiva de un sello mecánico se muestra en la fig. N 21 un hombre de la flecha.

Girando contra la pared estática del recipiente; el se -



llado se logra en el área donde las dos caras establecen contacto.

Esta forma simplificada ilustra el concepto pero tiene las siguientes desventajas prácticas:

- 1.-) El sellado es demasiado rígido, no tiene flexibilidad para compensar los movimientos axiliales y excentricidad de la flecha y no permite amortiguar vibraciones.
- 2.-) No hay posibilidad de intercambio de materiales para cubrir diferentes condiciones de operación, cuando el desgaste se complete, los componentes deben sustituirse en su totalidad a bajo costosas modificaciones.
- 3.-) No existe ajuste automático que mantenga la union constante de las caras en contacto a medida que estas se desgastan.
- 4.-) El lapeado de precisión de las caras en contacto es antieconómico.

Las desventajas anteriores se superan en la versión práctica de un sello mecánico que usa componentes por separado. Fig. # 22

Flecha está reemplazada por una cara de sellado rotativa (1); y un asiento(2) es insertado en la pared de la cja. Estas dos piezas son el corazón del sello mecánico, y al efectuarse el sello dinámico entre el plano de sus caras reciben el nombre de elementos sellantes Primarios.

Dado que estas piezas están separadas, cada una ha creado otra posible de fuga que debe ser sellada.

Para esto se utilizan elementos sellantes secundarios; el sello secundario (3) entre el asiento y la pared de la caja es estática, por el contrario el sello secundario(4) entre la flecha y cara rotativa es en cierto modo dinámico, puesto que es requerido a desplazarse en cuanto aparece desgaste en las caras.

Para mantener constante contacto entre las caras, la fuerza axial es suministrada por un resorte o resortes (5) que tienen su reacción contra una carcasa (6) sujeta firmemente a la flecha por medio de tornillos prisioneros (7) La carcasa posee dientes de arrastres que se engranan en las correspondientes ranuras de la cara rotativa para proporcionar el arrastre positivo del conjunto rotativo.

1.9.1. CLASIFICACION DE LOS SELLOS MECANICOS.

Existen cientos de tipos diferentes de sellos mecánicos. Independientemente de los diferentes que nos puedan parecer, todos ellos encajan dentro de una cierta clasificación, esta puede ser hecha por las características de su diseño o por el arreglo posicional que el sello ocupa en la aplicación específica.

CLASIFICACION POR CARACTERISTICAS DEL DISEÑO.- Aquí tenemos al grupo de los sellos balanceados y no balancea-

dos.

Un sello mecánico se denomina como balanceado cuando - los diámetros de cara en contacto han sido reducidos en relación al diámetro de movimiento relativo, de modo que la carga en la cara sea menor que la presión hidráulica del fluido en operación.

Esto es necesario para asegurar la presencia de una película del fluido entre las caras, dado que la presión que trata de penetrar entre las superficies lapeadas debe ser mayor que la carga que por empuje axial están soportando.

Y particularmente indispensable cuando se opere en altas presiones o se manejen fluidos de baja gravedad específica.

Dependiendo de cual de los elementos de sellado primario está en giro, los sellos mecánicos se agrupan en cabeza en rotación o asiento en rotación. Ambos sistemas son usados, la selección depende primordialmente de equipo en que serán usados. En muy altas revoluciones el diseño simple del asiento permite más fácil balance dinámico. Sin embargo, las mayores aplicaciones incluyen cabeza rotativa.

El tipo de sellado secundario agrupa a los sellos mecánicos dentro de las categorías de sellos de empujes y sellos de no empuje. Con el sello de empuje que utiliza "o", cuñas, u otros empaques, el sello secundario de-

be deslizarse por empujes a lo largo del diámetro exterior de la flecha para compensar el desgaste de las caras en contacto.

Los anillos "o" son simples y de fácil habilitación, - sus limitaciones son la compatibilidad del fluido operante con el elastómero seleccionado y la temperatura que éste pueda soportar.

Las cuñas fabricadas de TFE son compatibles con una - gran variedad de productos químicos y su resistencia a los límites de temperatura cubre desde aplicaciones criogénica a -215 C hasta de un máximo de 260 C fabricadas de asbestos especiales este límite puede incrementarse hasta 345 C .

En muy altas presiones se usan anillos en "v" o arreglos especiales de empaquetadura. Sin embargo como estos ensambles requieren mayor espacio se sacrifica la flexibilidad entre las caras y se pierde el buen punto pivote que tienen por configuración el anillo en "o" o la cuña.

Los sellos de no empuje utilizan en contraste, el elemento sellante secundario en configuración de fuelle; - uno de sus extremos se sujeta firmemente a la flecha formando un sellado estático y creando el punto inicial de arrastre positivo. Las convulsiones del fuelle que no establecen contacto con el diámetro exterior de la flecha compensan el desgaste de las caras en contacto y

proporcionan excelente flexibilidad.

Además de los conocidos fuelles de cauchos sintéticos, se utilizan para productos corrosivos fuelles de TFE y para servicios exóticos y temperaturas sobre 345 C, fuelles metálicos.

Por último la clasificación por diseño se agrupa en resorte único o resortes múltiples. En el resorte único el mayor grueso de su sección resiste por más tiempo la corrosión que el delgado alambre de los resortes múltiples, éstos sin embargo, producen en conjunto radial mejor uniformidad de carga a las caras de contacto y pueden fabricarse económicamente de materiales exóticos de alta resistencia corrosiva.

Clasificación por arreglo posicional Fig.# 23

El mayor número de aplicaciones de sellos mecánicos, son cubiertas satisfactoriamente con el uso de un solo sello o sello sencillo. La cabeza rotativa del sello sencillo puede montarse en el interior del equipo y circundada por el líquido en operación, o bien a su exterior.

El montaje interior es preferido porque la presión hidráulica del fluido en operación actúa positivamente para mantener las caras en contacto y se obtiene una lubricación interfacial mas estable.

Además la fuerza centrífuga actúa a su favor alejando las posibles partículas abrasivas del área de sellado.

El montaje exterior, es en ocasiones necesario por faci-

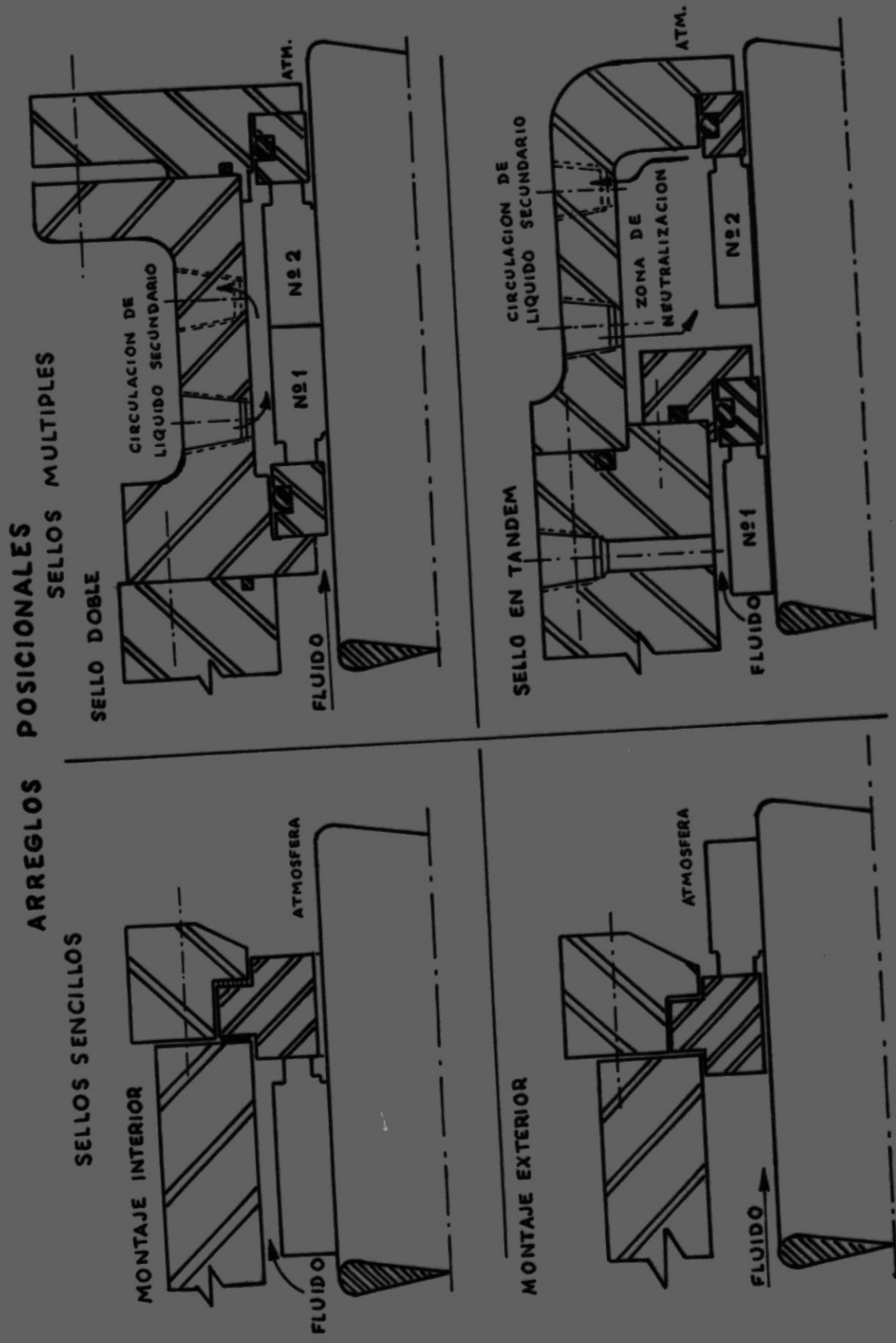


FIG. 23

lidades de mantenimiento; o para evitar el contacto del fluido en operación, con los componentes metálicos que forman parte de la cabeza del sello. Lamentablemente se desperdician todas las ventajas operativas indicadas en el montaje interior.

Los sellos dobles consisten en dos sellos sencillos montados en sentido opuesto en la misma caja de sellado. Su objetivo es proporcionar una zona neutral en la que se recircula un líquido secundario, limpio y con poder lubricante y a mayor presión que la que presenta el fluido en operación. De este modo se logra que la película interfacial sea proporcionada por el líquido secundario si se mantiene en todo momento la diferencial de presión.

Este sistema es particularmente útil en la operación de gases, pues las caras de contacto no operan en seco, y en la operación de líquidos abrasivos, no se desgastan prematuramente las caras en contacto.

Los sellos en tandem son arreglo de dos sellos sencillos montados en la misma dirección. El líquido secundario crea una zona de amortiguamiento entre el fluido en operación y el medio exterior. Este arreglo es usado cuando el fluido en operación se convierte en abrasivo al cristalizar en contacto atmosférico, ó en el sellado de fluido tóxicos o inflamables por medidas de seguridad.

1. 9. 2. SELECCION DEL SELLO MECANICO.-

Antes de seleccionar el diseño y materiales de un sello mecánico para cualquier aplicación, las condiciones totales de operación deben ser conocidas.

- 1.-) Fluido a ser sellado.
- 2.-) Presión del fluido.
- 3.-) Temperatura del fluido.
- 4.-) Diámetro de la flecha.
- 5.-) Velocidad de la flecha
- 6.-) Condiciones del equipo.

Sólo después que estos puntos sean analizados en conjunto puede hacerse una recomendación inteligente de un sello mecánico.

1.10. ALINEAMIENTO DE BOMBA Y MOTOR.-

Un mal alineamiento causará ruidos, vibraciones - del eje, calentamiento de las rolineras, desgaste rápido de las rolineras, de los acoplamientos, de los - cojinetes, de anillos, de sellos y empaquetaduras. Por estas razones el alineamiento debe ser exacto. Los acoplamientos flexibles no son uniones universales; por lo que se deben también alinear con el mismo cuidado y la misma exactitud que un acoplamiento rígido.

El alineamiento se puede perder por muchas razones. En el caso de las bombas nuevas, por el traslado, o por - que la base está mal nivelada.

Todos los platos-Base en donde están montadas las bombas son relativamente elásticas, por lo que es necesario alinear la bomba en la base misma. El alineamiento de la bomba y el motor puede cambiar cuando las unidades llegan a la temperatura normal de operación, por lo que es absolutamente necesario efectuar un alineamiento final cuando se llega a esta temperatura.

En el caso de las bombas que ya tienen algún tiempo de estar en servicio, el alineamiento puede perderse por sobrecalentamiento, desperfectos, o simplemente al desarmar la bomba y/o el motor por cualquier ajuste o reparación.

Al instalar una bomba nueva, o reinstalar una usada, se debe revisar la instalación y asegurarse que no hay alguna fuerza sobre la bomba y/o motor, principalmente debida a conexiones de tubería (en la succión descarga) mal ajustadas. En este caso se deben usar láminas de calza abajo del motor antes de reapretar los tornillos que fijan unidades al plato-base.

Antes de alinear la bomba y el motor es necesario asegurarse que el acoplamiento y el eje están limpios de suciedad, grasa, polvo, etc. En el caso de acoplamientos nuevos, es necesario quitarle la capa protectora que traen de fábrica.

El equipo necesario para alinear una bomba es el siguiente:

- Indicador, con abrazadera y tornillos.
- Nivel
- Regla
- Escuadra metálica. (si se está instalando una unidad nueva)
- Diesel o cualquier liquido para limpiar piezas sucias, grasa y herramientas de mano. Nunca debe usarse gasolina o productos más livianos para limpieza, por ser muy inflamables.

La expansión térmica del motor y de la bomba, si es que la unidad está en servicio caliente, debe tomarse en cuenta durante los procedimientos de alineación. Es dificil poder establecer las reglas o límites sobre esta expansión debido al número de factores que influyen en ella, como temperatura ambiente, temperatura de operación, características del metal, etc.

El alineamiento debe revisarse después que la bomba ha estado funcionando en condiciones normales de operación por varias horas, y o luego después de varios días. - Las revisiones posteriores del alineamiento deberán efectuarse durante las inspecciones del programa de mantenimiento preventivo. Dentro de este programa se debe determinar la frecuencia más conveniente de la revisión del alineamiento. Si el alineamiento se efectúa originalmente en frío, hay que asegurarse que el eje del mismo está más bajo que el de la bomba según la distancia

que recomiende el fabricante. Esta es muy importante cuando se trata de una turbina. Si esta no está disponible, se recomienda que la turbina esté aproximadamente 0.008" más abajo que la bomba, o sea un total de 0.016" en la lectura del indicador. Antes de acoplar la turbina a la bomba, el alineamiento en frío debe rectificarse con la turbina caliente.

Para efectuar el alineamiento de acoplamiento sin espaciador, ya sean flexibles o de engranaje, alinéense las bridas del acoplamiento con una regla recta de metal en cuatro puntos diferentes a cada 90°, tal como se ve en la fig. N 24, colocando láminas de calza abajo del motor para obtener el alineamiento adecuado.

El desalineamiento axial no debe exceder 0.003". Las caras del acoplamiento deben estar paralelas. Esto se puede comprobar con un calibrador en cuatro puntos diferentes a cada 90°. El desalineamiento radial no debe exceder 0.002".

El Procedimiento para Alinear Acoplamientos con Espaciado es el siguiente:

- 1.-) Monte la abrazadera del indicador en el medio acoplamiento en el lado del motor. Fig. # 25
- 2.-) Revise el alineamiento radial colocando el indicador en el punto "A" de tal forma que esté en contacto con la orilla de la campana del medio acoplamiento en el lado de la bomba. Rote un medio acoplamiento

ACOPLAMIENTO SIN ESPACIADOR

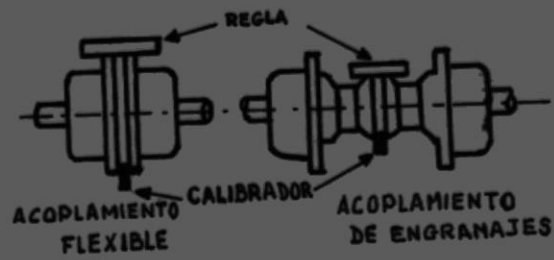


FIG. 24

ACOPLAMIENTO CON ESPACIADOR

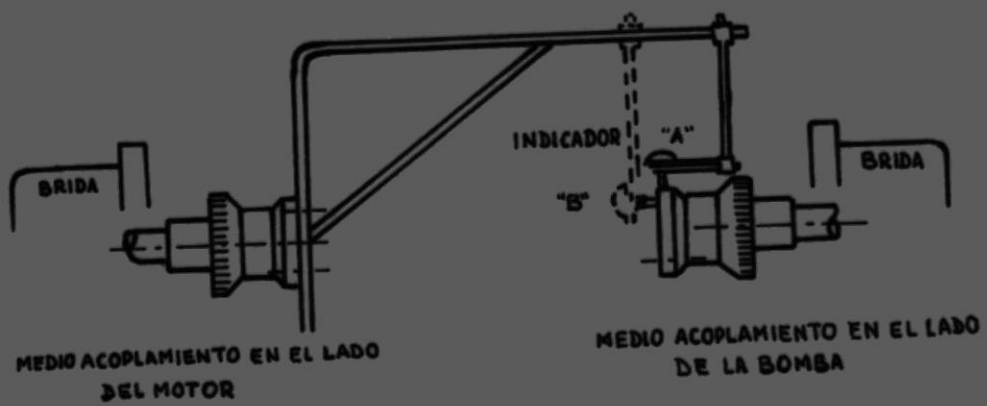


FIG. 25

plamiento manualmente de tal forma que el indicador no mueva alrededor del otro medio acoplamiento. El movimiento total del indicador no debe exceder de 0.003". Esto da una indicación de la concentricidad del acoplamiento.

3.-) Repita el paso anterior rotando manualmente los dos medios - acoplamientos al mismo tiempo fijándolos con un espárrago. Esto dará un alineamiento correcto no sólo en el acoplamiento sino que a todo lo largo de los ejes.

4.-) Revise el alineamiento axial colocando el indicador en el punto "B" de tal forma que esté en contacto con la cara de la campana del medio acoplamiento. Rote un medio-acoplamiento manualmente de tal forma que el indicador se mueva alrededor de la cara del otro medio acoplamiento. El movimiento total del indicador no debe exceder 0.002". Esto da una indicación del paralelismo entre los dos medio-acoplamiento. Para comprobar el alineamiento axial también se puede usar un micrómetro para medidas internas en cuatro diferentes puntas a cada 90 . El desalineamiento axial no debe exceder de 0.002".

5.-) Repita todos estos pasos anteriores con la abrazadera montada en el medio -acoplamiento en el lado de la bomba.

Para realizar una instalación de calidad, deberán obseru

vase las siguientes consideraciones:

- 1.-) No debe usarse láminas de calza abajo de la bomba.
Unicamente abajo del motor.
- 2.-) Durante el alineamiento se debe tratar de mover sólo el motor, pero también se puede mover la bomba completa. Nunca se debe mover la tapadera del impulsor.
- 3.-) El alineamiento puede tomar algún tiempo, pero es esencial.
- 4.-) El alineamiento inicial se debe revisar después de unas horas y después de varios días de servicio.
- 5.-) El alineamiento debe formar parte de un buen programa de mantenimiento preventivo.

II. COMPRESORES CENTRIFUGOS.-

2.1 GENERALIDADES.-

El compresor dinámico es probablemente el tipo de compresor que se ha desarrollado más rápidamente. Esto se ha debido principalmente a que los usuarios han demandado instalaciones unitarias más grandes como mayor disponibilidad; economía en su operación. Los rangos de presión ampliados junto con el desarrollo de tamaños han hecho que estas unidades sean útiles en áreas en donde tenían mayor aplicación otros diseños de compresor.

2.2. DEFINICIONES MECANICAS.-

2.2.1. BASE.-

Es una estructura metálica sobre la cual se monta el compresor y posiblemente el accionador.

2.2.2. BOOSTER.-

Es un compresor que opera con una presión de succión elevada. El término frecuentemente se entiende de una etapa pero esto no es requisito indispensable.

2.2.3. CARCAZA.-

Es el elemento estacionario presurizado que guarda el rotor y sus componentes internos. Usualmente incluye las conexiones de entrada y descarga integrales. Así como soporte y medios para poder ser levantado.

2.2.4. DIAFRAGMA.-

Es un elemento estacionario entre etapas de un compresor centrífugo multi-etápico. Puede incluir espas guía para dirigir el gas al impulsor de la siguiente etapa.

2.2.5. ENFRIAMIENTO DE DIAFRAGMA.-

Es un método de remover calor del flujo por medio de la circulación de un enfriador en pasajes construidos en el diafragma.

2.2.6. DIFUSOR.-

Es un pasaje estacionario después del impulsor en el cual la energía de velocidad impartida al gas por el impulsor es convertida en presión estática.

2.2.7. COMPRESOR DINAMICO.-

Es una unidad rotatoria de flujo continuo en la cual la acción mecánica de las aspas rotatorias o impulsores imparten velocidad y presión al medio fluyente. La energía de velocidad es convertida posteriormente en presión adicional.

El término soplador ha sido utilizado para unidades dinámicas en el rango de presión bajo, pero actualmente todas las unidades dinámicas son conocidas como compresores, ya sean centrífugas o axiales.

ASPAS GUIAS, son elementos no giratorios que pueden ser fijos o ajustables con el objeto de suministrar una deseada dirección al flujo de entrada de un impulsor.

2.2.8 IMPULSOR.-

Es aquella parte del elemento giratorio que imparte movimiento al gas por medio de fuerzas aerodinámicas. El impulsor puede ser abierto, semicerrado ó cerrado.

2.2.9 ROTOR.-

Es el elemento giratorio compuesto de impulsor/es y flecha, puede incluir manguitos de flecha y parte de sellado giratorio.

2.2.10 SELLOS.-

Son elementos utilizados entre partes giratorias y partes estacionarias para reducir a una mínima las fugas de gas entre áreas de presiones desiguales.

2.2.11. FLECHA.-

Es aquella parte del elemento giratorio sobre la cual están montadas las partes giratorias y a través de la cual se trasmite la energía del accionador.

2.2.12 CHUMACERAS DE LA FLECHA.-

Son partes estacionarias lubricadas las cuales soportan y posicionan radialmente la flecha del compresor.

2.2.1 3. MANGUITOS DE LA FLECHA.-

Son partes que pueden ser utilizadas para posicionar sobre la flecha para proteger la misma.

2.2.1 4 ACCESORIO DE BALANCEO AXIAL (Tambor, pistón o disco).-

Es aquella parte o partes que utilizan la presión del gas para contrarrestar el empuje axial desarrollado.

do por los impulsores. Cualquier empuje axial remanente puede ser absorbido por la chumacera axial.

2.2.15 CHUMACERA AXIAL.-

Es una chumacera que trasmite el empuje axial residual del rotor a la chumacera de la flecha y mantiene la posición axial del rotor.

2.2.16 VOLUTA.-

Es un pasaje estacionario de forma espiral en la carcaza que junta el flujo que sale del impulsor ó difusor y convierte la energía de velocidad en presión estática.

2.3. APLICACIONES DE COMPRESORES CENTRIFUGOS.-

Los compresores centrífugos se aplican en un gran número de áreas de la Industria, aunque la mayoría cae en un categoría que podría catalogarse como de proceso. La siguiente tabulación muestra algunos de los campos principales y aplicaciones generales.

| IND. O APLICACION | SERVICIO O PROCESO | GAS.T. MAJDO |
|-------------------|--------------------|--------------|
| Quím. y Petroq | | |
| acetileno | oxidación | oxígeno |
| | Recup. de Gas | Acetileno |
| Butadieno | Regeneración cat. | Aire |
| | Comp. de gas. | Hidrocarb. |
| | Refrigeración | Propano |
| Cloro | Licuefacción | Cloro |

| | | |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Acido Nitrico | Oxidación | Aire |
| Acido Sulfúrico | Proceso de contacto | Aire |
| Amoniaco sintético | Suminist. mat. prima | Mezclas HC |
| | Suministro de aire | Aire |
| | Gas de sintesis | Gas síntesis |
| | Recirculación | Gas síntesis con amoniaco |
| Separación | | |
| Separación de aire | Suminist. princip | Aire |
| | Dist. de oxigeno | Oxigeno |
| | Dist. de nitrógeno | Nitrógeno |
| | refrigeración | Nitrógeno |
| Hierro y Acero | | |
| Horno y fund. | Combustión | Aire |
| Conv. Bessemer | Oxidación | Aire |
| Minería y Metalurgia | | |
| Energía | Para Herram. y máq. | Aire |
| Hornos | Purif de cobre y niquel | Aire |
| Gas Natural | | |
| Producción | Represurización de pozos de aceite | Gas Natural |
| Distribución | Trasmisión | Gas Natural |
| Refrigeración química | Varios procesos | Butano, propa no, etileno etc. |

| | | |
|------------------|----------------|------------------------------|
| Ind. y Comercial | Acond. de aire | Refrigeración especiales. |
|------------------|----------------|------------------------------|

Servicios

| | | |
|----------------------|--|------|
| Generadores de Vapor | Sopladores de hollin comb. hornos. ciclón | Aire |
|----------------------|--|------|

2.4. CARACTERISTICAS.-

El compresor centrífugo tiene un rango de operación estable limitado. La capacidad de mínima puede variar de 45 a 90 % de la capacidad de diseño.

Debe seleccionarse para la peor combinación que existe en un momento dado y debe controlarse para cubrir otros requerimientos.

Son básicamente máquinas de grandes capacidades con relaciones de compresión por etapa dependientes de la densidad del gas.

Para máquinas comerciales se considera como límite inferior un volumen de salida de aproximadamente 300 a 400 P.C.M. del último impulsor. Unidades pequeñas de altas velocidades tienen límites menores de volumen de salida.

La mayoría de las unidades centrífugas comerciales a velocidades de 20.000 R.P.M. ó menores con la tendencia hacia arriba. Los problemas de rodamientos y su lubricación y balanceo, se hacen más significativos a las velocidades más altas.

Los compresores centrífugos son adecuados para conexión directa a turbina de vapor ó de gas que permitan control de velocidad variable.

Estas máquinas tienen un factor de disponibilidad alto. Bajo buenas condiciones, operan frecuentemente sin paro para dos o tres años.

Los costos de mantenimiento en centrífugos son usualmente menores que para reciprocantes equivalentes.

Proporcionan flujo no pulsante dentro de las condiciones de rango de operación estable.

Los compresores centrífugos no enfriados generalmente tienen eficiencias menores que los compresores reciprocantes. A relaciones de compresores muy bajas, los centrífugos pueden ser más eficientes.

Los centrífugos requieren cimentación pequeña y relativamente nos costosa comparada con un reciprocante de la misma capacidad. No hay fuerza de inercia. Generalmente tienen mayor capacidad de volumen por unidad de espacio de edificio que los correspondientes reciprocantes. Los apoyos y los sellos pueden diseñarse para que no pueda entrar a la corriente gaseosa.

2.5. DETALLES PRINCIPALES DE DISEÑO.-

Los impulsores pueden clasificarse como abiertos, semicerrados ó cerrados. Fig. # 26

Los impulsores abiertos y semicerrados pueden ser fundi



FIG. 26

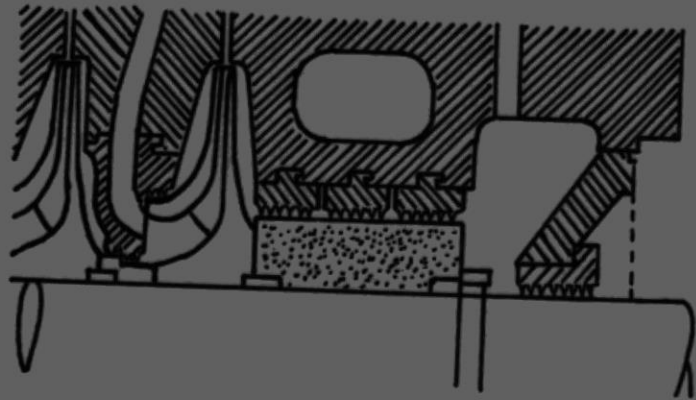


FIG. 27

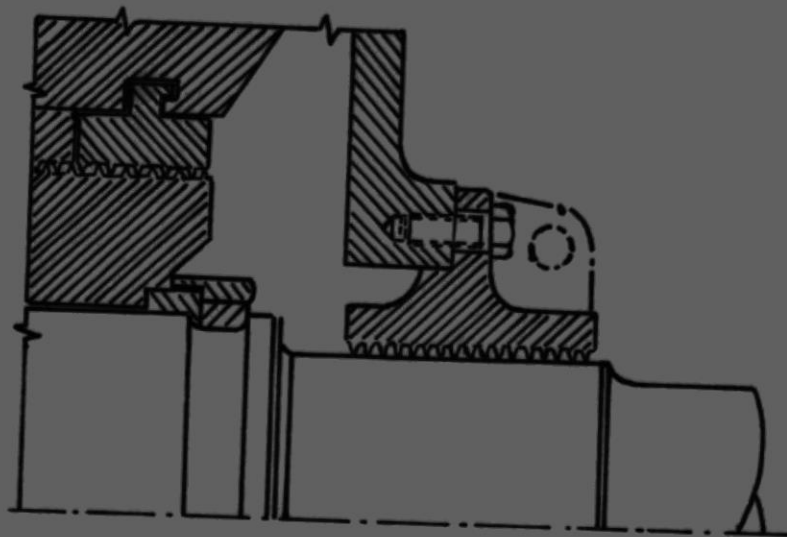


FIG. 28

dos, contruidos por soldaduras, ó laminados y forjados. Los impulsores cerrados se construyen empleando uno de los métodos siguientes:

- 1.-) Tres piezas soldadas, que consisten de aspas de aleación de acero soldadas entre un disco de acero forjado y una cubierta de acero forjado.
- 2.-) Tres piezas riveteadas, consistiendo de aspas de aleación de acero riveteadas entre un disco de acero forjado y una cubierta de acero forjado.
- 3.-) Dos piezas laminadas y riveteadas, consistiendo de aspas laminadas integralmente con un disco de acero forjado que es ensamblado con una cubierta de acero forjado mediante riveteado.
- 4.-) Dos piezas fundidas, que tienen una cubierta de acero forjado riveteada sobre una fundición de acero que forman el disco y las aspas.
- 5.-) Una sola pieza fundida teniendo una sola fundición de aluminio, carbón ó aleación de acero para el impulsor completo.

2.5.1. . EFECTO DEL ANGULO DE SALIDA DEL ASPA.-

Los impulsores pueden clasificarse por la dirección de la curvatura del aspa, estando esto aliada con el ángulo de salida del aspa. Las aspas pueden ser curvadas hacia adelante, radial, ó hacia atrás. Solo las dos últimas se emplean normalmente en compresores centrífugo

2.5.1.1. PRUEBA Y BALANCEO.-

A través de la fabricación, cada impulsor es sujeto a extensivas pruebas de materiales e inspecciones. Después del maquinado de acabado está balanceado estática y dinámicamente.

2.5.2. DIAFRAGMA.-

Son las paredes divisoras entre las etapas individuales en un compresor multi-etápico.

Para su construcción normalmente se emplea hierro fundido ó aluminio aunque puede suministrarse acero fundido, aleaciones especiales, ó bronce fundido, debido a las altas temperaturas, altas diferenciales de presión, ó elementos corrosivos en el gas.

2.5.3. EMPAQUES INTER-ETAPAS.-

Las áreas son las que pueden fluir fugas de una etapa a la siguiente están donde la flecha pasa a través del diafragma y también alrededor del ojo del impulsor. En estos puntos se montan en los diafragmas anillo de empaques de laberinto normalmente de una aleación especial de aluminio. Este material cederá sin dañar las partes rotatorias ó hacer inefecto el empaque.

Fig. # 27

2.5.4. ROTOR Y SUS COMPONENTES.-

El rotor ó elementos rotatorio completo está formado de una flecha de acero, mangas de flecha ó espaciadores, impulsores, tambor de balanceo, collar de empuje axial y cople.

2.5.4.1. TAMBOR DE BALANCEO.-

Un impulsor de flujo sencillo no está balanceado, tiene la presión de succión en un lado y la presión de descarga en el otro. Deben proporcionarse medios para balancear la fuerza ejercida hacia el lado de entrada.

El método usual es instalar, un tambor de balanceo en el lado de la descarga .

2.5.4.2. VIBRACION Y BALANCEO.-

El rotor ensamblado debe ser balanceado dinámicamente antes de ser instalado en la carcasa. Esto se hace para limitar la vibración a las velocidades de operación y para evitar vibraciones indebidas a cualquier velocidad crítica a través de la cual puede tener que pasar la máquina en el arranque y paro.

2.5.4.3. VELOCIDADES CRITICAS.-

Las flechas se conocen como rígidas si siempre operan debajo de su velocidad crítica más baja. La -

mayoría de los compresores centrífugos no pueden hacer esto y tienen flecha flexibles.

Están diseñados para mantener las velocidades normales de operación lejos de cualquier velocidad crítica predecible.

2.5.4.4. CARCAZAS.-

La amplia variedad de diseño de carcaza depende de muchos factores tales como tamaño, presión, temperatura, composición del gas y presencia de elementos corrosivos.

2.5.4.5. CHUMACERAS Y BALEROS AXIALES.-

Los soportes principal es son chumaceras autolineales, o baleros de bolas ó rodillos.

Se suministran medios para centrar el rotor en donde sea requerido. Los soportes en la mayoría de los compresores son externos para suministrar mayor accesibilidad y además evitar que fugas de aceite lubricante penetren a la corriente de gas si este contamine al aceite.

2.5.4.6. SELLOS PARA FLECHA.-

Todo compresor centrífugo debe tomar algunos medios para limitar ó eliminar las fugas de gas en la parte en que la flecha sobresale de la carcaza

La fuga tenderá a ser hacia fuera ó hacia dentro dependi

endo de la diferencia de las presiones atmosféricas y en la succión. Usualmente los sellos están diseñados de tal manera que resisten la presión de succión únicamente.

Un ejemplo de sello para flecha podemos ver en la fig.-
28

2.5.4.7. SELLOS DE LABERINTO.-

El sello de laberinto es el más simple y el que aún prevalece en compresores de aire y algunos compresores de gas.

La acción de sellado es el resultado de las resistencias al flujo por estrangulación repetida a lo largo de los dientes del laberinto.

La fuga a través de un sello de laberinto depende de el número de dientes, del diámetro del anillo de empaque, del claro y de la presión que se quiere sellar.

2.5.5. SISTEMAS DE LUBRICACION Y DE SELLADO.-

Las mayorías de las máquinas grandes tanto partidas horizontalmente como verticalmente requerirán sistemas especiales para suministrar y acondicionar el lubricante y los líquidos de sellado. Las unidades pequeñas, particularmente aquellas como impulsores de un solo apoyo no requerirán lo anterior.

Un sistema de lubricación debe ser diseñado de tal mane-

ra que surta positivamente de aceite a todos los puntos de soporte, antes de que la máquina arranque y siga surtiendo aceite aún cuando la máquina haya parado. Esto debe estar limpio, frío, bajo la presión adecuada y la cantidad adecuada. Las partes a ser lubricadas por el sistema incluyen las chumaceras radiales y axiales del compresor, engrane y cople, y en muchos casos, las chumaceras y baleros axiales del accionador.

El aceite también puede ser utilizado para suministrar potencia a controles tanto del compresor como del accionador. Un sistema común puede suministrar aceite a varios compresores.

El sistema usual consistirá de una bomba principal de aceite, bomba auxiliar de aceite, filtros gemelos para aceite, enfriadores de aceite, y un recipiente para aceite así como los controles necesarios.

2.6. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO.-

La vida de operación de compresores centrífugos puede afectarse por los líquidos y sólidos arrastrados.

También puede haber problemas de funcionamiento por una mala lubricación, por vibraciones excesivas, por desgaste de sus componentes.

2.7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE COMPRESORES CENTRIFUGOS

La condición básica para planear un mantenimiento preventivo que tenga éxito, es tener el respaldo de las especificaciones de diseño que garanticen corridas de 24.000 horas de operación continua.

En compresores bien diseñados, los problemas que se presentan son pocas y sencillas y el mantenimiento preventivo puede planearse de acuerdo con los programas de producción.

El análisis de vibración nos da una esquema completa del funcionamiento de la máquina y de sus problemas, por lo tanto, la primera parte del mantenimiento preventivo es establecer los límites de vibración, los cuales deben obtenerse en el laboratorio de análisis de vibración. El nivel de vibración normal de los compresores centrífugos no deberá exceder el establecido por las especificaciones. Una vez establecida las normas de vibración que son características particular de cada máquina, el mantenimiento se basará en las lecturas de vibración que deberán tomarse en forma periódica (una vez por día cuando menos). Si la operación es correcta y no se presentan defectos de materiales, los departamentos de producción podrán planear corridas de 8.000 horas de operación continua en la siguiente forma:

- 1.-) Cada 8.000 horas revisión de chumaceras y sello de la flecha.

2.-) Cada 24.000^m horas inspección del rotor.

Para llevar a cabo lo anterior, todos los compresores deberán tener un rotor disponible con un juego de laberintos para los interpasos y pistón de blanceo para cambiarse después de las 24.000 horas de servicios mínimo o cuando la eficiencia del compresor quede fuera de las condiciones de operación y la pérdida de producción justifique el costo de los laberintos ya que el conjunto - flecha impulsores no debe dañarse nunca, salvo por descuido que permita un desplazamiento axial en el que los impulsores se toquen con las partes estacionarias, problema que se considera en el más serio en un compresor centrífugo. El tener un rotor disponible supone las siguientes ventajas:

- 1.-) El repuesto inmediato en caso de daño, ya que aún siendo remota esta posibilidad no tenerlo ocasionaría una pérdida de producción difícil de valuar, pero en cualquier caso mayor que el costo de tener esta parte en existencia, ya que los tiempos de entrega de un rotor o de impulsores son grandes.
- 2.-) El rotor disponible estaría armada y perfectamente balanceado.
- 3.-) Se paga en producción por el ahorro de tiempo al hacer el cambio.

El cambio de chumaceras programadas para 8.000 horas de operación continua podrá variarse de acuerdo con las ne

cesidades de producción.

El cambio de laberintos y anillos de sello en su caso, también seguirá la misma norma que las chumaceras.

Cualquier necesidad de cambio de partes antes de los periodos mencionados significa un compresor correctamente al comprarse o una operación defectuosa.

III. PROBLEMAS DE VIBRACION EN MAQUINARIA ROTATORIA.-

3.1. GENERALIDADES.-

En la industria petrolera, como en casi todas las industrias, se utiliza maquinaria rotatoria cada vez más eficiente y de más alta velocidad, ya que, el diseño aerodinámico de un compresor, por ejemplo, requiere de una velocidad tan alta como sea posible con el objeto de minimizar el número de pasos, esta velocidad sólo se ve limitado por el comportamiento dinámico del sistema rotor-chumaceras, pero al aumentar la velocidad se ve incrementada la relevancia de los problemas de vibración. Es por lo tanto comprensible que el diseño, fabricación y operación de tales equipos deba tomar ventaja de las herramientas analíticas e instrumentales desarrolladas recientemente para asegurar una operación y servicios confiables.

El diseño mecánico del rotor, las chumaceras y los pedestales es tal que estos actúan como sistema y juntos responden a la aceleración, velocidades críticas, desbalanceo, e inestabilidad. Por lo tanto, para el análisis dinámico, debe considerarse el sistema como un todo, pero antes es necesario analizar por separado las chumaceras los sellos, el sistema rotor-chumaceras y los pedestales. Las chumaceras cumplen tres funciones principales:

- a) Soportar las cargas estáticas y dinámicas.
- b) Proporcionar rigidez y amortiguamiento.

c) Controlar la posición del rotor.

Para las chumaceras cumplan satisfactoriamente estas funciones, debe tomarse en cuenta que su comportamiento depende de las cargas y la velocidad, así como de la geometría del interior de la propia chumacera. Existiendo gran variedad de diseños de chumaceras, se encuentran más comunmente: cilíndricos plano, con ranuras axiales, con blóbulas, con zapatas pivoteadas y con anillos flotante. En la mayoría de los casos lubricados con película de fluido que puede ser aceite, agua, metal líquido o gas.

Los sellos deben cumplir las funciones siguientes:

- a) Minimizar las fugas.
- b) Separar los colectores de aceite del medio ambiente.
- c) Separar las regiones de alta presión de las de baja presión.

Existen dos tipos de sellos; los de contacto y los de no contacto, entre estos últimos los más comunes son los del tipo laberinto.

La participación de los sellos en el compartimiento dinámico del sistema debe tomarse en cuenta, ya que a través de ellos se introduce amortiguamiento.

La pieza principal en cualquier maquinaria rotatoria es el rotor en si, que consta de una flecha sobre la cual se montan lasruedas del compresor, coples, engranes, etc. El rotor nunca es completamente rígido, por lo que en -

general se considera flexible y en muchos casos es realmente bastante flexible.

Cuando se somete el rotor a fuerzas de excitación, ya sean aerodinámicas, magnéticas o mecánicas, este vibrará, siendo la fuerza excitadora más común el desbalanceo.

La magnitud de las amplitudes de vibración dependerá entonces de factores como:

- 1.-) Proximidad a la resonancia (cercanía de la velocidad del rotor a alguna velocidad crítica).
- 2.-) Masa de rotor y su distribución.
- 3.-) Flexibilidad del sistema.
- 4.-) Amortiguamiento introducido al sistema por sellos y chumaceras.
- 5.-) Estabilidad del sistema

En el caso de resonancia, teóricamente las amplitudes de vibración serían de magnitud infinita, pero en la práctica esto no ocurre debido a la presencia del amortiguamiento.

Sin embargo, el amortiguamiento inherente del material de la flecha no contribuye a limitar las amplitudes, ya que la configuración deformada del rotor no cambia grandemente durante el movimiento de rotación.

Por lo tanto, la principal contribución al amortiguamiento en la mayoría de los casos proviene de las chumaceras, los sellos, y camisas.

Sin este amortiguamiento sería imposible pasar por una

velocidad crítica sin dañar el sistema. Es por lo tanto evidente que las chumaceras y sellos juegan un papel primordial en la dinámica del rotor.

Con respecto al movimiento de orbitación acabe aclarar que si las propiedades de rigidez y amortiguamiento son iguales en la dirección vertical y en la dirección horizontal, la órbita será circular, en el caso general esto no ocurre, dando lugar a que la órbita descrita sea una elipse. La importancia de conocer las velocidades críticas con precisión es evidente, ya que, aparentemente si el rotor no opera a una velocidad cercana a alguna crítica las amplitudes de vibración serán pequeñas y no existirá ningún problema si el desbalanceo es aceptable.

Al arrancar o parar es necesario algunas veces pasar por alguna o varias velocidades críticas, en tal caso las influencias del amortiguamiento y el desbalanceo son decisivas.

Para valuar la influencia de estos factores se recurre al análisis de respuesta al desbalanceo.

Puede suceder que estando bien balanceado el rotor y aún cuando la velocidad de rotación no este próxima a alguna crítica, se presentan amplitudes de vibración excesivas, debido: a inestabilidad inducida, por la acción hidrodinámica en las chumaceras lubricadas con película de fluido, siendo entonces, importante determinar la velocidad a la cual el sistema empieza a ser inestable, obvia-

mente el inicio de inestabilidad se verá afectado por el tipo de chumaceras, la geometría, las condiciones de operación y el régimen del flujo (laminar o turbulento y compresible o incompresible). La inestabilidad es una vibración auto-excitada que toma la energía necesaria del mecanismo que mueve al rotor, (turbina o motor eléctrico). A éste fenómeno se le conoce en la literatura como chicoteo de aceite, orbitación de media frecuencia u orbitación de frecuencia fraccionaria, supongamos por ejemplo, que el rotor se somete a una pequeña perturbación, entonces tenderá a vibrar en su frecuencia de resonancia más baja. Pero si el rotor está girando a una velocidad de rotación menor a la velocidad de inicio de inestabilidad, las chumaceras introducen amortiguamiento positivo y las vibraciones tienden a desaparecer. Al aumentar la velocidad el amortiguamiento disminuye hasta llegar a cero en la velocidad de inicio de inestabilidad. Al incrementar la velocidad arriba de la de inicio de inestabilidad el amortiguamiento será **amplificada** siendo inestable el sistema.

En la actualidad varios investigadores se han abocado a estudiar la parte no lineal del problema de inestabilidad, **intenaando** explorar que pasa una vez rebasada la velocidad de inicio de inestabilidad. En varios experimentos con rotores o escalas, se ha encontrado que aún cuando la posición de equilibrio sea inestable, la órbi

ta después de mostrar un pico inmediatamente después de la velocidad de inicio de inestabilidad, disminuyen al aumentar la velocidad de rotación; estos rotores se han operado a velocidades mucho mayores que la de inestabilidad. Es evidente el considerable valor práctico de saber como seleccionar los parámetros de sistema rotor-chumaceras para obtener esta importante mejora en el comportamiento dinámico.

Hasta ahora se ha hablado de vibraciones laterales o flexionantes, pero en muchos casos se presentan problemas de vibraciones axiales y torsionantes, pudiéndose presentar inclusive problemas en donde aparecen acoplados las diferentes formas de vibración.

Por ejemplo, en un tren de equipos entre los cuales existen cajas de engranes, aún la más pequeña imperfección en los engranes puede excitar vibraciones torsionales severas y llegar a provocar daños graves.

IV. MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS.

4.1. GENERALIDADES.-

Estos motores se fabrican de las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos. Tienen una característica de velocidad sensiblemente constante, y una característica de par que varía ampliamente según los diseños. Hay moto-

res trifásicos que poseen un elevado para de arranque ; otros, en cambio, lo poseen reducido. Hay tipos diseñados para que absorban una corriente de arranque más bien moderada, y otros que están previsto para absorber una corriente de arranque elevada. Se los contruye para practicamente todas las tensiones y frecuencias de servicio normalizadas, y muy a menudo están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Los motores trifásicos se emplean para accionar máquinas - herramientas, bombas, montacargas, ventiladores,gruas, sopladores, etc.

4.2. PARTES DE QUE ESTA COMPUESTO.- fig. # 29

Se componen de tres partes principales: estator, rotor, y escudos.

El estator consiste en una carcasa de fundición, un núcleo formado por chapas magnéticas, y un arrollamiento constituido por bobinas individuales alojadas en la ranuras del núcleo.

El rotor puede ser del tipo de jaula de ardilla, a base de barras y aros de aluminio fundido conjuntamente en molde, o bien bobinado. Tanto un tipo como el otro están provisto de un núcleo de chapas magnéticas ajustado a presión sobre el eje. Como su nombre indica, - el rotor bobinado lleva un arrollamiento especial, dispuesto en las ranuras del núcleo, cuyos terminales es-

COMPONENTES DE UN MOTOR TRIFASICO

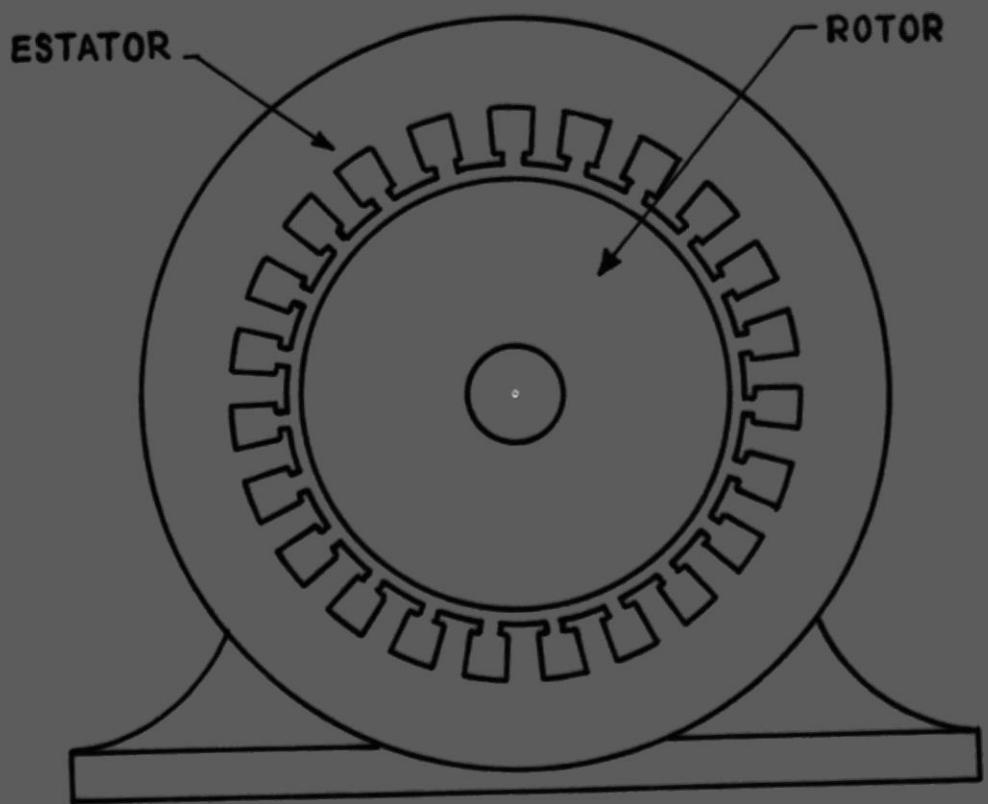


FIG. 29

tán conectados a tres anillos de fricción solidarios del eje.

Igual que en los demás motores, los dos escudos se afianzan firmemente, uno a cada lado de la carcasa, con auxilio de pernos. En ellos van montados los cojinetes sobre los cuales se apoya y gira el eje del rotor. A tal efecto se emplean indistintamente cojinetes de bolas y cojinetes de resbalamiento.

4.3. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO.

A continuación se indican los problemas que se presentan en el funcionamiento y el mantenimiento que hay que realizar.

4.3.1. EL MOTOR NO ARRANCA.

- a) fusible fundido
- b) cojinetes desgastados
- c) sobrecargas.
- d) fase interrumpida
- e) bobina o grupos de bobina con cortocircuito entre espiras.
- f) barra rotóricas flojas.
- g) conexiones internas erróneas
- h) cojinetes agarrotados
- i) combinador defectuoso
- j) arrollamiento con contacto a masa.

4.3.2. El motor no funciona correctamente.

- a) fusible fundido
- b) cojinetes desgastados
- c) bobina con cortocircuito entre espiras,
- d) fase con la polaridad invertida.
- e) fase interrumpida
- f) conexión en paralelo interrumpida.
- g) arrollamiento con contacto a masa
- h) barras rotóricas flojas.
- i) tensión o frecuencia incorrectas.

4.4.3. El motor gira despacio.

- a) bobina o grupo de bobinas con cortocircuito entre espiras.
- B) Bobinas o grupos de bobinas con la polaridad - invertida.
- c) cojinetes desgastados
- d) sobrecarga
- e) fase con la polaridad invertida
- f) barras rotóricas flojas.

4.3.4. El motor se calienta excesivamente.

- a) sobrecarga
- b) cojinetes desgastados, o ajustados con exceso
- c) bobina o grupo de bobinas con espiras en corto circuito.

- d) funcionamiento como monofásico.
- e) barras rotóricas flojas.

FUSIBLE FUNDIDO.-

Se quita cada fusible y se verifica con la lámpara de prueba.

Para verificar los fusibles sin necesidad de sacarlos de los portafusibles, se aplican los dos terminales de la lámpara de prueba sobre los extremos de cada fusible. Si al cerrar el interruptor de alimentación se enciende la lámpara el fusible verificado está interrumpido.

Cuando salta un fusible mientras un motor trifásico está en marcha, el motor sigue funcionando como uno monofásico. Sin embargo, pues esto que solo trabaja parte del arrollamiento, éste deberá soportar toda la carga.

Por consiguiente si el motor continúa girando en estas condiciones, aunque sea poco tiempo, la parte activa de su arrollamiento se calentará intensamente y acabará por quemarse. Además, el motor tendrá una marcha ruidosa y dificultades para impulsar la carga.

Para comprobar si se trata efectivamente de dicha anomalía, párese el motor e inténtese volverlo a poner en marcha. Si el motor no arranca, señal de que uno de los fusibles está quemado.

COJINETES DESGASTADOS.-

Cuando los cojinetes están desgastados, el rotor -

roza contra el estator y la marcha del motor es ruidosa. Si el desgaste de los cojinetes es tal que el rotor queda descansado plenamente sobre el núcleo estático, la rotación del motor es imposible. Si el motor es pequeño, para detectar esta anomalía se trata de mover un extremo del eje del rotor hacia arriba y hacia abajo. Si dicho movimiento resulta posible, uno de los cojinetes está desgastado. En tal caso, desmóntese el rotor e inspeccionese detenidamente el núcleo del mismo para ver si presenta señales de roce con el estator. Esto confirmará el mal estado de uno de ambos cojinetes, que deberán ser forzosamente reemplazados.

Cuando el motor es grande, el estado de los cojinetes se comprueba mediante un calibre de láminas. Si los cojinetes se hallan en buenas condiciones, el entrehierro (espacio de aire existente entre el rotor y el estator) debe ser el mismo en cualquier punto de la periferia. Si se encuentran diferencias, es que los cojinetes están desgastados. Se procederá entonces a su substitución.

SOBRECARGA.-

Para saber si el motor trabaja sobrecargado, quítese la correa del motor y trátese de hacer girar a mano el árbol al que va acoplada la carga. Es frecuente que dicho árbol no pueda girar por haber algún mecanismo roto o sucio que lo impide.

Otro sistema consiste en conectar un amperímetro en ser

rie con cada línea de alimentación. Si la indicación del instrumentos es superior al valor que figura en la placa de características, el motor trabaja **probablemente** sobrecargado. Las corrientes que **c**irculan por las fases deben ser sensiblemente iguales entre si y próximas al valor indicado en la placa de características. Si la lectura correspondiente a la fase es excesivamente elevada y distinta de las otras, es de presumir la existencia de espiras en cortocircuito en dicha fase.

FASE INTERRUMPIDA.-

Si se produce alguna interrupción en un arrollamiento mientras el motor se halla en marcha, éste continuará funcionando, aunque desarrollará menos potencia; si tiene lugar mientras el motor está parado, no será posible volver a arrancarlos. La interrupción puede estar localizada en una bobina o en la conexión entre dos grupos de bobinas. Normalmente está ocasionada por la rotura de hilo o por un contacto flojo en una conexión.

Si la interrupción radica en una bobina, será preciso substituir ésta por otra nueva. Si fuese imposible disponer de una bomba de recambio, puede solucionarse el problema dejando fuera de servicio la antigua. Para ello, una vez localizada la bobina defectuosa, se pone en corto circuito por medio de un puente que une el principio y el fin de la misma. Esta solución es pura-

mente provisional y sólo debe aplicarse cuando el rebobinado es impracticable. Por otra parte, no puede utilizarse si las bobinas están confeccionadas por grupos.

BOBINAS O GRUPOS DE BOBINAS CON ESPIRAS DEN CORTOCIRCUITO.-

Los cortocircuitos entre espiras determinan una marcha ruidosa del motor y el desprendimiento de humo. Tras localizar las bobinas defectuosas, sea por inspección visual, sea midiendo la corriente absorbida por cada fase, se substituirán por otras nuevas o se dejarán fuera de servicio.

Cuando el esmalte aislante que protege el hilo se requiebraja, entran varias espiras en contacto directo y la bobina dafectada se calienta intensamente, hasta que termina quemarse. Por el mismo motivo pueden quemarse otras bobinas, con lo cual un grupo entero de ellas o incluso una fase resultarán averiados.

Las bobinas con cortocircuito se dejan fuera de servicio de modo distinto que las interrupidas. Primero se localiza la bobina defectuosa por medio de una bobina explorada o bien visualmente. Luego se secciona integramente labobina por la cabeza opuesta a las conexiones y se retuercen a cada lado los hilos cortados sobre si mismo. Antes de retorcerlos, es preciso asegurarse de que los hilos cortados están desprovistos de aislamiento. El mismo método se aplica a las bobinas confeccionadas por gru

pos. Cuando se ha quemado un grupo completo de bobina es necesario rehacer todo el arrollamiento del motor.

BARRAS RETORICAS FLOJAS .-

Dan lugar a un funcionamiento ruidosa del motor, a la producción de potencia en el mismo y a la producción de chispas entre las barras y los aros frontales de la jaula de ardilla. En motores con rotor de jaula, las barras rotóricas quedan puestas en cortocircuito por ambos extremos mediante dos aros de cobre. Si alguna o varias de estas barras se aflojan y dejan de establecer buen contacto con dichos aros, el motor funciona en malas condiciones e incluso puede no funcionar del todo.

Las barras retóricas flojas pueden descubrirse por simple inspección visual o bien haciendo girar el rotor por encima de una bobina de prueba. Cada vez que pasa una barra se notará una vibración de la hoja de sierra; de no ser así, la barra no efectúa contacto con uno de los aros. El remedio consiste en volver a soldar las barras flojas.

Estas observaciones no son aplicables a los rotores de aluminio, en los que barras y aros han sido fundidos de una sola pieza.

CONEXIONES INTERNAS ERRONEAS.-

Un buen sistema para saber si las conexiones internas de un motor polifásico son correctas o no, con

siste en desmontar el rotor, colocar una bola de cojinete de gran tamaño en el interior del estator y cerrar el interruptor de alimentación del arrollamiento estórico. Si las conexiones internas son correctas, la bola girará por el interior del núcleo del estator, si las conexiones internas son erróneas, la bola permanecerá en reposo.

Cuando el motor es de tamaño mediano o grande conviene utilizar una tensión de alimentación reducida, pues de lo contrario puede saltar un fusible.

COJINETES AGARROTADOS.-

Cuando la parte del eje que gira dentro de un cojinete esta falta de lubricación, el eje se calienta intensamente y se dilata hasta el punto de quedar inmovilizado en el cojinete. En muchos casos el propio cojinete se funde y queda soldado con el eje, haciendo con ello imposible el movimiento de éste. Entonces se dice que los cojinetes están agarrotados. Para solventar las anomalías, pruébese a desmontar ambos escudos; el que cueste más de sacar será el que lleva el cojinete defectuoso. Desmóntese este escudo junto con el rotor, manténgase este último en posición fija y hágase girar el escudo hacia adelante y hacia atrás. Si esta operación resulta imposible, aflójese el tornillo que mantiene al cojinete en su alojamiento y pruébese a extraer conjuntamente rotor y cojinete, teniendo cuidado de no arras-

trar el anillo de engrase. El cojinete podrá luego se pararse del eje golpeándolo con un martillo.

Probablemente será necesario torneear después el eje a un diámetro algo menor y adaptarse otro cojinete. Si el cojinete es de bolas, se substituirá por otro nuevo.

CAMBIADOR DEFECTUOSO.-

Si los contactos del cambiador no cierran bien, el motor no arrancará.

ARROLLAMIENTO CON CONTACTO A MASA.-

Este defecto se nota por la sacudida que se recibe al tocar cualquier parte metálica del motor mientras se halla conectado. Si los contactos a masa son más de uno, se produce un cortocircuito, el cual quema el arrollamiento o eventualmente hace saltar un fusible. La presencia de ésta avería se detecta con la lámpara de prueba. La reparación se efectúa rebobinando el arrollamiento entero o bien reemplazando la bobina defectuosa.

FASE CON LA POLARIDAD INVERTIDA.-

Esta anomalía queda puesto de manifiesto porque el motor gira a una velocidad inferior a la régimen y emite un ronquido característico. Se comprobarán todas las conexiones mediante el esquema correspondiente, y se reharán las que sean erróneas.

CONEXIONES EN PARALELO INTERRUMPIDA.-

Se traduce por un zumbido característico del motor y por la dificultad que éste experimenta a arras-

trar la plena carga. Verifiquense cuidadosamente todos los circuitos en paralelo.

Cuando por algún problema tenemos que desarmar el motor seguimos las siguientes pasos:

DESARMADO.-

- a) Para iniciar la operación de desarme, es necesario primeramente, chequear que la unidad esté perfectamente aislada eléctricamente, o sea abriendo los fusibles y colocando avisos de seguridad, así como accionar los botones de arranque y paro en el campo.
- b) Al iniciar el desarme, es necesario quitar las tapas de los extremos las cuales tienen barrenos roscados perfectamente distribuidos con el fin de efectuar el despegue de la misma, así como el lugar donde instalar la maniobra para sostenerla en los motores chicos que no cuenten con dicha instalación, se procurará sostener la tapa, para que no caiga sobre la flecha del rotor, cuidando que la salida de su guía sea uniforme en todo su rededor, sin tener que hacer uso de cuñas o palancas que dañen la misma.
- c) Una vez que se tengan las tapas fuera y sea necesario sacar el rotor, se tendrá muchos cuidado de colocar una lámina en la parte inferior del mismo con una película de parafina o grasa con

una película de parafina o grasa con el fin de deslizar el rotor sin dañar el embibada del campo.

- d) Normalmente como los rotores no están en contacto directo con el estator, no sufren ningún daño mecánico producido por desgaste, sino que por lo general todo se reduce a limpieza del ventilador interior, exterior, ducto de enfriamiento cambio de baleros o chumaceras, sellos de grasa o aceite, etc, pero en caso de que el rotor por falla en sus apoyos tocara el embobinado, este tendrá que chequearse perfectamente y el rotor se colocará entre dos puntos para ver si no tuvo flexión a daño alguno, así como inspeccionar el alojamiento de los baleros. o muñones de las chumaceras, zonas de sellado, etc. para posteriormente efectuarle un balanceo dinámico con todos los aditamentos que giran junto con él en operación normal.
- c) Hay que tener mucho cuidado de chequear la entrada y salida de grasa cuando se tienen las tapas fuera de su lugar, ya que ello nos garantiza la acción de engrasado cuando la unidad se encuentra en operación. De la misma forma sucede con los motores que tienen lubricación por aceite, en los cuales el nivel de aceite debe ser siempre

el correcto, ya que si está alto se pasa el em bobinado y si está bajo falta lubricación a los rodamientos.

Es muy importante el cuidado que se debe tener con los sellos de grasa, el aceite o laberintos pues a causa de ellos pueden dañarse los rodamientos por fuga del lubricante o por entrada de polvo y agua en los mismo.

Luego para el armado seguimos los siguientes pasos:

- a) Una vez chequeado el campo y el rotor por mantenimiento eléctrico, se procederá a introducir el rotor en la misma forma como se hizo con el desarmado, por medio de una lámina protectora.
- b) La instalación de los baleros se efectúara siguiendo el mismo método como se indica en las bombas centrífugas con relación a los mismos.
- c) Hay que tener mucho cuidado con la selección de la grasa utilizando para su lubricación, ya que dependerá del peso propio, velocidad de operación y tipo de rodamiento.
- d) Cuando se tenga completamente el motor armado, es muy conveniente rodarlo en vacío para chequear su funcionamiento.

V. TRANSFORMADORES.-

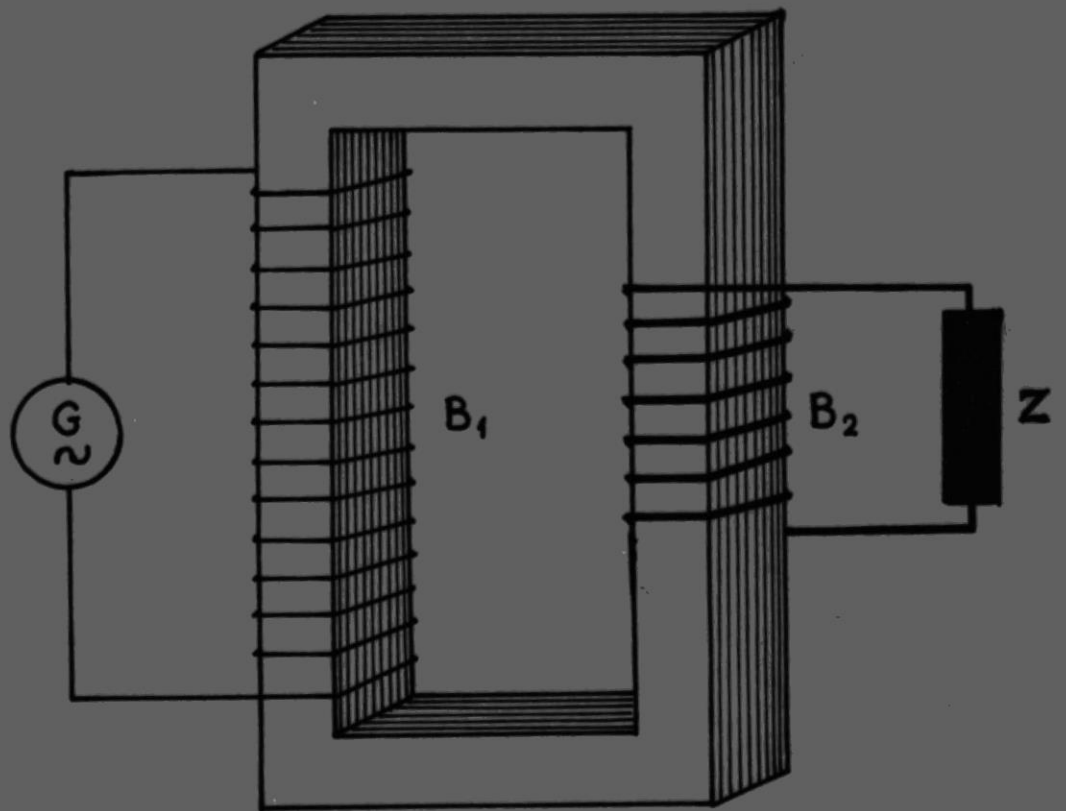
5.1. GENERALIDADES.-

Se incluyen bajo la denominación general de transformador a aquellos dispositivos estáticos, es decir, sin partes móviles, destinadas a transferir energía eléctrica de un circuito a otro, siendo el enlace común entre ambos circuitos, un flujo magnético común.

El transformador no es, propiamente, una máquina eléctrica, pues el concepto "máquina" presupone siempre órganos en movimientos y el transformador es, como hemos dicho un dispositivo estático. Además, en las máquinas eléctricas, o bien hay conversión de energía eléctrica mecánica (motores) o conversión de energía mecánica en energía eléctrica (generadores); es decir, que siempre existe cambio de energía de una clase, en energía de otra clase diferente. Por el contrario, en los transformadores solamente se transforma energía eléctrica de unas características determinadas de tensión y corriente en energía, - también eléctrica, pero de diferentes características de tensión y corriente.

5.2. COMPONENTES.-

En su forma más sencilla, un transformador (fig. #30) está constituido por un circuito magnético, formado por chapas apiladas de material ferromagnético, sobre el



DISPOSICION GENERAL DE UN TRANSFORMADOR

FIG. 30

que se arrollan dos bobinas B1 y B2.

Si conectamos la bobina B1 a los terminales de un generador de corriente alterna G y cerramos el circuito de la bobina B2 mediante una impedancia Z, la bobina B1 actúa como una inductancia que, al ser atravesada por la corriente procedente del generador G produce un flujo alterno que circula por el circuito magnético, induciendo una fuerza electromotriz en la bobina B2, de la misma frecuencia que la tensión aplicada a la bobina B1; como consecuencia, por el circuito eléctrico constituido por B2 y Z, pasa una corriente. Es decir que, por inducción mutua, o sea por medio de un flujo magnético una potencia alterna pasa de un circuito electrónico a otro circuito eléctrico, separado del primero.

Como, solamente un flujo variable puede producir una fuerza electromotriz inducida y el transformador no tiene partes móviles, se deduce fácilmente que el transformador solamente puede funcionar con corriente alterna, ya que la corriente alterna es la que produce el flujo magnético alterno necesario para el funcionamiento del transformador.

A la bobina B1 que actúa como generador del flujo se le llama arrollamiento primario o, también, devanado primario; la bobina B2 que actúa como receptora del flujo se denomina arrollamiento secundario o devanado secundario. El circuito eléctrico constituido por el generador y el

arrollamiento primario, es el circuito primario 6, más sencillamente, primario del transformador; de la misma forma, el circuito eléctrico constituido por el arrollamiento secundario y la carga, es el circuito secundario o, abreviadamente, secundario del transformador. Se llamará tensión primaria y corriente primaria, a la tensión primaria aplicada al primario y a la corriente que atraviesa este circuito cuando se le conecta una carga.

5.3. PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO.-

Las costosas fallas de los transformadores, con las consiguientes interrupciones en la productividad, se previenen mediante la implantación de un buen plan de inspecciones que se encuentre a cargo de personas idóneas y un programa de mantenimiento preventivo sistemático. Debido a descuidos, algunos transformadores que aparentemente están funcionando bien, de pronto fallan sin haber dado señales axternas de problemas. Esta situación toma una importancia relevante cuando se comienza a evaluar sus consecuencias posteriores.

Los transformadores son equipos claves para la transmisión del 99 % de toda la energía eléctrica. Permiten la generación y transmisión de energía a voltaje relativamente altos, como así también la operación de mecanismos a voltajes relativamente bajos y seguros.

Los transformadores deben ser correctamente selecciona-

dos, instalados y preservados. Desafortunadamente en razón de que sus componentes esenciales se encuentran escondidos y de que no tienen piezas móviles mucha gente que tiene la responsabilidad de velar por su buen funcionamiento, erróneamente creen que no requieren mantenimiento preventivo. Esto no es así, es necesario brindarles una atención periódica.

El buen funcionamiento de un transformador depende, en gran parte de la carga que se le imponga y del cuidado que reciba. Cuando se los inspecciona debe tenerse en cuenta los efectos del calor y el deterioro del aceite. La cantidad de calor generado depende de la carga que pase por estos. Este calor debe disiparse para que la temperatura se mantenga dentro de límites tolerables. Debe darse preferente atención al mantenimiento del nivel y la calidad correcta del aceite. El aceite extrae el calor y actúa como un aislador preservando la otra aislación. Cuando se deteriora, el aceite pierde su propiedad para cumplir con estas funciones y, en consecuencia, el transformador falla. Existen dos causas por las cuales el aceite se descompone, la humedad y la oxidación. La humedad aunque sea en pequeñas cantidades, destruirá las propiedades aisladoras del aceite. La oxidación también es un factor de perturbación para los aceites de transformadores. Se produce cuando el aceite se calienta en presencia de oxígeno, acción ésta

que origina un precipitado o una sedimentación.

Estos elementos se depositan en las bobinas y en los conductos, restringidos el flujo de aceite, lo cual hace que la temperatura se eleve.

En razón de que los transformadores requiere un buen aceite para funcionar sin inconvenientes, se aconseja realizar análisis periódicos para determinar su pureza. La frecuencia de los análisis dependerá de condiciones tales como son la carga y la importancia de la unidad. El aceite de los transformadores de las centrales eléctricas y de otros que se encuentran en las industrias sujetos a servicios críticos, debería ser analizados a intervalos de 3 a 6 meses. Un análisis anual sería prudente para el de los otros transformadores cuyos servicios no son tan vitales.

INSPECCION EXTERNA.-

Es vital el examen de los componentes externos como son: los manguitos aisladores, el tanque, los accesorios, las empaquetaduras, las conexiones, los conductores la puesta a tierra y el pararrayos.

LOS MANGUITOS AISLADORES.-

Muchas fallas de transformadores ocurren debido a que tienen aisladores defectuosos. Estos deben estar siempre limpios y ser reemplazados ante cualquier

signo de deterioro. En algunas instalaciones donde el pueda contener sustancias que se adhieren e acumulen rápidamente, un compuesto siliconado le aumentará considerablemente su resistencia aisladora. El compuesto siliconado es aplicado mediante atomización.

EL TANQUE, LOS ACCESORIOS Y LAS EMPAQUETADURAS.-

La caraza y todos los orificios que llevan empaquetaduras deben ser mantenidas de pérdidas de aceite. Una pérdida en los tanques puede indicar una grave corrosión interna o solduras defectuosas. Debe repararse inmediatamente los accesorios y las juntas con empaquetadura que tenga pérdidas.

CONEXIONES Y CONDUCTORES.-

Muchas fallas se deben a conexiones eléctricas defectuosas. Frecuentemente se ha observado que las que están fuera de la coraza del transformador, se encuentran dañadas a pesar de lo fácil que es descubrirlas y repararlas. En una conexión haya sido bien hecha no significa que permanecerá así indefinidamente. En muchos casos la decoloración de la barra colectora evidenciará que hay un sobrecalentamiento. Una aislación ampollada o una soldadura fundida cerca del talón son signos delatores de fallas.

PUESTA A TIERRA.-

Una buena puesta a tierra para el tanque es una importante medida de prevención para eliminar un peligro de electrocución en caso de que el circuito interno o externo se ponga en contacto con el tanque. Examine cada seis meses los acoples a la coraza y el conductor a tierra. La resistencia a tierra no debe exceder de 5 ohmios.

PARARRAYOS.-

Las ondas inducidas por los rayos son causas de fallas frecuentes. La solución está en instalarles un pararrayos adecuados y moderno. El sistema de puesta a tierra deberá ser examinado, por lo menos anualmente, debido a su importancia en lo que se refiere a la prevención de daños por fuertes descargas eléctricas. La resistencia del circuito a tierra debe ser baja, no más de 5 ohmios y preferiblemente menor. El diámetro del conductor debe estar de acuerdo con las normas. El pararrayos no debe tener señales de daños, como son conectores rotos o la porcelana de los aisladores astillados.

INSPECCION INTERNA.-

Es de relevante importancia el inspeccionar el núcleo y las bobinas de un transformador para la cu

al se vaciará el contenido de aceite y se retirará el tanque. La frecuencia de estas inspecciones dependerá del tipo de unidad y la índole del servicio al que el transformador está afectado. Las unidades que están sometidas a un servicio severo, tales como son las que alimentan hornos eléctricos o rectificadores de potencia deberán ser inspeccionadas cada tres años. Los transformadores no sellados deberán ser abiertos cada 5 años y los sellados podrán operar hasta 10 años sin inspecciones internas.

Los exámenes internos deben determinar las condiciones en que se encuentran los tabiques aisladores, las interconexiones y la aislación.

Los paneles de bornes, los cambiadores de toma y las conexiones deben ser inspeccionadas cuidadosamente, eliminar cualquier adherencia de sedimentos.

RESISTENCIA AISLADORA.-

Un examen megohmétrico anual dará una buena pauta sobre las condiciones generales de aislación. El examen deberá ser tomado del primario y del secundario a tierra y entre el primario y el secundario.

TEMPERATURA.-

Si se desea que el bobinado tenga una vida normal útil, la carga impuesta a un transformador debe ser

mantenida dentro de límites apropiados. La placa de unidad generalmente especificará la temperatura máxima aceptable, lo cual depende del tipo de aislación y diseño. Si el transformador se encuentra dotado de un indicador de puntos calientes, esta máxima estará limitada a los 65 C, para una aislación de la clase A. Si el transformador está dotado de un indicador de temperatura para líquidos, la máxima permisible será de 50 C, agréguese a estas lecturas la temperatura del ambiente o del aire circundante. Para operaciones nontínuas, la temperatura más elevada de puntos calientes no deberá exceder de los 95 C. Si el transformador es refrigerado por agua la temperatura de entrada y salida debe ser controlada diariamente para detectar cualquier cambio anormal, tal cambio podría indicar una deficiente circulación de agua o insrustaciones escaomsas lo cual no deja que el agua absorba el calor.

DEPOSITOS PROTECTORES.-

El que un transformador deba tener un sistema protector, dependerá del tamaño, las interconexiones y la importancia del servicio que preste la unidad. Las alarmas para alta rtemperaturas son cenvenientes, estas permiten hacer ajustes antes de que produzcan iimportantes interrupciones del servicio. Los relé de sobrecarga los fusibles y la protección diferencial, deben ser se-

ccionados en función de los requerimientos del sistema. Estos dispositivos deben ser probados y calibrados cada 6 meses.

PRECAUCIONES.-

Antes de realizar cualquier tarea que requiera un contacto físico real con un transformador, deberá tenerse sumo cuidado en asegurarse de que la unidad se encuentra totalmente sdesenergizada desde su fuente de alimentación.

Desconéctese los interruptores o sáquense los fusibles, tanto en el primario como en el secundario. Deberán hacerse verificaciones con los instrumentos adecuados para asegurarse de que no ha quedado una carga potencial. - Luego instálese una buena toma a tierra desde las bobina a masa y no hay que retirarla hasta haber concluido la tarea.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- MANUAL DEL INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
I. SEMINARIO DE INGENIERIA MECANICA PETRO-
LERA.

BOMBAS CENTRIFUGAS:

ING. LEE J. CURSIO
ING. GUILLERMO MARTINEZ.
INGERSOLL-RAND, S.A. DE
C.V.
MEXICO, ENERO DE 1972

COMPRESORES CENTRIFUGOS:

ING. PAUL STEFFEN
INGERSOLL RAND, S.A. DE
C.V.
MEXICO, ENERO DE 1972

PROBLEMAS DE VIBRACION

EN MAQUINARIA ROTATIVA:

ING. FERNANDO ZAMORANO
BERNAL.
INSTITUTO MEXICANO DEL -
PETROLEO.
MEXICO, ENERO DE 1972

