

41126
21



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

CAMPUS ARAGÓN

**"MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DE BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES DE
ACOPLAMIENTO MAGNETICO MODELO KONTRO A-RANGE Y
H-RANGE"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A :

ELIO ANIBAL CHAVEZ BARAJAS

ASESOR DE TESIS:

ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA.

MÉXICO

2003.

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 27 de febrero del año en curso, por la que se comunicó que el alumno ELIO ANIBAL CHAVEZ BARAJAS, de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, ha concluido su trabajo de investigación titulado "MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES DE ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO MODELO KONTRON A-RANGE Y H-RANGE", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su inscripción; así como la inscripción de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 26 de febrero del 2003
EL SECRETARIO


LIC. ALBERTO BARRA ROBAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/vr


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

B

PAGINACION

DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 27 de febrero del año en curso, por la que se comunica que el alumno ELIO ANIBAL CHAVEZ BARAJAS, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación titulado "MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES DE ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO MODELO KONTRÖ A-RANGE Y H-RANGE", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, de febrero del 2003
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

Cp Asesor de Tesis.
Cp Interesado.

AIR/vr


**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN**
DIRECCIÓN

**ELIO ANIBAL CHAVEZ SARAJAS
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 24 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. ALEJANDRO RODRIGUEZ LORENZANA pueda dirigir el trabajo de tesis denominado "MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES DE ACOPLAMIENTO MAGNETICO MODELO KONTRÖ A-RANGE Y H-RANGE", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el predicho Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 1 de octubre de 1966
LA DIRECTORA


ANQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ





- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica
- C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/ta.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 CAMPUS ARAGÓN



INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ
 DIRECTORA DE LA
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
 PRESENTE

San Juan de Aragón, Estado de México a 16 de Junio de 2002.

Por medio de la presente, solicito se autorice el Registro de Tesis que desarrollará el (ta) C:

CHAVEZ APULIHKO MATURNO	SARAJIL APULIHKO MATURNO	ELIO ARINAL NORABRI (S)
----------------------------	-----------------------------	----------------------------

De la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

TEMA DE TESIS:
REPARACIÓN DE INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES DE ACOPLAMIENTO MAGNETICO MODELO KONTRÖ A-RANGE Y H-RANGE

CAPITULADO:
 1.- CONCEPTOS BASICOS DE HIDRAULICA DE BOMBAS Y FLUIDOS.
 2.- CLASIFICACION Y TIPOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS.
 3.- BOMBAS DE ACOPLAMIENTO MAGNETICO.
 4.- INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DE LAS BOMBAS DE ACOPLAMIENTO MAGNETICO
 5.- MANTENIMIENTO
 CONCLUSIONES.
 BIBLIOGRAFIA.

Director de Tesis

Lic. Alberto Ibarra Rosas
 Jefe de la Secretaría Académica

Ing. Raúl Barrón Vera
 Jefe de Carrera
 Ingeniería Mecánica Eléctrica

DATOS PERSONALES DE ALUMNO

DOMICILIO: HEROES # 206	GUERRERO	06300
CALLE CUARENTIROC	COLONIA	MEXICO, D. F. C.P.
DELEG. AMPO.		CIUDAD
TELEFONO: 55972868 Y 55619974		

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Dedico este trabajo y todo lo que significa a:

La memoria de mi padre que siempre me recuerda lo que la palabra "esfuerzo" significa.

A mi madre que me dio la vida e inspira cada acción que realizo.

A mis hermanos que me ayudaron a crecer y han compartido momentos buenos y malos.

Amigos, compañeros y maestros por agregar un granito de arena a mi formación personal y profesional.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPITULO 1 "CONCEPTOS BÁSICOS"

1.1	Fluido	1
1.2	Densidad específica	1
1.3	Peso específico	3
1.4	Densidad relativa	3
1.5	Volumen específico	4
1.6	Viscosidad	4
1.7	Flujo compresible e incompresible	6
1.8	Carga estática de succión	7
1.9	Carga estática de aspiración	7
1.10	Carga estática de descarga	7
1.11	Carga estática total	8
1.12	Carga de fricción	8
1.12	Carga de velocidad	9
1.13	Carga dinámica total de descarga.	9
1.14	Carga dinámica total de succión.	9
1.15	Carga dinámica total	10
1.16	Presión de vapor	11
1.17	NPSH disponible	11
1.18	NPSH requerido	12
1.19	Velocidad específica	13
1.20	Cavitación	14

CAPITULO 2 "CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS"

2.1	Bombas centrífugas de etapa simple	
2.1.1	Impulsor sobresalido o colgado	16
2.1.2	Bombas de motor encapsulado	19
2.2	Bombas verticales	
2.2.1	Bombas verticales de foso lleno	20
2.2.2	Bombas verticales de turbina	20
2.3	Bombas de hélice	25
2.4	Bombas de agua de albañal	27
2.5	Bombas de colector	29

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.6.1	<i>Impulsor</i>	31
2.6.2	<i>Pared divisora o canaleta</i>	32
2.6.3	<i>Principio de operación</i>	32

CAPITULO 3 "BOMBAS DE ACOPLAMIENTO MAGNETICO"

3.1	<i>Introducción</i>	34
3.1.1	<i>Teoría de operación de bombas</i>	35
3.2	<i>Acoplamiento magnético</i>	36
3.3	<i>Conducción por torque anular</i>	37
3.4	<i>Acoplamiento síncrono</i>	40
3.5	<i>Causas que afectan el comportamiento de los magnetos.</i>	
3.5.1	<i>Abuso físico</i>	42
3.5.2	<i>Altas temperaturas</i>	42
3.5.3	<i>Altos campos magnéticos</i>	42
3.6	<i>Consideraciones de diseño de la celda Contenedora en bombas de accionamiento magnético.</i>	
3.6.1	<i>Criterios de diseño</i>	46
3.6.2	<i>Corrientes de Hedi</i>	46
3.6.3	<i>Materiales de construcción</i>	47
3.6.4	<i>Diseño de celda contenedora soldada</i>	47
3.6.5	<i>Diseño de la celda contenedora por hidroformado.</i>	48

CAPITULO 4 "INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA"

4.1	<i>Preinstalación</i>	
4.1.1	<i>Inspección</i>	49
4.1.2	<i>Almacenaje</i>	49
4.1.3	<i>Manejo.</i>	49
4.2	<i>Consideraciones de localización.</i>	
4.2.1	<i>Localización de la unidad</i>	49
4.3	<i>Cimentación</i>	50
4.4	<i>Alineación</i>	
4.4.1	<i>Consideraciones generales.</i>	53

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4.4.3	<i>Tipos de desalineamientos</i>	53
4.4.4	<i>Procedimiento de alineación de coples.</i>	54
4.4.5	<i>Método alternativo de alineación.</i>	56
4.4.6	<i>Revisión final de acoplamiento.</i>	58
4.4.7	<i>Ajuste final</i>	58
4.5	<i>Conexión de tubería de succión</i>	59
4.6	<i>Situaciones que se deben de evitar en el de tubería de succión.</i>	62
4.7	<i>Sistema de tubería de descarga</i>	63
4.8	<i>Procedimiento de pre-arranque.</i>	65
4.9	<i>Lubricación de baleros</i>	67
4.9.1	<i>Procedimientos de llenado de aceite lado potencia y capacidades</i>	68
4.10	<i>Arranque</i>	69

CAPITULO 5 "MANTENIMIENTO"

5.1	<i>Mantenimiento preventivo</i>	72
5.2	<i>Desensamblado del extremo liquido</i>	72
5.3	<i>Inspección</i>	
	5.3.1 <i>Chumaceras internas</i>	79
	5.3.2 <i>Celda contenedora</i>	81
	5.3.3 <i>Extremo del impulsor</i>	81
5.4	<i>Procedimiento de reemplazo "Chumaceras internas"</i>	82
5.5	<i>Desensamble e inspección de la caja de alojamientos de baleros exteriores.</i>	86
	CONCLUSIONES	92
	BIBLIOGRAFÍA	94

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RESUMEN

En este trabajo de investigación se presentan los siguientes aspectos fundamentales.

Capitulo I "Conceptos básicos de hidráulica de bombas y fluidos"

En este capítulo se introduce al consultante a los principios básicos de la hidráulica de las bombas centrífugas, incluyendo definiciones de las principales características de los fluidos como son: viscosidad, gravedad específica, volumen específico, peso específico, densidad relativa etc. Para que mediante la comprensión de los mismos se facilite el entendimiento del resto del trabajo de investigación.

Capitulo II " Clasificación y tipos de bombas centrífugas"

En este capítulo se presenta una clasificación general de los diferentes tipos de bombas centrífugas para así obtener una visión mas amplia de los tipos que existen actualmente dentro de la industria; datos de funcionamiento y características particulares de cada tipo de bomba,

Capitulo III "Bombas de acoplamiento magnético"

En este capítulo se muestran los conceptos básicos del funcionamiento de bombas centrífugas de accionamiento magnético así como características de cada una de las piezas que las conforman.

Capitulo IV "Instalación y puesta en marcha de las bombas de acoplamiento magnético "

En este capítulo se muestran los procedimientos básicos estandarizados, recomendaciones de diferentes fabricantes de equipo de bombeo, diversos institutos y asociaciones calificadas entre las que se encuentra (HMD Kontro) para conseguir una excelente instalación y puesta en marcha de bombas centrífugas horizontales de accionamiento magnético.

Capitulo V "Mantenimiento"

En este capítulo se muestran los diferentes pasos a seguir y recomendaciones para contar con un mantenimiento fácil , rápido y libre de problema

CAPITULO 1 CONCEPTOS BÁSICOS DE HIDRÁULICA DE BOMBAS Y FLUIDOS

1.1 FLUIDO

Es aquella sustancia que debido a su poca cohesión intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del recipiente que lo contiene.

Los fluidos se clasifican en líquidos y gases.

Los líquidos a una presión y temperatura determinadas ocupan un volumen determinado. Introducido el líquido en un recipiente adopta la forma del mismo, pero llenando solo el volumen que le corresponde. Si sobre el líquido reina una presión uniforme por ejemplo la atmosférica, el líquido adopta, una superficie plana, como la superficie de un lago o la de un cubo de agua.

Los gases a una presión, y temperatura determinada tienen también un volumen determinado, pero puestos en libertad se expansionan hasta ocupar el volumen completo, y no presentan superficie libre.

Los sólidos ofrecen gran resistencia al cambio de forma y volumen; los líquidos ofrecen gran resistencia al cambio de volumen, pero no de forma y los gases ofrecen poca resistencia al cambio de forma y de volumen.

Por lo tanto el comportamiento de líquidos y gases es análogo en conductos cerrados (tuberías); pero no en conductos abiertos (canales), porque solo los líquidos son capaces de crear una superficie libre.

En general los sólidos y los líquidos son poco compresibles y los gases muy compresibles; pero ningún cuerpo (sólido, líquido o gaseoso) es estrictamente incompresible, aunque el fluido incompresible no existe en realidad

1.2 DENSIDAD ESPECÍFICA O ABSOLUTA.

Aunque toda la materia posee masa y volumen, la misma masa de sustancias diferentes tienen ocupan distintos volúmenes, así notamos que el hierro o el hormigón son pesados, mientras que la misma cantidad de goma de borrar o plástico son ligeras. La propiedad que nos permite medir la ligereza o pesadez de una sustancia recibe el nombre de densidad. Cuanto mayor sea la densidad de un cuerpo, más pesado nos parecerá.

$$d = \frac{m}{V}$$

La densidad se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. Así, como en el S.I. la masa se mide en kilogramos (kg) y el

volumen en metros cúbicos (m³) la densidad se medirá en kilogramos por metro cúbico (kg/m³).

La mayoría de las sustancias tienen densidades similares a las del agua por lo que, de usar esta unidad, se estarían usando siempre números muy grandes. Para evitarlo, se suele emplear otra unidad de medida el gramo por centímetro cúbico (gr./c.c.)

Las medidas de la densidad quedan, en su mayor parte, ahora mucho más pequeñas y fáciles de usar. Además, para pasar de una unidad a otra basta con multiplicar o dividir por mil.

<i>Sustancia</i>	<i>Densidad en kg/m³</i>	<i>Densidad en g/c.c.</i>
Agua	1000	1
Aceite	920	0,92
Gasolina	680	0,68
Plomo	11300	11,3
Acero	7800	7,8
Mercurio	13600	13,6
Madera	900	0,9
Aire	1,3	0,0013
Butano	2,6	0,026
Dióxido de carbono	1,8	0,018

¡¡¡SSS CON
FALLA DE ORIGEN

La densidad de un cuerpo está relacionada con su flotabilidad, una sustancia *flotará sobre otra si su densidad es menor*. Por eso la *madera* flota sobre el *agua* y el *plomo* se hunde en ella, porque el *plomo* posee mayor densidad que el *agua* mientras que la densidad de la *madera* es menor, pero ambas sustancias se hundirán en la *gasolina*, de densidad más baja.

1.3 PESO ESPECÍFICO (W)

El peso específico, (W), representa la fuerza ejercida por la gravedad sobre la unidad de volumen del fluido y se mide, por lo tanto, en unidad de fuerza por unidad de volumen, por ejemplo, New.m-3.

La densidad y el peso específico de un fluido están relacionados del modo siguiente:

$$\rho = \frac{w}{g}$$
$$w = \rho \cdot g$$

1.4 DENSIDAD RELATIVA.

Es la relación entre la masa del cuerpo a la masa de un mismo volumen de agua destilada a la presión atmosférica y 4° C. La densidad relativa es función de la temperatura y de la presión.

Se usa un hidrómetro para medir directamente la densidad relativa de un líquido. Normalmente se utilizan dos escalas hidrométricas, a saber:

La escala API que se utiliza para productos del petróleo.

Las escalas Baumé, que a su vez usa 2 tipos: uno para líquidos más densos que el agua y otro para líquidos más ligeros que el agua:

Las relaciones entre estas escalas hidrométricas y la densidad relativa son:

Para productos del petróleo:

$$S(60^{\circ}F / 60^{\circ}F) = \frac{141.5}{131.5 + \text{grados API}}$$

Para líquidos más ligeros que el agua:

$$S(60^{\circ}F / 60^{\circ}F) = \frac{140}{130 + \text{grados Baumé}}$$

Para líquidos más pesados que el agua:

$$S(60^{\circ}F / 60^{\circ}F) = \frac{145}{145 - \text{grados Baumé}}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El peso específico relativo de un gas es la razón de su densidad a la del aire o la del nitrógeno, tomados éstos, a temperatura y presión dadas.

1.5 VOLUMEN ESPECÍFICO

Se define de distinta manera en el SI y en el ST. En nuestro sistema SI volumen específico es el recíproco de la densidad absoluta.

En el ST volumen específico es el recíproco del peso específico.

1.6 VISCOSIDAD

Hemos definido un fluido como una sustancia que se deforma continuamente bajo la acción de un esfuerzo cortante. En ausencia de éste, no existe deformación. Los fluidos se pueden clasificar en forma general, según la relación que existe entre el esfuerzo cortante aplicado y la rapidez de deformación resultante. Aquellos fluidos donde el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la rapidez de deformación se denominan fluidos newtonianos. La mayor parte de los fluidos comunes como el agua, el aire, y la gasolina son prácticamente newtonianos bajo condiciones normales. El término no newtoniano se utiliza para clasificar todos los fluidos donde el esfuerzo cortante no es directamente proporcional a la rapidez de deformación.

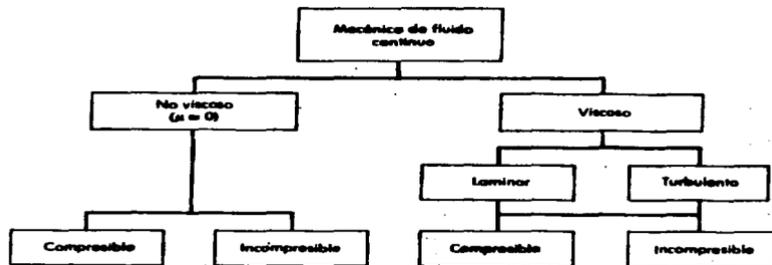
Numerosos fluidos comunes tienen un comportamiento no newtoniano. Dos ejemplos muy claros son la crema dental y la pintura Lucite. Esta última es muy "espesa" cuando se encuentra en su recipiente, pero se "adelgaza" si se extiende con una brocha. De este modo, se toma una gran cantidad de pintura para no repetir la operación muchas veces. La crema dental se comporta como un "fluido" cuando se presiona el tubo contenedor. Sin embargo, no fluye por sí misma cuando se deja abierto el recipiente. Existe un esfuerzo límite, de cedencia, por debajo del cual la crema dental se comporta como un sólido. En rigor, nuestra definición de fluido es válida únicamente para aquellos materiales que tienen un valor cero para este esfuerzo de cedencia.

Si se considera la deformación de dos fluidos newtonianos diferentes, por ejemplo, glicerina y agua, se encontrará que se deforman con diferente rapidez para una misma fuerza cortante. La glicerina ofrece mucha mayor resistencia a la deformación que el agua; se dice entonces que es mucho más viscosa.

En la mecánica de fluidos se emplea muy frecuentemente el cociente de la viscosidad absoluta, μ , entre la densidad, ρ . Este cociente recibe el nombre de

viscosidad cinemática y se representa mediante el símbolo ν . Como la densidad tiene dimensiones $[M/V]$, las dimensiones que resultan para ν son $[L^2/t]$. En el sistema métrico absoluto de unidades, la unidad para ν recibe el nombre de stoke = cm^2/s

La viscosidad es una manifestación del movimiento molecular dentro del fluido. Las moléculas de regiones con alta velocidad chocan con las moléculas que se mueven con una velocidad global menor, y viceversa. Estos choques permiten transportar cantidad de movimiento de una región de fluido a otra. Ya que los movimientos moleculares aleatorios se ven afectados por la temperatura del medio, la viscosidad resulta ser una función de la temperatura. Los líquidos viscosos tienden a incrementar la potencia que se requiere en la bomba, reducir la eficiencia de esta última, su carga y su capacidad, y a hacer aumentar la fricción en las líneas de tuberías



La subdivisión principal señalada en la figura anterior se tiene entre los flujos viscosos y no viscosos. En un flujo no viscoso se supone que la viscosidad de fluido μ , vale cero. Evidentemente, tales flujos no existen; sin embargo; se tienen numerosos problemas donde esta hipótesis puede simplificar el análisis y al mismo tiempo ofrecer resultados significativos. (Si bien, los análisis simplificados siempre son deseables, los resultados deben ser razonablemente exactos para que tengan algún valor.) Dentro de la subdivisión de flujo viscoso podemos considerar problemas de dos clases principales. Flujos llamados incompresibles, en los cuales las variaciones de densidad son pequeñas y relativamente poco importantes y los flujos conocidos como compresibles donde las variaciones de densidad juegan un papel dominante como es el caso de los gases a velocidades muy altas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Los flujos viscosos se pueden clasificar en laminares o turbulentos teniendo en cuenta la estructura interna del flujo. En un régimen laminar, la estructura del flujo se caracteriza por el movimiento de láminas o capas. La estructura del flujo en un régimen turbulento por otro lado, se caracteriza por los movimientos tridimensionales, aleatorios, de las partículas de fluido, superpuestos al movimiento promedio.

En un flujo laminar no existe un estado macroscópico de las capas de fluido adyacentes entre sí. Un filamento delgado de tinta que se inyecte en un flujo laminar aparece como una sola línea; no se presenta dispersión de la tinta a través del flujo, excepto una difusión muy lenta debido al movimiento molecular. Por otra parte, un filamento de tinta inyectado en un flujo turbulento rápidamente se dispersa en todo el campo de flujo; la línea del colorante se descompone en una enredada maraña de hilos de tinta. Este comportamiento del flujo turbulento se debe a las pequeñas fluctuaciones de velocidad superpuestas al flujo medio de un flujo turbulento; el mezclado macroscópico de partículas pertenecientes a capas adyacentes de fluido da como resultado una rápida dispersión del colorante. El filamento rectilíneo de humo que sale de un cigarrillo expuesto a un ambiente tranquilo, ofrece una imagen clara del flujo laminar. Conforme el humo continúa subiendo, se transforma en un movimiento aleatorio, irregular; es un ejemplo de flujo turbulento.

El que un flujo sea laminar o turbulento depende de las propiedades del caso. Así, por ejemplo, la naturaleza del flujo (laminar o turbulento) a través de un tubo se puede establecer teniendo en cuenta el valor de un parámetro adimensional, el número de Reynolds, $Re = \rho V D / \mu$, donde ρ es la densidad del fluido, V la velocidad promedio, D el diámetro del tubo y μ la viscosidad.

1.7 FLUJO COMPRESIBLE Y FLUJO INCOMPRESIBLE

Aquellos flujos donde las variaciones en densidad son insignificantes se denominan *incompresibles*: cuando las variaciones en densidad dentro de un flujo no se pueden despreciar, se llaman compresibles. Si se consideran los dos estados de la materia incluidos en la definición de fluido, líquido y gas, se podría caer en el error de generalizar diciendo que todos los flujos líquidos son flujos incompresibles y que todos los flujos de gases son flujos compresibles. La primera parte de esta generalización es correcta para la mayor parte de los casos prácticos, es decir, casi todos los flujos líquidos son esencialmente incompresibles. Por otra parte, los flujos de gases se pueden

también considerar como incompresibles si las velocidades son pequeñas respecto a la velocidad del sonido en el fluido; la razón de la velocidad del flujo, V , a la velocidad del sonido, c , en el medio fluido recibe el nombre de número de Mach, M , es decir,

$$M=V/c$$

Los cambios en densidad son solamente del orden del 2% de valor medio, para valores de $M < 0.3$. Así, los gases que fluyen con $M < 0.3$ se pueden considerar como incompresibles; un valor de $M = 0.3$ en el aire bajo condiciones normales corresponde a una velocidad de aproximadamente 100 m/s.

Los flujos compresibles se presentan con frecuencia en las aplicaciones de ingeniería. Entre los ejemplos más comunes se pueden contar los sistemas de aire comprimido utilizados en la operación de herramienta de taller y de equipos dentales, las tuberías de alta presión para transportar gases, y los sistemas sensores y de control neumático o fluidoico. Los efectos de la compresibilidad son muy importantes en el diseño de los cohetes y aviones modernos de alta velocidad, en las plantas generadoras, los ventiladores y compresores.

Bajo ciertas condiciones se pueden presentar ondas de choque y flujos supersónicos, mediante las cuales las propiedades del fluido como la presión y la densidad cambian bruscamente

1.8 CARGA ESTÁTICA DE SUCCIÓN (hss) (figura 1)

Es la distancia vertical en pies o metros de la línea de centros de la bomba al nivel de líquido libre que será bombeado.

1.9 ALTURA ESTÁTICA DE ASPIRACIÓN(hsa)(ver figura 2)

Se denomina altura estática de aspiración cuando el nivel de líquido está por debajo de la línea de centros de la bomba. En ese momento la AEA tomará un valor negativo.

1.10 CARGA ESTÁTICA DE DESCARGA (hds) (ver figura 1 y 2)

Es la distancia vertical en pies o metros. Entre la línea de centros de la bomba y el punto de descarga libre del líquido o la superficie del líquido en el tanque de descarga.

1.11 CARGA ESTÁTICA TOTAL (mts)

Es la distancia vertical en pies o metros entre el nivel libre del liquido de la fuente o suministro y el punto de descarga libre o libre superficie de descarga del liquido

$$H_{ts} = h_{sd} - h_{sa}$$

$$H_{ts} = h_{sd} + h_{sa}$$

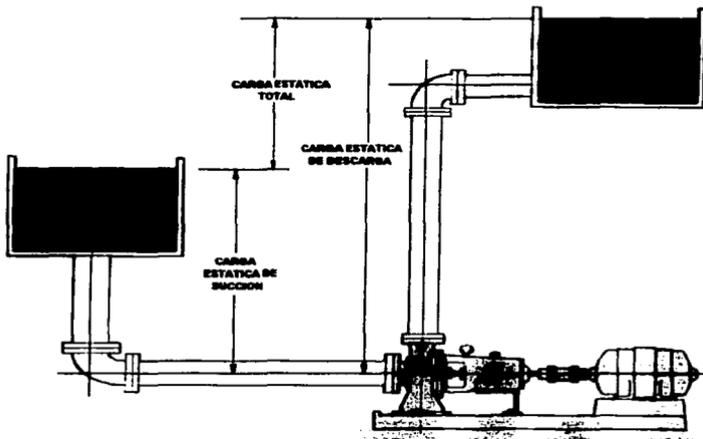


FIG 1

ILUSTRACION DE LAS CARGAS ESTÁTICAS EN UN SISTEMA DE BOMBEO SOBRE LA BOMBA ESTA LOCALIZADA POR DEBAJO DEL NIVEL DE SUCCION (CARGA ESTÁTICA DE SUCCION)

1.12 CARGA DE FRICCIÓN (hf)

La carga de fricción (expresada en pies o metros del liquido que se bombea) es la necesaria para contrarrestar las pérdidas por fricción ocasionadas por el flujo del liquido en la tubería, válvulas, accesorios y otros componentes como pueden ser los intercambiadores de calor. Estas pérdidas varían mas o menos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

proporcionalmente al cuadrado del flujo del sistema. También varían de acuerdo con el tamaño, tipo, condiciones de la superficies de tubos, accesorios y las características del líquido bombeado. Al calcular las pérdidas por fricción se debe tomar en cuenta que aumentan conforme la tubería se deteriora con el tiempo.

Se acostumbra basar las pérdidas en los datos establecidos para tubería promedio que tiene de 10 a 15 años de uso.

1.13 CARGA DE VELOCIDAD (hv)

Es la energía de un líquido como resultado de su movimiento a cierta velocidad V. Es la carga equivalente en pies o metros a través de la cual el líquido tendría que caer para adquirir la misma velocidad o en otras palabras, la carga necesaria para acelerar el líquido.

$$H_v = V^2/2g$$

Donde:

g = constante gravitacional 32.2 (pies/seg²)

V = velocidad del líquido en pies/seg

La carga de velocidad es usualmente insignificante y puede ser ignorada en la mayoría de los sistemas de alta presión, sin embargo esto puede ser un factor importante y deberá ser considerado en sistemas de baja presión.

1.14 CARGA DINÁMICA TOTAL DE DESCARGA (hd)

Es la carga estática de descarga más la carga de velocidad en la brida de descarga de la bomba más la carga total de fricción en la línea de descarga. La carga dinámica total de descarga como se determina en la prueba de la bomba, es la lectura de un manómetro en la brida de descarga, corregida a pies o metros de líquido y corregida a la línea de centros de la bomba, más la carga de velocidad en el punto de unión del manómetro.

1.15 CARGA DINÁMICA TOTAL DE SUCCIÓN (hs)

Es la carga estática de succión más la carga de velocidad en la brida de succión de la bomba, menos la carga de fricción total en la línea de succión. La carga dinámica total de succión, como se determina en la prueba de la bomba, es la lectura de un manómetro en la brida de succión convertida a pies

o metros de liquido y corregida a la línea de centros de la bomba, mas la carga de velocidad en el punto de unión del manómetro.

$$h_s = h_{gs} + atm + h_{vs}$$

$$h_s = h_{ss} - h_{fs}$$

1.16 CARGA DINÁMICA TOTAL (TDH)

Es la carga dinámica total de descarga menos la carga dinámica total de succión.

$$TDH = h_d - h_s \text{ (con una carga de aspiración)}$$

$$TDH = h_d - h_s \text{ (con una carga de succión)}$$

$$TDH = (P_d - P_s / G.S.) \times 2.31 = \text{ft}$$

$$TDH = (P_d - P_s / G.S.) \times 10.012 = \text{m}$$

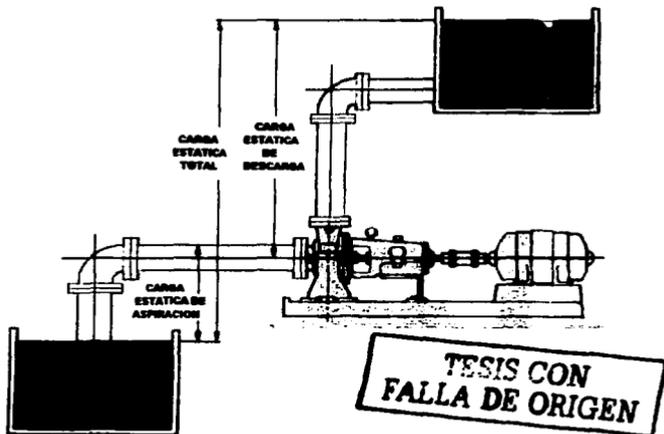


FIG. 2

MOSTRANDO LA CARGAS ESTÁTICAS EN UN SISTEMA DE BOMBEO CUANDO LA BOMBA ESTÁ LOCALIZADA ENTRE EL TANQUE DE SUCCIÓN Y CARGA ESTÁTICA DE DESCARGA

1.17 PRESIÓN DE VAPOR (Pv)

La presión de vapor, es una característica única de cada fluido está incrementa cuando se incrementa la temperatura. Cuando la presión de vapor dentro del fluido alcanza la presión de su entorno, el fluido comienza a vaporizar o ebullición.

La temperatura a la cual esta vaporización ocurre, disminuirá como la presión del entorno disminuya.

1.18 NPSH DISPONIBLE (NPSHa) (Fig4)

Es una función del sistema en el cual la bomba opera, el Instituto de hidráulica lo define como la carga total de succión en pies o metros absolutos, determinados en la brida de succión menos la presión de vapor del liquido en pies o metros absolutos. En palabras sencillas, es un análisis de las condiciones de energía y (define la cantidad de energía que tiene el liquido) en el lado de la succión de la bomba para determinar si el liquido vaporizara en el punto de menor presión de la bomba.

El NPSH disponible debe ser mayor o cuando menos igual que el NPSH requerido con el fin de tener una presión igual o mayor que la presión absoluta del liquido , para poder tener una operación sin cavitación.

La siguiente figura muestra cuatro sistemas de succión típicos, con la correspondiente formula para cada NPSH disponible. Es importante corregir debido a la gravedad específica del liquido y convertir todos las unidades de los términos de pies absolutos en las formulas usadas.

En un sistema existente el NPSH disponible puede ser determinado por un manómetro colocado en la succión de la bomba, la siguiente fórmula aplica:

$$NPSHA = PB - Pv \pm Gr + hv$$

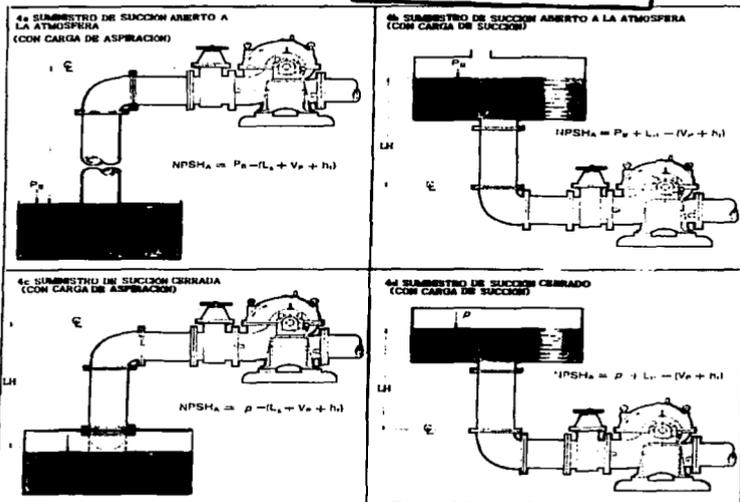
Donde:

Gr: Lectura del manómetro en la succión de la bomba expresada en pies (mas si es arriba de la presión atmosférica, menos si es por debajo de la presión atmosférica) corregida a la línea de centros de la bomba.

0

$$NPSHa = hss - hfs - Pv$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



PB: Presión barométrica, en pies absolutos

Vp: Presión de vapor del líquido a la máxima temperatura de bombeo, en pies absolutos

L: Pérdida por fricción en la tubería de succión, en pies absolutos

h: Pérdida por fricción en la tubería de succión, en pies absolutos

Ls: Máxima carga de succión estática de aspiración en pies

Vp: Máxima carga estática de succión en pies

h: Pérdida por fricción en la tubería de succión a la capacidad requerida

FIG 4 CARGA O DEL NPSH (NET POSITIVE SUCTION HEAD) PARA TÍPICAS CONDICIONES DE SUCCION

1.19 NPSHr REQUERIDO

Es una función del diseño de la bomba, como el líquido pasa de la succión de la bomba al ojo del impulsor, la velocidad incrementa y la presión decremента. Hay también pérdidas de presión debido a la turbulencia ocasionada cuando el líquido golpea con el impulsor.

La fuerza centrífuga de las venas del impulsor; además incrementa la velocidad y disminuye la presión del líquido. EL NPSHr es la carga positiva en pies o metros absolutos requeridos en la succión de la bomba para vencer esta caídas de presión en la bomba y

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

mantener el líquido arriba de su presión de vapor. El $NPSH_r$ varía con la velocidad y capacidad dentro de cualquier bomba en particular.

En palabras más sencillas es aquella energía necesaria para llenar la parte de la succión y vencer las pérdidas por rozamiento desde la conexión de succión de la bomba hasta el punto que se le añade más energía al líquido, es una característica de diseño de la bomba y varía el tamaño y condiciones de la misma

1.20 VELOCIDAD ESPECIFICA (Ns)

La velocidad específica (Ns) es un índice no dimensional de diseño usado para clasificar los impulsores de las bombas de acuerdo a su tipo y proporciones. Es definida como la velocidad en revoluciones por minuto a la cual un impulsor geoméricamente similar operaría si este fuera de tal tamaño como para entregar un galón por minuto contra un pie de carga.

El entendimiento de esta definición tiene un significado solo de diseño de ingeniería, sin embargo la velocidad específica deberá ser pensada como solo un índice para predecir ciertas características de la bomba. La siguiente fórmula es usada para determinar la velocidad específica..

$$N_s = N (Q)^{1/2} / H^{3/4}$$

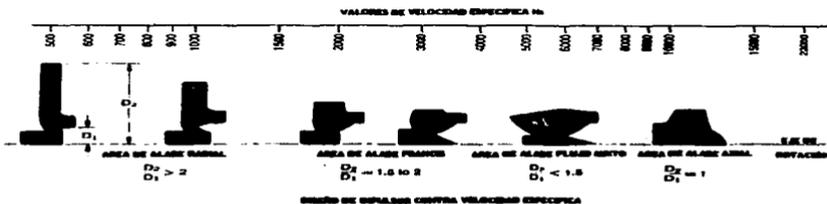
Donde :

N= Velocidad de la bomba en revoluciones por minuto

Q= Capacidad en galones por minuto en el mejor punto de eficiencia

H = carga dinámica total por etapa en el mejor tiempo de eficiencia..

La velocidad específica determina la forma general del impulsor como se muestra en la figura.



Como la velocidad específica se incrementa, la razón del diámetro del impulsor D_2 , con el diámetro del ojo del impulsor D_1 , se minimiza.

Está razón se convierte en 1.0 para un impulsor de flujo axial.

Los impulsores de flujo radial desarrollan carga principalmente a través de la fuerza centrífuga.

Bombas de velocidad específica mas grandes desarrollan cargas parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente con fuerza axial.

Mas altas velocidades específicas indican un diseño con mas generación de carga axial y menos fuerzas centrífugas . Un flujo axial o bomba de propele con velocidad específica de 10,000 o más grandes generan su carga exclusivamente a través de fuerzas axiales.

Impulsores radiales son generalmente de bajo flujo y diseños de altas cargas cuando los impulsores de flujo axial son para altos flujos y diseños de bajas cargas.

1.21 CAVITACIÓN

Cavitación es un termino utilizado para describir el fenómeno que ocurre dentro de una bomba cuando existe insuficiente carga neta de succión positiva (NPSHa). La presión del liquido es reducida a un valor igual o menor a su presión de vapor y pequeñas burbujas o bolsas de vapor se comienzan a formar. Conforme estas burbujas de vapor se mueven a lo largo de las venas o alabes del impulsor a un área de mayor presión, estas rápidamente colapsan.

El colapso o implosión es tan rápida que puede ser escuchada como un ruido extremadamente alto, como si se estuviera bombeando grava. Las fuerzas durante el colapso son generalmente lo suficientemente altas para causar diminutas muescas de falla por fatiga sobre las superficies de las venas del impulsor. Esta situación puede ser progresiva y bajo condiciones severas puede causar un daño serio al impulsor.

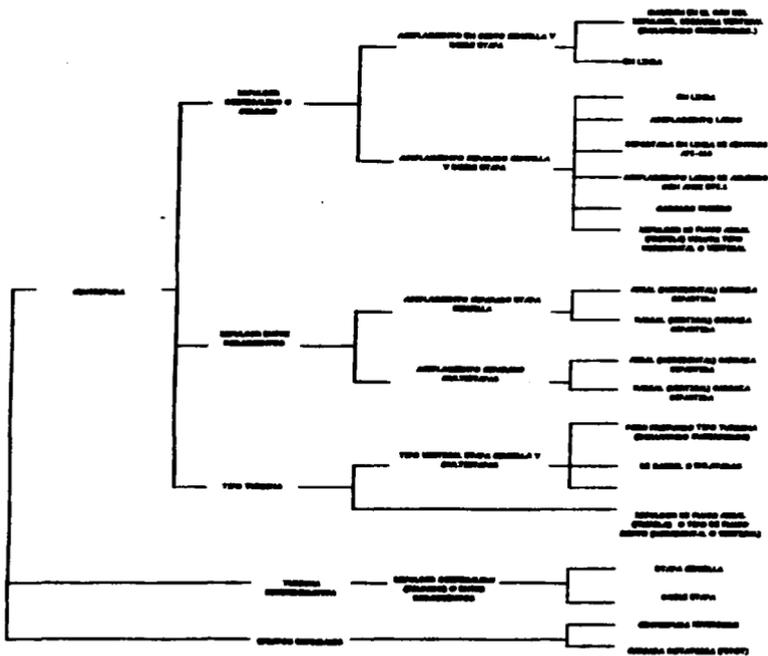
El ruido acompañante es la forma mas fácil de reconocer la cavitación.

Aparte del daño del impulsor, normalmente la cavitación resulta en una reducción de la capacidad debido al vapor presente en la bomba. También, la carga puede ser reducida e inestable y el consumo de potencia puede ser errática. Vibración y daño mecánico como la falla en los rodamientos puede también ocurrir como resultado de la operación con cavitación.

La única forma de prevenir los indeseables efectos de la cavitación es asegurarse que la carga neta positiva de succión disponible (NPSHa) en el sistema sea mas grande que el carga neta positiva de succión requerida (NPSHr) por la bomba.

CAPITULO 2 CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

TIPOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS BASADA EN LA CONFIGURACIÓN MECÁNICA



**TIPO CON
FALLA DE ORIGEN**

2.1 Bombas Centrifugas de etapa simple

2.1.1 Impulsor sobresalido o colgado.

En este grupo, el impulsor o los impulsores son montados en el final de la flecha la cual está sobresalida de los soportes de los rodamientos. Estas bombas existen también en configuraciones de acoplamiento corto donde el impulsor es montado directamente en la flecha del accionador estas unidades son extremadamente compactas y apropiadas para una gran variedad de servicios en la que los materiales estándar de hierro y bronce resultan satisfactorios, o acoplamiento separado cuando el impulsor está montado sobre una flecha separada de la bomba soportada por sus propios rodamientos. Existen en capacidades de hasta $1.136 \times 10^4 \text{ m}^3$ (50,000 Gal/min) o más dependiendo del fabricante, para cargas (presiones) de hasta 488 m (1600 ft). Pueden encontrarse en gran variedad de diseños para usos particulares, en las siguientes ilustraciones se pueden observar diversos tipos de configuraciones para diferentes tipos de servicios.

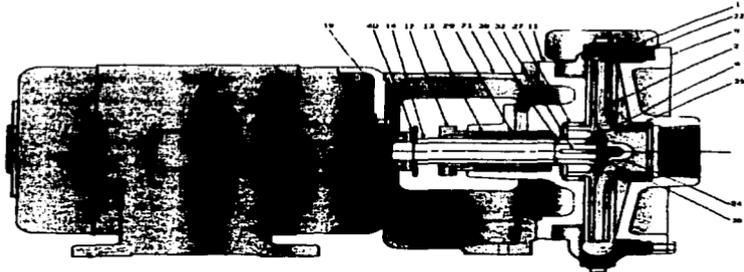


FIG. 6 IMPULSOR SOBRESALIDO, ACOPLAMIENTO CORTO, ETAPA SENCILLA

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

1. CILINDRO DE LA FLIECHA
2. FLIECHA
3. CILINDRO DE LA FLIECHA
4. FLIECHA
5. CILINDRO DE LA FLIECHA
6. FLIECHA
7. CILINDRO DE LA FLIECHA
8. FLIECHA
9. CILINDRO DE LA FLIECHA
10. FLIECHA
11. CILINDRO DE LA FLIECHA
12. FLIECHA
13. CILINDRO DE LA FLIECHA
14. FLIECHA
15. CILINDRO DE LA FLIECHA
16. FLIECHA
17. CILINDRO DE LA FLIECHA
18. FLIECHA
19. CILINDRO DE LA FLIECHA
20. FLIECHA
21. CILINDRO DE LA FLIECHA
22. FLIECHA

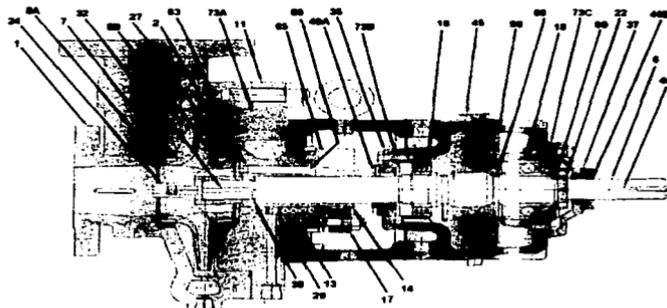
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

1. CILINDRO DE LA FLIECHA
2. FLIECHA
3. CILINDRO DE LA FLIECHA
4. FLIECHA
5. CILINDRO DE LA FLIECHA
6. FLIECHA
7. CILINDRO DE LA FLIECHA
8. FLIECHA
9. CILINDRO DE LA FLIECHA
10. FLIECHA
11. CILINDRO DE LA FLIECHA
12. FLIECHA
13. CILINDRO DE LA FLIECHA
14. FLIECHA
15. CILINDRO DE LA FLIECHA
16. FLIECHA
17. CILINDRO DE LA FLIECHA
18. FLIECHA
19. CILINDRO DE LA FLIECHA
20. FLIECHA
21. CILINDRO DE LA FLIECHA
22. FLIECHA

Bombas de Proceso es un termino que se emplea en forma general a unidades sencillas montadas sobre pedestal o pie (las bombas horizontales pueden ser

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

montadas en línea de centros como por ejemplo las bombas para la industria petrolera de acuerdo con el API-610 8ª Edición) con impulsores sobresalientes de succión sencilla (todo tipo de impulsores de acuerdo el servicio de la bomba). Estas bombas se diseñan para facilitar el desmantelamiento y la accesibilidad en el manejo de líquidos corrosivos o difíciles de manejar.



IMPULSOR SOBRESALIENTE DE ACOPLAMIENTO SEPARADO, DE ETAPA SENCILLA, SOROTIADA EN LÍNEA DE CENTROS DE ACUERDO CON LA NORMA API-610

- | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1 CARCAZA | 24 TUBERÍA DEL IMPULSOR | 63 BLOQUE DE LA CAJA DE BELLÓN |
| 2 IMPULSOR | 27 ANILLO DE LA CUBIERTA | 66 CARA ESTACIONARIA DEL BILLO MECANICO |
| 6 FLECHA DE LA BOMBA | 28 ANILLO DE BELLÓN | 67 RODAMIENTO |
| 7 ANILLO DE LA CARCAZA | 29 ANILLO EXTERIOR | 73A JUNTA DE LA CARCAZA |
| 6A ANILLO DEL IMPULSOR | 32 CURVA DEL IMPULSOR | 73B JUNTA DE LA CUBIERTA INTERNA |
| 11 CUBIERTA DE LA CAJA DE BELLÓN | 36 CUBIERTA DEL RODAMIENTO | 73C JUNTA DE LA CUBIERTA EXTERNA |
| 13 EMPAQUETADURA | 37 BLOQUE DE LA MANEJA DE LA FLECHA | 86 CARA ESTACIONARIA DEL BILLO MECANICO |
| 14 MANEJA DE LA FLECHA | 46A REFLECTOR EXTERIOR | 99 CAJA DE RODAMIENTOS |
| 16 RODAMIENTO INTERNO | 46B REFLECTOR EXTERIOR | |
| 17 GLANDULA | 45 CUBIERTA DEL SOPORTE DE ACEITE | |
| 18 RODAMIENTO EXTERNO | 46 CURVA DEL COPLÉ | |
| 22 SELADO DEL RODAMIENTO | 69 ANILLOS DE LUBRICACION | |

Los fabricantes construyen bombas de proceso horizontales en forma específica, pero no exclusiva para la industria química. Existen diversos tipos de normas bajo las cuales se construyen las bombas, estas pueden variar de acuerdo al país y el servicio las principales son:

ANSI B73.1 (American National Standard Institute)
 API-610 (American Petroleum Industry)
 DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.2.1 Bombas verticales de foso lleno.

Las bombas verticales dedicadas a la operación sumergida se fabrican en un gran número de diseños dependiendo principalmente del servicio para el que se destinan.

Por lo tanto las bombas centrífugas de foso lleno se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Bombas verticales de turbina
- Bombas de hélice o hélice modificada.
- Bombas para agua de albañal.
- Bombas de colector.

2.2.2 Bombas Verticales de turbina.

Las bombas verticales de turbina se desarrollaron originalmente para bombear agua de pozos y se les han llamado "bombas de pozo profundo" "bombas de pozo de turbina" y "bombas de agujero". Como su aplicación a otros campos ha aumentado, el nombre de las bombas verticales de turbina " ha sido adoptado por los fabricantes en general. (Esta designación no es muy específica porque él termino " bomba de turbina" se ha aplicado en el pasado a cualquier bomba que empleara un difusor. Actualmente hay una tendencia a designar las bombas que usan alabes de difusión como "bombas de voluta". Al hacerse más universal esa designación, la aplicación del termino bombas verticales de turbina" a la construcción anteriormente llamada "bombas de pozo de turbina (será mas específica)

Los campos de mayor aplicación para la bomba vertical de turbina son los bombeos de pozos para irrigación y otros depósitos agrícolas, para abastecimiento municipal y abastecimientos industriales de agua, proceso, circulación, refrigeración y acondicionamiento de aire.

Este tipo de bomba también se ha usado para bombear salmuera, desaguado de minas, represión en campos petroleros y otros trabajos.

Estas bombas se han hecho para capacidades tan bajas como 38 a 52 lt/min y tan altas como 94 625 lt/min o más, y para alturas de elevación de 305 metros o más.

La mayoría de las aplicaciones naturalmente es con las capacidades más pequeñas. La capacidad de las bombas usadas para pozos perforados está

naturalmente limitada por el tamaño físico del pozo, así como la velocidad con la que se puede manejar sin bajar su nivel a un punto de inmersión insuficiente de la bomba.

Las bombas verticales tipo turbina deberán diseñarse con una flecha que pueda fácilmente subirse o bajarse desde arriba para permitir el ajuste apropiado de la posición del impulsor en el tazón. También es necesario un cojinete de empuje adecuado para transmisión vertical, el impulsor, y el empuje hidráulico desarrollado cuando la bomba está en servicio. Como el mecanismo impulsor también debe tener un cojinete de empuje para soportar su flecha vertical, generalmente se le provee con uno de tamaño adecuado para aguantar también las partes de la bomba. Por estas dos razones, el motor o engrane con flecha hueca es lo más comúnmente usado para impulsar bombas verticales de turbina. Además estas bombas se hacen algunas veces con sus propios cojinetes de empuje para permitir un impulsor de banda o el impulso por medio de un acoplamiento flexible con un motor de flecha sólida, engrane o turbina.

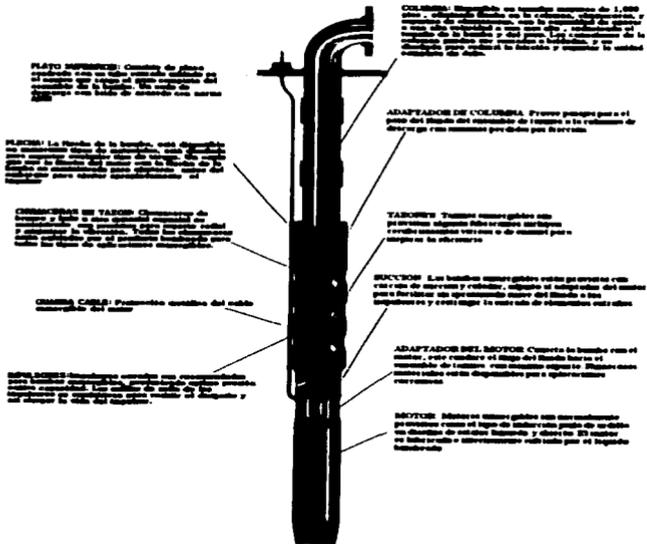
Las bombas con doble impulsor generalmente emplean un engrane de ángulo con un motor eléctrico montado en su parte superior.

El diseño de la bomba verticales ilustra como una bomba centrífuga puede especializarse para desempeñar una aplicación específica.

El conjunto o sección del tazón consiste de la caja de succión (llamada también de cabezal de succión o alabe de entrada), e impulsor o los impulsores, el tazón de descarga o los impulsores, el tazón o los tazones intermedios (si se trata de mas de un paso), la caja de descarga, los distintos cojinetes, las flechas y las diversas partes como cuñas, dispositivos fijadores de los impulsores y otras similares. El conjunto de tubería consiste de la propia columna de tubo la transmisión arriba del conjunto del tazón. Los cojinetes de la flecha y la cubierta de tubería o retenes de los cojinetes. La bomba está suspendida de la cabeza impulsora que consiste de codo de descarga (para descarga arriba del nivel del suelo), el motor o soporte del impulsor, y ya sea el estopero (en construcción de flecha abierta) o el conjunto para suministrar tensión a la cubierta de tubería e introducir lubricante a ella. La descarga a nivel subterráneo se toma de una te en la columna de tubo y la cabeza impulsora trabaja principalmente como un soporte para el impulsor y para la columna de la tubería.

TRINIS CON FALLA DE ORIGEN

BOMBA VERTICAL DE POZO PROFUNDO DE MOTOR SUMERGIBLE



El líquido es guiado al impulsor de la bomba vertical de turbina por la parte inferior, está puede ser cónica para fijarse a una coladera o tubería de succión cónica o puede ser de boca acampanada.

Los impulsores semiabiertos y encerrados se usan comúnmente tantos unos como otros. Para espacios libres apropiados en los distintos pasos, el impulsor semiabierto requiere más cuidado al armar en la flecha del impulsor y un ajuste más preciso en el campo de la posición vertical de la flecha con objeto de obtener la mejor eficiencia.

Se prefieren los impulsores cerrados a los semiabiertos, además porque el desgaste en estos últimos disminuye la capacidad que no puede restablecerse a menos que se instalen nuevos impulsores. El desgaste normal en los impulsores cerrados no afecta los alabes del impulsor y los espacios desgastados pueden restaurarse reponiendo los anillos de desgaste. El empuje producido por los impulsores semiabiertos puede ser de hasta 150 % mayor que el producido por impulsores cerrados.

2.3 Bombas de Hélice

Originalmente el termino "Bomba Vertical de Hélice" se aplicó a bombas verticales de difusor de pozo lleno o de turbina con una hélice o impulsores de flujo axial, generalmente para instalarse en un colector abierto con una colocación relativamente breve. Las cabezas de operación que exceden la capacidad de un impulsor de un solo paso de flujo axial pueden requerir una bomba de dos o más pasos o de una bomba de un solo paso con una velocidad específica más baja y un impulsor de flujo mixto.

Las alturas de elevación bastante altas requieren una bomba con impulsores de flujo mixto y dos o más etapas. A falta de un nombre más apropiado, esos diseños de altura de elevación grande se han clasificado por lo general también como bombas de hélice.

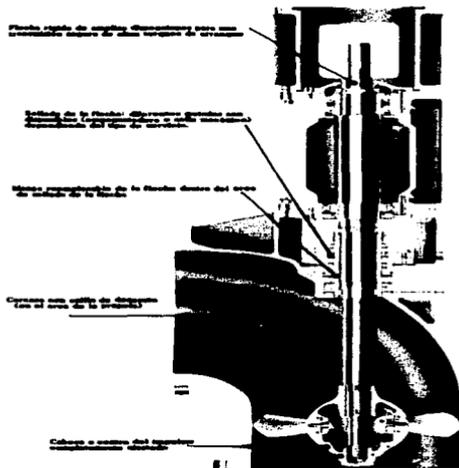
Aunque las bombas verticales de turbina y las bombas verticales modificadas son básicamente iguales desde el punto de vista mecánico, y aún podrían ser de la misma velocidad específica hidráulicamente, un diseño básico de bomba de turbina es el que es apropiado para un gran número de pasos, mientras que una bomba de hélice modificada es un diseño mecánico básicamente indicado para un máximo de dos o tres pasos.

La mayoría de las instalaciones de drenaje de foso lleno, de irrigación de poca altura de elevación, y de agua de tormentas emplean bombas convencionales de hélice o de hélice modificada. Estas bombas también se han usado para servicio de circulación de condensado, pero un diseño especializado domina este campo.

Como las plantas de fuerza de gran tamaño están, por lo general, localizadas en áreas densamente pobladas, con frecuencia tienen que usar agua bastante contaminada (tanto dulce como salada) como medio para enfriar. Esta agua reduce rápidamente la vida del acero utilizado. El hierro fundido, bronce o aún algún metal fundido todavía más resistente a la corrosión deberá, por lo tanto, usarse para el conjunto de columna de tubería. Este requerimiento exige una bomba muy pesada si están implicadas capacidades muy grandes. Para evitar la necesidad de levantar esta gran masa para el desmantelamiento de las partes giratorias, algunos diseños están contruidos de manera que el impulsor, difusor y conjunto de flecha se puedan sacar sin alterar el conjunto de la columna de tubería. Estos diseños por lo común se llaman diseños desarmables.

Como las bombas verticales de turbina, las de hélice o las de hélice modificadas se han hecho con líneas de transmisión abierta y encerradas.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



BOMBA DE HÉLICE

Excepto para el servicio de circulación de condensado la transmisión encerrada que usa aceite como lubricante pero con un cojinete terminal lubricado por grasa abajo del impulsor parece ser la preferida. Algunas bombas que manejan agua de circulación de condensadores usan transmisiones encerradas pero con agua como (frecuentemente de otra fuente) lubricante, eliminando así cualquier posibilidad de que el aceite penetre al agua de circulación y cubra los tubos del condensador.

Las bombas de hélice tienen propelas abiertas. Las bombas de hélice modificadas con impulsores de flujo mixto se fabrican tanto con impulsores abiertos como cerrados.

2.4 Bombas de Agua de Albañal

Exceptuando algunas bombas grandes verticales que manejan cloacales diluidos (básicamente agua de lluvia contaminada con aguas negras domesticas), las bombas verticales de agua de albañal de foso lleno tienen un diseño de voluta de admisión de fondo con impulsores capaces de manejar materiales sólidos y fibrosos con un atascamiento mínimo. Estas bombas generalmente sostenidas de un piso alto por medio de una tubería colgante, con frecuencia usan transmisiones encerrada o cubiertas como las que se usan en las bombas verticales de turbina.

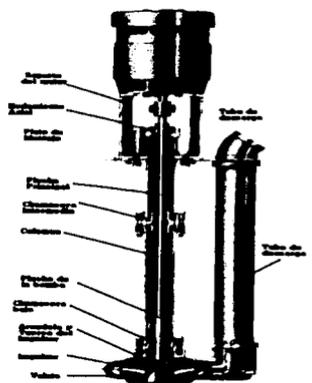
Excepto por una entrada acompañada de succión y ciertas diferencias en la construcción de cojinetes y estoperas, son por lo general mecánica e hidráulicamente similares a sus equivalentes de foso seco.

Se ha usado tres construcciones básicas para estas bombas. La primera emplea impulsores sin anillos traseros y un cojinete lubricado con agua o grasa con un sello en su extremo más bajo lubricado arriba del impulsor. El extremo superior está conectado para descargar al foso de succión para evitar cualquier presión hidráulica apreciable en el sello del extremo inferior de la cubierta de tubería de la flecha; de lo contrario encontraría el agua a la cubierta de tubería. El sello en el extremo inferior del cojinete del impulsor puede ser especialmente efectivo con altas descargas de la bomba; de otra manera escurrirá una gran cantidad de agua por el cojinete, con algo de corte si hay areniscas.

La segunda construcción es similar pero emplea alabes de vaciado o juntas de anillos de desgaste en la parte posterior del impulsor (este último necesita agujeros de balanceo por cubo del impulsor) para que el cojinete solo este sujeto a la presión de succión. La tercera construcción, que se usa principalmente con impulsores que no tienen anillos posteriores o alabes de vaciado retiene un estopero en alguna forma, con cojinetes arriba y separados de la caja.

Aunque los sellos de las flechas y la empaquetadura usada para sellar el extremo inferior de la cubierta de tubo o el cojinete de fondo están destinados a excluir tanta agua como sea posible, es de esperarse algún escurrimiento con niveles altos de agua de succión aún cuando el sello sea nuevo. Como algunos de los cojinetes de la flecha pueden tener que operar en agua o mezclas de agua y aceite, el cojinete puede desgastarse relativamente más a prisa que uno

lubricado positivamente con aceite o grasa. Las bombas de agua de albañal de foso lleno generalmente estarán limitadas a servicios que requieren operarse durante un periodo muy limitado del día.

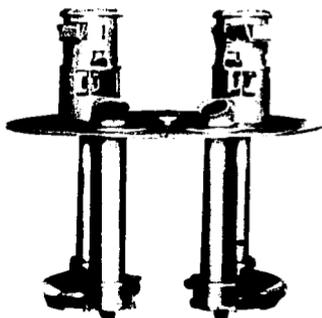


BOMBA DE AGUA DE ALBAÑAL

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.5 Bombas de Colector

El término de "Bomba de Colector" ordinariamente da la idea de una bomba vertical de foso lleno que está suspendida de una placa del piso o de una tapa del colector o soportada por una pata en el fondo de un pozo, que está movida por un motor y controlada automáticamente por un interruptor de flotador, y que se usa para disponer de drenajes acumulados en un colector. El término no indica una construcción específica porque se usan tantos diseños de voluta como de difusor; estos pueden ser de uno o varios pasos y tener impulsores abiertos o cerrados de una gran amplitud de velocidades específicas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para capacidades muy pequeñas servidas por motores de fracciones de hp, se pueden obtener "achicadores de sótanos". Estos son unas bombas pequeñas y por lo general de voluta y un solo paso con impulsores de admisión sencilla /con succión de fondo o por la parte superior) soportadas por una pata en la cubierta; el motor está soportado bien arriba del impulsor por alguna forma de columna que encierra la flecha. Estos achicadores se hacen como unidades completas incluyendo el flotador, interruptor del flotador, motor y colederas.

Las bombas de colector de mayor capacidad pueden ser verticales de hélice o de turbina (de uno o varios pasos) o de aguas de albañal verticales de foso lleno o de voluta. Si pueden arrastrarse al foso materiales sólidos u otros desperdicios, se prefiere la bomba vertical de foso lleno para aguas de albañal con impulsor inatascable. Las bombas de colector más grandes son generalmente normalizadas, pero pueden obtenerse en cualquier longitud, con tapas de varios tamaños (en las que se puede montar un interruptor de flotador), y otros similares. Las unidades duplex, es decir dos bombas en una tapa común de colector (algunas veces con pozo de visita de acceso de colector) se emplean con frecuencia. Esas unidades pueden operar sus bombas en un orden fijo, o se puede usar un alternador mecánico o eléctrico para igualar su operación.



Diferentes tipos de impulsores inatascables

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.6 BOMBAS REGENERATIVAS.

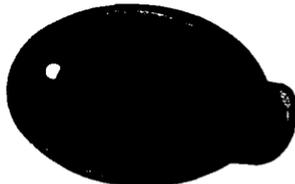
El nombre de bombas "regenerativas" describe una unidad con un impulsor de múltiples hojas que desarrolla una altura de elevación o presión por un principio considerablemente diferente del de una bomba centrífuga. Estas bombas han tenido diferentes nombres, que se le han asignado, por ejemplo, "bombas de turbulencia", "bombas periféricas", bombas "vortex" y bombas de "turbina". El término regenerativas, sin embargo, describe mejor el principio real de bombeo utilizado.



2.6.1 IMPULSOR:

El impulsor de bronce con alobe de monel asegurados en las ranuras del canal, sujetas por medio del proceso de soldado, es la única parte en movimiento. Los canales anulares o anillos de sellado son maquinados en la cara del impulsor, estos canales concuerdan perfectamente con los correspondientes canales en la pared divisora o canaleta sin contacto metal con metal formando un sello de laberinto.

La función del impulsor es la de propulsar y energizar el agua cuando está viajando a través del canal de la pared divisora.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2.6.2 PARED DIVISORA O CANALETA

La canaleta o pared divisora de bronce es la pieza de acoplamiento del impulsor. La ranura de sellado se máquina en la cara de la canaleta para concordar los orificios del impulsor reduciendo así el deslizamiento del agua a un mínimo, dando por resultado mejores eficiencias.

La función de la pared divisora o canaleta es conducir el agua bombeada dentro de los alabes del impulsor.

2.6.3 Principio de operación:

El impulsor tiene una multiplicidad de alabes radiales cortados en su borde que giran dentro de una cámara anular. El líquido entra a la cubierta de la bomba y fluye a ambos lados del impulsor, ya sea por un conducto taladrado en la cubierta o por puertos, o aberturas previstas para este objeto en el tabique del impulsor. Este diseño, en efecto hace a la bomba una unidad de doble admisión y balancea el empuje hidráulico axial.



En el punto de la periferia, hay una pared separadora o "fraccionadora" que el impulsor pasa, en su rotación con una holgura muy escasa. Los conductos que se proveen de la succión a la cámara anular que rodea el borde del impulsor están inmediatamente después de esta pared divisoria. El líquido se levanta en los espacios entre los alabes del impulsor y luego es arrojado de nuevo en la cámara anular debido a la energía cinética que recibe por la acción de la fuerza centrífuga en el impulsor. La energía cinética se transforma en energía de presión al perder velocidad el líquido en cubierta.

El funcionamiento de la bomba regenerativa se parece al de una bomba centrífuga de alta velocidad específica en la que la carga hidráulica aumenta

muy rápidamente con una reducción de capacidad, como le sucede con el consumo de fuerza

La eficiencia de las bombas regenerativas es considerablemente mas baja que la de las bombas centrifugas. Por otra parte, desarrollan cargas hidráulicas mucho más grandes y son, por lo tanto útiles, para capacidades pequeñas que de otra manera requerirán centrifugas de varios pasos. Por lo general, se aplican a capacidades menores de 378 lt/min y para alturas de elevación desde 166 a 200 m.

Se pueden obtener unos cuantos tamaños con capacidades de hasta 780 lt/min y para alturas de elevación de 400 a 500 m, pero estas son aplicaciones muy especiales. La bomba regenerativa puede manejar líquidos viscosos hasta de 400 SSU; si las viscosidades exceden este valor, el rendimiento decrece muy rápidamente y la bomba deja de ser practica.

Debido a que la operación satisfactoria de una bomba regenerativa depende del ajuste del espacio libre entre el impulsor y la pared divisoria, o fraccionadora, está bomba no es muy conveniente para manejar líquidos corrosivos o líquidos que contengan partículas abrasivas como impurezas. Los primeros pueden atacar el metal en el ajuste de la junta movable hasta un punto en que la bomba pierda gran parte de su capacidad por la recirculación interior. las partículas sólidas de los productos de corrosión pueden también acumularse y desgastar las superficies de las bombas en las holguras movibles igual que lo haría las areniscas u otras partículas abrasivas en el líquido. La bomba regenerativa deberá usarse extraordinariamente para manejar líquidos limpios y claros. Para evitar la entrada de materias extrañas, es conveniente un cedazo cada 40 mallas.

El espacio libre de la pared divisoria además, tiene un efecto mayor en la capacidad efectiva de esta bomba de los espacios libres en los anillos de desgaste de una bomba centrifuga. Las bombas regenerativas, por lo tanto, requieren mantenimiento mas frecuente y la renovación del espacio libre interior. Se recomienda un amplio margen sobre el requerimiento máximo de capacidad de la bomba.

Dependiendo de la construcción de las bombas, los espacios libres pueden renovarse reponiendo partes (placas laterales, cabezas de la cubierta y similares) o cambiando el espesor de las juntas que determinan la localización relativa de las paredes de la cubierta y del propio impulsor.

CAPITULO 3

Bombas de accionamiento magnético

3.1 INTRODUCCIÓN.

El diseño de las bombas centrífugas juega un papel esencial en la operación segura de cualquier refinería o planta de procesamiento de químicos. La bomba de accionamiento magnético fue desarrollada para proteger la vida y salud de la gente que se encuentra involucrada en procesos químicos, plantas nucleares, defensa nacional y otras debido a que los sellos mecánicos son constantemente juzgados como no lo suficientemente seguros para ciertos fluidos en ciertos sistemas.

A mediados de los años sesentas hasta mediados de los setentas la economía favoreció el uso de las bombas de accionamiento magnético solo en circunstancias drásticas

El análisis del comportamiento de las bomba centrífugas, tiempo de operación para falla, está casi siempre limitado a la vida del sello mecánico de la flecha.

Los sellos mecánicos y su sofisticado sistema de soporte se ha convertido en algo tan complicado que la industria de bombeo persevera esfuerzos para producir una vida satisfactoria del sello mecánico. Numerosos proyectos de investigación se han realizado muchos de los cuales demuestran que se siguen presentando fugas en los sellos, pero sobre todo el progreso para extender la vida del sello mecánico no ha sido del todo satisfactorio.

Una viable e importante opción, por lo tanto es una bomba centrífuga que no requiera sellos mecánicos. Una bomba accionada magnéticamente sin sello es como una maquina, está transporta el liquido de una manera segura sin el uso de un sello mecánico dinámico entre la flecha del motor y el impulsor(es), no existe un camino potencial de fuga debido a que la energía de accionamiento es transmitida magnéticamente a través de la pared de la carcasa.

Las bombas de accionamiento magnético son capaces de producir flujos hasta de 5,000 GPM y cargas dinámicas totales hasta de 1,000 pies. Temperaturas desde -100°F hasta 850°F.

Asimismo, la bomba de accionamiento magnético es excelente para servicios de vacío donde el sellado mecánico provee dificultad extrema. El diseño de las bombas sin sello mecánico está pensado para no manejar ningún tipo de sólidos en el liquido bombeado, sin embargo los diseños ahora disponibles de estos equipos se pueden usar en servicios abrasivos.

La bomba de accionamiento magnético en una bomba centrífuga convencional con un acoplamiento de imanes entre el accionador y el extremo liquido. El

cople magnético reemplaza la cámara del sello o estopero , de tal manera que el extremo liquido se hace hermético. El sello mecánico o empaquetadura es eliminado y el único sello es un empaque estacionario o anillo "O"

3.1.1 TEORIA DE OPERACIÓN DE BOMBAS DE ACCIONAMIENTO MAGNETICO.

La bomba de accionamiento magnético, única en comparación con el diseño convencional de bombas centrifugas; es una simple combinación de componentes standard, y conceptos con anterioridad probados.

La Figura 1, muestra una típica configuración de bomba de accionamiento magnético, con montaje separado (largo), con el motor eléctrico.

En esta instalación, la base, el motor eléctrico y el cople son idénticos a las partes utilizadas en las bombas convencionales.

Las diferencias entre las bombas de accionamiento magnético y las bombas convencionales, ocurren principalmente en dos áreas:

- ! El torque de accionamiento de la bomba es suministrado magnéticamente en lugar de mecánicamente.
- ! La flecha del impulsor corre sobre bujes que se encuentran dentro de la bomba (enclaustramiento) en vez de correr en baleros montados externamente. (fuera de la bomba)

En la figura 1 se puede observar que el motor eléctrico es acoplado directamente al magneto anular exterior, por el cople lado motor.

La carga del lado sobresalido del magneto anular exterior es soportada por baleros dentro de una caja de rodamientos, la figura 1, muestra también que el impulsor de la bomba está montado en la misma flecha que el magneto anular interior. La flecha que sostiene el impulsor, es cargada por dos bujes, los cuales están dentro de la bomba (enclaustramiento)

Se puede notar que el enclaustramiento de la bomba esta conformado por la carcasa o voluta de la bomba y la celda contenedora. El torque de accionamiento del motor eléctrico al impulsor de la bomba se realiza por medio del acoplamiento magnético producido entre el magneto anular interior y el magneto anular exterior (o torque anular) sin abrir el enclaustramiento de la bomba. Este es el acoplamiento magnético el cual reemplaza los sellos mecánicos de las bombas centrifugas convencionales

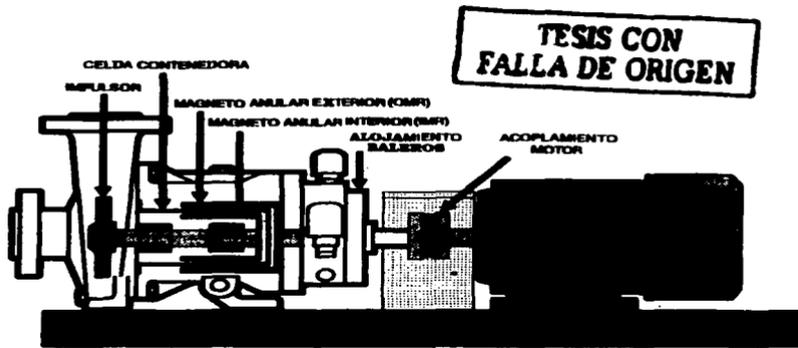


Figura 1

3.2 ACOPLAMIENTO MAGNETICO.

Antes de que se examine la teoría de los acoplamientos magnéticos aplicados a las bombas sin sellos y ningún tipo de sellado, se deberá revisar los fundamentos de los magnetos y electromagnetismo. Repasando estos principios básicos

1. Los magnetos tiene un polo norte y un polo sur, cuando dos polos diferentes están cerca uno de otro , estos son atraídos . Cuando dos polos iguales está cerca uno de otros, estos se repelen.
2. Cuando un campo magnético es desplazado en un conductor eléctrico el cual está en un circuito cerrado., una corriente eléctrica fluirá es ese circuito.
3. Cuando una corriente eléctrica fluye en un circuito cerrado, un electro magneto es creado con un polo norte en un extremo de el circuito(s), y un polo sur en el extremo opuesto del circuito(s).
4. Un electromagneto es creado aun si el núcleo magnético es aire, El electromagneto puede hacerse mas fuerte agregando granos orientados de acero dentro del área del núcleo magnético.
5. El funcionamiento de los electromagnetos es solo como magnetos permanentes en lo que respecta a las leyes de atracción y repulsión.

3.3 CONDUCCIÓN POR TORQUE ANULAR.

Con los principios anteriores en mente, se examinara como la conducción por torque anular funciona. La flecha que suministra la potencia carga los magnetos asegurados a un cilindro rotativo (también llamado magneto anular exterior). La flecha conducida tiene un núcleo o centro en el cual una serie de barras o varillas de cobre están enrolladas alrededor de su periferia, tal como un el rotor de un motor de inducción, excepto por la cubierta o protección de una aleación metálica para resistencia contra la corrosión. Cuando la flecha que suministra la potencia gira, los magnetos arrastran el anillo de torque e inducen corriente eléctrica al núcleo.

Recordar, sin embargo, que nuestras corrientes electromagnéticas son inducidas o generadas por un campo magnético a través del circuito conductor. Por lo tanto, debemos tener una velocidad un poco mas pequeña en la flecha conducida (torque anular) de la que tenemos en la flecha que suministra la potencia (magneto anular exterior). La diferencia en velocidades es llamada "deslizamiento".

Ahora, comparemos la conducción de torque anular con un motor de inducción. En la conducción de torque anular, el campo rotatorio es creado por magnetos permanentes montados dentro de un cilindro rotativo. En una motor de corriente alterna con rotor de jaula de ardilla, el campo rotatorio es creado por un ensamble estacionario de acero magnético perforado, y de un intrínseco juego de devanados. La figura 2A muestra el corte de una sección sencilla del núcleo de un estator con las ranuras radiales en las cuales los devanados están contenidos. La flecha del motor es conectada a un arreglo de conductores tipo "jaula de ardilla" como son mostradas en la figura 2B. El campo del estator rotatorio (campo eléctrico) es representado en la figura 2B por dos magnetos permanentes rotatorios.

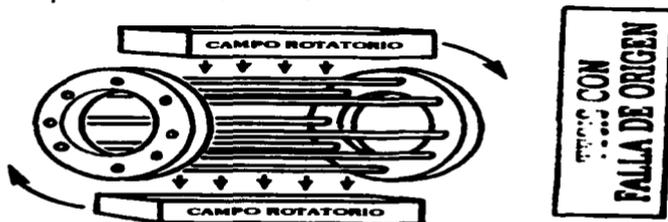


Figura 2B



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Figura 2A

Cuando el estator está energizado por 60 Hertz (ciclos) de potencia, el campo magnético del estator gira a 3600 revoluciones por minuto (RPM) en un motor de dos polos y a 1800 revoluciones por minuto en un motor de cuatro polos. Este campo magnético rotativo induce la circulación de las corrientes en las barras y en los anillos de los extremos de la "jaula de ardilla". Estas corrientes de circulación crean electromagnetos los cuales son opuestos en polaridad al campo del estator. Desde aquí el rotor tratara de rotar en sincronismo con el campo del estator. Sin embargo, aquí habrá un "deslizamiento" en la velocidad del rotor para generar las corrientes de circulación. La velocidad actual de la flecha de 60 Hertz en un motor de dos polos será alrededor de 3450 Revoluciones por minuto ("deslizamiento" = 150 Revoluciones Por Minuto) y alrededor de 1725 Revoluciones Por Minuto, (deslizamiento = 75) para un motor de cuatro polos.

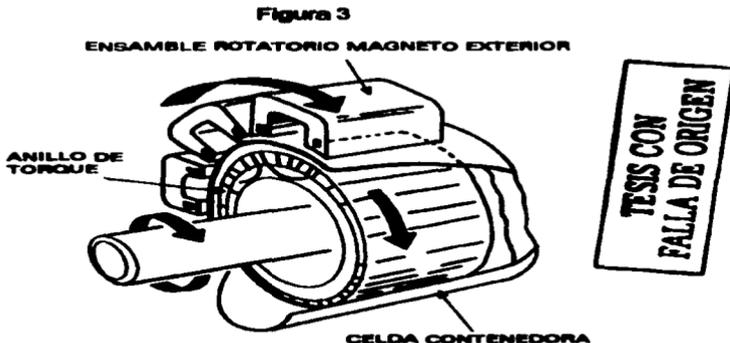
NOTA: La "jaula de ardilla" está generalmente montada dentro de un núcleo estructural de laminas de acero magnetizadas (también llamada el "rotor" del motor)

La figura 3 es la representación del acoplamiento de anillo de torque. El ensamble exterior de magneto es conducido por motor montado separadamente. El magneto anular exterior consiste en un numero de magnetos permanentes sujetos a una armadura cilindrica, distribuida de manera tal para crear un campo magnético uniforme. El anillo de torque esta hecho de un núcleo de acero suave con una cara exterior de acero inoxidable u otro material compatible con el liquido bombeado. Por debajo de está capa, un material conductor (barras de cobre) es puesto para proveer un circuito electromagnético de acoplado.

La celda contenedora es una extensión de la carcasa de la bomba (carcasa presurizada) y por lo tanto es un componente sujeto a presión, el cual completa el sellado de la bomba contra el medio ambiente externo. Así el anillo de torque opera en el lado proceso de bombeo, mientras el magneto anular exterior opera en la atmósfera que rodea la bomba.

Cuando el magneto anular exterior gira, el campo magnético pasa a través de la celda contenedora, a través del cobre del anillo de torque, a través del acero suave que se encuentra debajo del anillo de torque y entonces regresa al magneto anular exterior para completar el ciclo. El campo magnético rotatorio produce corrientes de Eddy en el cobre y estas corrientes de Eddy crean electromagnetos los cuales tienden a seguir al campo magnético rotatorio el cual las creó.

En el anillo de torque mostrado en la figura 3, una observan una serie de tiras o laminas de cobre colocadas en forma paralela a la flecha de la bomba. En la practica estas laminas o tiras están separadas y sujetas juntas a la parte trasera, tal como sucede en motor "joula de ardilla" de corriente alterna. Esto es llamado un anillo de torque envarillado.



Incidentalmente, entre mas grande sea el deslizamiento en la velocidad del anillo de torque, mas grande serán las corrientes de Eddy fluyendo y por lo tanto se requerirá de un torque mas grande

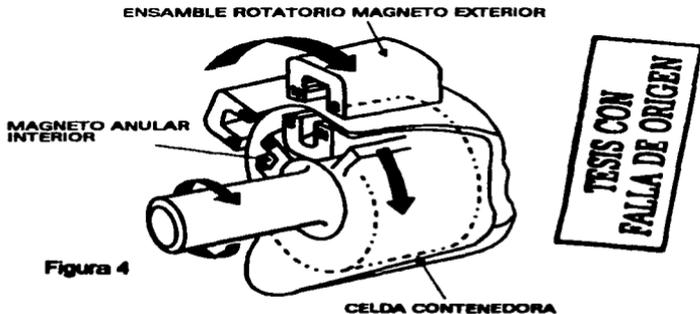
Si el liquido bombeado tiene una alta viscosidad cuando está frío, las corrientes de Eddy producidas, proveerán altos torques de arranque, así como

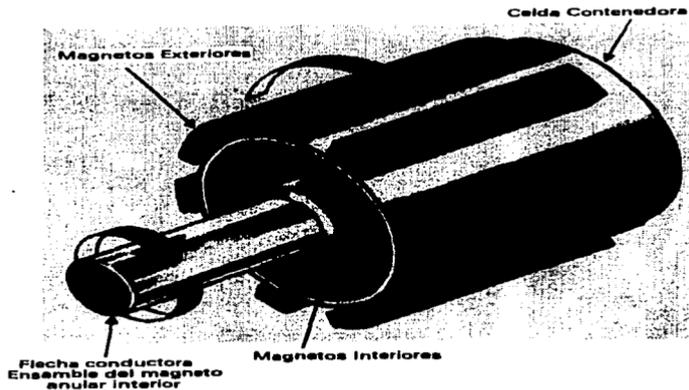
también proveerán calentamiento en el líquido bombeado (las pérdidas en el cobre son mas grandes a niveles de deslizamiento mas grandes). Este calentamiento del líquido bombeado será una ventaja en líquidos con una alta viscosidad a temperaturas bajas, consiguiendo que la operación de bombeo sea mas rápida de lo que sería si se estuviera usando un accionador sincrónico.

3.4 ACOPLAMIENTO SINCRONO

La figura 4 muestra una representación esquemática de un acoplamiento sincrónico. El ensamble del magneto exterior es conducido por un motor montado de manera separada. Las diferencias entre anillo de torque y un acoplamiento sincrónico ocurre dentro del magneto interior. En el acoplamiento sincrónico, el magneto anular interior (IMR) contiene el mismo número de magnetos como los que son montados en el magneto anular exterior (OMR). El número de magnetos es determinado por el torque que debe de ser transmitido. Así, cuando el magneto anular exterior gira, el magneto anular interior en sincronismo con el magneto anular exterior. La ausencia de deslizamiento significa que al acoplamiento entre magneto y magneto tiene una mas alta velocidad que el acoplamiento por anillo de torque.

El magneto anular interior es montado en la misma flecha que el impulsor de la bomba. La celda contenedora es una extensión de la carcasa de la bomba y así el magneto anular interior opera en el proceso de bombeado, mientras que el magneto anular exterior opera en el medio ambiente circundante de la bomba. El magneto anular exterior está encerrado por una caja que lo protege de la suciedad y para proteger al personal del la alta velocidad del magneto anular exterior.





**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.5 CAUSAS QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MAGNETOS

Hay tres condiciones que puedan alterar la fuerza magnética de los magnetos permanentes. Ellas son indebido abuso físico, temperatura excesiva y campos magnéticos ajenos.

3.5.1 Abuso físico:

La tensión mecánica o impactos han sido conocidos como desmagnetizantes de barras de acero. La alta fuerza coerciva de los modernos imanes permanentes como los usados en bombas de accionamiento magnético, sin embargo son generalmente insensitivos a está clase de degradaciones mecánicas. Generalmente, la tensión mecánica aplicada tendría que ser tan grande para desmagnetizar los modernos magnetos permanentes que estos se verían dañados físicamente. Para prácticamente todas las aplicaciones, las tensiones mecánicas pueden ser ignoradas como contribuidoras de la inestabilidad.

3.5.2 Altas Temperaturas.

En los primeros materiales magnéticos que existieron, los cambios en la estructura magnética ocurrían a temperaturas ambiente. En la actualidad los materiales magnéticos varían sensiblemente a muy altas temperaturas, los magnetos de ALNICO (aluminio-Niquel-Cobalto) como los utilizados en la conducción por anillo de torque, tienen temperaturas Curie (nivel por arriba del cual no son útiles mas como magnetos) de 1500°F a 1600°F. Magnetos de Samario-Cobalto (dependiendo del grado). Los magnetos de Neonidium-Hierro-Boro comienzan permanentemente a perder su fuerza alrededor de 660°F (otra vez dependiendo del grado). En general, los densidad de flujo de los materiales usados para fabricar magnetos de tierras raras sinterizadas es inversamente relacionado con su habilidad de resistir temperaturas

3.5.3 Altos campos magnéticos:

Para afectar un magneto, el campo magnético debe de ser mas fuerte que el utilizado en la formación inicial del magneto. Desde que los

campos usados para crear los magnetos de las bombas de accionamiento magnético son mas fuertes que cualquier campo encontrado en los alrededores de fabricas o talleres , este modo de desmagnetización es del todo eliminado.

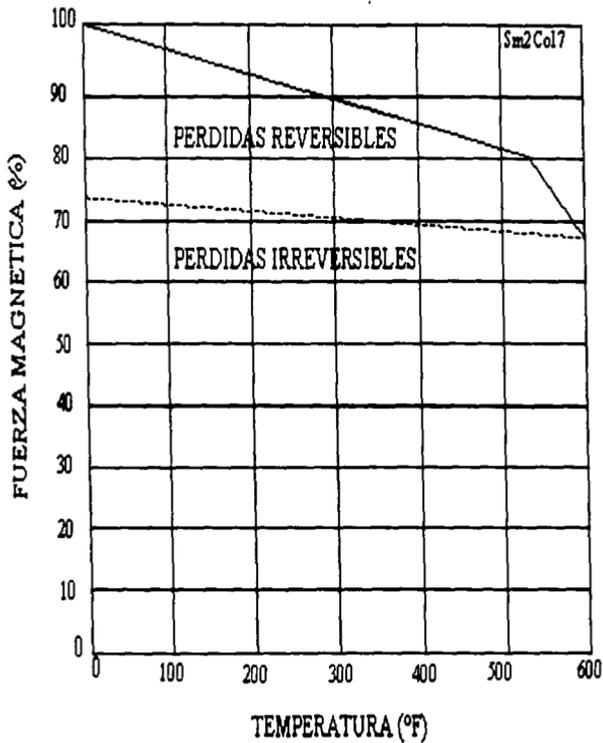
En otras palabras, los magnetos usados en la actualidad en bombas de accionamiento magnético son magnetos permanentes.

DISEÑO DE COPLE MAGNETICO		
	Corrientes de Eddy	Sincrono
Composición interna	Acero / Alambres de cobre	Magnetos
Principio de operación	Deslizamiento	Sincrono
Limitación	Potencia (HP, kW)	Torque.

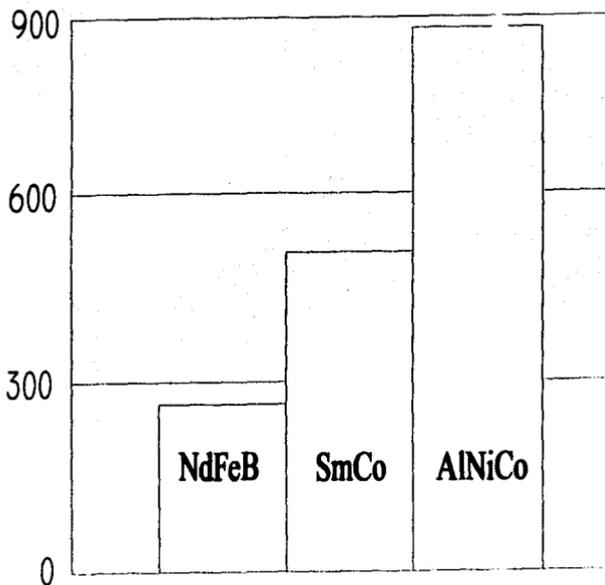
MAGNETOS			
	ALNICO	SmCo	NdFeB
Máxima temperatura practica de operación(°F)	1000	500	212
Punto Curie (°F)	1600	1300	600
Coefficiente de temperatura (% perdida/°F)	0.02	0.03-0.05	0.16-0.23

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS CON
FAJLA DE ORIGEN



PERDIDAS MAGNETICAS EN EL ACOPLAMIENTO DEBIDO AL SOBRECALENTAMIENTO



TEMPERATURAS RECOMENDADAS DE OPERACIÓN (°F) PARA MATERIALES COMUNES DE MAGNETOS

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.6 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA CELDA CONTENEDORA EN BOMBAS DE ACCIONAMIENTO MAGNÉTICO.

La celda contenedora es un elemento crítico de las bombas sin sello mecánico que forma el límite de presión entre el líquido de proceso y la atmósfera. Muchos aspectos del diseño de la celda contenedora son examinados con atención específica en áreas de problemas potenciales relacionados con las pérdidas por corrientes de Eddy, materiales de construcción y métodos de fabricación.

3.6.1 Criterios de diseño.

El diseño de la celda contenedora está influenciado por:

- Presión de trabajo de la bomba / Temperatura
- Sistema interno de soporte de los rodamientos
- Minimizar las pérdidas magnéticas en el acoplamiento.

Cada vez más, es la responsabilidad de los ingenieros por preparar especificaciones de bombas sin sellos y críticamente revisar el diseño y la manufactura de la celda contenedora para asegurar un nivel de integridad en el límite de presión de un recipiente, las especificaciones generalmente dictan:

- Estar de acuerdo con los códigos relevantes de elementos sujetos a presión (por ejemplo ASME VIII)
- Mínimo espesor del tubo de la celda contenedora.
- Corrosión permitida
- Número de puntos de soldadura.
- Evasión de la aplicación de cargas externas que pudieran causar indeseables tensiones de la celda contenedora.

3.6.2 Corrientes de Eddy

Como el componente interno y el externo rotan, las corrientes de Eddy son creadas por corte del campo magnético rotatorio, a través de la estacionaria celda contenedora, resultando en pérdidas, y reduciendo el total de la eficiencia de conducción. Estas corrientes de Eddy están en función de:

- Velocidad²
- Longitud de los magnetos en el rotor
- Diámetro de la celda contenedora²
- Espesor de la pared de la celda contenedora

- Densidad de flujo²
- Números de magnetos en el acoplamiento
- Resistividad del material de la celda contenedora

La resistividad de los materiales de la celda contenedora comúnmente usados es $80 \times 10^{-3} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$, para acero inoxidable 316, $130 \times 10^{-3} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ para Hastelloy C. Esta variación en resistividad entre materiales resultara en 62.5% de incremento en perdidas por el ensamble de acero inoxidable, sobre el diseño de Hastelloy C. Las perdidas por temperatura similarmente disminuyen.

3.6.3 Materiales de construcción.

Muchos materiales en suma al acero inoxidable y al Hastelloy C están disponibles para el diseño de la celda contenedora de acuerdo con la aplicación. Entre estos se incluye Hastelloy B, Alloy 20, Inconel 718 y varias aleaciones de la era espacial como el Nimonic 75 y Nimonic 90 para presiones extremadamente altas.

Los recientes avances de contenedores sujetos a presión de cerámica y materiales plásticos, han introducido estos materiales en el diseño de la bomba de accionamiento magnético.

El uso de estos materiales efectivamente eliminan las perdidas por corrientes de Eddy ; sin embargo el espesor requerido para la celda contenedora para soportar la presión de diseño, aunado con las tolerancias de fabricación , puede resultar en el incremento del accionador hasta en un 50%. Los incrementos correspondientes de las perdidas por fricción debido a la viscosidad y las limitaciones de comportamiento en el material han limitado su aplicación en las bombas de accionamiento magnético.

3.6.4 Diseño de la celda contenedora soldada.

Históricamente, los fabricantes de bombas de accionamiento magnético han construido celdas contenedoras usando platos para la brida/tapa, y un tubo rolado para el cuerpo del armazón.

Tres soldaduras son requeridas para fabricar la celda contenedora.

Todas las soldaduras deberán ser ejecutadas por soldadores calificados y cuidadosamente inspeccionada con procedimientos calificados de un cuerpo independiente (ASME)

Extensivas pruebas y procedimientos de pruebas no destructivas (NDT) son utilizadas para asegurar la integridad de la celda contenedora. Sin embargo, una desventaja de el uso de soldadura en el

proceso de fabricación es que este puede ser considerado un punto débil en el componente y una fuente susceptible de corrosión.

3.6.5 Diseño de la celda contenedora por hidroformado.

Una alternativa es la celda contenedora hidroformada.

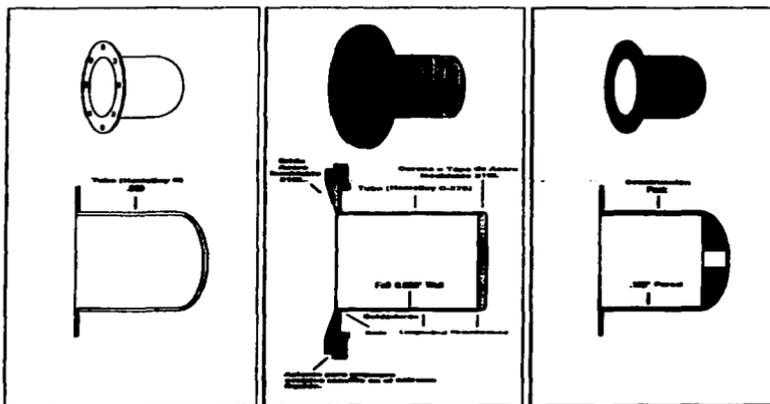
Durante el proceso de formado, un plato del material especificados formado por una fuerza externa, y en muchas formas son requeridos para alcanzar el diseño final. También, porque la dureza del material de trabajo durante el proceso, es necesario tratar con calor el componente para darle el tamaño final.

La fabricación final es completada usando una sola soldadura. Áreas con problemas potenciales en este diseño incluyen uniformidad del espesor y acomodamiento de la longitud incrementada debido a la forma redondeada de la parte final

Estampado Metálico

Fabricación Metálica

No-Metálica



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 4

INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

4.1 PREINSTALACIÓN

- 4.1.1 **Inspección:** Revisar que las cubiertas de las bridas de succión y de descarga siguen en su lugar, si las cubiertas han sido removidas, examinar las bridas buscando cualquier daño e inspeccionar el interior de la carcasa en busca de material extraño el cual pudo haber caído dentro de la bomba.
- 4.1.2 **Almacenaje:** La bomba, al momento de embarcarse ha sido adecuadamente protegida para un corto termino de almacenaje en una instalación limpia y seca. Las cubiertas de las bridas deberán ser dejadas en su sitio.
Si la bomba va ser sujeta a un periodo largo de almacenaje previo a la instalación es recomendado que la bomba y el motor sean periódicamente rotados y almacenados en un medio ambiente protegido del medio ambiente circundante.
- 4.1.3 **Manejo:** Atención y cuidado deben de ser tomados para el manejo seguro de todas las bombas. Cuando las bombas y sus componentes excedan el peso de 50 libras, es recomendado que se utilicen los procedimientos de izaje adecuados, evitando así las lesiones en el personal o daños en la bomba y sus accesorios. Reglas de seguridad para el apropiado uso y operación del equipo de izaje, cadenas de suspensión para colocar la bomba deberán ser utilizados en todo momento. El manejo rudo podría dañar los rodamientos internos o causar un desalineamiento permanente en el cople magnético.

4.2 CONSIDERACIONES DE LOCALIZACIÓN

- 4.2.1 **Localización de la unidad.** La bomba deberá de ser localizada lo mas cerca posible de la fuente de suministro de liquido, utilizando para su conexión con la misma el menor número de codos, reducciones y accesorios con el fin de evitar al máximo las perdidas de carga producidas por la fricción, de está forma también se asegura suficiente cantidad disponible de carga neta positiva de succión (NPSHa), que en caso de no ser suficiente podría presentarse cavitación causando daños severos y reducir considerablemente la vida de la bomba.

- 4.2.2 La bomba deberá ser instalada en un lugar accesible que tenga suficiente espacio por la parte superior permitiendo así el uso de equipos de izaje que pudieran ser requeridos.
- 4.2.3 El equipo seleccionado deberá ser compatible con su medio ambiente circundante.
- 4.2.4 Se deberá proveer suficiente ventilación y evitar el amortiguamiento excesivo del líquido.

4.3 CIMENTACIÓN.

- 4.3.1 La cimentación deberá ser lo suficientemente substancial para absorber la vibración producida por el equipo así como formar un soporte permanente y rígido para la placa base. Esto es importante para mantener el alineamiento de una unidad con acoplamiento largo. Una cimentación fabricada con concreto sobre una base metálica sólida será satisfactorio. Los pernos de anclaje del tamaño adecuado deberán ser clavados en el concreto, ubicados por un dibujo o plantilla. Una manga de tubo más larga que el perno de anclaje deberá ser utilizada, que permitirá el movimiento para el posicionamiento final de los pernos. (como se muestra en la siguiente figura)

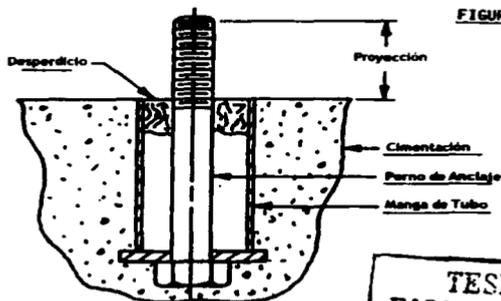


FIGURA NO. 1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

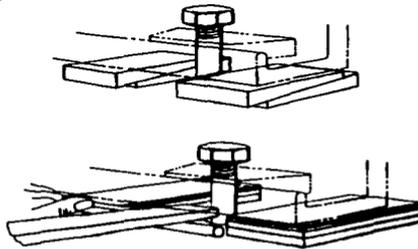
4.4 NIVELACIÓN

- 4.3.2 Cuando la unidad es recibida con la bomba y el accionador montado en la placa base, deberá ser ubicada sobre la cimentación y las mitades de los coples desconectada. El acoplamiento deberá ser reconectado hasta que las operaciones de alineamiento hayan sido completadas.

La placa base deberá ser soportada en bloques de metal rectangular, laines o sobre cuñas que tengan una pequeña inclinación. Las piezas de soporte deberán ser cerca de los pernos de anclaje. En unidades de gran longitud, pequeños soportes hechos de tornillos de bonete y tuercas son muy convenientes. En cada caso los soportes deberán estar directamente debajo de la parte de la placa base cargando los grandes pesos y con un espaciado lo suficientemente cercano para dar un soporte uniforme. Un espaciamiento de 24 pulgadas es sugerido en unidades de tamaño medio. Una separación de alrededor $\frac{1}{2}$ de pulgada a 1 $\frac{1}{2}$ pulgadas deberá ser permitida entre la placa base y la cimentación para introducir el concreto.

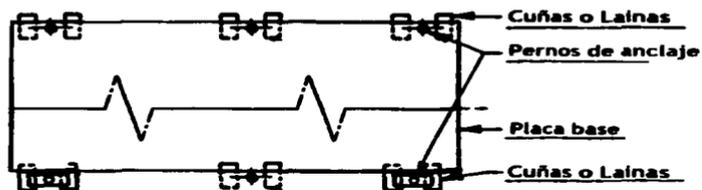
Ajustar los soportes metálicos o cuñas hasta que las flechas de la bomba y accionador (motor) estén nivelados.

Revisar las caras del cople también como las bridas de succión y descarga de la bomba, tanto en posición horizontal como vertical por medio de un nivel. Corrija las posiciones, en caso de ser necesario, por medio de los ajustes de las cuñas o soportes bajo la placa base según se requiera.

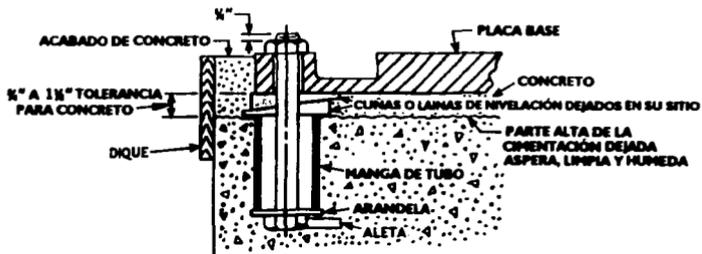


METODO DE NIVELACIÓN POR LAINAS O CUÑAS

FIGURE NO.



UBICACIÓN DE LAS LAINAS Y CUÑAS EN LA PLACA BASE



TÍPICO DISEÑO DE CIMENTACIÓN DEL PERNO DE ANCLAJE

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4.4 ALINEACIÓN

4.4.1 Consideraciones Generales: Las bombas y accionadores que son recibidos de fabrica con ambos montados en una placa base común, fueron alineados con precisión antes del embarque.

Todas las placas bases son flexibles a algún alargamiento o ensanchamiento y por lo tanto no se deberá conservar el alineamiento de fabrica.

El Realineamiento es necesario después de que la unidad completa ha sido nivelada sobre la cimentación y una vez mas después de que el concreto ha sido vaciado y los pernos de anclaje instalados y ajustados. El alineamiento deberá ser revisado después de que la unidad ha sido conectada a la tubería Para facilitar un alineamiento preciso en campo, muchos de los fabricantes no unen ya sea la bomba o el accionador a la placa base antes del embarque, o como máximo, se une solo la bomba.

Cuando el accionador va a ser montado en el lugar de la instalación, la placa base es maquinada en la fabrica y la bomba es posicionada, pero los orificios de los pernos para sujetar el accionador no deben de ser barrenados.

4.4.2 Cables flexibles: Un cable flexible no deberá ser usado para compensar el desalineamiento de las flechas de la bomba y el motor. El propósito de un cable flexible es el de compensar por cambios de temperatura y permitir el movimiento de la parte final de las flechas sin interferencia de una contra la otra mientras transmiten potencia del accionador a la bomba.

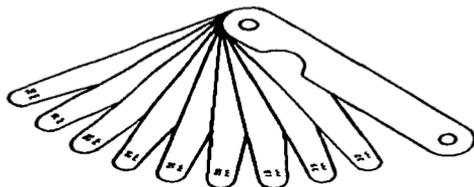
4.4.3 Tipos de desalineamiento: Hay dos formas de desalineamiento entre la flecha de la bomba y flecha del accionador, como sigue:
Desalineamiento Angular.- Flechas con ejes concéntricos pero no paralelos
Desalineamiento Paralelo.- Flechas con ejes paralelos pero no concéntricos.

TIPOS DE DESALINEAMIENTOS



4.4.4 Procedimiento de alineación de coples:

Las caras de las mitades del cople deberán ser espaciadas apenas lo suficiente de manera que no se puedan golpear una contra la otra cuando el rotor del accionador es movido contra la bomba. Se deberán tomar en cuenta tolerancias por el desgaste de los rodamientos axiales. Una dimensión mínima para la separación de las mitades del cople es usualmente especificada por el fabricante. Las herramientas necesarias para aproximadamente revisar el alineamiento de un cople flexible son una barra plana y un calibrador ahusado o un calibrador de lanas.

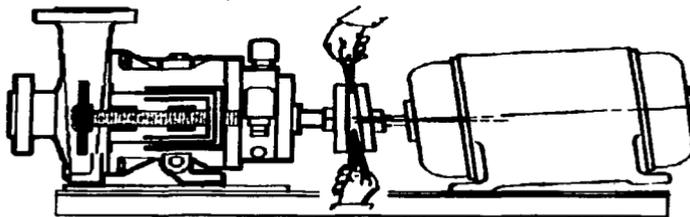


CALIBRADOR DE LAINAS



- Desconectar las mitades del cople antes de proceder con el alineamiento.
- Proceda con una revisión para alineamiento angular y paralelo por medio del siguiente método solo si se satisface que las caras y diámetros externos de las mitades del cople son cuadradas y concéntricas con los barrenos. Si esta condición no existe, un método alternativo será descrito.

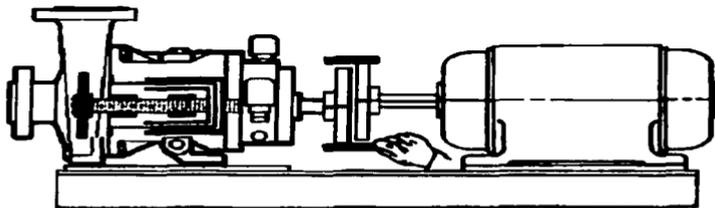
- La revisión del alineamiento angular será hecho insertando el calibrador ahusado o el calibrador de laines en cuatro puntos entre las caras de las mitades del acople y comparando la distancia entre las caras en cuatro puntos espaciados en intervalos de 90° alrededor del acople. La unidad estará en alineamiento angular, cuando las mediciones muestren que las caras de las mitades del cople están apartados la misma distancia en todos los puntos.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

REVISIÓN DEL ALINEAMIENTO ANGULAR

- La revisión del alineamiento paralelo será hecho colocando una barra plana a través de la orilla superior, inferior y ambos lados del cople. La unidad estará en alineamiento paralelo cuando la barra plana descansa uniformemente sobre las orillas del cople en todas las posiciones. Tolerancias suficientes deberán de tenerse y cuando las mitades del cople no tienen el mismo diámetro exterior.



REVISIÓN DEL ALINEAMIENTO PARALELO

- Se deberá tomar precaución de que la barra plana este paralela al eje de las flechas.
- El desalineamiento angular y paralelo será corregido por medio de laines colocadas debajo de los pies de montaje del motor. Después de cada cambio, es necesario revisar el alineamiento de las mitades de los cople. El ajuste en una dirección puede cambiar ajustes ya hechos en la otra dirección. No deberá ser necesario ajustar las laines, si se usaran, por debajo de la bomba.

La cantidad permisible de desalineamiento variara con el tipo de bomba y accionador. Las recomendaciones deberán ser obtenidas y seguidas.

Cuando el accionador va a estar montado sobre la placa base en campo, es necesario ubicar la placa base con la bomba sobre la cimentación, para nivelar la flecha de la bomba, revisar las caras de las mitades del cople, las bridas de succión y descarga para posición horizontal o vertical, y hacer cualquier ajuste correctivo

Las almohadillas provistas sobre la base para el accionador deberán ser cubiertos con gis para facilitar el marcado de la localización de los barrenos para atornillado.

Colocar el accionador sobre la placa base hasta que la distancia entre las mitades del cople este de acuerdo con las dimensiones indicadas en el contorno de la elevación de la unidad completa, ajustando la posición del accionador y la colocación de laines como se requieran bajo los pies del accionador.

El alineamiento de las mitades de cople lado bomba y accionador entonces deberán ser revisados y corregidos.

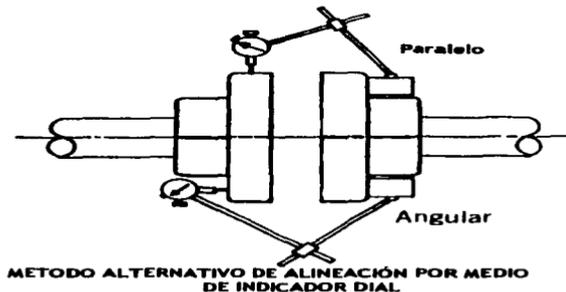
Marcar sobre las almohadillas de la placa base la circunferencia del barreno con los pies del accionador, punzonar y barrenar los orificios. Colocar nuevamente el accionador sobre la placa base, insertar los pernos y alinear el accionador antes de apretarse. Los procedimientos subsecuentes son los mismos como la fabrica alinea sus unidades.

4.4.5 Método Alternativo de Alineamiento.

Un método aprobado para poner las mitades del cople en un alineamiento preciso final es por el uso de un indicador dial.

Revisar el alineamiento por una placa plana, un calibrador ahusado o un calibrador de laines tan preciso como sea posible por el procedimiento antes indicado.

Fijar el indicador a la mitad del cople de la bomba, con el botón del indicador descansando en la periferia del otro lado del cople. Ajuste el indicador dial a cero, y marcar en la mitad del cople junto a la cual descansa el botón. Para cualquier revisión, en la parte superior, en la parte inferior, en los lados, rotar ambas flechas la misma cantidad. , todas la s lecturas sobre el dial deben ser hechas con el botón a un lado de la marca.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las lecturas del dial indicaran ya sea que el accionador tiene que ser elevado, bajado o movido a un lado o al otro. Después de cada movimiento revisar para ver que las caras del cople permanecen paralelas una contra la otra.

Con este método un alineamiento preciso de los centros de las flechas pueden ser obtenidos aun cuando las caras o los diámetros exteriores de las mitades del cople con cuadren o no sean concéntricas con los barrenos, suministrando todas mediciones para alineamiento angular son hechas entre los mismos dos puntos sobre las caras, y todas las mediciones para alineamiento paralelo son hechas entre los mismos dos puntos sobre los diámetros exteriores. Grandes desviaciones en cuadratura o concentricidad, sin embargo, pueden causar problemas debido al desbalanceo del cople y desgaste anormal del mismo, y necesitaran ser corregidos por razones tales como finalizar el alineamiento de flechas.

4.4.6 Revisión final del alineamiento.

Después de que se ha colocado el concreto y los pernos de anclaje han sido apropiadamente apretados, la unidad deberá ser revisada en su alineamiento paralelo y angular y si es necesario, tomar las correcciones necesarias. Después desconectar las tuberías a la unidad, el alineamiento deberá ser revisado nuevamente.

La dirección de rotación de el accionador deberá ser revisada para saber si está es la misma que la de la bomba. La dirección correspondiente de rotación de la bomba está usualmente indicada por la dirección de una flecha sobre la carcasa de la bomba.

Las mitades del cople pueden entonces ser reconectadas. Con la bomba propiamente cebada, la unidad entonces puede ser operada bajo condiciones normales de operación hasta que las temperaturas se hayan estabilizado. Esta entonces deberá ser apagada e inmediatamente revisado otra vez el alineamiento del cople. Todos los alineamientos revisados deberán ser hechos con las mitades del cople desconectadas.

Debe hacerse énfasis que en los intentos de corregir la alineación en una dirección pueden alterar el alineamiento en otras direcciones; Por lo tanto, es necesario revisar todas las direcciones después de hacer cualquier ajuste.

4.4.7 Ajuste final

Después que la unidad ha estado funcionando por alrededor de una semana, las mitades del cople deberán ser tomadas para una revisión final de desalineamiento causado por tensión en las tuberías o por cambios de temperatura. Si el alineamiento es correcto, ambos bomba y accionador deberán ser asegurada por pasadores o espigas a la placa base. La localización de los pasadores es muy importante y la recomendación del fabricante deberá ser obtenida, especialmente si la unidad está sujeta a cambios de temperatura.

- Factores que pudieran cambiar el alineamiento.

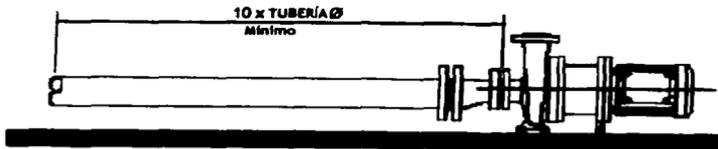
La unidad deberá ser revisada periódicamente en su alineamiento. Si la unidad no permanece en línea después de haber sido instalada, las siguientes pueden ser las posibles causas

1. Pérdida de tornillos o tuercas en la bomba, o en el ensamble de accionador.

- Alteración de la estructura de la cimentación de la bomba debido a cargas variables u otras causas.
- Deformación de la placa base debido al calor producido por el uso de turbinas de vapor

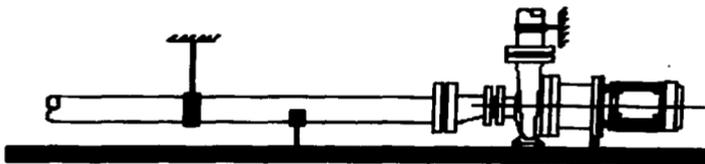
4.5 CONEXIÓN DE TUBERÍA DE SUCCIÓN

- 4.5.1 Las buenas practicas establecen que debe haber un mínimo de longitud recta en la brida de succión de la bomba igual a diez veces el diámetro de la brida de succión. Esto permitirá que el liquido fluya en la carcasa de la bomba sin turbulencia

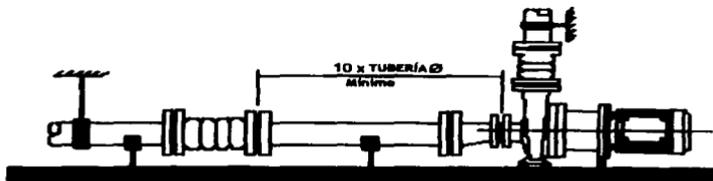


- 4.5.1 Adicionalmente, es también buena practica el uso de la tubería de succión por lo menos uno o dos tamaños mas grande que la boquilla de la bomba, y reducir el diámetro del tubo en la brida de la bomba.
- 4.5.2 Asegurarse que el diámetro interno del tubo de succión cuadre con la apertura los mas preciso posible para evitar esfuerzos en la carcasa de la bomba. Se deberá nivelar la brida de la tubería de succión hasta alinearse con la boquilla de succión de la bomba. Los pernos de las bridas deberán deslizarse dentro de los barrenos de las bridas alineadas sin que se produzcan tensiones o esfuerzos en la tubería de trabajo.
- 4.5.3 Aplicar el soporte en la tubería de succión y descarga con los apropiados soportes o sujetadores para mantener libre de tensiones la carcasa de la bomba.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



- 4.5.4 Colocar una junta de expansión si se manejan líquidos con alta temperatura



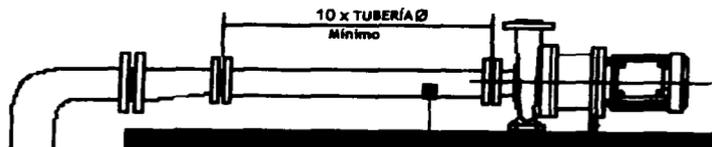
- 4.5.5 Asegurarse que todas las juntas y coples en la línea de succión están herméticamente cerrados.
- 4.5.6 Instalar la tubería de succión, codos, reductores excéntricos, y otro tipo de accesorios de tal manera que no pueda crear bolsas de aire dentro del sistema de succión.



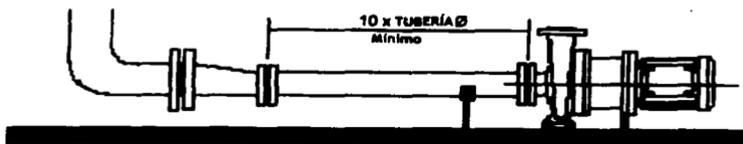
PROBLEMAS CON
SISTEMAS CON
FALLA DE ORIGEN

Juntas de expansión elementos flexibles cuya función principal consiste en evitar el desalineamiento de las tuberías, cuando estas están sometidas a temperaturas y presiones elevadas. Se usa para la unión de tubería, desplazamientos de tubería, absorción de movimientos, vibración e instalaciones donde las condiciones de operación provoquen dilatación térmica.

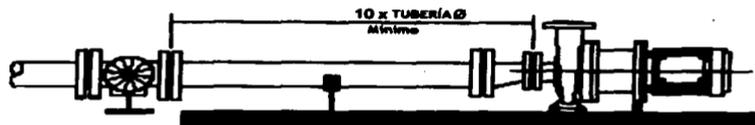
- 4.5.7 Colocar un reductor excéntrico cuando la fuente de suministro del líquido este por abajo de la línea de centros de la boquilla de succión.



- 4.5.8 Colocar un reductor excéntrico cuando la fuente de suministro del líquido este por arriba de la línea de centros de la boquilla de succión.



- 4.5.9 Las válvulas colocadas en tubería de trabajo de succión deberán ser colocadas en posición horizontal o vertical hacia abajo para evitar la formación de bolsas de aire.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

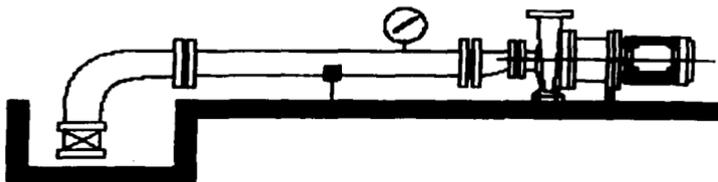
- 4.5.10 Si el cebado de la bomba se pierde cuando el equipo está detenido, se recomienda colocar una válvula de pie en la línea de succión para evitar el recebado en cada arranque. Un tipo de válvula de pie tipo aleta dimensionada para evitar indebidas pérdidas de presión es preferida.

Válvula típica de pie con colador



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- 4.5.11 Colocar siempre un manómetro en la línea de succión presión/vacío para todas las instalaciones y así poder monitorear las condiciones de succión.



4.6 SITUACIONES QUE SE DEBEN EVITAR EN EL SISTEMA DE TUBERÍA DE SUCCIÓN

- 4.6.1 Evitar el uso de válvulas que provoquen altas pérdidas de fricción
- 4.6.2 Evitar el uso de filtros en línea (con excepción del periodo de arranque del equipo)
- 4.6.3 Evitar las configuraciones de tubería que provoquen torbellino (vortex) al nivel del líquido en el recipiente de suministro.
- 4.6.4 Evitar el uso de válvulas check de tipo multi-resortes.
- 4.6.5 Evitar medidores de flujo

- 4.6.6 Evitar de cualquier forma un sistema de tubería o procedimiento de operación del equipo, que permita a la bomba funcionar en seco.
- 4.6.7 Evitar el uso de mas de una fuente de suministro al mismo tiempo por una tubería común de succión.

4.7 SISTEMA DE TUBERÍA DE DESCARGA

- 4.7.1 La tubería de descarga , equipos y accesorios relacionados no tienen normalmente una influencia tan grande en el comportamiento de la bomba como el sistema de tubería de succión donde aparentemente el menor de los errores en diseño o instalación pueden tener un mayor efecto en el comportamiento de la bomba. Hay, sin embargo algunos puntos que cuidar para asegurar la eficiencia de operación de la bomba.
- 4.7.2 De una manera similar a la tubería de succión , provisiones deben tomarse para apoyar y soportar la tubería y cualquier otro requerimiento
- 4.7.3 La tubería de descarga es normalmente más extensa que el sistema de succión , por lo tanto hay incrementos en la cantidad de tensión que se transfiere a la bomba, la cual debe de ser evitada.
- 4.7.4 Donde sea posible, deberá tenerse una longitud recta de tubería inmediatamente en la boquilla de descarga seguido por una válvula apropiada y entre la válvula y la brida de descarga debe haber un manómetro para auxiliar en el monitoreo del comportamiento de la bomba
- 4.7.5 Deberá colocarse una válvula de no retorno en la línea de descarga de la bomba, provisiones deberán tomarse para ventear el espacio existente entre la bomba y la válvula de no retorno o la bomba no se cebará.



Válvulas de retención

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Las válvulas de retención se usan como medida de seguridad para evitar que el flujo retroceda en la tubería, también se usan para mantener la tubería llena cuando la bomba no esta funcionando automáticamente.

Este tipo de válvula se usa en serie con las de compuerta y funcionan en posición horizontal o vertical

La presión del fluido circulante abre la válvula; el peso del mecanismo de retención y cualquier inversión en el flujo la cierra.

Existen distintos tipos de válvulas de retención y su selección depende de la temperatura, caída de presión que producen y la limpieza de fluido.

Ciertas válvulas de retención se pueden equipar con pesos externos. Esto producirá el cierre rápido del disco.

Este tipo de válvula se compone principalmente de asiento, cuerpo, disco, pasador oscilante.

Las válvulas de retención de bisagra constan de un disco colocado sobre el agujero de la válvula. Cuando no hay flujo el disco permanecerá contra el asiento debido a la gravedad. Notar que este tipo de válvula es unidireccional o sea el flujo

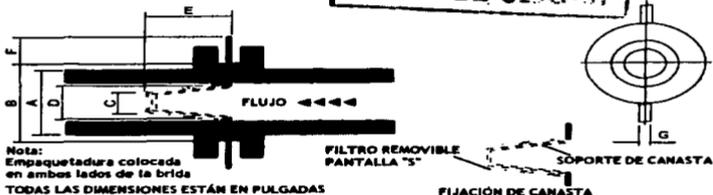
Este tipo de válvulas se puede poner en posición vertical como horizontal, notando que en la posición vertical debe estar con flujo ascendente.

4.7.6 Es también importante que el sistema y su operación no permita que la bomba pierda carga diferencial ya que cualquier perdida considerable de carga causaría daño a la bomba.

4.8 PROCEDIMIENTO DE PRE-ARRANQUE

- 4.8.1 Un cantidad considerable de todos los problemas de bombas ocurren durante el periodo de arranque. Hay un numero de razones para estos problemas y usualmente estos no son por resultado del uso de materiales de baja calidad , mala mano de obra o diseño de la bomba.
- 4.8.2 Normalmente , los problemas encontrados durante el periodo de arranque son debido a los siguientes factores.
- Desechos dejados en el sistema durante el periodo de construcción
 - Características inesperadas en el sistema
 - Incorrecta selección de la bomba.
- 4.8.3 Cada esfuerzo deberá ser hecho para asegurar que el desecho es removido de la tubería de trabajo y el equipo relacionado antes de instalar la bomba
- 4.8.4 La bomba no deberá ser instalada hasta que toda la tubería haya sido lavada para remover, rondanas, tuercas, tornillos , escoria de soldadura , piezas de material de empaquetadura, pedazos de trapo etc
- 4.8.5 Cuando el sistema haya sido limpiado completamente, la bomba entonces puede ser instalada pero como previsión se deberá instalar un filtro temporalmente en la tubería de succión cerca de la bomba.
- 4.8.6 El filtro que se recomienda para la instalación de bombas Kontro en cualquiera de sus modelos , el método y la posición de su instalación es mostrado en la siguiente figura.
- 4.8.7 El filtro consiste en una canasta metálica calibre dieciséis (el metal de la canasta deberá ser compatible con el liquido de arranque) y un tejido (elemento filtrante) de cuadrícula de 40 hilos.
- 4.8.8 La tabla muestra la relación entre le diámetro de tubería , su área de flujo y el área de flujo de el colador

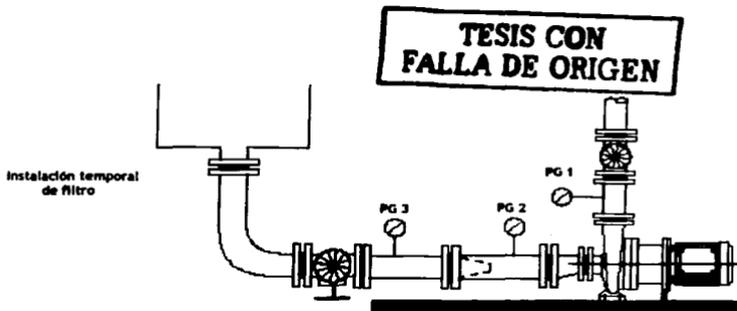
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



A	B	C	D	E	F	G	S	Área de Flujo de la tubería		Área de flujo del colador
								Ced 40	Ced 80	
1	2	0.5	0.88	3	2.5	1	Pantalla 40 x 40	0.864	0.719	1.94
1.5	2.88	0.75	1.38	4	3	1		2.04	1.77	4.03
2	3.83	1	1.69	6	3.5	1.5		3.36	2.95	8.15
2.5	4.13	1.38	2.06	6.2	3.5	1.5		4.79	4.24	21.3
3	5	1.75	2.69	6.5	3.5	1.5		7.39	6.60	28.4
4	6.19	2.5	3.56	6.7	3.5	1.5		12.73	11.5	40.8
6	8.5	3.5	5.5	9.2	3.5	1.5		28.9	26.1	83.9

Nota: No se requiere canasta para tuberías de una pulgada o menor

- 4.8.9 No usar una pantalla plana tipo paleta dentro del sistema , el área flujo será menor que el área de flujo de la tubería , ya que esto creara problemas debido a un rápido bloqueo.
- 4.8.10 La siguiente figura muestra como se deberá instalar el filtro en el sistema. Es importante que todos los manómetros sean instalados (PG1, PG2 y PG3) : PG2 y PG3 indicaran si el filtro está bloqueado y PG2 y PG1 monitorearan la cabeza diferencial a través de la bomba para revisar que la bomba este alcanzando el punto optimo. Después del arranque, las manómetros PG1 y PG2 deberán ser instalados permanentemente para que estos proporcionen una excelente y continua revisión del comportamiento de la bomba
- 4.8.11 Los manómetros deberán ser calibrados en las mismas unidades que la presión absoluta medida.
- 4.8.12 Toda la tubería de trabajo y equipo relacionado deberá ser revisado para asegurar que este correctamente instalado y libre de goteos.



4.9 LUBRICACIÓN DE BALEROS

- 4.9.1 Estas bombas tienen ensambles del lado potencia con rodamientos que son ya sea lubricados por grasa o por aceite. La lubricación por grasa de los ensambles de rodamientos no requieren un atención inmediata ya que estos son lubricados en la fabrica antes de ser suministrado el equipo (grasa Shell Albania RA es recomendado). Los ensambles lubricados por medio de aceite son suministrados desde fabrica sin lubricante en la caja de rodamientos. Antes de arrancar el equipo, el ensamble de rodamientos deberá ser llenado con aceite (aceite Castrol Hyspin AWS 68 o equivalente es recomendado). El llenado final deberá ser llevado a cabo a través del orificio de llenado/respiradero y este procedimiento deberá terminar cuando el nivel del liquido este por la mitad de la mirilla, (si está fue suministrada) o a la base de la aceitera de nivel constante. La aceite de nivel constante deberá ser también llenada. La mirilla (si fue suministrada) y la aceitera de nivel constante son ambas ubicadas a un lado de la caja de rodamientos para permitir la observación del nivel de aceite.

4.9.2 PROCEDIMIENTO DE LLENADO DE ACEITE LADO POTENCIA Y CAPACIDADES

- Desatornillar el tapón de venteo que se ubica en la parte superior de la caja de rodamientos
- Remover la botella de plástico /vidrio que conforma la aceitera, de su montaje
- Vaciar lentamente la cantidad especificada de aceite a través del barreno del venteo.
- Llenar la botella de la aceitera con el aceite especificado y colóquelo nuevamente en su sitio original.
- Coloque nuevamente el tapón de venteo que se ubica en parte superior de la caja de rodamientos.
- No arrancar la bomba hasta después de un periodo de 15 minutos para asegurar que el aceite ha alcanzado su nivel correcto.

CAPACIDADES DE ACEITE (PARA CAJA DE RODAMIENTOS)

GRUPO 1	GRUPO 2
$1\frac{1}{2} \times 1 \times 6$	$4 \times 3 \times 6$
$3 \times 1\frac{1}{2} \times 6$	$3 \times 2 \times 8$
$3 \times 2 \times 6$	$4 \times 3 \times 8$
$1\frac{1}{2} \times 1 \times 8$	$6 \times 4 \times 8$
$3 \times 1\frac{1}{2} \times 8$	$2 \times 1 \times 10$
	$3 \times 1\frac{1}{2} \times 10$
	$3 \times 2 \times 10$
	$4 \times 3 \times 10$

GRUPO 1	GRUPO 2
4.75 onzas	7.75 onzas

4.10 ARRANQUE

- 4.10.1** Cierre todos los drenes, abra la válvulas de succión y descarga completamente y permita que la bomba se llene de liquido. Si la bomba tiene venteo, este entonces puede ser usado para auxiliar al cebado de carcaza de la bomba.
- 4.10.2** Revisar que la rotación del motor este en la misma dirección que la de la flecha de indicación colocada en la bomba.
- 4.10.3** Bajo ninguna circunstancia la bomba deberá de correr por un periodo prolongado en sentido contrario del indicado por el fabricante.
- 4.10.4** Cerrar lentamente la válvula de descarga hasta quedar a un cuarto de su capacidad mínima. Esto se hará para prevenir la carga excesiva en la bomba o el motor al momento de arrancar.
- 4.10.5** Fije su atención en el manómetro de descarga (PG1) y arranque el motor. La presión aumentara rápidamente y después permanecerá constante. Si esta titubea y cae a un nivel mas bajo, aun que sea momentáneamente, detenga la bomba. El errático comportamiento de la bomba es un signo de que aire y/o vapores están siendo purgados de la bomba.
- 4.10.6** Espere de 10 a 15 segundos y repita el paso 4.4.1 . Se deberá de repetir varias veces está secuencia antes que la presión de descarga se eleve a su nivel de operación y permanezca constante . Para ese momento la bomba está totalmente cebada.
- 4.10.7** Con la bomba funcionando totalmente cebada, se deberá escuchar si algún ruido inusual aparece, Los ruidos de raspaduras metálicas serán señales obvias para apagar el equipo.
- 4.10.8** Si el ruido tiene un sonido retumbante como si la carcaza contuviera una gran cantidad de canicas, el problema es cavitación. Cavitación es la formación de burbujas de vapor en el ojo del impulsor y estas subsecuentemente dentro de la bomba. Cavitación se debe invariablemente a un inadecuado NPSH disponible. Detenga la bomba y revise que no existan obstrucciones en la tubería de trabajo de succión del sistema. Vuelva a revisar el NPSH disponible y asegurese

que este es por lo menos 0.5 metros mas grandes que los requerimientos de la bomba.

4.10.9 No continúe la operación del equipo bajo condiciones de cavitación.

4.10.10 Revisar los cálculos de diseño del sistema

4.10.11 Cuando la causa de la cavitación sea establecida y corregida , continúe con el arranque de la bomba.

4.10.12 La presión diferencial debe ser ahora revisada restando la presión de succión marcada en el manómetro a la presión de descarga marcada en el manómetro , el resultado será la presión diferencial en términos absolutos.

4.10.13 Está presión deberá entonces ser convertida a metros de columna de liquido tomando en cuenta la gravedad especifica del liquido.

4.10.14 Cuando la carga ha sido calculada, está deberá ser comparada con el estampado en la placa de datos de la bomba . cualquier variación deberá ser investigada.

4.10.15 Todos estos pasos para arranque y revisiones pueden ser realizados. El único requerimiento que siempre se mantendrá es el monitoreo por partículas o desechos contenidos en el liquido bombeado en un tiempo determinado. Muchos usuarios dirían que monitorear veinte horas es suficiente, otros optarían por un periodo de cien horas de operación. Los requerimientos claves son:

- Cuando la perdida de presión (P3-P2) se incrementa, esto significa que la pantalla temporal se está empezando a tapar con partículas y deberá ser limpiada. Esto requerirá el cerrado de las válvulas de succión y descarga para aislar la bomba y la pantalla. Después de que el colador ha sido removido, limpiado y colocado nuevamente, la bomba tendrá que ser cebada tal como se realizo al arranque inicial.
- Examine los desechos y/o partículas removidas del colador cada vez que este sea limpiado. Esperando , que el contenido del colador sea material extraño al proceso y esto tome cada vez mas tiempo para que el colador se tape. Si no se encuentran nuevas desechos por un periodo razonable de tiempo (tal vez 24 horas) entonces el colador temporal y el manómetro P3 pueden ser removidos.

- Si el colador temporal se mantiene tapado a un paso constante, y el material que provoca el tapado son partículas del proceso orientadas, tal como cristales insolubles, compuestos de calderas u otro material arrastrado el cual es esperado se continúe formando en el líquido de bombeo en el mismo periodo de tiempo, alguna modificación permanente en el sistema de bombeo deberá realizarse.
- Si el filtro temporal continua tapándose , entonces será un buen momento de revisar el problema desde el punto de vista del líquido, obteniendo la siguiente información.

- ..1 La composición química de los sólidos
- ..2 El porcentaje de concentración
- ..3 El tamaño de las partículas mas grandes
- ..4 La dureza relativa de estos sólidos

CAPITULO 5 MANTENIMIENTO

5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

5.1.1 Aislamiento y drenaje de la bomba: Antes de comenzar con el desmantelamiento de la bomba Kontro de accionamiento magnético o cualquier otro tipo de bomba, todas las precauciones relevantes de seguridad deben de tomarse para asegurarse de que la bomba está libre de líquidos tóxicos o peligrosos. Tome consejos de su oficial de seguridad o del fabricante del químico bombeado si es que existe alguna duda sobre el líquido bombeado. Las siguientes reglas básicas deberán siempre seguirse a lo largo del proceso.

- Siempre usar ropa protectora adecuada y protección para los ojos cuando se desmantelen bombas. Aparatos de respiración artificial pueden ser necesarios para algunos casos.
- Siempre desconecte la bomba de la corriente eléctrica antes de desmantelarla. Asegúrese que el interruptor eléctrico no pueda ser operado cuando se estén ejecutando los trabajos en la bomba.
- Antes de trabajar, en una bomba revise con su oficial de seguridad o supervisor encargado de la seguridad si algún procedimiento de descontaminación debe realizarse.
- Siempre drene y limpie el líquido bombeado de la carcasa de la bomba y la celda contenedora antes de removerlas de la bomba completa.

Estas precauciones de seguridad deben de ser tomadas en cuenta adicionalmente con cualquier procedimiento de seguridad establecida por su compañía.

5.2 DESENSAMBLADO DEL EXTREMO LIQUIDO

5.2.1 Anterior al desensamblado del extremo líquido de una bomba de accionamiento magnético Kontro, es esencial que los procedimientos y precauciones establecidas en el punto 5.1.1 sean seguidos, el omitir dichos procedimientos podrían resultar en serios accidentes. Para desensamblar el extremo líquido, el siguiente procedimiento es recomendado:

- Aísle el suministro eléctrico del motor y desconecte el cableado de la caja de terminales del motor. Remueva la tierra física conectada a la armadura del motor. Remover cope y guardacople.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- Cierre las válvulas de succión y descarga. Remover el tapón de drenaje de la carcasa de la bomba y eliminar cualquier líquido dejado en la bomba.



Fig. 1 Drenado de bomba Kontro

- Remueva toda la instrumentación añadida a la bomba (termocoples, manómetros etc)
- Remueva la tornillería de fijación de la bomba.



- Con el cuerpo trasero de la bomba apropiadamente soportado, remover la voluta de la parte delantera.

TESES CON FALLA DE ORIGEN



Fig. 2 Remoción de la carcasa o voluta de la bomba Kontro

- Nota: Es recomendado que el extremo liquido sea llevado a un taller de mantenimiento adecuado para llevar a cabo los siguientes pasos.
- Nota: Debido al alto campo magnético presentado, no se deberá usar, reloj de muñeca, cuando se trabaje cerca del magneto anular exterior o el magneto anular interior.
- Soportar la bomba horizontalmente en una bancada y remover los tornillos de sujeción del alojamiento de chumaceras ubicados en la parte trasera del impulsor



Fig. 3 Remoción del alojamiento de chumaceras mediante el uso de llave Allen

TESTE CON FALLA DE ORIGEN

- Remover el ensamble impulsor / alojamiento de chumaceras del cuerpo de la bomba (cartucho)

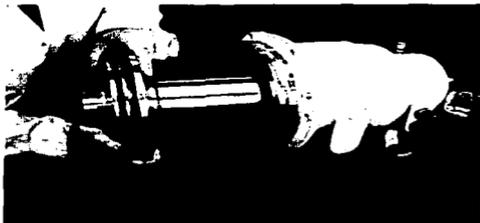


Fig. 4 Remoción del ensamble impulsor/alojamiento de chumaceras (cartucho)

- Nota: Una cierta cantidad de fuerza será requerida para superar la atracción magnética entre el magneto interior y exterior. Cuando se requiera pernos de extracción deberán ser usados para separar el ensamble de magnetos.
- Colocar el ensamble impulsor/alojamiento de chumaceras cara abajo sobre el ojo del impulsor. Abrir la arandela y remover posteriormente la tuerca de retención magneto anular interior



Figura 5

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Figura 6

Figura 5 y 6 muestran la forma de retirar la tuerca de retención del magneto anular interior

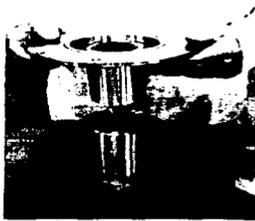
- **Remover el ensamble de flecha del alojamiento de bujes**



Figura 7 Remoción del ensamble de flecha del alojamiento de bujes

- **Remover el alojamiento de bujes del magneto anular interior**

**TEST CON
PALA DE ORIGEN**



- Remover la arandela de empuje y empaquetadura de soporte.



Figura 8 Remoción del magneto anular interior, arandela de empuje y empaquetadura de soporte.

- Retirar los bujes, manga espaciadora y anillos "O" del ensamble de flecha / impulsor



Figura 9

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Figura 10

Figura 9 y 10 Remoción de bujes, manga espaciadora y anillos "O" del ensamble de flecha / impulsor

- Retirar e inspeccionar la arandela de empuje del conjunto eje/impulsor



Figura 11 Remoción e inspección de la arandela de empuje

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- Remover la celda contenedora del cuerpo de la bomba.



Figura 12 Remoción de la celda contenedora

- La figura 13 muestra las piezas que forman el conjunto impulsor-alojamiento de cojinetes (cartucho)



Figura 13

5.3 INSPECCIÓN

5.3.1 CHUMACERAS INTERNAS

La flecha de la bomba la cual carga al impulsor y al magneto anular interior corre en tres chumaceras lubricadas por el producto bombeado. Los cojinetes son las chumaceras de la flecha de la bomba las cuales corren sobre dos bujes que soportan la masa del ensamble de rotación. La chumacera de empuje axial es la arandela de empuje axial, la cual corre sobre un cojinete de empuje la cual es la cara

radial del buje frontal. Esta recibe la carga hidráulica axial generada por el impulsor la cual es normalmente dirigida hacia la succión de la bomba

La inspección por desgaste es normalmente dirigida a los bujes, cojinetes de la flecha de la bomba, impulsor, anillos de desgaste, cojinete de empuje, arandela de empuje y celda contenedora.

Una clara indicación del final de la vida útil de las chumaceras es cuando el magneto anular interior roza con la celda contenedora o cuando la arandela de empuje roza contra el soporte del buje frontal. Desde que la tolerancia de ajuste radial inicial es de 0.030" (0.060" tolerancia de ajuste diametral), se puede ver cuanto impureza o suciedad es tolerada y porque el desgaste permitido en la chumacera (buje) es tan generoso. Sin embargo, cuando el contacto finalmente ocurre, hay dos posibles indicaciones que el tiempo de vida útil ha terminado.

- El cople magnético se ha desajustado.
- La bomba emite ruidos inusuales

Desde que el final de la vida útil de las chumaceras es usualmente acompañada por daños a otros componentes internos de extremo liquido, es una buena practica usar un programa planeado de mantenimiento y desarmar la bomba para inspección antes de que el roze mecánico aparezca. Con esto en mente un número importante de dimensiones deberá ser entonces revisada como se describe abajo, acompañadas con las instrucciones de reemplazo de los componentes.

Tolerancias de ajuste Bujes - cojinetes de flecha de la bomba como se muestran (valores diametrales o 2 x valores radiales)

Limites cuando el equipo es nuevo	Limite máximo
0.003" - 0.006"	0.025"

Si el limite máximo es alcanzado, los componentes deberán ser examinados y los componentes desgastados reemplazados (normalmente los bujes). También los bujes deberán de ser cambiados si estos muestran cualquier signo de ovalamiento, raspado o marca de cualquier muesca.

Tolerancias de ajuste impulsor - anillos de desgaste (valores diametrales o 2 x valores radiales)

Limites cuando el equipo es nuevo	Limite máximo
0.023" - 0.027"	0.060"

Si el limite de la máxima tolerancia de ajuste del anillo de desgaste es alcanzada, los componentes deberán ser examinados y si es necesario cambiarlos

5.3.2 CELDA CONTENEDORA

La celda contenedora deberá ser examinada en busca de marcas de roze (interior y exteriormente) y abolladuras. Desde que la celda contenedora es solo 0.048" de espesor, es fácilmente sujeto a daño o desalineamiento. Una decoloración de el tubo es una indicación de que ha ocurrido un sobrecalentamiento, el cual puede llevar a una deformación. Si una deformación es encontrada, la celda contenedora deberá ser reemplazada. Revisar que el tubo de la celda contenedora no ha sido dañado durante el servicio y que todos los restos de la vieja empaquetadura de la carcaza ha sido removida con un solvente adecuado.

5.3.3 EXTREMO DEL IMPULSOR.

El movimiento axial del ensamble de la flecha deberá ser revisado con la bomba ensamblada, sin la voluta. Es recomendado que durante el ensamble los componentes de empuje sean revisados en busca de desgaste en caso de aparecer, estos deberán ser reemplazados. Durante el ensamble, se deberá revisar que el movimiento axial permanece dentro de los limites permitidos. Está revisión es especialmente importante si los bujes han sido reemplazados durante el mantenimiento.

Coloque un indicador dial o un artefacto similar sobre una superficie adecuada, y con el ensamble en posición horizontal, colocar el punto del indicador en la parte final del cojinete del impulsor. Mueva el impulsor hacia atrás y hacia delante, y entonces mida el movimiento axial total.

Limites cuando el equipo es nuevo	Limite máximo
0.010" - 0.040"	0.090"

Si el límite máximo es alcanzado, los componentes deberán ser examinados y los componentes que presenten desgaste deberán ser reemplazados (normalmente el cojinete de empuje) Las muescas de lubricación en el cojinete de empuje son de aproximadamente de 0.040" de profundidad cuando el equipo es nuevo. Si estas son notablemente menos profundos este es un signo de desgaste. La arandela de empuje deberá ser inspeccionada en busca de desgaste y revisada sus dimensiones en conjunción con la medición del movimiento axial anteriormente descrito. Si exceso excesivo es encontrado está deberá ser reemplazada.

5.4 PROCEDIMIENTO DE REEMPLAZO CHUMACERAS INTERNAS

- 5.4.1 Nota: Siempre utilice gafas de seguridad cuando reemplace las chumaceras internas ya que si no se maneja apropiadamente, el material de la chumacera puede fracturarse y provocar astillamiento.
- 5.4.2 Siempre utilice ropa, guantes y protección adecuada cuando maneje componentes calientes.
- 5.4.3 Remoción : Si los bujes están asegurados por medio de pasadores, remueva los pasadores. Remueva por calentamiento a 350°C (662°F) del alojamiento de bujes en un horno el cojinete de empuje y los bujes ya que a esta temperatura estos pueden ser removidos fácilmente.
- 5.4.4 Colocación: Limpiar los barrenos y superficies completamente antes de colocar las partes de repuesto. Usar un método de limpieza no mecánico.
Para la colocación de nuevos bujes y cojinetes de empuje, estos deberán ser colocados dentro de un horno. Mantenerlos dentro de un rango de diferencia de 50°C (122°C) de la temperatura a la cual se calentara el alojamiento de bujes durante 30 minutos, antes de ser colocados en el alojamiento de bujes.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

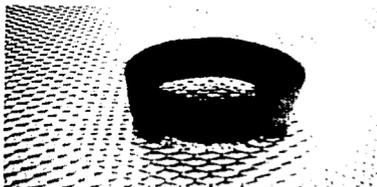


Figura 14 Pre calentamiento de bujes para evitar fractura durante la instalación debido al choque térmico.

Esto no es requerido si se tienen bujes de carbón. Los bloques metálicos también deberán ser precalentados para prevenir ruptura de los bujes y cojinete de empuje.

- 5.4.5 Colocar el alojamiento de bujes en una posición vertical con la brida ubicada en la parte mas alta dentro de un horno y caliente a 300°C (572°F). Nota: Para alojamientos de bujes construidos en titanio la temperatura deberá ser de 350°C (660°F)

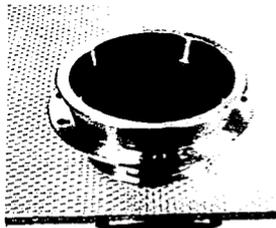


Figura 15 Colocación de alojamiento de bujes dentro de horno para su calentamiento

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 5.4.6 Tomar el primer buje e insertar dentro del alojamiento de bujes asegurándose de que las muescas están correctamente ubicadas.



Figura 16 Colocación del primer buje dentro del alojamiento.

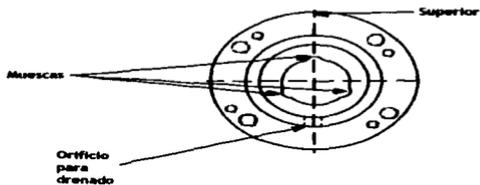


Figura 17 Orientación de muescas de los bujes dentro del alojamiento

- 5.4.7 Permita al alojamiento de bujes enfriarse hasta aproximadamente 100°C (212°F). Colocar nuevamente el alojamiento de bujes dentro del horno con la brida ubicada en posición vertical hacia abajo. Asegurarse que el buje frontal colocado anteriormente no se salga, este deberá ser dejado en su lugar descansando sobre un bloque de metal.
- 5.4.8 Calentar el alojamiento de bujes a 300°C (572°F) y removerlo del horno con el bloque metálico colocada en el buje frontal, Insertar el buje trasero asegurándose que está

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- completamente asentado y que las muescas de este muestren alineamiento con las muescas del buje frontal.
- 5.4.9 Colocar el cojinete de empuje asegurando que asiente y que las muescas se encuentren hacia fuera.
- 5.4.10 Nota 1: Para alojamientos de bujes fabricados en Titanio la temperatura deberá ser 350°C (660°F)
- 5.4.11 Nota 2: El alojamiento de bujes deberá seguir descansando en un bloque metálico como se muestra en la figura 16
- 5.4.12 Permitir que alojamiento de bujes enfriarse en posición vertical como se muestra. Por ninguna razón se trate de acelerar el proceso de enfriamiento. Colocar un bloque metálico por arriba de del buje de aproximadamente 1 Kg (2.2 libras) para auxiliar la entrada del buje. Cuando se enfríe, realizar una inspección visual revisando el asentamiento correcto del buje y cojinete de empuje y que no existan daños físicos.



Figura 18 Colocación y asentamiento de buje y arandela de empuje auxiliándose por medio de bloque metálico, después del calentamiento del alojamiento de bujes

- 5.4.13 Si los bujes son de carbón, usar los orificios cruzados existentes en el alojamiento de bujes, barreñe a través de los bujes con diámetro de perforación de 5.8 mm (7/32") y coloque nuevos seguros.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

5.5 DESEÑABLE E INSPECCIÓN DE LA CAJA DEL ALOJAMIENTO DE BALEROS EXTERIORES

- 5.5.1 Drenar el aceite del alojamiento de baleros externos quitando el tapón de purga.
- 5.5.2 Remover los cinco tornillos de retención del alojamiento de baleros externos



Figura 19 Remoción de tornillos de sujeción del alojamiento de baleros externos

- 5.5.3 Remover el ensamble completo del alojamiento de baleros exteriores con el magneto anular exterior de la carcasa de la bomba.
- 5.5.4 Sujetar el ensamble de flecha verticalmente en un tornillo de banco, usando quijadas suaves ubicando el magneto anular exterior hacia arriba.
- 5.5.5 Remover el tornillo de retención del magneto exterior



Fig 20 Remoción del tornillo de retención del magneto exterior

- 5.5.6 Extraer delicadamente el magneto anular exterior de su localización. Se deberá ser cuidadoso de no dañar las superficies maquinadas



Figura 21 Extracción del magneto anular exterior por medio de palancas

- 5.5.7 Remover los cuatro tornillos de retención de la tapa frontal del alojamiento de baleros externos para finalmente extraer la tapa frontal.



Figura 22 Extracción de la tapa frontal del alojamiento de baleros externos

- 5.5.8 Remover el tornillo de retención del sello laberíntico y remover el sello laberíntico como se muestra en la figura 23



Figura 23 Extracción del sello laberíntico

- 5.5.9 Remover los cuatro tornillos de retención de la tapa trasera del alojamiento de baleros externos para finalmente extraer la tapa frontal.



Figura 24 Desatornillado y extracción de la tapa trasera del alojamiento de baleros externos

- 5.5.10 Desatornillar sello laberíntico y retirarlo así como el anillo "O" del alojamiento de baleros externos como se muestra en las figuras 25 y 26

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Figure 25

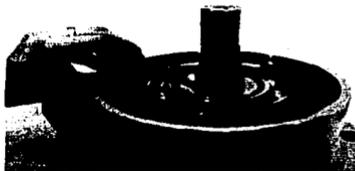


Figure 26

- 5.5.11 Utilizar un mazo o martillo de goma para golpear el lado del ensamble de flecha donde se conecta al accionador hasta que salga del ensamble de baleros externos



Figure 27
Remoción de flecha del
alineamiento de baleros
externos

**TRABAJE CON
FALLA DE ORIGEN**

5.5.12 Remover los baleros de bolas del alojamiento de baleros externos.



Figura 28 Extracción de baleros de bolas del alojamiento



Figura 29 Componentes del alojamiento de baleros exteriores

- 5.5.13 Revisar los baleros en busca de desgaste, si las jaulas de las bolas de los baleros están dañadas y sucias o estas producen ruido en exceso cuando son rotados, deberán de ser reemplazados
- 5.5.14 Revisar los anillos "O" de la tapa trasera y delantera del alojamiento de baleros externos. Reemplazar si se encuentran dañados, cortados o deformados.

- 5.5.15 Asegurarse que todos los componentes, incluyendo el depósito del aceite de la bomba han sido completamente limpiados antes de ensamblar de nuevo.
- 5.5.16 Después de revisar las partes que componen el alojamiento de baleros exteriores en busca de desgaste anormal, y cambiar las piezas requeridas, se procederá a reensamblaje de la bomba realizando el procedimiento descrito de manera inversa.
- 5.5.17 Nota. Es recomendado para evitar fugas el uso de sellador removible Loctite 242 o equivalente sea usado en la rosca del tornillo de retención del magneto anular exterior.

CONCLUSIONES

- Mediante el presente trabajo de investigación se cumple el objetivo de realizar un manual de Instalación, Operación y Mantenimiento de bombas de acoplamiento magnético, debido principalmente a la nula información existente de este tipo de equipo dentro de las instalaciones de la E.N.E.P. Aragón, así como en el programa de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica. A pesar de que la tecnología de accionamiento magnético fue dada a conocer a principios de la década de los treinta en Inglaterra, posteriormente se introdujo en el mercado norteamericano en la década de los sesentas y que en la actualidad tienes cientos de aplicaciones en diferentes industrias como son las siguientes.

1. Industria Química
2. Industria Farmacéutica
3. Petroquímicas
4. Refinerías
5. Criogénicas

Con líquidos con las siguientes características:

1. Calientes
 2. Letales
 3. Corrosivos
 4. Venenosos
 5. Contaminantes
 6. Tóxicos
 7. Agresivos
 8. Con riesgo de incendio
 9. Explosivos
 10. Ácidos
 11. Fríos
- Dentro del presente manual de Instalación, Operación y Mantenimiento de bombas de acoplamiento magnético se proporcionan conceptos básicos de hidráulica y recomendaciones de instalación de bombas centrífugas, la comprensión y consideración de los mismos por parte del consultante de está tesis podría evitar problemas en el equipo durante los procedimientos posteriores (pre-arranque, arranque y operación)

- Las bombas Kontro de accionamiento magnético debido su sencilla configuración de elementos, ausencia de complejos sistemas de sellado (sello mecánico y planes de lubricación - enfriamiento), libre operación sin fuga del líquido bombeado, simple instalación, mínimo refaccionamiento en almacén, simplicidad y rapidez de mantenimiento (sin uso de maquinas o herramientas especiales) hace ideal su uso dentro de las industrias modernas donde siempre se desean tener bajos costos de operación-mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- **GOULDS PUMPS**
GOULDS PUMP MANUAL GPM6
6th Edition, 1995
New York, United States
Pag. 591-727
- **KARASSIK J. IGOR Y CARTER**
BOMBAS CENTRÍFUGAS SELECCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
Ed. Continental S.A, México
Novena Impresión, Febrero de 1980
Pag, 11-187
- **MATAIX CLAUDIO**
MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRÁULICAS
Ed. Harla S.A. de C.V. , México
Segunda Edición, 1892
Pag. 13-39 , 369-404
- **PERRY ROBERT H.**
CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK
McGraw Hill, New York, United States
5th Edition, 1973
- **SUNDSTRAND SEALLESS PUMP**
TECHNICAL SALES MANUAL "KONTRO SEALLESS DRIVE PUMPS"
England , 1994
- **VARIOS**
HYDRAULIC INSTITUTE STANDARDS FOR CENTRIFUGAL, ROTARY AND RECIPROCAT PUMPS
Library of Congress Card No A82-84047, United States
Fourteenth Edition, 1983
Pag. 5-183

- **VIEJO ZUBICARAY MANUEL**
BOMBAS TEORÍA DISEÑO Y APLICACIONES
Ed. Limusa S.A., México
Segunda Reimpresión, 1979
Pag 169-181
- **WESTAWAY R. C. AND LOOMIS**
CAMERON HYDRAULIC DATA
Ingersoll-Rand. New Jersey, United States
16th Edition, 1981