

5_{2ej}



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**SELECCION DE SELLOS MECANICOS
PARA BOMBAS CENTRIFUGAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A ;
NOE BECERRA OLVERA

DIRECTOR DE TESIS:
ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ GUTIERREZ



CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

OCTUBRE 1990

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Introducción

Cápítulo I

Fundamentos de operación del sello mecánico

- 1.1 Requerimientos del sello mecánico
- 1.2. Estopero con empaquetadura
- 1.3. Como trabaja un sello mecánico
- 1.4. Comparación de sello mecánico y empaquetadura
- 1.5. Ventajas del sello mecánico

Cápítulo II

Fundamentos de diseño en sellos mecánicos

- 2.1. Formación del sello mecánico
- 2.2. Puntos a sellar
- 2.3. Sellos balanceados y no-balanceados
 - 2.3.1. Balanceo de sellos mecánicos
 - 2.3.2. Interpretación matemática del balanceo de sellos mec.
 - 2.3.3. Gradiente de presión en las caras del sello mecánico
 - 2.3.4. Presión real en las caras de contacto
- 2.4. Arreglo de sellos mecánicos
 - 2.4.1. Sellos internos
 - 2.4.2. Sellos externos
 - 2.4.3. Sellos dobles
 - 2.4.4. Sellos dobles en tandem
 - 2.4.5. Sellos dobles interno-externo

Cápítulo III

Control de efectos ambientales en sellos mecánicos

- 3.1. Definición
- 3.2. Tipos de control ambiental

- 3.2.1. Estopero con camisa de agua
- 3.2.2. Enfriamiento de la brida
- 3.2.3. Lubricación confinada
- 3.2.4. Lubricación circulante
- 3.2.5. Flushing
 - 3.2.5.1. Producto recirculante, flushing, o by-pass desde la descarga
 - 3.2.5.2. Flushing de un líquido externo
- 3.3. Quenching
- 3.4. Venteo y drene
- 3.5. Anillo de bombeo

Cápítulo IV

Mantenimiento de sellos mecánicos

- 4.1. Lapeado y planitud en las caras del sello
- 4.2. Elementos de lapeado y pulido
 - 4.2.1. Placas de lapear
 - 4.2.2. Abrasivos para lapeado
 - 4.2.3. Vehículo o lubricante para lapear
- 4.3. Procesos de lapeado y pulido
 - 4.3.1. Materiales con dureza menor de 60 Rc
 - 4.3.2. Materiales con dureza de 60 Rc o mayor
 - 4.3.3. Carbón
- 4.4. Medición de la planitud de la cara del sello
 - 4.4.1. Luz monocromática
 - 4.4.2. Lente de cuarzo
 - 4.4.3. Lecturas de planitud

Cápítulo V

Aplicación y selección de sellos mecánicos

- 5.1. Líquido de proceso

- 5.1.1. Corrosividad
- 5.1.2. Densidad o gravedad especifica
- 5.1.3. Presión de vapor y punto de ebullición
- 5.1.4. Viscosidad
- 5.1.5. Abrasivos
- 5.1.6. Cambios físicos y químicos
- 5.2. Presión del estopero
 - 5.2.1. Determinación de la presión del estopero
 - 5.2.2. Curvas P-V para sellos internos balanceados y no-balanceados
 - 5.2.3. Vacío (sellos externos no-balanceados)
 - 5.2.4. Sellos balanceados
- 5.3. Temperatura del estopero
- 5.4. Sello secundario (empaquetado de la flecha o de la manga)
- 5.5. Montaje
- 5.6. Arrastre positivo
- 5.7. Arrastre por fricción
- 5.8. Selección del sello mecánico
 - 5.8.1. Información indispensable para la selección del sello mecánico
- 5.9. Aplicaciones comunes
 - 5.9.1. Agua y soluciones acuosas
 - 5.9.2. Agua caliente
 - 5.9.3. Aceites
 - 5.9.4. Hidrocarburos
 - 5.9.5. Ácidos
 - 5.9.6. Caústicos
- 5.10. Requisitos indispensables para la instalación del sello mecánico

C pulo VI

Nomenclatura de sellos mecánicos

6.1. Sellos mecánicos DURAMETALLIC

6.1.1. Identificación del sello mecánico

6.1.2. Tabla de selección de materiales

6.1.3. Dibujos de ensamble de sellos mecánicos DURAMETALLIC

6.1.4. Procedimiento para la selección de sellos mecánicos DURAMETALLIC

6.2. Sellos mecánicos BORG WARNER

6.2.1. Identificación del sello mecánico

6.2.2. Dibujos de ensamble de sellos mecánicos BORG WARNER

6.2.3. Procedimiento para la selección de sellos mecánicos BORG WARNER

6.3. Sellos mecánicos JOHN CRANE

6.3.1. Identificación del sello mecánico

6.3.2. Procedimiento para la selección de sellos mecánicos JOHN CRANE

Conclusión

Bibliografía

I N T R O D U C C I O N .

Todas las industrias que operan con fluidos, o --- bien aquellas otras que construyen equipos que habrán de manejarlos en su operación, utilizan en sus actividades los -- productos elaborados por los fabricantes de dispositivos de sellado. Esas industrias pueden dividirse en dos grupos: el primero comprende las industrias Química y la del Petróleo; el segundo los fabricantes de Bombas, Valvulas, Equipos de -- proceso, etc.,

La denominación "fluido" se aplica aquí a todos -- los líquidos y gases, ya en estado nativo, o fabricados en -- escala mayor que las pequeñas porciones del tubo de ensayo. Engloba tal cantidad de substancias y productos y tal diversidad de condiciones operantes, que sería empeño inútil su -- enumeración.

Solamente en los líquidos y citándonos como ejem-- plo únicamente a el agua, encontramos que abarca: desde el -- agua fangosa que corre por el cauce del río y el agua corrosiva de los mares, pasando por la más corrosiva todavía de -- los desagües de las minas, a la altamente purificada que se precisa en la industria farmaceutica o en los reactores nu-- cleares. Aún más: el agua pura misma, sobre todo a temperaturas elevadas, es un verdadero problema, pues su efecto sobre los materiales de empaque, elastomeros, fibras, metales inclusive, es mucho más severo de lo que generalmente se supone.

Muchas sustancias químicas, que hoy se manejan en escala comercial, son tan corrosivas o inestables, que sólo hace unos pocos años se dispuso de los materiales adecuados para manejarlas fuera del laboratorio. Entre ellas se puede mencionar los combustibles empleados en los cohetes, el ácido nítrico fumante (rojo), el peróxido de hidrógeno de 90 a 100%, la hidraxina, etc.

Cada día se extienden más las temperaturas de operación hacia uno y otro extremo. Hoy se necesitan dispositivos de sellado sobre un espectro de más de 1260°C. es decir; desde 150°C. a más de 1110°C. Por si esto fuese poco, la escala de presiones, partiendo de un vacío casi perfecto, sube a varios centenares de kilogramos por centímetro cuadrado. Kg/cm (PSI).

De lo expuesto, es fácil deducir que ha surgido un número incalculable de problemas, que han traído como consecuencia obligada, el empleo de nuevos materiales de sellado y de nuevas técnicas de construcción. Mientras algunos servicios pueden manejarse con éxito con una simple empaquetadura, hay infinidad de casos en los que el éxito sólo llega -- cuando los materiales, el diseño y una experta y cuidadosa -- construcción, concurren en la solución correcta del problema, utilizando el sello mecánico.

En ciertas instalaciones han ocurrido fracasos, debido a que el personal encargado del equipo no ha suministrado la información correcta, completa y adecuada, concerniente a su particular problema de sellado, que bien pudiera ser el de un fluido peligroso, en el cual los requisitos son ---

críticos; se traducen en retrasos, aumento de la correspondencia, llamadas telefónicas, etc.; todo ello motivado por el lógico afán de asegurar los datos esenciales, sobre los que basar una escrupulosa recomendación sobre el sello que deba utilizarse.

Capitulo I

Fundamentos de operación del sello mecánico.

1.1. Requerimientos del sello mecánico.

Antes de determinar como trabaja un sello mecánico es necesario comprender completamente la naturaleza del trabajo que el sello mecánico va a ejecutar.

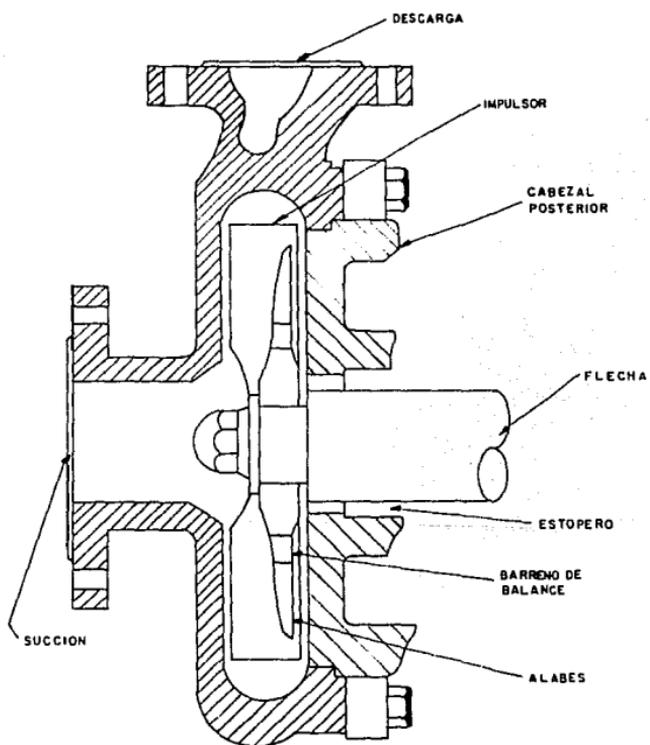
El problema de sellar flechas giratorias con el objeto de evitar que los fluidos de trabajo y lubricantes fuguen, ha existido desde que el hombre creó los equipos rotatorios (tales como, bombas rotatorias o centrífugas, equipos de agitación, compresores centrífugos, equipos centrifugadores, etc.), diseñados para mover o transportar fluidos a través de tuberías bajo presión.

Quizas los requerimientos que mas frecuentemente se encuentran al sellar una flecha que gira, estan en una bomba centrífuga. La fig. 1-1, muestra el corte transversal de una bomba centrífuga de un solo paso, donde el líquido a ser bombeado entra en la toma de succión en el ojo del impulsor.

A medida que el impulsor gira a una velocidad relativamente alta, el líquido que ocupa el espacio entre los a-labes del impulsor se mantiene cautivo debido al claro cerrado que existe entre la parte frontal del impulsor y la carga o la voluta. No teniendo otra trayectoria que seguir, el líquido es forzado centrífugamente al diámetro externo del impulsor, de donde fluye hacia afuera a través de la descarga.

CORTE TRANSVERSAL DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

FIG. 1-1



En el punto de descarga, la presión del líquido es varias veces más alta que en la succión, lo cual explica la capacidad de la bomba para empujar líquidos a alturas más elevadas que la de ella. Esta misma presión de descarga, sin embargo, fluye a la parte posterior del impulsor y de ahí a la flecha de arrastre la cual está conectada al elemento motriz (motor eléctrico, turbina de vapor, hidráulica etc.) en la parte externa de la carcasa. Esta es la flecha que debe ser sellada eficientemente si la bomba va a tener cualquier uso práctico.

Para hacer el trabajo de sellado en la flecha algo más fácil los fabricantes de bombas, releven algo de la presión atrás del impulsor. Por ejemplo, en una bomba de impulsor semiabierto, esto a menudo se logra en alguna de las dos formas siguientes o una combinación de ellas. Considerando que el claro entre la parte posterior del impulsor y la tapa de la bomba es realmente más cerrado que el mostrado en la fig. 1-1, pequeños alabes son a menudo colocados en la parte posterior del impulsor. Sin embargo estos alabes pequeños, no tan grandes o tan eficientes como los alabes del impulsor reducirán significativamente la presión del líquido que trata de escapar a la atmósfera a lo largo de la flecha. Además de estos pequeños alabes, unos barrenos de balance pueden ser taladrados a través del cuerpo del impulsor para comunicar la parte posterior del impulsor con la succión de la bomba (ojo del impulsor), esto releva la alta presión en la parte posterior del impulsor. Al disminuir la presión diferencial entre la parte frontal y la parte posterior del impulsor, se reduce también grandemente el empuje axial en la flecha, con lo cual se prolonga la vida útil del apoyo ---

(balero) axial.

Aún con la existencia de los pequeños alabes y los barrenos de balance, la presión de succión más un pequeño porcentaje de la presión de descarga usualmente siempre circunda alrededor de la flecha. Por lo tanto, esta flecha debe ser ajustada con un buen sello confiable.

1.2. Estopero con empaquetadura.

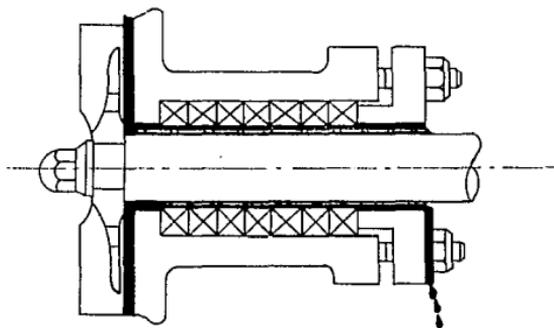
El método concebido originalmente para ejecutar la tarea de sellar una flecha giratoria, fue el de comprimir alguna forma de material plástico dentro de una extensión de la tapa o la carcasa de la bomba, llamada estopero, este material es usualmente conocido como EMPAQUETADURA.

La fig. 1-2 muestra un estopero típico sellado con anillos de sección cuadrada de empaquetadura. Si esta empaquetadura hubiera sido diseñada para tener fricción con la flecha, sin lubricación alguna para evitar que se origine calor por fricción, la empaquetadura pronto se destruiría y dañaría la flecha.

Por lo tanto, una cierta cantidad de líquido bombeado, (o algún otro líquido inyectado a alta presión de una fuente externa) debe permitirsele fluir entre la empaquetadura y la flecha, como se puede apreciar en la fig. 1-2. Debido a las irregularidades de la empaquetadura, a la excentrici-

ESTOPERO TIPICO CON EMPAQUETADURA
COMPRIMIDA

FIG. 1 - 2



cidad entre el taladro del estopero y la flecha, tanto como un desalineamiento normal en la flecha, una cantidad significativa de empaquetadura debe ser usado para compensar estas irregularidades.

Es esta gran cantidad de empaquetadura la que requiere una gran cantidad proporcionadamente de lubricación. Cuando este flujo de lubricación existe entre la empaquetadura y la flecha, él se identifica como una fuga.

Otras inconveniencias asociadas con la empaquetadura son el ajuste y el desgaste de la flecha o la manga. Ya ha sido indicado que debido a ciertas irregularidades, un anillo particular de la empaquetadura está periódicamente en contacto y fuera de contacto con la flecha o la manga. Cuando la empaquetadura se desgasta o pierde su plasticidad, la fuga se incrementa. La empaquetadura debe entonces ser ajustada con el preñse para poder controlar la fuga. Este es un programa de mantenimiento continuo que puede ser fácilmente medido en término de pesos y centavos.

Estas mismas irregularidades también ejercen una presión desigual en la flecha y restringen el flujo de lubricación en ciertas localizaciones, produciendo esto desgaste en la flecha o la manga. Cuando este desgaste se permite que se haga intolerable, la fuga en el estopero se incrementa drásticamente. La única solución para reducir la fuga es el de incurrir en el gasto de una flecha o manga nueva ó repararlas.

1.3. Como trabaja un sello mecánico.

Ahora que existe una idea general acerca de la empaquetadura, veamos como trabaja un sello mecánico, y como entonces se vencen las inconveniencias de la empaquetadura.

Las figs. 1-3, 1-4 y 1-5, muestran las partes principales de que consta un sello mecánico.

Básicamente un sello mecánico consiste de una cara rotativa o anillo de sello (seal ring) y una cara estacionaria o inserto (insert) con las superficies de sus caras planas lapeadas dispuestas en angulo recto al eje de rotación.

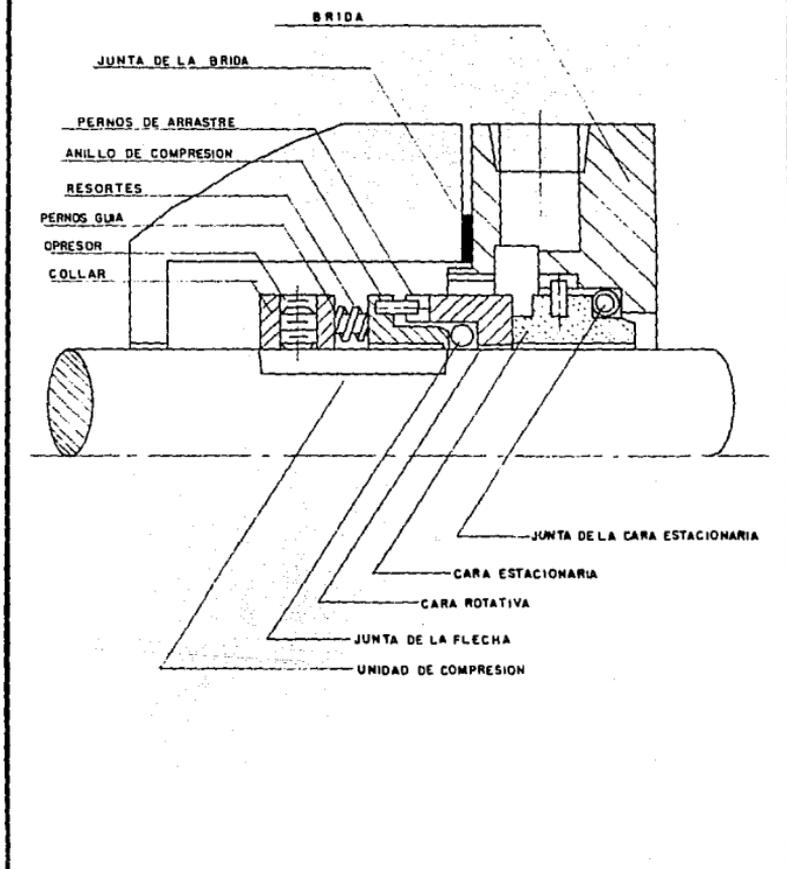
Estas caras estan apareadas a traves de una compresión mecánica para que permanezcan siempre en contacto a pesar del juego axial que tenga la flecha, del desgaste que sufran las caras o algún desalineamiento permisible en la flecha. La cara rotativa gira con la flecha mientras que la estacionaria permanece estatica en un alojamiento llamado "BRIDA" (gland-ring), a traves del cual la flecha se extiende.

Las superficies planas lapeadas de las caras contribuyen a tres factores en el sello mecánico:

- 1). Ayudan a formar y mantener una pelicula de liquido satisfactoriamente entre las caras del sello.
- 2). Reducen la fuga en las caras a cantidades muy pequeñas.
- 3). Alargan la vida de las caras del sello mecánico.

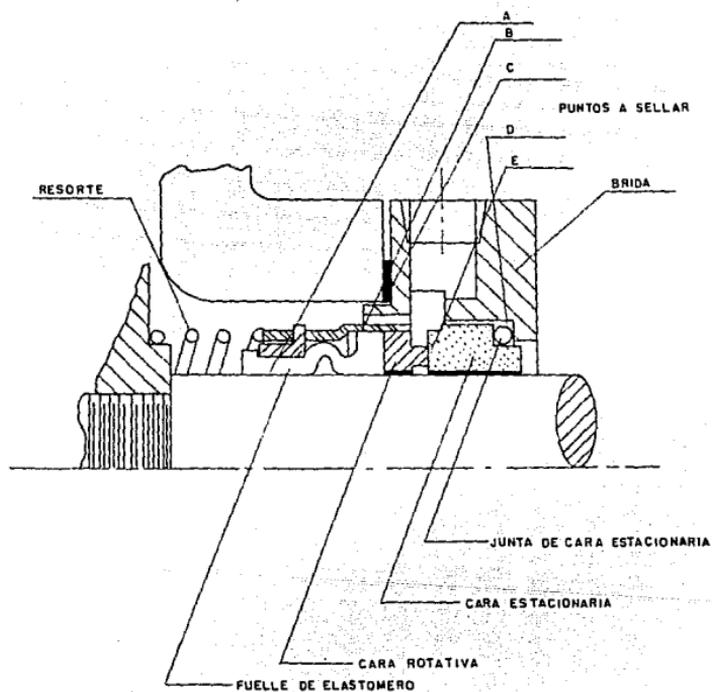
SELLO MECANICO CON RESORTES MULTIPLES

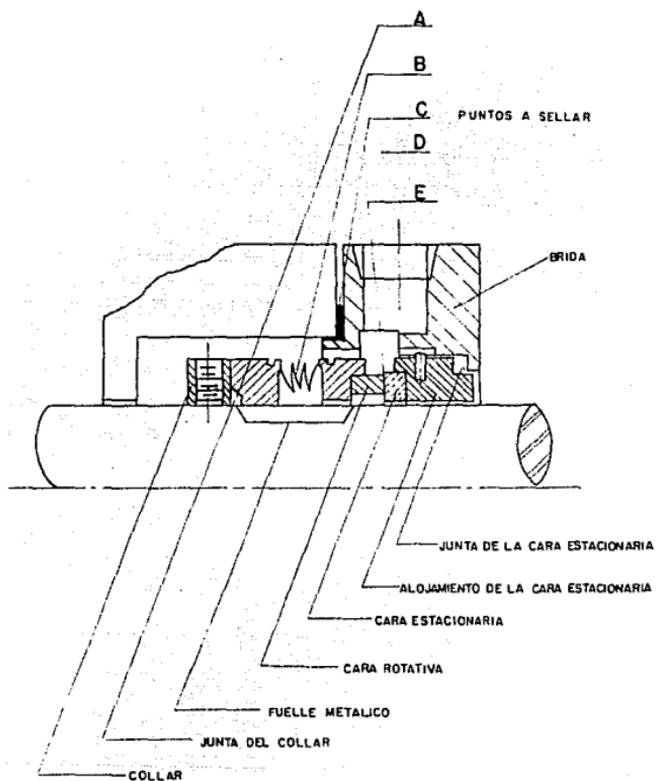
FIG. 1-3



FUELLE MECANICO CON FUELLE DE ELASTOMERO

FIG. 1-4





**SELLO MECANICO CON
FUELLE METALICO**

FIG. 1-5

Muchos sellos mecánicos utilizan un resorte o un grupo de resortes para mantener las caras del sello totalmente apareadas. Ya sea un arreglo de resortes múltiples, de un solo resorte o de un fuelle, esto logrará la compresión deseada entre la cara rotativa y la cara estacionaria. Los resortes o los fuelles pueden ser hechos de uno cualquiera de los numerosos materiales que en la actualidad existen.

La selección del material depende de la resistencia a la corrosión requerida para soportar el ataque de los productos que son manejados.

En muchos diseños, la parte rotatoria de un sello mecánico tiene una flexibilidad interna. Tanta flexibilidad como sea posible también se proporciona en la cara estacionaria.

Esto ayuda a asegurar y mantener un alineamiento apropiado en las caras de contacto. Las dos caras de contacto de un sello están usualmente separadas por una película de líquido, la cual es forzada entre las caras, ya sea por la presión hidráulica, la atracción capilar o desde alguna fuente externa (acción mecánica).

Suponiendo que la presión en el estopero es más grande que la atmosférica, un gradiente de presión se forma a través de las caras, el cual varía desde la presión del estopero hasta la presión atmosférica.

La viscosidad, la humectatividad y la tensión superficial o la resistencia de la película, determinan la efectividad y apropiabilidad del fluido de proceso como un lubricante entre las caras.

Las caras de contacto en un sello, son en cierto sentido, superficies de apoyo sometidas a fricción. Debido a que el area de apoyo es solamente una fracción con respecto a la encontrada en la empaquetadura y también porque la presión de contacto es igualmente distribuida por todas las partes de las intercaras, se requiere mucho menos lubricación. Consecuentemente, una cantidad más pequeña de lubricación pasa entre las caras del sello y que existe como fuga. Esta fuga es a menudo tan ligera, que se vaporizará antes de que pueda ser detectada visualmente. Donde hay líquidos que no se evaporan rápidamente tales como ceras, y que se tratan de sellar, pequeñas acumulaciones pueden ser detectadas bajo la brida, pero solamente despues de muchas horas de trabajo.

La carga del resorte en las caras de contacto de los sellos mecanicos es predeterminada, y está usualmente diseñada para vencer la resistencia a avanzar del empaque de la flecha y para mantener una fuerza de cierre suficiente, durante el tiempo en que el equipo este parado y en el arranque (mientras dure este) antes de que la presión hidráulica tome lugar en el interior del estopero. La carga hidraulica en las caras del sello, aunada a la carga de los resortes -- puede resultar en una sobrecarga en las caras tal que se necesite un sello mecánico balanceado.

1.4. Comparación de sello mecánico y empaquetadura (figs. 1-6 y 1-7).

La empaquetadura forzada dentro de un estopero alrededor de una flecha que gira, sella al estrangular el flujo de la carcaza que trata de fugar entre la empaquetadura y la flecha, fig. 1-6A, para minimizar una fuga, es necesario añadir anillos de empaquetadura y comprimirlo dentro del estopero con el preñse. Pero la empaquetadura desgasta la flecha e incrementa la potencia necesaria para hacer girar la flecha.

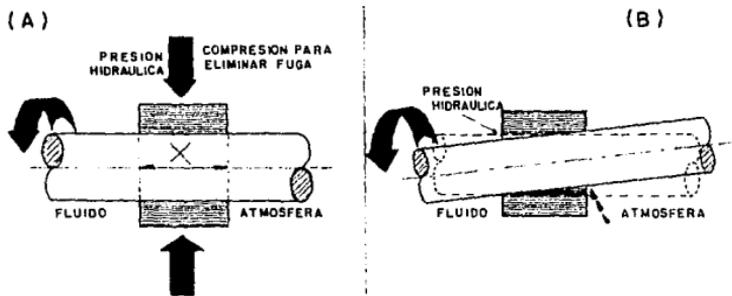
El sello mecánico fig. 1-6B, tiene dos anillos con las caras de desgaste en angulo recto a la flecha. Un anillo está sujeto en la flecha y gira con ella, mientras el otro es estacionario y está fijo contra la carcaza de la maquina o la brida. Las caras de desgaste, encargadas de sellar, tienen un area pequeña comparada al area de sello de la empaquetadura.

Debido a esta area pequeña, y a la precarga del resorte o de los resortes que mantienen unidas las caras con unas cuantas PSI de presión, hay una fricción menor en las caras de desgaste en la flecha, debido a que los anillos lo absorben todo; estos anillos pueden ser cambiados ó relapeados cuando sea necesario.

El desalineamiento o excentricidad en la flecha es un enemigo altamente costoso de la empaquetadura. Esto hace mucho daño a la empaquetadura, haciendo difícil el problema de sellado. Si este desalineamiento excede de 0.003", es im

COMPARACION DE EMPAQUETADURA Y SELLO MECANICO

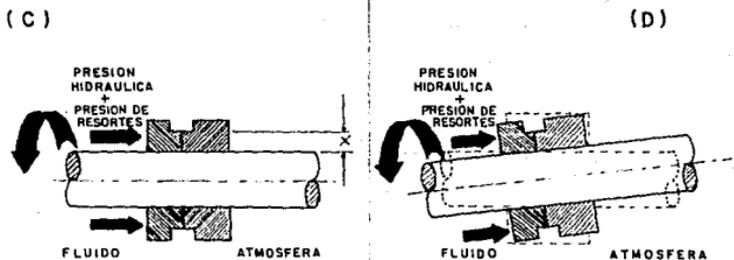
FIG. 1-6



EMPAQUETADURA

AREA DE SELLO GRANDE "X"

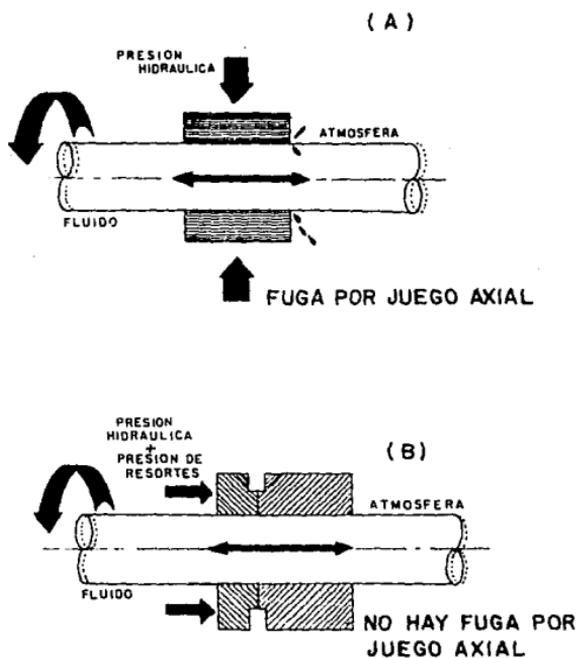
FUGA POR DESALINEAMIENTO



AREA DE SELLO PEQUENO "X"

NO HAY FUGA POR DESALINEAMIENTO

SELLO MECANICO



COMPARACION DE EMPAQUETADURA Y SELLO MECANICO. FIG. 1-7

posible sellar rápidamente a velocidades muy altas, fig. 1-6C

Los sellos mecánicos fig. 1-6D, pueden absorber mucho desalineamiento sin fugar. La razón es debida a que las superficies de sellado estan en angulo recto a la flecha. El sello rotatorio es mantenido por un resorte o resortes, contra el sello estatico, este anillo rotatorio también tiene movimiento axial debido a que no está montado rígidamente en la flecha. A velocidades extremadamente elevadas, el desalineamiento ó excentricidad de la flecha puede dar problemas a causa de la fuerza centrífuga en el resorte que trata de mantener el anillo rotatorio de estar en contacto contra el anillo estacionario. Pero para desalineamientos promedio encontrados en muchas flechas y para velocidades usuales en muchas máquinas usadas en el campo, esto raramente es un problema.

El juego axial es comun en muchas flechas, especialmente cuando se arranca ó se para una máquina, fig. 1-7A. Tal movimiento en la flecha no afecta a la empaquetadura, si la flecha no tiene ranuras o partes rayadas en el área de sellado.

Pero usualmente las flechas ó mangas se rayan despues de un corto tiempo. Por esta razón el juego axial perturba a la empaquetadura, la abre y esta causa fuga. Este juego axial puede ser por dilataciones termicas o contracciones, juego en los apoyos de empuje, etc., y ello ocasiona el movimiento de la flecha.

El juego axial normal en muchas máquinas no afecta al sello mecanico, fig. 1-7B. La razón es que el resorte del sello y el fluido que se trata de sellar mantiene la presión

rión necesaria entre las caras, tal que no haya fuga en el -
sello mecánico.

Existen varias ventajas de la empaquetadura sobre el sello mecánico y es que en una emergencia siempre se puede parar la máquina, añadir anillos de empaquetadura y empaquetarla apropiadamente. La empaquetadura se enrolla alrededor de la flecha sin desmontar el equipo para llevarlo a otra parte y esto puede realizarse rápidamente.

Otra ventaja de la empaquetadura es que nunca falla subitamente como puede ocurrir en un sello mecánico.

La empaquetadura es más económica en su inversión inicial y se requiere un estudio económico para justificar la inversión de un sello mecánico.

Cuando el sello mecánico falla, hay necesidad de desacoplar el equipo y cambiar el sello dañado por uno nuevo o recuperado. Esto significa quitar el motor o desmontar el equipo, quitar el medio cople, y después volver a alinear y acoplar el equipo que cuenta ya con un sello nuevo ó recuperado.

Pero hoy en día los sellos mecánicos raramente fugan repentinamente, (fugan primero dando un aviso de su estado).

1.5. Ventajas del sello mecánico.

Por lo antes expuesto se puede resumir lo siguiente

Un sello mecánico ofrece un sello mucho más eficiente que una empaquetadura. Es importante notar que el sello mecánico vence también las otras objeciones principales a la empaquetadura, mencionadas en el párrafo anterior, pues to que el resorte ejerce una presión constante en la cara rotativa, el sello mecánico se ajusta automáticamente al desgastarse las caras, lo cual elimina la necesidad de un ajuste manual. También debido a que la superficie de apoyo está entre las caras rotativa y estacionaria del sello, la flecha o la manga de ésta no están expuestas a daños. Razón por la cual, solamente el sello y no la flecha o la manga requerirán cambio.

Un sello mecánico ofrece al usuario una vida prolongada, libre de mantenimiento y fugas. No es extraño encontrar un sello trabajando perfectamente después de operar 15000 hrs.

Capítulo II.

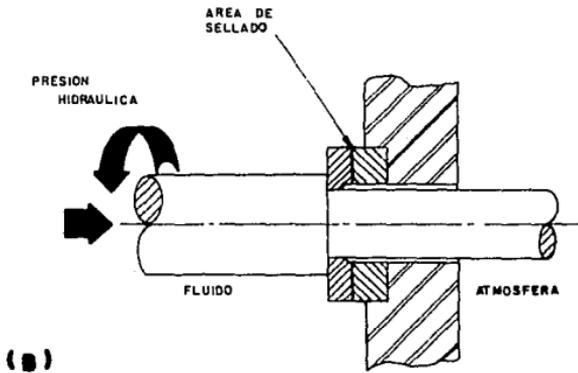
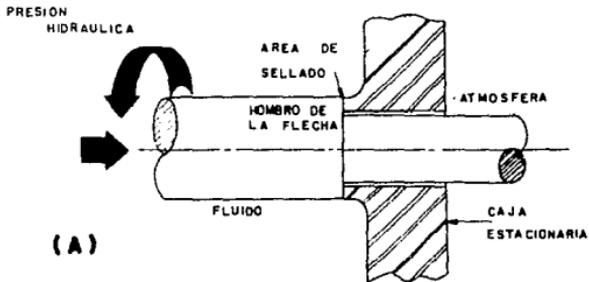
Fundamentos de diseño en sellos mecánicos.

2.1. Formación del sello mecánico.

La forma mas simple de un sello mecánico tiene un resalto en la flecha que esta mantenido a presión contra la carcaza de la maquina, fig. 2-1A. Este sello trabaja si la carcaza y el resalto tienen un acabado apropiado en las superficies de contacto y si la flecha siempre se mantiene recargada contra la carcaza, de tal forma que el fluido dentro de la carcaza no fugue a traves de las superficies de contacto. Pero esto no es práctico en muchas maquinas, por una cosa, siempre hay un juego axial en la flecha y algo de desalineamiento.

El siguiente paso es fijar a presión un anillo sellante en la carcaza y otro en la flecha, fig. 2-1B. Ahora las superficies sellantes son más fáciles de darles mantenimiento (maquinar, lapear, etc.). También los anillos pueden ser renovados, cuando se desgasten sin necesidad de maquinar el area de sello en la flecha o en la carcaza. Pero mantener la flecha contra el area de sellado es un problema, ya que si la flecha tiene juego axial y posee cierto desalineamiento, debido a que los anillos estan montados rígidamente, esto causará que haya fuga.

La fig. 2-2A. muestra el siguiente paso: El montaje de juntas elasticas en la parte de atras de los anillos dan algo de movimiento a los anillos. Esto también sella la

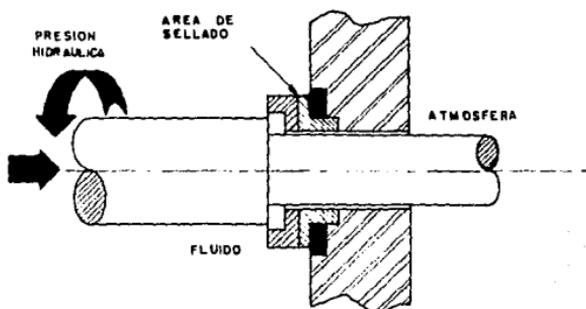


SELLO MECANICO ELEMENTAL

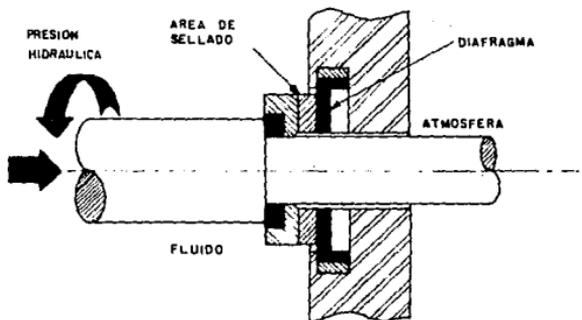
FIG. 2-1

SELLO MECANICO ELEMENTAL

FIG. 2-2



(A)



(B)

fuga del fluido alrededor de la parte de atrás de los anillos. Pero el problema en este simple diseño es que, es prácticamente muy raro, debido al muy limitado juego axial de la flecha que pueden absorber estos sellos estaticos (JUNTAS).

Ademas, no se podra obtener y mantener la fuerza de contacto correcta para conservar las caras de sellado siempre unidas.

La solución a este problema es dar a alguna de las superficies sellantes cierto movimiento axial de tal forma que absorban el juego axial y el desalineamiento de la flecha, tal que mantenga los anillos siempre juntos, la fig. 2-2B muestra una forma de hacer esto. Se muestra como un diafragma y se coloca en la carcasa. Este elemento flexible da al anillo de sello mas movimiento axial que la junta usada en la fig. 2-2A. El diafragma deberá mantener una presión continua contra los dos anillos tal que no haya fuga, aun cuando la flecha se desaline un poco y tenga algo de juego axial. Así el diafragma sirve para tres propósitos:

- 1). Actúa como un sello interno entre el anillo de sello y la carcasa.
- 2). Sirve como un elemento de resorte para crear la fuerza de contacto.
- 3). Previene que gire en la carcasa el anillo de sello (actúa como un elemento de arrastre).

Las figs. 1-3, 1-4 y 1-5, muestran todos los elementos funcionales de un sello mecánico.

2.2. Puntos a sellar.

Ahora con el sello mecánico propiamente ensamblado, observemos, fig. 2-3, como se evita que el líquido manejado escape a la atmósfera. La trayectoria del líquido entre la flecha y la manga es bloqueada por el "O" ring de la manga - en el punto "A". El líquido que intenta pasar por debajo de la cara rotativa está bloqueado por el "O" ring de la manga en el punto "B". El líquido que trata de pasar sobre la cara rotativa es finalmente bloqueado al alcanzar el lado atmosférico de la bomba por la junta de la brida, punto "C" y por el "O" ring de la cara estacionaria, punto "D". La trayectoria de escape que queda es el contacto entre la cara rotativa y la estacionaria, punto "E", y este es el punto donde realmente está el secreto de la eficiencia del sello.

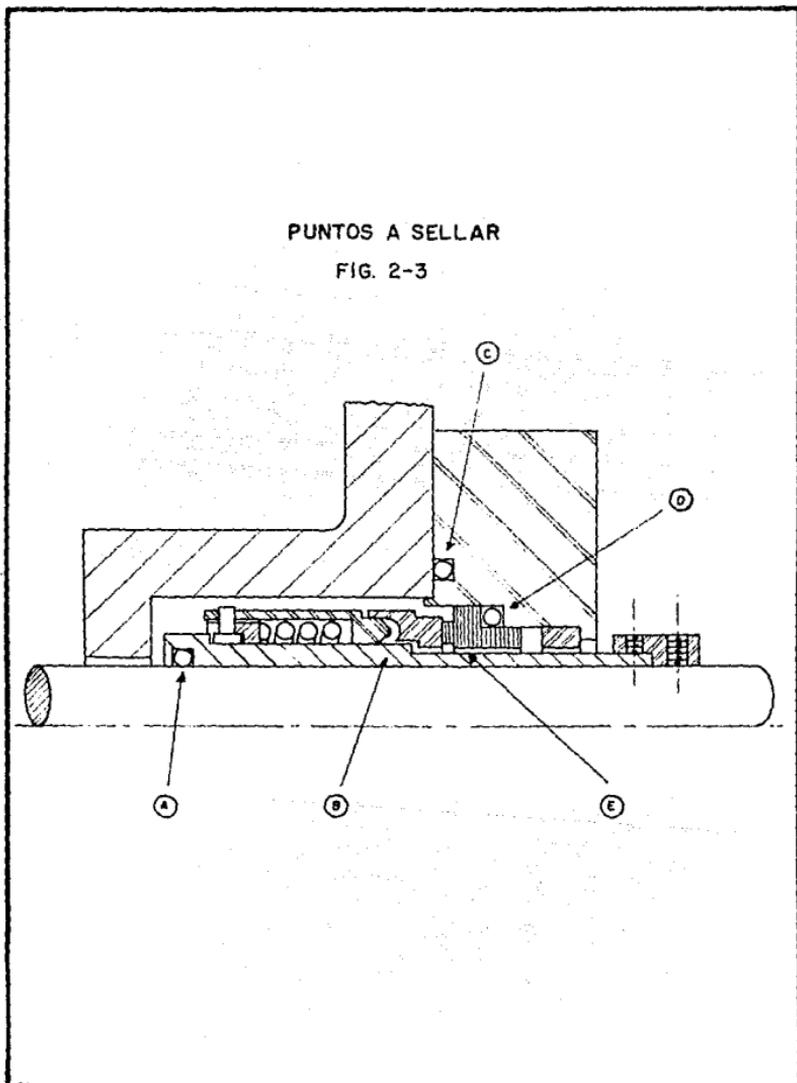
2.3. Sellos mecánicos balanceados y no-balanceados.

Todos los sellos mecánicos modernos usados en la industria se clasifican como tipo: balanceados y no-balanceados.

Ahora que se tiene una idea más detallada de la función que cada parte básica realiza en un sello mecánico, veamos algo acerca de la forma en que las caras de sellado - altamente críticas se balancean. Esta característica es cudadosamente detallada, ya que los sellos mejor construidos son de poco valor si las caras de sellado fallan debido a un

PUNTOS A SELLAR

FIG. 2-3



balanceo pobre. Para cargas apropiadas, los sellos estan --
construidos como del tipo balanceado y tipo no-balanceado, -
dependiendo del trabajo para el cual fueron diseñados, sella
do de fluidos, presiones y otras consideraciones.

SELLO NO-BALANCSADO. La fig. 2-4A, muestra un se-
llo típico para una bomba. En esta se presentan solo la ca-
ra rotativa y la cara estacionaria. Por lo que la carga de
los resortes se soslaya en este momento.

Como lo muestra la fig. 2-4A, la presión hidraulica
actúa en toda el area del sello rotatorio (anillo de se-
llo), forzandolo contra la cara estacionaria. Pero otra fuer-
za hidraulica surge en el sello mostrado. Esta es la fuerza
de una pelicula del líquido manejado que entra entre las ca-
ras de contacto del sello y que actúa como un lubricante.

Por supuesto, este es el líquido que trata de fu-
gar a traves de las caras.

Recordar que estas caras del sello actúan como si
fueran apoyos y que por lo tanto deben estar lubricados para
una vida prolongada. El líquido entra en las caras del se-
llo a la presión de la carcasa o del estopero. Y ya que no
vemos ninguna fuga, podemos pensar que la delgada pelicula -
tiene forma de cuña; y sale de las caras del sello a la pre-
sión atmosferica. Tal pelicula del líquido produce un gra-
diente de presión a traves de las caras del sello. Esto ---
tiende a hacer que las caras del sello se separen, fig. 2-4B.

Como lo muestra la cuña de pelicula en la fig. 2-4B
(en forma exagerada), este gradiente de presión ejerce una -

fuerza mucho menor que la presión opuesta en el otro extremo del anillo de sello. Si esto no fuera así, la película no sería como una cuña, sino sería rectangular ó cuadrada. Así - que tenemos una fuerza neta actuando sobre la cara de sellado. Esta fuerza neta se incrementa naturalmente a medida -- que la presión en la carcaza ó en el estopero se eleva.

Para demostrar cuan real es esta cuña de película y su gradiente de presión, en sellos de líquidos, los sellos mecánicos han sido abiertos como una válvula de seguridad de disparo, al introducir una presión hidráulica en el lado atmosférico de las caras de sello, mientras había presión en - el interior de la carcaza. Por supuesto, esto se realiza en un estopero modelo de laboratorio especial, usado únicamente para propósitos experimentales.

Lo que sucede es que la película de presión hidráulica se incrementa y tiende a abrir las caras del sello en - ambos lados repentinamente. Entonces en vez de un gradiente de presión en forma de cuña como en la fig. 2-4B, tenemos súbitamente una película en forma cuadrada a la presión de la carcaza a través de ambos lados del anillo.

Regresando a la fig. 2-4A, la presión en las caras sometidas a desgaste puede alcanzar un punto, en un diseño - No-balanceado, donde no exista ninguna película entre las caras. Tal sello naturalmente se quemaría rápidamente.

En ese caso, la presión en la cara debe ser reducida. Esto es a lo que se refiere un diseñador de sellos cuando hace mención a "BALANCEO DE UN SELLO".

SELLO BALANCEADO. Nuestra tarea es la de diseñar un sello al cual la presión del fluido en la carcaza lo balanceará. El escalon (diámetro de balance D.B.) mostrado en la flecha, fig. 2-4C, puede ser hecho también en una manga. Es importante notar, que el anillo rotativo se extiende por encima de la cara estacionaria.

Como se muestra en la fig. 2-5A, la presión de la carcaza o estopero forza al anillo rotativo contra el inserto en la misma forma como en un sello No-balanceado.

Pero la presión del estopero también actúa en la superficie sobresaliente derecha de la cara rotativa. Debido a que las dos areas a los lados del anillo rotativo, por encima del diámetro de balance, son iguales, el anillo está ahora en perfecto balance hidraulico ESTATICO, excepto: la película en forma de cuña entre las caras de sellado, cuando estas giran relativamente entre sí.

Una cosa que no hemos considerado aquí es el gradiente de presión a través de las caras del sello. Igualmente como en el caso del sello No-balanceado, una película de líquido existe entre las caras. Esto crea un gradiente de presión, mostrado por la cuña en la fig. 2-5B, debido a que el anillo rotativo está en perfecto balance hidraulico, esta presión entre las caras, forzará al anillo rotativo (seal ring) tratando de separarlo de la cara estacionaria (insert) como se muestra en la fig. 2-5B. Por supuesto, esto solamente puede ocurrir si la presión del resorte es menor que la fuerza resultante del gradiente de presión.

En este punto es donde el diseñador usa su técnica

para saber como crear el area de presión que el necesita para un trabajo especifico. Para evitar que los anillos del sello se separen, él debe incrementar el diámetro exterior D.E. de la cara estacionaria, como lo muestra la fig. 2-5C. Este debe ser mayor que el diámetro de balance D.B. de la flecha, así el area afectada por la presión del estopero puede contrarestar este gradiente de presión.

La fig. 2-5C, muestra que las areas más alla de la cara estacionaria, están balanceadas. Ahora la presión del estopero actúa solamente en el area entre el diámetro de balance y el diámetro exterior de la cara estacionaria; esto se muestra en el anillo rotativo por el area sombreada. De aquí que, el area de presión en la cara rotativa, puede ser variada a la presión necesaria.

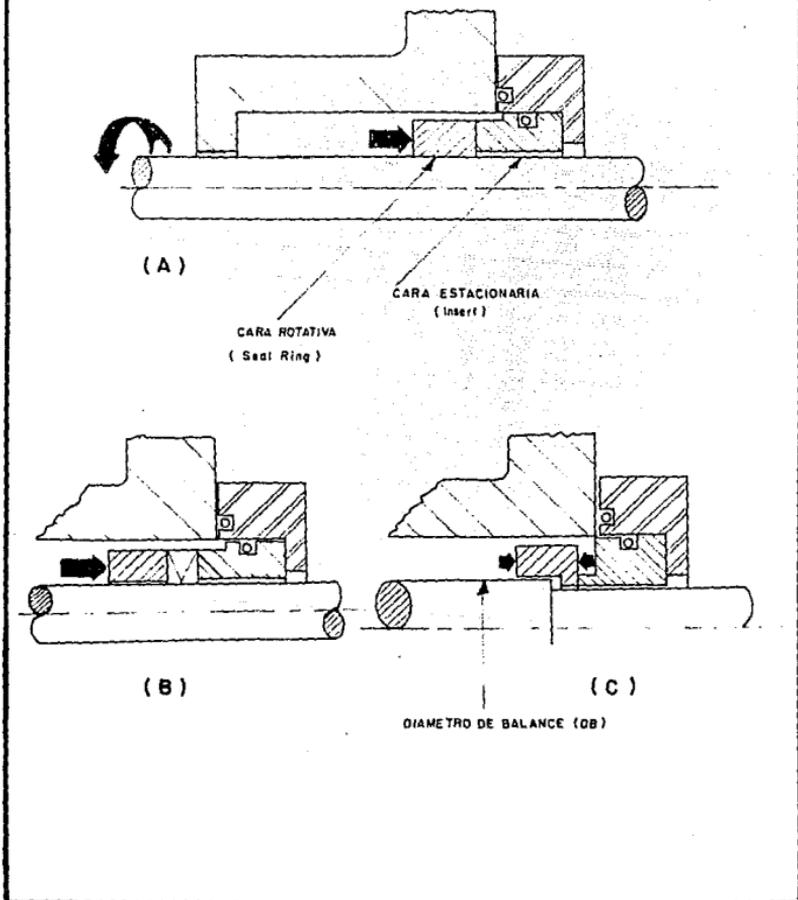
Los diseñadores aumentan esta area si la fuga a través del sello es demasiado alta, fig. 2-5C, y tambien la reducen si el sello se calienta demasiado, fig. 2-5D. Por supuesto, siempre se necesita la carga de un resorte ó varios para mantener el anillo rotativo contra la cara estacionaria mientras la bomba (en este caso) permanece parada.

La siguiente pregunta es, que cantidad de carga en el resorte se necesita, si el sello está balanceado aproximadamente para alguna aplicación especifica, solamente se necesita la suficiente presión para vencer la fricción mecanica que las partes del sello necesitan. Hay que tener presente que la fricción es solo una pequeña porción de la presión total de la cara.

El sello No-balanceado está limitado a bajas pre--

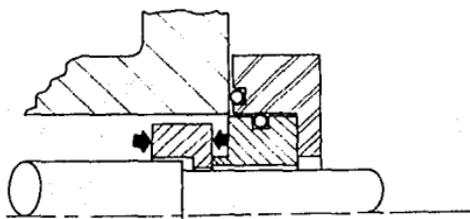
BALANCEO DE UN SELLO MECANICO

FIG. 2-4

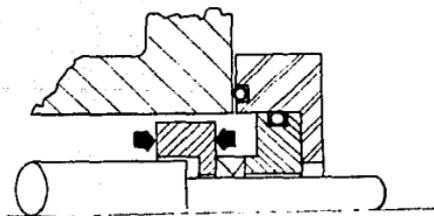


BALANCEO DE UN SELLO MECANICO

FIG. 2-5

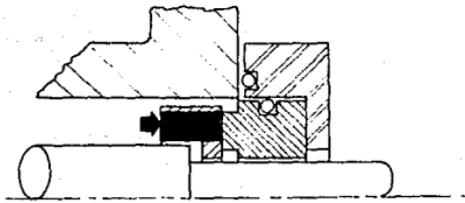


(A)

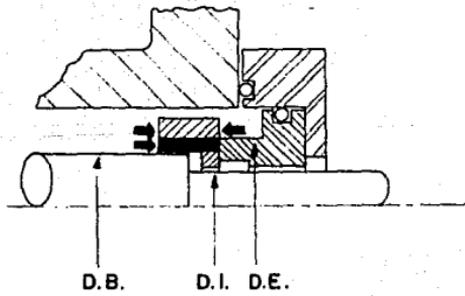


(B)

BALANCEO DE UN SELLO MECANICO
FIG. 2-5



(C)



(D)

siones, mientras que, el sello Balanceado es normalmente necesario para altas presiones. A causa de las variables que afectan la operación, se puede dibujar una curva especificando los rangos para cada tipo.

Algunos usuarios toman como límite máximo de presión en sellos no-balanceados, bajo condiciones promedio de servicio, 100 PSIG. Pero este límite puede ser grandemente incrementado con un buen lubricante o con velocidades bajas de rotación.

Algunos usuarios creen que el sello balanceado es para todos los servicios y presiones. El sello estandard de muchos fabricantes es usualmente balanceado.

Según el A.P.I. Standard 610 (Bombas centrifugas para servicios generales en Refinerias), establece lo siguiente; para la aplicación de sellos mecánicos. De la sección "II", inciso "25", parrafo "1", de la quinta edición:

- 1). Los sellos balanceados hidraulicamente serán equipados cuando las velocidades y presiones sean mayores que las mostradas en la tabla I.
- 2). Los sellos balanceados serán proporcionados a bombas que manejen líquidos con gravedad específica menor que 0.65 a la temperatura del estopero, omitiendo los requerimientos de la presión de sellado.

TABLA 1. Límites para sellos no-balanceados.

DIAM. INT. DEL SELLO (IN).	VEL. DE FLECHA (RPM).	PRESION DE SELLADO (PSIG).
1/2 a 2	≤ 1800 1801 a 3600	100 50
2 a 4	≤ 1800 1801 a 3600	50 25

Se enfatizará sobre el balanceo de sellos mecánicos para mejor claridad del concepto, tan importante en estos dispositivos y se hará a continuación.

2.3.1. Balanceo de sellos mecánicos.

Si un sello mecánico interno va a ser utilizado a altas presiones, varios requisitos deben ser hechos para asegurar que toda la presión del sello no va a tratar de empujar el anillo rotativo hacia la atmosfera por el lado del estopero.

La fig. 2-6, es la sección transversal de un sello interior no-balanceado convencional. Casi toda la presión del estopero está ejerciendo una fuerza de cierre sobre el anillo rotativo. Solamente una porción muy pequeña de la cara rotativa sobresale de la parte superior de la cara estacionaria, dejando una pequeña cantidad de presión actuando -

contra el anillo rotativo en la dirección opuesta, en adición a la fuerza de apertura ejercida por la película de líquido entre las caras del sello.

Si la fuerza de cierre es demasiado alta, la película de líquido entre las caras es expulsada hacia afuera. Privando de lubricación y cargando demasiado las caras del sello, así estas pronto se destruyen por sí mismas. La solución a este problema es el sello balanceado.

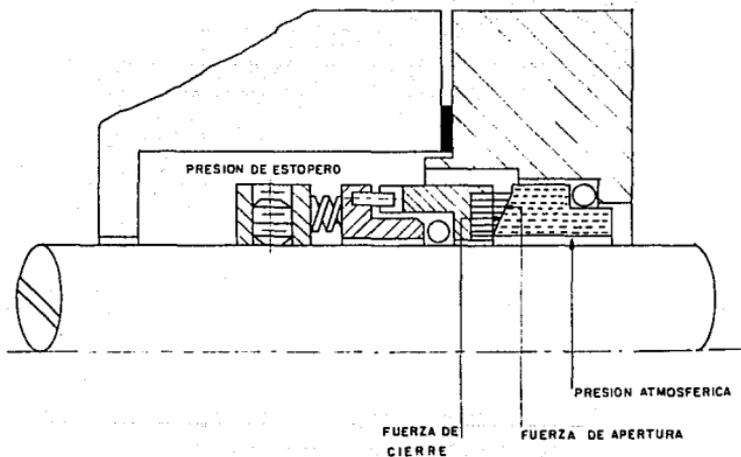
En la fig. 2-6, vemos como una pequeña porción de la cara rotativa fue expuesta a una fuerza hidráulica de apertura inmediatamente sobre la cara estacionaria. Por tanto es lógico suponer que si estamos reduciendo la presión de cierre sobre el anillo rotativo, un área mayor de la cara rotativa deberá ser expuesta a la presión hidráulica que actúa en la dirección opuesta de la fuerza de cierre.

En la fig. 2-6A, se ilustra un sello convencional interno balanceado. Note que un escalon en la manga de la flecha nos ha permitido mover la cara estacionaria radialmente hacia adentro sin disminuir el ancho de la cara. El anillo rotativo por otro lado, permanece montado en el diámetro original de la flecha, lo cual significa que la fuerza de cierre permanece inalterable.

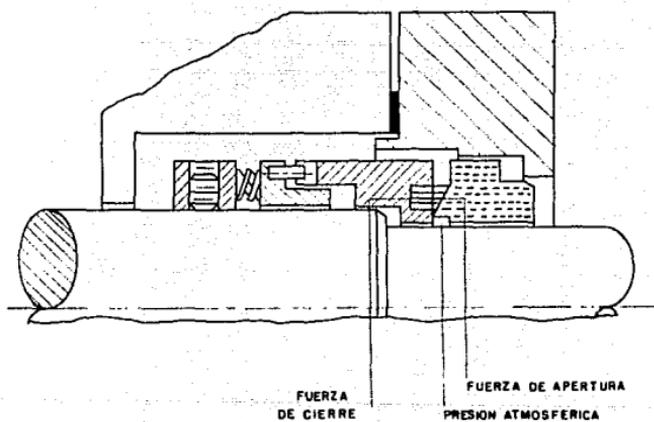
Porque hemos expuesto más de la cara rotativa a la presión hidráulica para abrir el sello, el diseño es considerado balanceado. Cuando comparamos el área del anillo rotativo disponible a trabajar contra la presión hidráulica, inmediatamente se ve que la fuerza de apertura es ligeramente menor que la fuerza de cierre. Esto se hace intencionalmen-

SELLO INTERNO NO BALANCEADO

FIG. 2-6



SELLO INTERNO BALANCEADO
FIG. 2-6 A



te para asegurar que las caras queden siempre en contacto.

2.3.2. Interpretación matemática del balanceo de sellos mecánicos.

La presión P actuando en la sección anular A_c nos da la fuerza para cerrar las caras del sello F_c .

$$F_c = P \times A_c \text{ (Kg)}.$$

La fuerza F_c dividida por el área de la cara anular A_o nos da la presión estática entre el asiento y la cara rotativa.

$$P_{e1} = \frac{F_c}{A_o} = \frac{P \times A_c}{A_o}$$

El diseñador puede solamente trabajar con la relación A_c/A_o ; si A_o se mantiene constante, entonces A_c puede hacerse más pequeña, para crear un escalon en la flecha como se muestra en la fig. 2-7, con el cual la presión actúa en una sección más pequeña A_{c1} , y así la presión de la cara es reducida a:

$$P_{e1} = \frac{P \times A_{c1}}{A_o}$$

A esta operación es lo que se le llama balanceo --

del sello, y se simboliza por la relación.

$$B = A_{c1}/A_o$$

El único propósito del balance del sello es el de disminuir la presión ejercida sobre los elementos primarios.

Al decir que un sello está balanceado 0.65, significa que la presión estática de la cara es solamente 65% del valor de la presión total que actúa en el estopero.

2.3.3. Gradiente de presión en las caras del sello mecánico.

Cuando las caras de contacto se mueven relativamente, una película de fluido entre ellas se determina y se ejerce una presión sobre ellas.

El gradiente de presión promedio es expresado por:

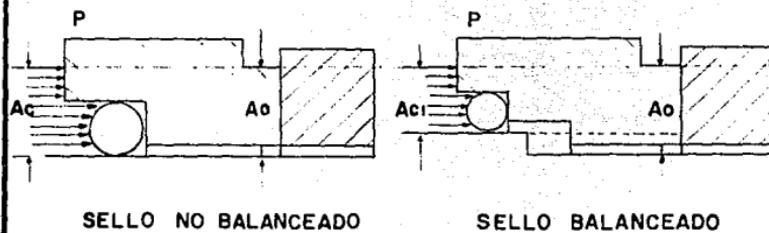
$$\bar{P} = \frac{2\pi}{A_o M} \int_0^M P r dr$$

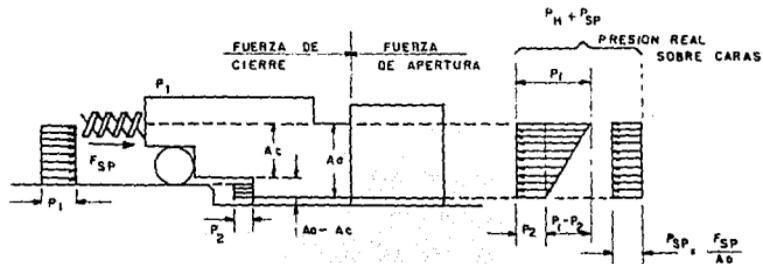
Experimentalmente se ha demostrado que es razonable asumir el gradiente de presión para propósitos prácticos en forma lineal.

El gradiente de presión en las caras tiende a empujar o abrir el sello, entonces la presión actuando en el área A_c (fig. 2-7A), empuja a estas y tiende a mantenerlas cerradas.

REPRESENTACION DEL BALANCEO
EN SELLOS MECANICOS

FIG. 2-7





F_c = FUERZA DE CIERRE
 F_o = FUERZA DE APERTURA
 P_r = PRESION REAL
 P_1 = PRESION DEL FLUIDO EN EL ESTOPEO
 P_2 = PRESION ATMOSFERICA
 P_H = PRESION HIDRAULICA
 P_{sp} = PRESION DEL RESORTE

DE LA FIG. SE TIENE
 $F_c = P_1 A_c + P_2 (A_o - A_c) + F_{sp}$
 $F_o = P_H A_o$
 $F_o = P_2 A_o + K (P_1 - P_2) A_o$
 $P_r = \frac{F_c - F_o - P_H + P_{sp}}{A_o}$
 $K = 0.5$ PARA DISTRIBUCION LINEAL

SUBSTITUYENDO F_c , F_o POR SU VALOR CALCULADO Y UTILIZANDO LA RELACION $B = A_c/A_o$ SE TIENE QUE
 $P_r = A P [B - K] + P_{sp}$

REPRESENTACION DE FUERZAS Y PRESIONES QUE ACTUAN EN UN SELLO BALANCEADO

FIG. 2-7A

2.3.4. Presión real en las-caras de contacto.

Las caras del sello son empujadas por la fuerza --- axial resultando de aquí una presión entre ellas, la magni--- tud de esta presión es muy importante ya que si esta llega a ser demasiado alta, la película de fluido que existe entre e llas sería expulsada, y trabajando las caras del sello en se co, se llegaría a la destrucción de los materiales.

En la fig. 2-7A, se muestra un diagrama de los vec tores componentes de fuerzas y presiones.

Analizando este diagrama tenemos: El fluido en el estopero está bajo la presión P_1 , que actúa en el diámetro - exterior de la cara rotativa y en el diámetro interior de es ta una presión P_2 ; entonces tenemos que existe una diferen--- cial de presión $P_1 - P_2 = \Delta P$. En la mayoría de las aplicaciones prácticas P_2 es la presión atmosférica. La presión real P es el resultado de la fuerza que tiende a abrir y cerrar las caras F_c y F_o dividida por el área A_o .

Una interpretación geométrica de el diagrama del - vector presión, muestra que la presión real P_r es la suma de la presión hidráulica P_H y la presión del resorte P_{sr} .

Geométricamente el gradiente de presión es mostrada por un triángulo. Para expresar matemáticamente este gra--- diente de presión es necesario introducir un factor K ; para distribución lineal el valor de $K = 0.5$.

La presión real será entonces:

$$P_r = \Delta P (B-K) + P_{sr}$$

De esta formula deducimos que:

- a). La presión debida a la fuerza hidraulica es in dependiente de el area de las caras.
- b). La presión debida al resorte es dependiente de el area de la superficie de contacto, ya que:

$$P_{SP} = F_{SP} / A_0.$$

- c). Para un sello balanceado al 50%, $B=0.5$ y el -- factor K de gradiente de presión es 0.5 tambien entonces la cantidad ($B-K=0$) por tanto la presión real P_p es solamente el resultado de la -- presión del resorte. Vemos entonces que la -- fuerza hidraulica se encuentra en equilibrio; si el balance es disminuido aún más, la presión del resorte puede ser vencida. En la practica por lo tanto, los sellos son rara vez balancea dos menos del 60%; normalmente estan entre el 65-70% dependiendo de las condiciones de opera ción.

2.4. Arreglo de sellos mecánicos.

2.4.1. Sellos internos.

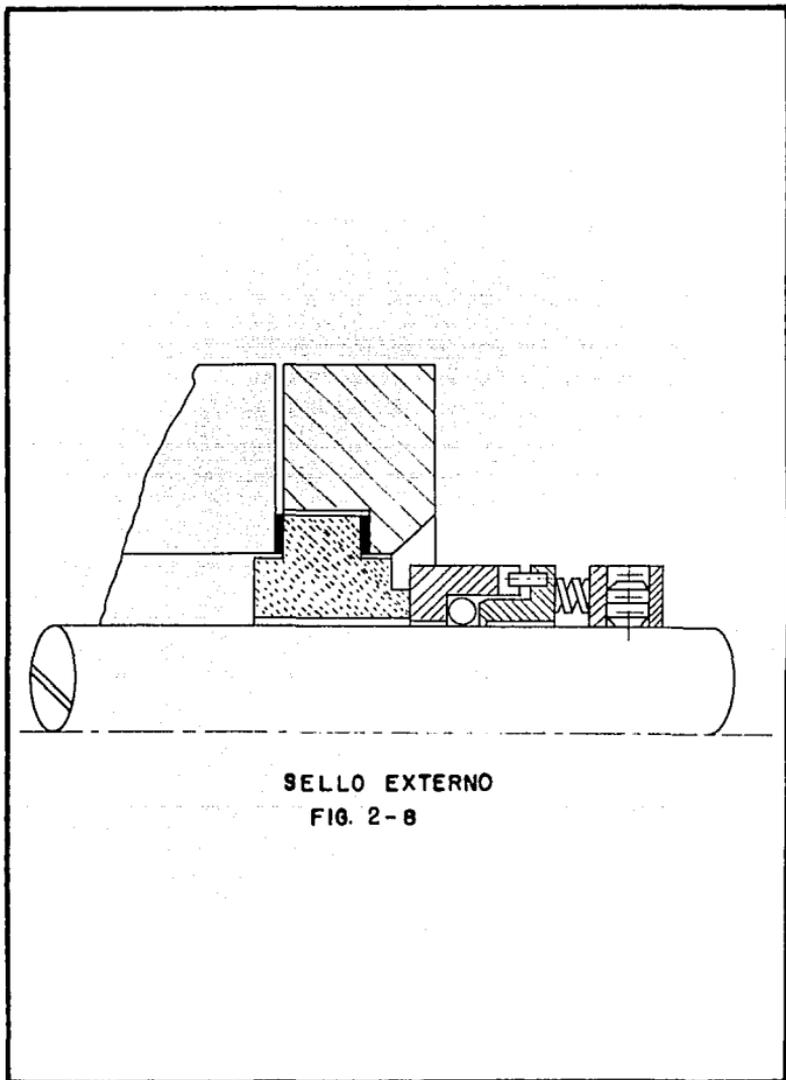
Las figuras mostradas hasta este punto son sellos mecánicos internos y son los tipos más comunes de sellos usados. Los materiales de construcción se seleccionan para vencer la naturaleza corrosiva del líquido en el estopero.

Son fácilmente modificables para incluir controles ambientales y pueden ser balanceados para vencer altas presiones en el estopero.

Los sellos internos requieren de un alojamiento en el estopero, apropiado para la instalación y no pueden ser ajustados sin desmontar el equipo.

2.4.2. Sellos externos.

Si se encuentra un líquido extremadamente corrosivo que tiene propiedades lubricantes satisfactorias, entonces un sello externo ofrece una alternativa económica a las costosas metalurgías necesarias en un sello interno para resistir el ataque corrosivo. La fig. 2-8, ilustra un arreglo de sello externo común donde solo la cara estacionaria, la cara rotativa y el sello secundario son expuestos al producto. Todos estos elementos pueden ser no metálicos. Las partes metálicas de la unidad rotativa están expuestas solamente a la atmósfera.



SELLO EXTERNO
FIG. 2-8

Los sellos externos también pueden ser una ventaja cuando una pieza del equipo se encuentra en el estopero y -- que por esta razón no se puede acomodar un sello interno.

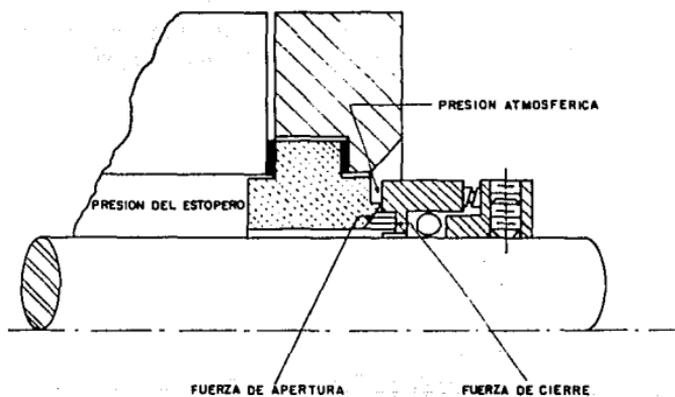
Aunque los sellos externos son más fáciles de ajustar y de localizar desperfectos en ellos, por su colocación, se debe reconocer sus desventajas. Debido a que está expuesto al ambiente externo y que es vulnerable a dañarse con algún impacto, es de importancia mucho mayor, sin embargo, la limitación de presión de un sello no-balanceado externo.

En contraste con un sello interno, la presión hidráulica trabaja para abrir más bien que para cerrar las caras. Por lo que el diseño del sello depende enteramente de que los recortes mantengan en contacto las caras. Aún cuando un grado de balanceo puede ser diseñado dentro de un sello externo, como se muestra en la fig. 2-9, todos los sellos externos están limitados para usarse en conjunto con moderadas presiones en el estopero.

El método de ejecutar el balance en un sello externo es el mismo que para el sello interno, excepto que para la acción es opuesta. En lugar de balancear una porción de la fuerza de cierre impuesta por el estopero, una porción de la presión de éste es añadida a la fuerza de cierre, actuando contra la fuerza de apertura ejercida por la película de líquido entre las caras del sello.

La fig. 2-9, es una sección transversal de un sello externo balanceado convencional. en el cual el empaque de la flecha es forzado contra el collarín, dejando un área bajo el anillo rotativo expuesto a la presión del estopero.--

SELLO EXTERNO BALANCEADO
FIG. 2-9



La fuerza de cierre ejercida por la presión del estroero, actuando contra el hombro del anillo rotativo, es ligeramente mayor que la fuerza de apertura ejercida por la película de líquido entre las caras, de este modo las caras se mantienen siempre en contacto.

2.4.3. Sellos dobles.

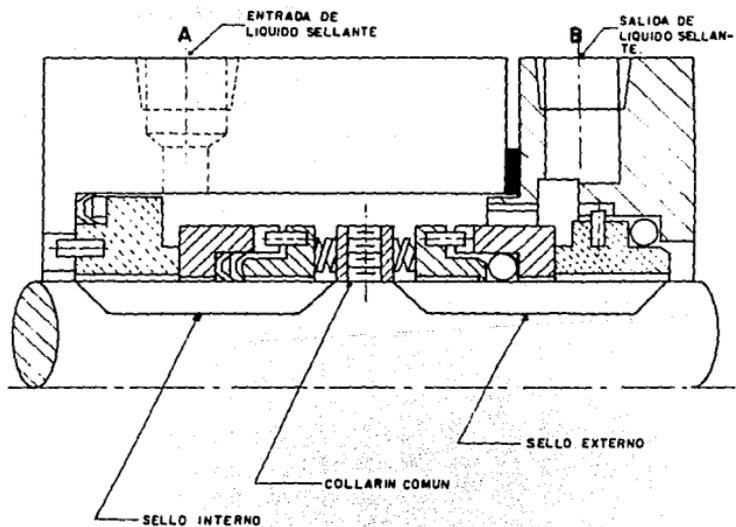
Cuando se selecciona el sello de una bomba, los líquidos encontrados algunas veces no son compatibles con un sello mecánico interno sencillo tales como a los que nos hemos referido. A menudo estos líquidos arrastran materiales abrasivos en suspensión que desgastarían rápidamente las caras, o el líquido puede ser tan corrosivo que para los materiales de los componentes del sello se suministren materiales muy costosos.

Hay dos soluciones a este problema, uno es la aplicación de controles de efectos ambientales, la otra solución aunque también es una forma de control ambiental, requiere del uso de sellos los cuales caen bajo una clasificación de diseño diferente, una de estas es el sello mecánico doble.

Se dice a menudo que si un sello mecánico no puede operar en el mismo líquido de la bomba, entonces un ambiente artificial debe ser creado para el sello.

El sello doble es un ejemplo perfecto de esta filosofía. Imaginar por ejemplo, que se requiere bombear líquido

SELLO DOBLE INTERNO
FIG. 2-10



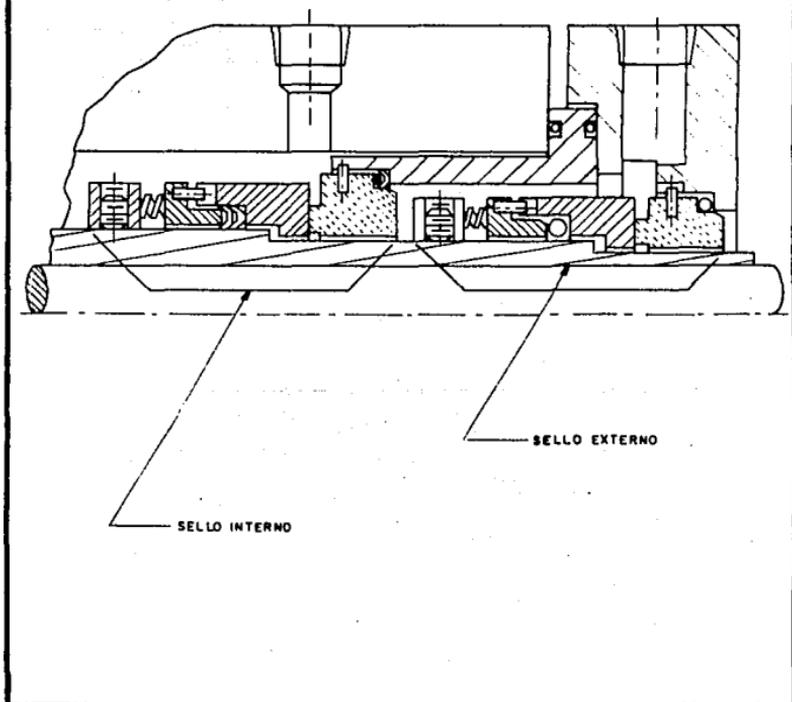
dos corrosivos y sucios que harían un efecto abrasivo en las caras del sello y que requerirían el uso de materiales altamente costosos para proporcionar la resistencia necesaria al ataque químico. Una respuesta lógica al problema es sellar algún otro líquido diferente al producto, un líquido que este limpio y que no sea corrosivo.

La fig. 2-10, representa la instalación de un sello mecánico doble típico. Un líquido tal como agua se inyecta al estopero en el punto (A) y sale por el punto (B). Suponiendo que el agua que entra en el punto (A) está disponible en el estopero a una presión más elevada que el producto atrás del impulsor, una valvula localizada mas alla del punto (B) mantiene esta presión entre el sello doble en el nivel deseado y todavía permite una cantidad mínima de agua circulante para arrastrar a través del estopero el calor generado por la fricción de las caras. Con este arreglo, el agua a una presión mucho más elevada que la que trae el producto para entrar al estopero, rodea el sello doble y proporciona la lubricación a los dos conjuntos de sellos.

El sello interior previene que el agua entre a la bomba mientras que el externo previene que el agua escape a la atmosfera. Así el sello doble se convierte en un sello de agua indiferente con el producto que se bombea.

La presión diferencial, a través del sello interno es la diferencia de presión entre la presión del líquido sellante y la presión del producto que actúa en el estopero. Mientras que la presión diferencial en el sello externo es la diferencia entre el líquido sellante y la atmosfera.

SELLO DOBLE EN TANDEM
FIG. 2-II



Ya uno u otro o ambos sellos pueden ser balanceados si la presión diferencial excede de las limitaciones de los sellos No-balanceados. ..

2.4.4. Sellos dobles en tandem.

Otra variación en el arreglo puede ser encontrada en el sello doble en tandem ilustrado en la figura 2-11. El proposito de este sello es no crear un ambiente artificial - como en el caso del sello doble discutido anteriormente, sino proporcionar un sello de reserva en el caso de que el sello interno falle. El sello interno funciona de una manera idéntica al sello interno simple convencional.

La cavidad entre el sello interno y el externo es inundada desde un deposito cerrado. El líquido en el depósito proporciona la lubricación necesaria al sello externo. - Debido a que el espacio entre los sellos está inundado y no bajo presión, el producto y no el líquido del depósito lubrica las caras del sello interno. Si el sello interno falla, la presión resultante se eleva en el area entre los sellos - y es percibida en el depósito, donde puede ser registrada ya sea por un manómetro o por activar una alarma. En cualquiera de los casos, una falla en el sello interno puede ser detectada mientras, que el sello externo asume la función de sellar la flecha hasta que la reparación pueda ser hecha.

Puesto que el propósito del sello en tandem, no requiere que el líquido entre los sellos, este a una presión más elevada que la presión del producto, el sello interno -- puede ser balanceado para altas presiones en el estopero sin requerir una presión del líquido sellante más alta. Si un sello doble convencional fuera usado en lugar del sello en tandem, la presión del producto tendría que ser limitada con el objeto de prevenir que la presión hidráulica abra las caras del sello interno. Un sello en tandem, sin embargo, es capaz de ser balanceado para aceptar altas presiones.

2.4.5. Sellos dobles Interno-Externo.

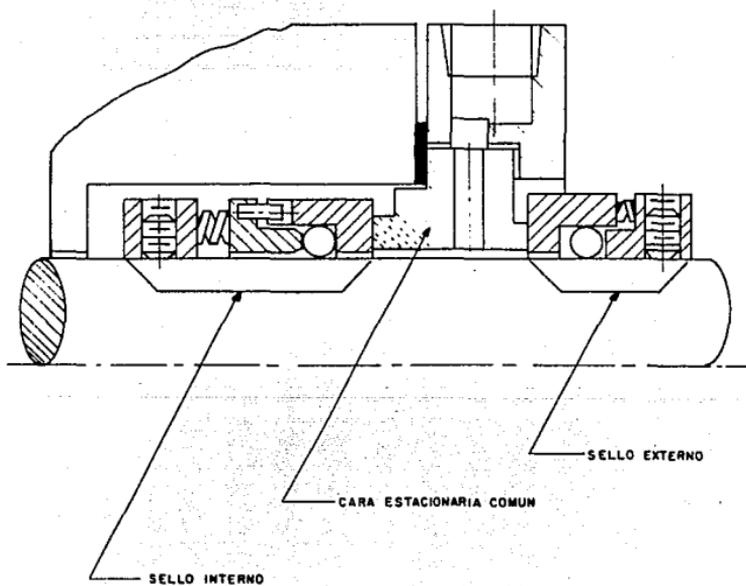
Las exigencias para los sellos en tandem ó dobles convencionales son algunas veces encontradas donde el estopero del equipo es demasiado poco profundo para acomodar las muchas variedades convencionales de estos diseños fundamentales. Por lo tanto se vuelve necesario dar un giro al arreglo de un sello alterno.

En este caso la alternativa es el sello doble Interno-Externo. Este sello está ensamblado como su nombre lo indica: Un sello interno en el estopero y uno externo fuera del estopero, con las dos caras rotativas contra los dos extremos opuestos de un sello estacionario (Inserto). La fig. 2-12., muestra un ensamble de sello doble Interno-Externo, usando un sello interno y un sello externo balanceados.

Depende de su función el que el arreglo interno-externo sea considerado ya sea como un sello en tandem o uno doble convencional. Si el líquido usado entre los sellos está a una presión más alta que la del producto en el estopero entonces el propósito de este diseño es lubricar el sello interno con un líquido diferente al producto. Este es el papel real de un sello doble al crear un ambiente artificial en el cual el sello mecánico pueda operar. Sin embargo, si el líquido entre los sellos es circulante a una presión más baja que la presión en el estopero del equipo, el papel del sello interno permanece idéntico al del sello simple mientras que el externo sirve como un sello de reserva en el caso de que el sello interno falle. Una situación como esta identificará el ensamble interno-externo como un sello en tandem.

SELLO DOBLE INTERNO EXTERNO

FIG. 2-12



Capítulo III.

Control de efectos ambientales en sellos mecánicos.

3.1. Definición.

Llamamos sistema de ambientación o control ambiental al conjunto de dispositivos encaminados a lograr la operación del sello mecánico en condiciones más nobles que las condiciones extremas de algún proceso. Esta serie de sistemas están catalogadas y regidas por el A.P.I. en su sección 610 donde ocupamos la combinación de un sistema de ambientación al sello con un plan de ambientación a la bomba.

El control ambiental es un factor significativo en la vida útil del sello y no debe ser descuidada. Los sellos mecánicos adaptados a aplicaciones que no tienen el beneficio de los controles ambientales pueden fallar casi al instante de empezar a trabajar. Esta situación muchas veces se puede evitar con el uso apropiado de uno de los muchos tipos de control ambiental.

El agua caliente ofrece muchos problemas en el control ambiental, y requiere procedimientos muy definidos, los cuales serán tratados posteriormente, (capítulo VI).

El objetivo fundamental del control ambiental es el de mantener una película de líquido limpio y a temperatura adecuada (dependiendo del producto de proceso) entre las caras de sellado. En líquidos volátiles, ya sea disminuyendo la temperatura, o incrementando la presión a un margen adecuado arriba de la presión de vapor del líquido.

Con líquidos de alto punto de ebullición, es necesario mantener elevadas las temperaturas para evitar que se

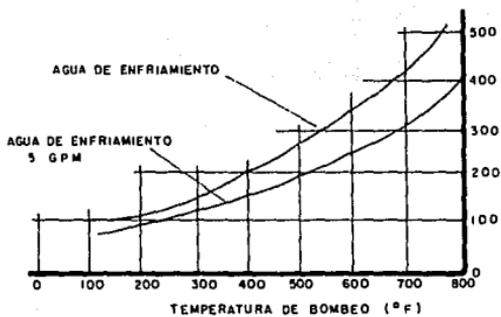
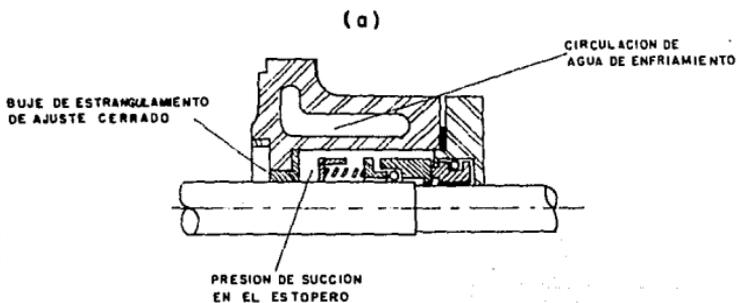
solidifiquen o se cristalicen los productos de proceso.

3.2. Tipos de control ambiental.

3.2.1. Estopero con camisa de agua (fig. 3-1A).

Aún cuando esta característica en contacto físico directo con el sello mecánico, ella ha demostrado ser un método eficiente y económico de enfriar el área del estopero - al manejar fluidos a elevadas temperaturas. Al manejar líquidos a elevadas temperaturas, los sellos mecánicos han demostrado a la larga, ser más eficientes cuando el fluido de proceso se mantiene a temperaturas abajo de su punto de evaporización. Es ventajoso para el sello mecánico tener un líquido en el estopero en vez de vapor. Esto asegura una película de líquido entre las caras de contacto y alarga grandemente la vida del sello.

La curva de relación de temperaturas, fig. 3-1B., muestra la relación de la temperatura del estopero a la temperatura real de bombeo. Esta curva es conservativa y es un promedio derivado de varias pruebas realizadas en bombas de diferentes tamaños y tipos. Es importante notar que para este arreglo sea efectivo tal que el líquido siempre este encerrado en el estopero, la bomba deberá estar provista con buje de estrangulamiento de ajuste cerrado. Cuando el líquido está inmovilizado en el estopero es usualmente prudente proveer un método para ventear el estopero, previniendo así la formación de trampas de vapor. En un parrafo más adelante -



(b)

ESTOPERO CON CAMISA DE AGUA FIG. 3-1

se mencionará acerca del manejo de líquidos a temperaturas más elevadas con el uso de un anillo de bombeo.

Las líneas de circulación ó by-pass desde la descarga, reducirán grandemente la eficiencia del estopero enfriado con agua y cualquier aplicación al usar un estopero enfriado por agua deberá definitivamente no tener ninguna recirculación a menos que el producto se enfríe antes de entrar a la cavidad del sello. El estopero con cámara de agua también puede ser usado para calentar la cavidad del sello con vapor en líquidos con elevados puntos de ebullición para prevenir que el producto manejado se solidifique o se cristalice en el área del estopero.

3.2.2. Enfriamiento de la brida (fig. 3-2).

El enfriamiento de la brida se proporciona por medio de dos barrenos en esta, los cuales conducen a un pasaje anular que se forma con el diámetro en el interior de la brida, el diámetro exterior de la cara estacionaria y con los dos O'rings. El líquido enfriador usualmente es agua y se circula a través del pasaje. Este método ha demostrado eficiencia al reducir la temperatura en las caras de contacto, lo cual conduce a una vida más prolongada del sello. Esta reducción de temperatura previene la vaporización del producto alrededor del sello.

El enfriamiento de la brida también protege el montaje de la pastilla (inserto). Además, en algunas aplicacio-

nes, el enfriamiento ayuda a prevenir que la pastilla se afloje. Se usa muy a menudo cuando el líquido está estacionado - en el estopero y la bomba no se abastece ya sea de una línea de circulación ó by-pass, o de un estopero con camisa de agua. Un calor considerable puede ser generado en una pequeña área confinada en el estopero debido a la fricción de las caras de contacto, así como por la turbulencia del producto.

3.2.3. Lubricación confinada (fig.3-3).

La lubricación del tipo confinada se proporciona al taladrar y machuelear un barreno en la brida, el cual está conectado con una ranura anular en el diámetro exterior de la pastilla (inserto). A partir de esta ranura están unos barrenos que van a dar a las caras de contacto del sello. El lubricante (usualmente aceite) es proporcionado ya sea por medio de una copa gra:era cargada por resorte o por lubricación a presión, dependiendo de la presión en el estopero.

Este método de lubricar las caras ha demostrado ser muy satisfactorio cuando el estopero está sometido a vacío, - para casos donde los sellos debán trabajar seco, donde se -- trabaje con abrasivos suaves y cuando las caras del sello --- sean metal a metal. Una pequeña cantidad de producto diluido por el lubricante puede esperarse en el proceso, en aplicaciones de vacío. Esta cantidad es despreciable y usualmente no es inconveniente.

3.2.4. Lubricación circulante (fig. 3-4).

La lubricación tipo circulate se logra al taladrar y machuelear dos barrenos en la brida, para la entrada y salida de ésta. Estos barrenos en la brida coinciden con dos barrenos hechos en la pastilla, los cuales conducen a una ranura hecha en la cara de esta. El líquido (usualmente agua) es recirculado a través de la entrada en la brida, alrededor de las caras de contacto del sello y descarga a través de la salida de la brida del sello. Este método de lubricación es -- ideal para conducir hacia afuera el calor generado por fricción en las caras de contacto. También se usa en aplicaciones de vacío y en los casos donde el sello trabaje seco.

Se puede usar un sistema de recirculación cuando -- trabajan metal a metal, el lubricante usado es aceite o un líquido con suficiente lubricidad para prevenir que las caras -- se rayen. Este método de lubricación se prefiere no solamente para aplicaciones donde es necesario reducir la temperatura, sino para aquellas aplicaciones que contienen abrasivos -- puesto que las caras están continuamente enfriándose y se mantienen limpias y frescas por el lubricante.

3.2.5. Flushing (fluido de lavado y atemperador, recircula).

Este es un sistema de ambientación que puede ser de finido como la introducción de un líquido al estopero a una -- presión mayor que la de este.

El flushing se proporciona por un barreno taladrado y machueleado en la brida, el cual canaliza el líquido de flushing a las caras del sello. Con los sellos de tipo interno esto se logra como lo muestra la fig. 3-5.

Mientras que en los sellos externos, el líquido de flushing en la brida pasa a través de un barreno taladrado en la cara estacionaria, fig. 3-6., prescindiendo del tipo de sello (interno o externo), se utilizan ampliamente dos arreglos específicos del tipo flushing, dependiendo de la aplicación.

3.2.5.1. Producto recirculante, flushing, o by-pass desde la descarga.

En general hay tres propósitos para la recirculación de producto bombeado a través del estopero al proporcionarse una conexión de flushing o by-pass desde la descarga de la bomba: cuando los líquidos son altamente volátiles, tales como gasolina, gases licuados del petróleo y amoníaco, la circulación de estos productos a través del estopero evita la formación de una trampa de vapor alrededor de las caras del sello.

Muchos estoperos son excelentes trampas para coleccionar cualquier sólido o abrasivo que se encuentre en suspensión. El flushing tiende a prevenir tal acumulación. También previene la formación de sólidos cuando el producto se maneja por debajo de su punto de ebullición.

Hay dos ejemplos: el azufre derretido y el nitrato de amoniaco en una solución al 91% (el cual se cristaliza a -212 °F).

Circulando tales productos calientes a través del estopero se ayudará a conservar la temperatura suficientemente alta para evitar que se solidifique. Frecuentemente el -- flushing de by-pass desde la descarga no es suficiente para evitar el enfriamiento del producto en el interior del estopero.

Para tales aplicaciones, las bridas calentadas con vapor, estoperos encaquetados con vapor, y las líneas de by-pass o de flushing calentadas con vapor son requeridas. Es bueno señalar que estas características de calentamiento son más satisfactorias cuando están en uso todo el tiempo y especialmente cuando el equipo está temporalmente parado. Previene que se formen sólidos y manteniendo un líquido como tal, no solamente se evitarán daños al sello, sino también costos por daños al equipo.

Para aplicaciones que involucren líquidos abrasivos a altas temperaturas, un método de flushing ó by-pass a través de un enfriador (cambiador de calor) y una serie de filtros es necesario. La fig. 3-7., muestra un diagrama típico incluyendo un medidor de flujo y un termómetro.

3.2.5.2. Flushing de un líquido externo.

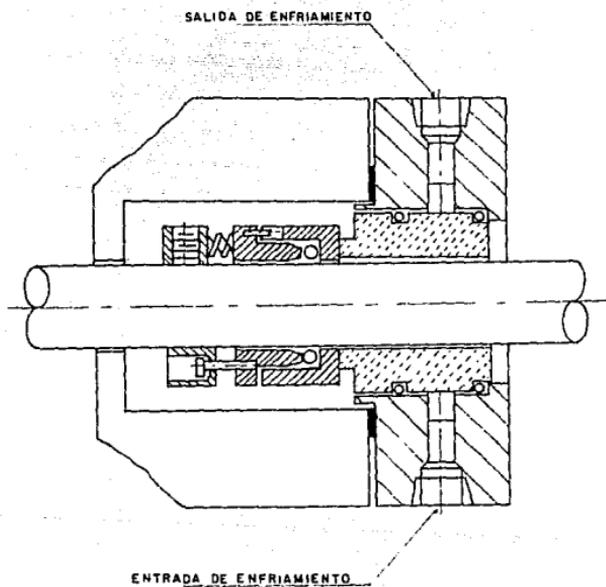
El flushing de líquido externo como lo indica su --

nombre, involucra la introducción de un líquido limpio al estopero desde una fuente externa. El primer punto a ser considerado con el arreglo de flushing de líquido externo es que, para ser efectivo, debe ser inyectado dentro del estopero a una presión mayor que la que hay en este. El estopero deberá ser provisto de un buje de estrangulamiento o alguna restricción efectiva con un claro de trabajo diseñado para proporcionar una velocidad de 6-7 pies/seg., del líquido de flushing a través de la restricción.

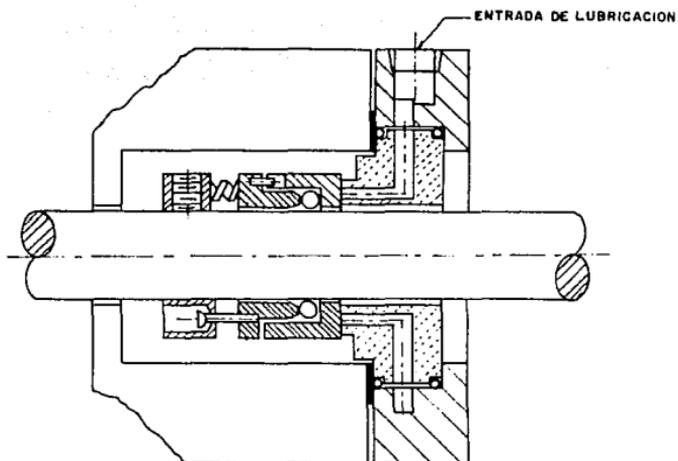
Una cantidad considerable definida de dilución del producto ocurrirá con el líquido de flushing externo. La cantidad de dilución dependerá del diseño de la restricción del buje de estrangulamiento. Sin embargo, puede ser mantenida a cantidades bajas en el rango de unos cuantos galones por día teniendo un control cuidadoso de la presión diferencial. El flushing de líquido externo se usa en muchas aplicaciones como en los arreglos previos.

El arreglo de flushing externo también ha demostrado ser muy satisfactorio y es ampliamente aceptado como un procedimiento estándar por muchas compañías químicas para manejar líquidos abrasivos y pastosos y donde la dilución puede permitirse.

El flushing externo proporcionará un líquido limpio manteniendo los sólidos abrasivos fuera de las caras de sellado. Los mejores resultados se obtienen al mantener el líquido de flushing en el estopero limpio. El flushing externo también ha sido usado exitosamente para reducir temperaturas, para extinguir chispas y evitar peligrosas explosiones y corrosión.

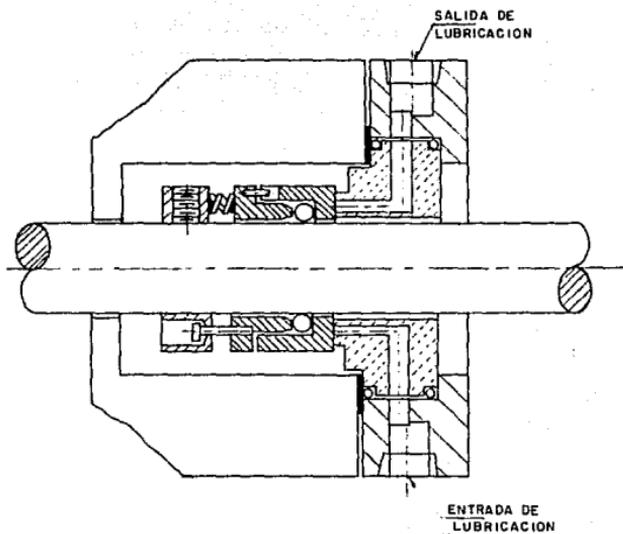


ENFRIAMIENTO / CALENTAMIENTO DE
LA BRIDA. FIG. 3-2



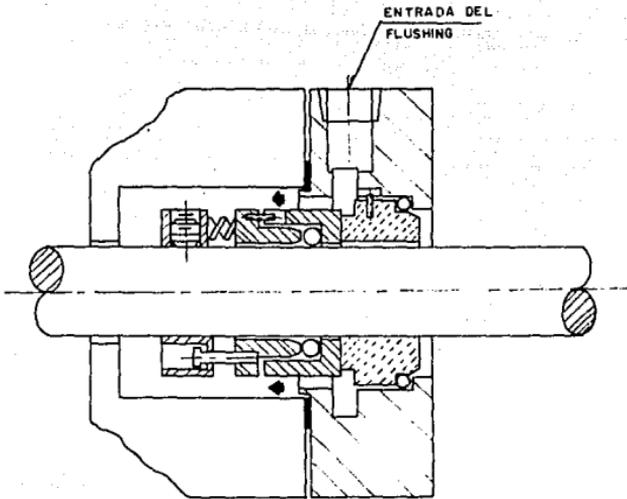
LUBRICACION CONFINADA

FIG. 3-3



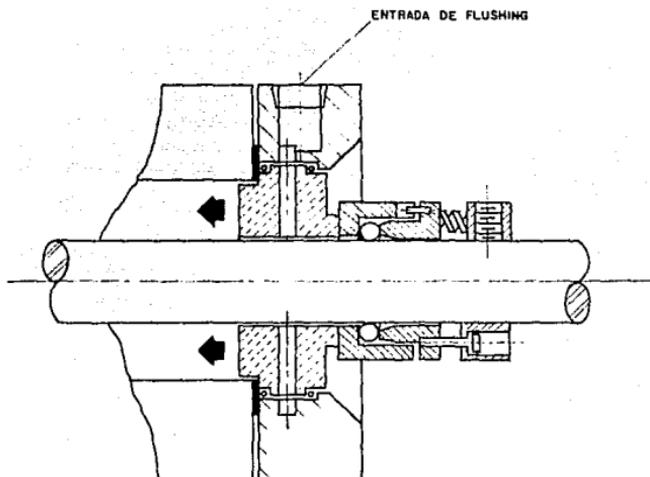
LUBRICACION CIRCULANTE

FIG. 3-4



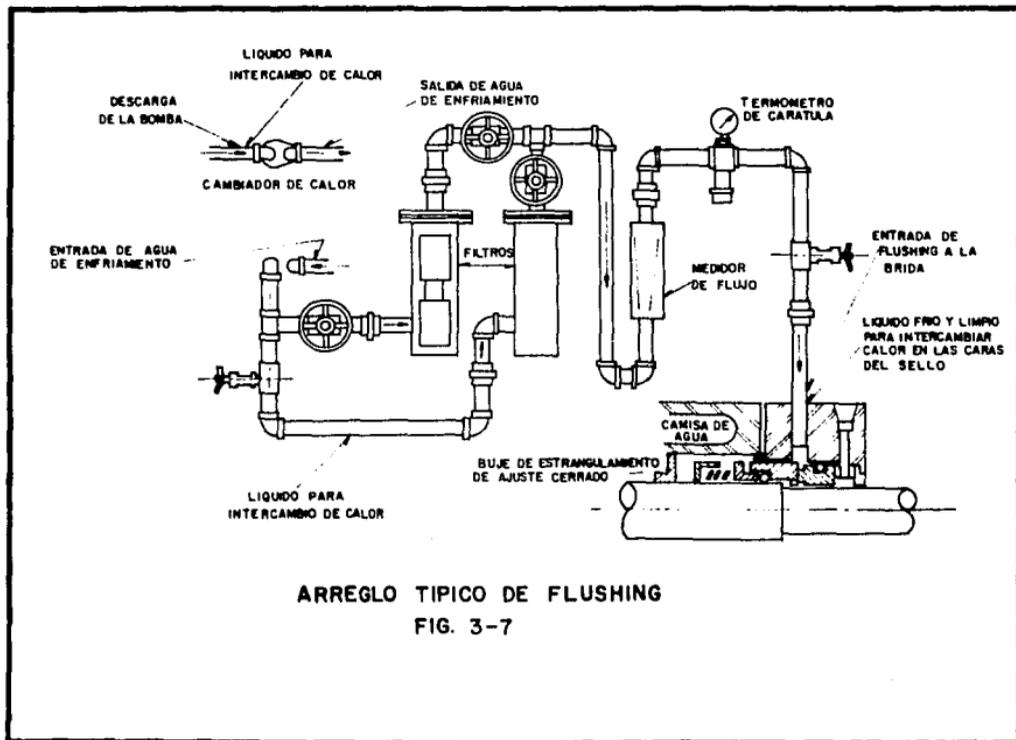
FLUSHING EN SELLO INTERNO

FIG. 3-5



FLUSHING EN SELLO EXTERNO

FIG. 3-6



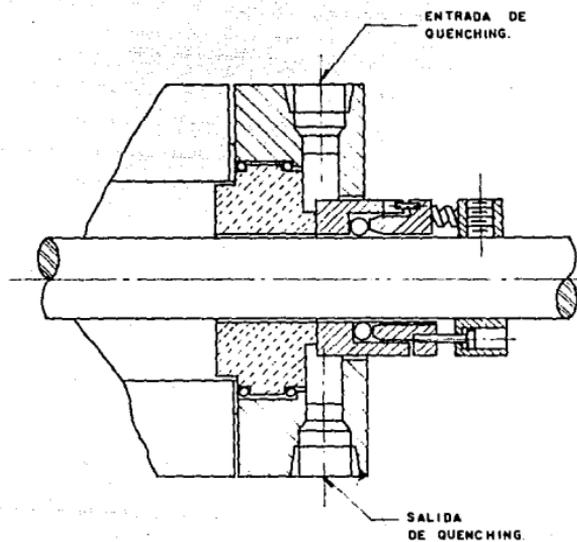
En algunos casos la corrosión se puede disminuir al introducir el mismo producto manejado pero a bajas temperaturas.

3.3. Quenching (fluido atemperador, se drena. fig. 3-8).

Este es un sistema de ambientación al sello que mantiene sumergida una gran parte del ensamble del sello en un flujo de agua no presurizada, aprovechando la transferencia de calor en las superficies de fricción y el enfriamiento de la brida, se utiliza también como medio de lavado.

El quenching generalmente es aplicable a sellos externos y se proporciona al taladrar y machuelear dos barrenos en la brida a 180° uno del otro. La conexión de entrada conduce el líquido de quencheo a las caras de contacto; la conexión de salida (la cual siempre deberá estar a un nivel inferior que la entrada) lleva el líquido de quencheo a un dispositivo de basura ó drenaje.

Con una regulación cuidadosa del líquido (usualmente agua) a la entrada, todo el líquido se drenará a través del orificio de salida. Este método ha demostrado mucha efectividad como un resguardo al manejar ácidos fuertemente oxidantes y corrosivos, ya que cualquier fuga es desviada. Este método es también un medio muy efectivo para alejar cualquier fuga, la cual puede cristalizarse al ponerse en contacto con la atmosfera, formando abrasivos.



af

QUENCHING EN SELLO EXTERIOR

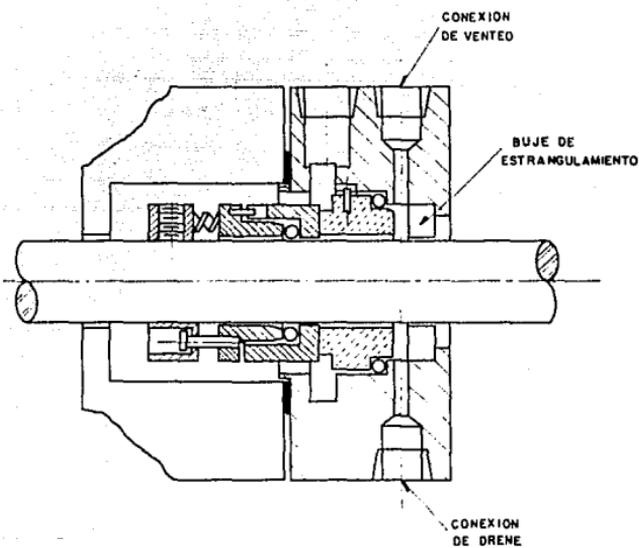
FIG 3-8

Este arreglo proporciona el mejor procedimiento para enfriar un sello externo y es frecuentemente usado en aplicaciones de altas temperaturas.

3.4. Venteo y drene. fig. 3-9.

Las conexiones de venteo y drene pueden ser aplicadas a los sellos internos: Aunadas a las otras características mencionadas en los parrafos anteriores, el venteo y drene se proporciona al maquinarse dos barrenos taladrados y machueados atras de la cara estacionaria. Un buje de estrangulamiento de algún material que no produzca chispas (material suave como teflon), o un estopero auxiliar enchaquetado se incorpora dentro del diseño de la brida. El proposito de las conexiones de venteo y drene son como lo indican sus nombres. Cuando se manejan gases licuados del petroleo, tales como propano, alguna fuga que pase por las caras de contacto sera un gas altamente explosivo, el cual puede ser venteado a un dispositivo externo de seguridad. Las conexiones de drene remueven la fuga de líquidos, controlando así la fuga y previniendo que esta se rocíe, ya que puede ser corrosiva y/o explosiva.

Al circular agua fria a traves de ellos, las conexiones de venteo y drene pueden ser usadas como un arreglo de quenching. Sin embargo, la función más importante del arreglo de venteo y drene con el buje de estrangulamiento o el estopero auxiliar enchaquetado es el de proporcionar seguridad. El "Instituto Americano del Petroleo" ha reconocido el



**VENTEO Y DRENE CON BUJE
DE ESTRANGULAMIENTO**

FIG. 3-9

valor de estas características al grado de especificarlas como un estándar en todas las instalaciones de Refinería manejadas por el A.P.I.

3.5. Anillo de bombeo.

El control ambiental involucra el uso del anillo de bombeo, el cual es a menudo limitado a aplicaciones de elevada temperatura en agua e hidrocarburos ligeros. El anillo de bombeo puede ser usado con todos los sellos mecánicos de tipo interno (para formar la llamada "bomba dentro de una bomba").

Haciendo circular el líquido desde el estopero a -- través de un enfriador, y regresándolo al estopero a una temperatura reducida. La continua rotación del líquido alcanza dos resultados deseables:

- 1). Mantiene el líquido a una temperatura arriba o abajo de la temperatura que pueda causar la precipitación de sales minerales u otras impurezas que produzcan desgaste en las caras de contacto del sello.
- 2). Reduce la posibilidad de que el producto se vaporice, causando esto que el sello trabaje seco.

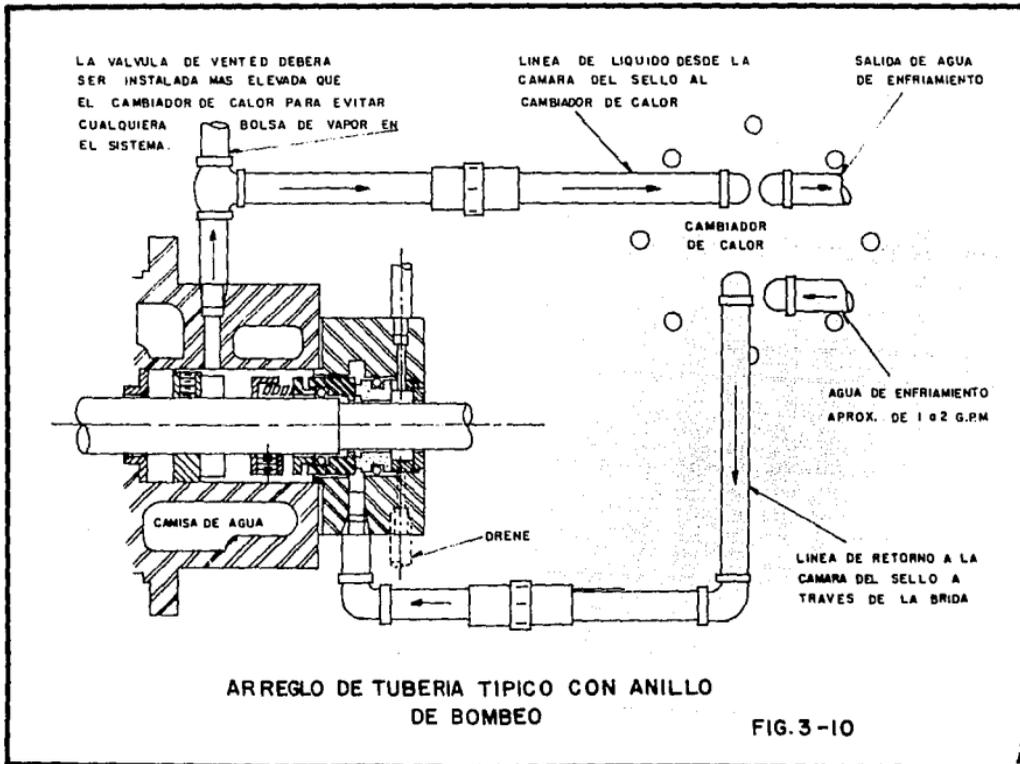
Un arreglo típico que incorpora el anillo de bombeo y el enfriador se muestra en la fig. 3-10.

El anillo de bombeo es realmente un pequeño impulsor montado en el interior del estopero, cuando la flecha gira, el anillo de bombeo realmente bombea el líquido del estopero hacia el exterior a través de un enfriador y regresarlo dentro del estopero, pero a una temperatura más baja. El anillo de bombeo fue desarrollado para aplicaciones de algunos hidrocarburos ligeros y para agua caliente.

La capacidad del anillo de bombeo para desarrollar altura de presión está limitado por la velocidad periférica de la flecha. Una velocidad periférica mínima de 800 pies/min se requiere para entregar 0.5 GPM de líquido. La curva de capacidad para el anillo de bombeo, fig. 3-11., muestra la relación de los factores relacionados con su comportamiento.

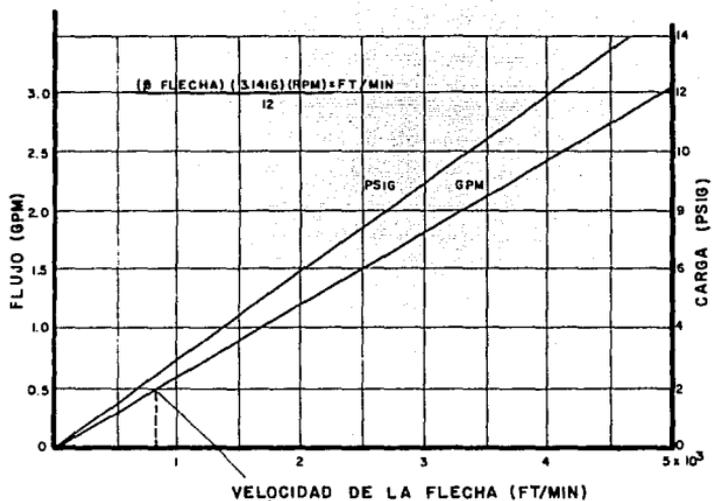
También se proporciona una curva de eficiencia del enfriamiento promedio para el anillo de bombeo, para comparar los equipos que utilizan el anillo de bombeo con o sin estopero encaquetado, fig. 3-12.

Para mejores resultados de operación con un anillo de bombeo, el líquido deberá ser bombeado hacia afuera del estopero en un punto atrás (hacia adentro del estopero) de las caras del sello y regresarlo al estopero a través de la brida y directamente sobre las caras. El arreglo de tubería en esta forma asegura que el líquido este lo más frío posible en las caras del sello, lo cual es exactamente donde lo necesita con el objeto de disipar el calor generado por fricción en las caras de contacto.



- 79 -

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

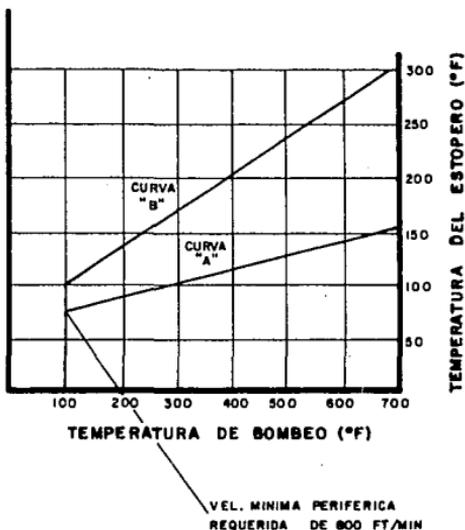


CURVA DE CARGA- CAPACIDAD
PARA ANILLO DE BOMBEO

FIG. 3-II

CURVA "A" BOMBA PROPORCIONADA CON BUJE DE ESTRANGULAMIENTO Y ESTOPERO CON CAMISA DE AGUA.

CURVA "B" LO MISMO QUE "A" EXCEPTO SIN AGUA



CURVA DE EFICIENCIA DE ENFRIAMIENTO

FIG. 3-12

Capítulo IV.

Mantenimiento de sellos mecánicos.

4.1. Lapeado y planitud en las caras del sello mecánico.

A lo largo del presente trabajo se ha enfatizado en la necesidad de mantener planas las dos caras del sello, las superficies de contacto tanto rotatoria como estacionaria, a fin de minimizar las fugas. Tan vital es el objeto de la planitud en las caras de sellado, que por ninguna razón se puede soslayar ésta materia.

La cantidad de flujo de un líquido entre dos superficies es dependiente de muchos factores. Las características físicas del líquido, tales como viscosidad, densidad, tensión superficial, etc., y las características físicas de las superficies en contacto, tales como el acabado y dureza de ellas. Sin embargo, el factor que tiene un efecto mayor en la cantidad de flujo es la distancia entre las dos superficies.

Por lo tanto, a fin de controlar el paso de la fuga en las caras de sellado, es vital que la distancia entre las dos caras sea conservada al mínimo. Existen varias formas geométricas donde la distancia entre las dos superficies puestas en contacto puede ser controlada económicamente. Estas son:

Superficie plana vs. superficie plana, superficie esférica vs. superficie cóncava ó convexa, un cilindro vs. un pistón. Por facilidad económica de manufactura, los sellos mecánicos utilizan la superficie plana vs. la superficie plana en las caras de sellado.

El control de la distancia entre las dos superficies planas de sellado se logra al controlar la planitud de las dos superficies de sellado. Resumiendo, los sellos mecánicos están diseñados para utilizar las superficies planas en las caras de sellado y así, minimizar la fuga entre éstas al mantener éstas superficies planas en contacto.

4.2. Elementos de lapeado y pulido.

Antes de discutir las diferentes fases en los métodos de lapeado y pulido o el equipo usado en los procesos individuales, debemos de definir primero la diferencia entre lapeado y pulido.

LAPEADO. Es el proceso usado para desbastar o quitar material de una superficie y hacer que esta se amolde a una forma geométrica predeterminada. Sin embargo el acabado de la superficie después de lapearse, no es lo suficientemente buena para muchos propósitos, por lo que se requiere de otra operación.

PULIDO. Es el proceso utilizado para realizar el acabado de una superficie de una pieza previamente lapeada. Las caras de sellado en un sello mecánico son pulidas al punto donde las caras adquieren un acabado reflectivo, tal que el método de la medición de la planitud (por medio de bandas de luz) puede ser llevado a cabo con éxito.

La diferencia entre los dos procesos también puede ser hecha por el tipo de abrasivo usado. El lapeado es usualmente hecho con un abrasivo suelto, mientras que, los procesos de pulido usualmente utilizan un abrasivo aglutinado.

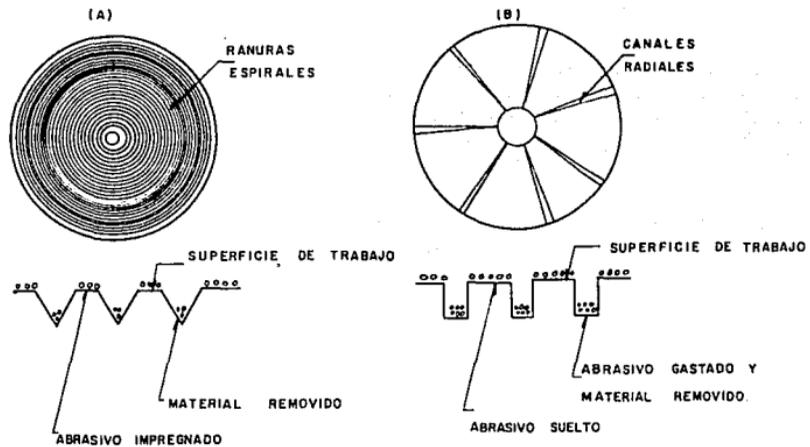
4.2.1. Placas de lapear.

Las placas de lapeado y pulido pueden ser hechas de muchos materiales y configuraciones, dependiendo de las partes a ser pulidas y/o lapeadas.

Para el lapeado y pulido de las caras de los sellos mecánicos, se usan comunmente placas planas y circulares en diámetros que van desde 6" hasta 48". Se recomienda que el diámetro de la placa tenga como diámetro mínimo, dos veces el diámetro de la parte a ser procesada. Los materiales comunes para la placa son de hierro fundido ó meehanite, que son materiales que pueden ser utilizados con abrasivos sueltos (libre) o con un abrasivo impregnado o aglutinado. Otros materiales que también son utilizados en la construcción de placas, es el aluminio, ceramica y también aceros.

El diseño de la placa deberá incorporar un método de quitar el abrasivo usado en compañía del material que se ha quitado de la parte que está siendo procesada en la superficie de trabajo de las caras.

Las ranuras espirales que muestra la fig. 4-1A., y los canales radiales tal como las mostradas en la fig. 4-1B.,



PLACAS DE LAPEADO

FIG. 4-1

se usan con este propósito.

Es imperativo que la superficie de trabajo en la placa se conserve plana, ya que cualquier otra condición diferente a ésta será transpuesta a la pieza que se procesa.

Al lapear con abrasivo suelto, el abrasivo que fluye entre la placa y la pieza de proceso, removerá partículas de ambas superficies. por lo tanto un cierto movimiento acompasado deberá ser usado, para asegurar un desgaste uniforme sobre toda la superficie de la placa. Además la presión impartida a la pieza para apoyarla contra la placa, también debe ser uniforme. La producción de equipos de lapeado, incorpora ciertas características de diseño, las cuales aseguran el desgaste uniforme de la superficie de la placa de lapeado.

En el lapeado manual, sin embargo, las técnicas las cuales se detallarán más adelante, deberán ser seguidas al pie de la letra para asegurar la planitud de la placa. La planitud en las placas de pulido, con un abrasivo impregnado, es algunas veces más dificultoso de mantener. Se hace necesario una reimpregnación periodica.

En tales ocasiones, el abrasivo impregnado se quita y la placa se vuelve nuevamente plana con la ayuda de un abrasivo suelto. Después se limpia completamente la placa y el reimpregnado es llevado a cabo con un abrasivo nuevo.

4.2.2. Abrasivos para lapeado.

EL ABRASIVO es la herramienta que se utiliza para - quitar material de la pieza que está siendo procesada. En el lapeado que utiliza abrasivo suelto, cada partícula abrasiva individual da vueltas o gira, introduciendo cada vez un nuevo filo cortante. El pulido, en contraste, hace una simulación de una rueda rectificadora en la que el abrasivo está asegurado por impregnación dentro de la superficie de trabajo de la placa.

En el lapeado o proceso de maquinado con abrasivo - suelto, el tamaño de la partícula abrasiva controla la cantidad de material removido de la pieza que está siendo lapeada.

Concurrentemente, el tamaño de la partícula abrasiva controla el acabado de la superficie de la pieza. El material abrasivo usado es dependientemente de la dureza de la parte a ser procesada. Estos dos factores: El tamaño de la partícula abrasiva y el material de ésta son factores importantes en el buen funcionamiento de los procesos de lapeado y pulido.

Las partes a pulir o lapear que tienen una dureza - menor de 60 en la escala Rockwell C (Rc) se hacen con abrasivos de óxido de aluminio o carburo de silicio. Las partes -- con una dureza de 60 Rc ó mayores se lapean y/o se pulen con abrasivo de diamante. La tabla 4-1., es una tabulación de -- los materiales que se usan en superficies de sellos y los métodos utilizados para lapear y pulir estos materiales.

<i>CARA DEL MATERIAL</i>	STELLITE BRONCE NI - RESIST ACERO INOX. HASTELLOY MONEL NIQUEL TITANIO	CERAMICA CARBURO DE TUNGSTENO CARBON
<i>DUREZA</i>	MENOR DE 60 Rc	60 Rc Y MAYOR
<i>PROCESO DE LAPEADO</i>	PLACA DE HIERRO FUNDIDO CON ABRASIVO SUELTO (Ver nota)	PLACA IMPREGNADA CON DIAMANTE DE 25 MICRONES
<i>PROCESO DE PULIDO</i>	PAPEL ESMERIL PARA PULIR 4/0	PLACA IMPREGNADA CON DIAMANTE DE 6 MICRONES

NOTA: EL ABRASIVO SUELTO SE REFIERE AL CARBURO DE SILICIO CON
TAMAÑO DE GRANO DE 180 a 320, PARA CORTE ASPERO Y OXIDO DE ALUMINIO
CON TAMAÑO DE GRANO DE 800 a 1000 PARA EL ACABADO.

LAPEADO Y PULIDO DE MATERIALES

TABLA. 4 — I

4.2.3. Vehículo ó lubricante para lapear.

En el lapeado o máquinado con abrasivo suelto, el vehículo es el fluido que suspende al abrasivo en la placa.

También sirve como un agente humectante para la placa. Un aceite de viscosidad ligera (turbinas 15), pero lo suficientemente pesado para mantener al abrasivo en coagulación; el cual se usa en todo el proceso de lapeado.

En el lapeado manual, un aceite (para brocas o torno Nº 2A) de alta calidad combinado con una parte igual de Keroseno trabaja perfectamente bien. En ciertas aplicaciones agua o aceite vegetal bastará para que pueda ser adquirido una solución mejor.

Para el lapeado de producción, un aceite formado especialmente disponible por los fabricantes de equipos de lapeado deberá ser usado. Para el lapeado a máquina, una lechada que consiste de cuatro partes de vehículo por una parte de abrasivo ha sido probado satisfactoriamente.

Para el lapeado a mano, sin embargo se advierte disminuir esta proporción de lechada a dos partes de vehículo por una parte de abrasivo. La cantidad de lechada en la placa deberá ser controlada con suma cuidado. Demasiada lechada tenderá a socavar solamente los filos externos de la pieza que está siendo lapeada, mientras que, poca lechada causará que la placa se seque, introduciendo rayaduras entre la placa y la pieza procesada.

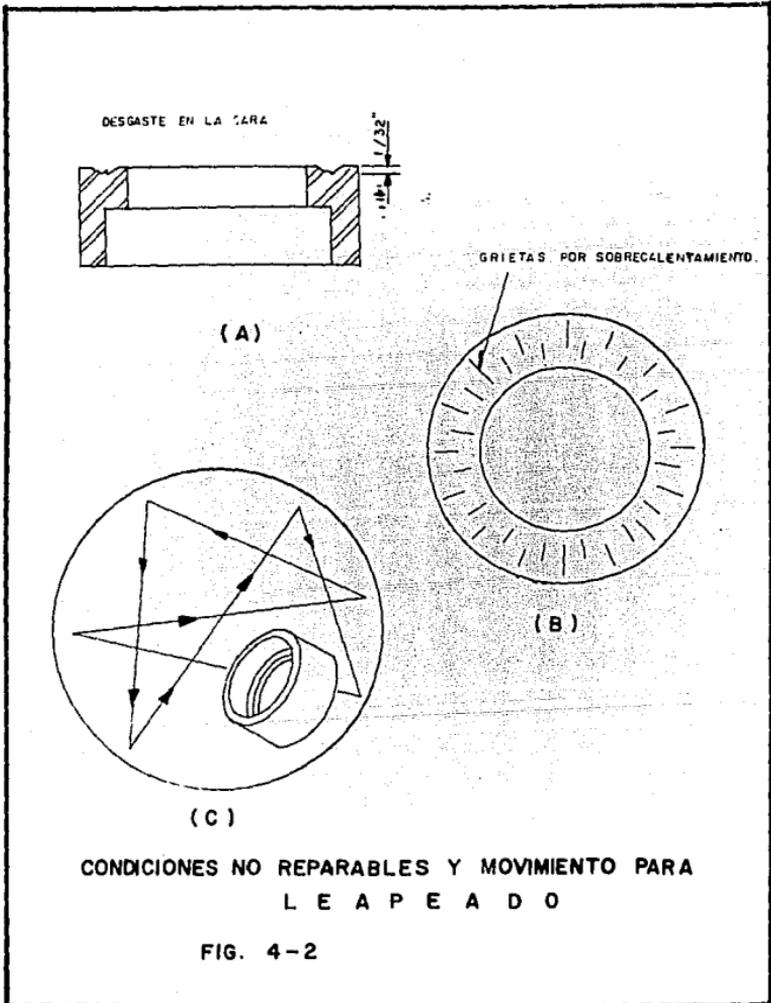
En el pulido, aunque la lechada no se introduce a la placa, puesto que el abrasivo está impregnado dentro de la superficie de trabajo de la placa, la placa deberá lubricarse con un aceite limpio ligero durante el proceso de pulido. Se debe usar aceite limpio durante el pulido para reducir el calor friccional que puede causar expansión de la placa y desalojar el abrasivo impregnado, también para lavar el material removido de la superficie de trabajo de la placa.

4.3. Procesos de lapeado y pulido.

Prescindiendo de que el lapeado se realice a máquina ó a mano en una placa, los procesos de lapeado a mano y pulido solo varían ligeramente. El entendimiento completo de los métodos apropiados, será una herramienta valiosa para realizar en forma exitosa el lapeado y pulido.

Nos concentraremos en los métodos de lapeado y pulido manual, puesto que son los métodos que más prevalecen en el acondicionamiento de las caras de los sellos mecánicos.

Como se explico anteriormente, el lapeado con un abrasivo suelto, la lechada consistente, del abrasivo y el vehículo controlarán la cantidad de material removido y el acabado de la superficie de la parte que está siendo procesada. Obviamente, la selección de una lechada apropiada es importante si el trabajo se requiere que sea económico y eficiente.



Ahora aplicar a la placa con un movimiento de barrido para distribuir la lechada uniformemente a través de toda la superficie de trabajo de la placa. Trabajar la pieza fuertemente haciendo figuras de ocho a través de la placa, usando toda la placa para mantener la planitud de ésta.

La fuerza o presión hacia abajo, contra la parte, - deberá ser tanta como uno pueda ejercer o pueda la máquina manejar. En lapeados de producción la fuerza hacia abajo de -- hasta 1200 lb es común.

Después que la parte ha sido lo suficientemente lapeada, quitar la suciedad, limpiar la placa y la parte procesada. Absolutamente ningún residuo de la arenisca del abrasivo deberá estar presente, ya sea en la placa o en la pieza de proceso en la siguiente operación.

Continuar el mismo procedimiento anterior, repetir el proceso usando arenisca abrasiva más fina (con tamaño de grano de 800 a 1000 de óxido de aluminio), el abrasivo fino - preparará la pieza de proceso para el pulido final mejorando el acabado de la superficie, tal que la operación de pulido sea reducida substancialmente.

El último paso es el proceso de pulido, que involucra el mismo movimiento de la pieza ejecutado en el lapeado.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de pulido requiere un abrasivo fijo. Se recomienda tela para pulir de esmeril 4/0. Este abrasivo pulirá la pieza adecuadamente lo suficiente para facilitar la reflexión de la luz de la superficie durante la medición de la planitud. Si la tela de -

pulido se situa en una superficie plana y limpia, la planitud de la superficie no será afectada.

Remarcando, la limpieza es un deber absoluto. Ningún residuo de abrasivo deberá permanecer en la pieza o en las manos de una operación previa, pueden ocurrir rayaduras en el acabado de la pieza y la secuencia completa deberá repetirse.

4.3.2. Materiales con una dureza de 60 Rc ó mayor.

Los procedimientos que se siguen para el lapeado o pulido de los materiales listados en la columna derecha de la tabla 4-1., requieren de un abrasivo de diamante, puesto que estos materiales tienen una dureza arriba de 60 Rc. El procedimiento a seguir con el carbón se detallará más adelante, puesto que su manejo es ligeramente diferente que los otros materiales de esta columna.

El procedimiento de las ceramicas o carburos de tungsteno es considerablemente más dificultoso para ejecutar debido a su dureza básica. Si un desgaste excesivo existe en las caras de carburo de tungsteno, de 0.005" ó mayor, algunas veces se vuelve necesario rectificar la superficie con una rueda de diamante en una rectificadora. Un mínimo desgaste de 0.005" puede ser quitado por un pulido rugoso con una placa de diamante de 30 micrones. La placa deberá ser ligeramente lubricada y accionar la pieza hacia atras y adelante para que la placa desbaste el material de carburo. Movimientos en

forma de ocho, no permitirá una presión adecuada hacia abajo en la pieza. Puesto que la placa está impregnada con diamante, resulta poco desgaste en la placa. Sin embargo, toda la placa deberá ser utilizada mientras se trabaja, usando un movimiento como se muestra en la fig. 4-2C.

La operación de pulido es lograda al usar una placa de diamante de 6 micrones ligeramente aceitada, y en la misma manera como se mencionó líneas arriba. La limpieza aquí, como en ninguna otra operación, es de una necesidad absoluta. Es completamente posible transferir partículas de diamante de 30 micrones de la operación anterior a la placa de diamante de 6 micrones. Si esto llegará a suceder, se dañará tanto la placa como la pieza de proceso.

4.3.3. Carbón.

El lapeado y pulido del carbón es extremadamente simple con el uso de placas impregnadas de diamante. La diferencia en el proceso del carbón es nunca usar aceite. Para mejores resultados el carbón deberá ser lapeado y pulido en placas de diamante seco.

Una placa húmeda recogerá residuos de carbón y dejará una sustancia gomosa, que hará imposible el movimiento libre de la pieza en la placa. Puesto que el carbón es relativamente suave, se recomiendan movimientos con figura de 8.

4.4. Medición de la planitud de la cara del sello.

En los incisos anteriores se ha definido la planitud de la cara del sello, y se ha mencionado la forma de como lograr en el lapeado el grado deseado de planitud para controlar la fuga a través de las caras en el sello mecánico. Se ha mencionado también la necesidad de pulir las piezas después de lapeadas para producir el acabado deseable en la superficie de la pieza.

Se ha mencionado también que el pulido de las caras de sellado es llevado a un punto donde estas superficies se vuelven reflectivas para leer las bandas de luz. Sin embargo antes de mencionar este método ideal de lectura, demosle una mirada a unos cuantos métodos rústicos de detectar la planitud en el caso de que los métodos ideales no estén disponibles.

Uno puede decir si una cara de sellado está plana a través de una prueba de impresión. Así, una superficie plana conocida, es ligeramente aceitada y la cara de la parte a chequear es posicionada a escuadra hacia abajo sobre el área aceitada. Sin girar la parte, levantarla de la superficie patron plana. Si aparecen algunas áreas opacas en la impresión hecha la parte no es plana.

Otro método de determinar la planitud, sin un equipo ideal de medición es por una prueba de comparación. En este método, bisulfuro de molibdeno ó azul de prusia es untado en la superficie de la cara de sellado.

Al unir y girar ligeramente una superficie plana conocida a la superficie de sello a medir, los puntos altos de la cara de sellado aparecerán sin la tintura, indicando que la superficie está fuera de planitud.

El medio disponible más preciso en la actualidad para inspeccionar adecuadamente la planitud de la cara de sellado, es con el uso de una luz monocromática y con una lente de cuarzo. Con el uso de estos dos instrumentos, uno no solamente puede detectar una condición fuera de planitud, sino también determinar en que grado de esta existe.

4.4.1. Luz monocromática.

La luz del sol se llama "luz blanca" y es una combinación de todos los colores emitidos por el sol. Cada color es realmente una onda de energía electromagnética, cada una con una longitud de onda diferente. Si la luz blanca fuera usada para medir la planitud de la cara de sellado, sería necesario contar todas las bandas del mismo color. Puesto que esto se volvería muy confuso, una fuente de luz de un solo color sería más práctica.

El gas Helio también produce un número de colores (luz con diferentes longitudes de ondas) cuando una carga eléctrica es enviada a través del gas. Sin embargo, el número no es tanto como en el sol y un color (amarillento) es tan prominente que anula todas las demás. Igualmente conveniente es que esta luz amarillenta tiene una longitud de onda medi-

ble y constante con un valor de 23.13 millonesimas de pulgada (23.13 μ ").

Así, la luz usada es de un tubo lleno con gas Helio excitado por una corriente eléctrica, que emite una fuerte radiación de luz monocromática (un color) con una longitud de onda de 23.13 μ " . Si una lente de cuarzo con una superficie reflectiva se coloca entre una pieza a medirse y una fuente de luz monocromática, unas líneas claras y oscuras aparecerán.

Estas líneas son bandas de interferencia de luz, y son visibles cada media longitud de onda. Una interferencia o banda de luz es igual a media longitud de onda o sea 11.6 μ " .

4.4.2. Lente de cuarzo.

Las lentes ópticas son de cuarzo transparente o de vidrio pyrex, que tiene una superficie plana dentro de un rango de 1 a 5 μ " de planitud.

El diámetro de la lente de cuarzo usada deberá ser al menos igual al diámetro de la parte que esta siendo medida.

Algunos fabricantes las tienen disponibles hasta un diámetro de 8 plgs. Cuando se utilizan lentes de cuarzo uno debe tener el cuidado de no deslizar o poner el lado plano de la lente en alguna superficie aspera, este delicado, pero simple instrumento se raya fácilmente.

4.4.3. Lecturas de planitud.

Después de que la parte del sello ha sido lapeada y pulida para una adecuada reflectividad, ella se coloca bajo una luz monocromática, y la lente de cuarzo se posiciona en la superficie a ser chequeada. Tanto la lente de cuarzo y la parte a ser chequeada deben estar absolutamente secas y libres de cualquier suciedad, polvo o hilos de tela.

Las bandas oscuras que son visibles bajo la lente de cuarzo, muestran la interferencia de las ondas de luz reflejadas y estas son producidas por reflexión de las dos superficies. Estas bandas oscuras son usadas para determinar o medir el grado de planitud.

Cuando la interferencia de bandas son rectas paralelas e igualmente espaciadas, la superficie se dice que está plana dentro de un rango de $0.000001''$ ($1\mu''$).

Cuando las interferencias en las bandas son curvas, el grado de planitud se mide al trazar una línea recta imaginaria tangente a una curva de las bandas de interferencia. Cuando esta línea recta intersecta solamente una banda de interferencia, la pieza lapeada está plana dentro del rango de $11.6\mu''$ o una banda de luz.

Donde dos ó más de las interferencias de bandas curvas son intersectadas por una línea recta tangente, la planitud se mide al multiplicar 11.6 por el número de bandas curvas que son intersectadas por la línea recta.

Una tolerancia máxima de tres bandas de luz se considera adecuada para el funcionamiento apropiado del sello mecánico, algunos fabricantes producen las caras de sellado con una planicidad entre una y dos bandas de luz.

Algunas lecturas de bandas típicas y no típicas, -- aparecen en las figs. 4-3 y 4-4. Cuando se revisen las ilustraciones, hay que tener en mente que cuando las bandas son -- paralelas, la línea AB se traza también paralela.

Sin embargo, las bandas pueden encontrarse desarregladas y a veces ausentes como aparecen en las figs. 4-5 y -- 4-6.

Para lograr una medida precisa es necesario dibujar dos líneas imaginarias a partir del centro, con un ángulo de 90° , y perpendiculares al eje de la pieza. Después dibujar -- la línea AB a 45° conectando las dos líneas previas.

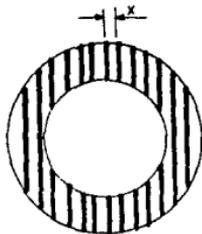


FIG 4 - 3A PATRON DE BANDAS EN LA CARA DE UN SELLO CON UNA PLANICIDAD DE 0 000 001" EN LA CUAL LAS BANDAS SON RECTAS, PARALELAS E IGUALMENTE ESPACIADAS LA DISTANCIA "X" ES DEPENDIENTE DE LA CANTIDAD DE AIRE ENTRE LA LENTE Y LA CARA REFLEGANTE DEL SELLO, Y NADA TIENE QUE VER CON LA PLANICIDAD.

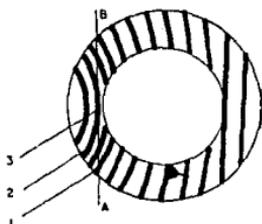


FIG. 4-3B LAS BANDAS SE ENCORVAN EN UN EXTREMO Y MUESTRAN QUE LA PIEZA ESTA FUERA DE PLANITUD EN 3 BANDAS DE LUZ. PUESTO QUE LA LINEA "AB" INTERSECTA 3 BANDAS (34.8.μ) COMO LO INDICAN LAS FLECHAS, ESTE PATRON INDICA QUE ESTA PIEZA ESTA MAS ALLA DEL NIVEL DE CALIDAD. ACEPTABLE IMPUESTO POR LOS FABRICANTES DE SELLOS MECANICOS.

LECTURAS DE BANDAS DE LUZ

FIG. 4-3

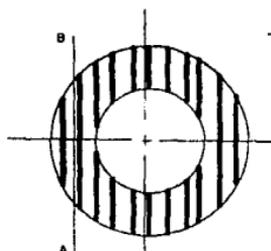


FIG. 4-4A. LAS BANDAS SE ENCORVAN

EN LA PERIFERIA DEBIDO AL PROCESO DE PULIDO.
ESTE ES UN PATRON NORMAL REFERIDO A LA PLANICIDAD LA LINEA "AB" INTERSECTA UNA BANDA OSCURA ES DESIR LA CARA TIENE 11.6 M" FUERA DE PLANICIDAD.

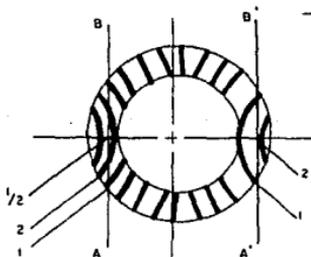


FIG. 4-4B. DOS BANDAS SON INTERSECTADAS

POR (A B) Y CAEN ENTRE EL CENTRO DE DOS BANDAS LO QUE INDICA QUE LA PIEZA ESTA FUERA DE PLANITUD EN $2\frac{1}{2}$ BANDAS DE LUZ (29 M")

LA LINEA (A'B') INTERSECTA A DOS BANDAS QUE SE CURVAN EN DIRECCION OPUESTAS A AQUELLAS INTERSECTADAS POR LA LINEA (A B)

LECTURAS DE BANDAS DE LUZ

FIG. 4-4

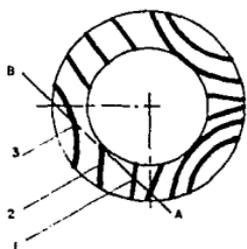


FIG. 4-5A ESTE PATRON MUESTRA UNA FIGURA DE SILLA DE MONTAR FUERA DE LA CONDICION PLANA EN TRES BANDAS DE LUZ (34.8 μ)

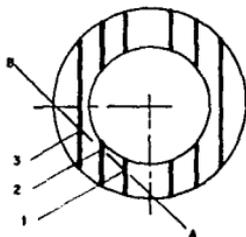


FIG. 4-5B ESTE PATRON DE BANDAS MUESTRA UNA PIEZA EN FORMA CILINDRICA, CON UNA LECTURA DE TRES BANDAS DE LUZ (34.8 μ) FUERA DE PLANICIDAD.

LECTURAS DE BANDAS DE LUZ

FIG. 4-5

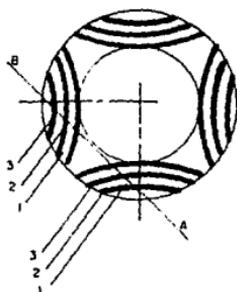


FIG. 4-6A LAS BANDAS MUESTRAN
NUEVAMENTE UNA FORMA DE SILLA DE
MONTAR, CONDICION FUERA DE PLANICIDAD
SIN EMBARGO EN ESTA ILUSTRACION,
TENEMOS SEIS BANDAS INTERSECTADAS,
O SEA 59.6μ FUERA DE PLANICIDAD

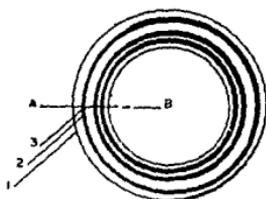


FIG. 4-6B. EL MODELO SIMETRICO DE
BANDAS INDICAN UNA SUPERFISIE CONCAVA
O CONVEXA.

LA LINEA "AB" INTERSECTA
TRES BANDAS DE LUZ, 34.8μ FUERA DE
PLANITUD.

LECTURAS BANDAS DE LUZ

FIG. 4-6

Capítulo V.

Aplicación y selección de sellos mecánicos.

En el pasado, el fabricante de sellos era el único responsable para la selección del sello mecánico. Sin embargo, en la actualidad tiende a participar en la selección del sello, los fabricantes del equipo, el contratista y el usuario.

Por consiguiente, es importante que todos los factores relacionados con la selección del sello sea cuidadosamente considerado para la adecuada selección y resulte así en la eficacia del sello.

Un número de factores debe ser considerado en la selección adecuada del sello mecánico para una aplicación determinada: medida del sello, RPM, presión, temperatura, características físicas y químicas del líquido de proceso, el equipo al cual el sello va a ser aplicado.

La selección actual es frecuentemente un compromiso entre varios de los factores mencionados y además de la disponibilidad de espacio, especificaciones del usuario, economía, y de la disponibilidad de controles ambientales.

Cada uno de los factores mencionados anteriormente serán tratados con detalle a continuación y se notará la influencia de estos en la selección del sello mecánico.

5.1. Líquido de proceso.

5.1.1. Corrosividad.

Las características corrosivas del líquido de proceso determina el tipo de materiales usados en el sello secundario para sellar la flecha. El teflón puro y el teflón vitrificado y materiales similares de fluorocarbón, son los materiales más resistentes a la corrosión disponibles para este propósito.

Sin embargo, el viton, el hypalon, el neopreno, silicón, buna-N y otros elastómeros similares están disponibles para tales aplicaciones. El aspecto de la variabilidad de una corriente de proceso debe ser considerada desde el punto de vista de la seguridad, lo cual puede involucrar que se incorporen al sello ciertas características, tales como venteo y drene con bujes de estrangulamiento.

Los controles ambientales, tales como enfriamiento flushing, by-pass también pueden ser requeridos para vencer el calor generado en el área de sellado.

Las características del fluido de proceso deben ser revisadas para determinar las condiciones apropiadas para los materiales de las caras de sellado. Puesto que usualmente, hay más de una combinación de materiales disponibles para un conjunto dado de condiciones de operación, se preferirá para su selección, experiencias pasadas y el aspecto económico.

Los aspectos corrosivos del fluido de proceso influyen en una forma determinante en la metalurgia del sello y el tipo de caras de fricción que serán usadas en el sello.

El anillo de sello de acero inoxidable, no debe ser recubierto con cerámica, por ejemplo, en servicios corrosivos donde la proporción de corrosión del metal base sea excesiva.

Los anillos de sello hechos completamente de cerámica, los cuales básicamente son de óxido de aluminio con un ligador de silicato no pueden ser usados en un servicio de caustica concentrada, ya que la caustica ataca al ligador. Aunque la cerámica puede usarse en servicio caustico con una concentración muy baja, por experiencia en el campo, no puede ser recomendada todavía, ya que se ha demostrado que es muy difícil controlar el porcentaje de concentración, ya que existe una tendencia a aumentar en el área del estopero alrededor del sello. Esto sería particularmente cierto en la aplicación de bombas centrifugas donde no hay by-pass o líneas de recirculación para vencer las condiciones semi-estancantes en el interior del estopero.

Para aplicaciones muy corrosivas, los arreglos de sellos externos son recomendados. El uso de sellos externos con la selección adecuada del material puede resultar en un diseño en el cual solamente las partes no-metálicas estarán en contacto con el líquido de proceso. Las pequeñas partes tales como resortes y pin's no estarán sujetas a la corrosión del líquido manejado. La selección de sellos externos permite el uso de materiales más económicos para los componentes metálicos.

Algunos materiales, mientras que por un lado, poseen excelente resistencia a la corrosión, por otro lado sus características al desgaste son muy pobres; otros proporcionan

excelentes propiedades al desgaste, sin embargo, su resistencia a la corrosión es pobre ó limitada. El acero y materiales similares, los cuales se oxidan, son generalmente eliminados por los fabricantes de sellos. Por regla general, se elevan las aleaciones del sello un grado más arriba que el usado en el equipo.

Es importante notar que todos los fabricantes de sellos no convergen en sus puntos de vista relacionados en la combinación de materiales de las caras y de las otras partes del sello. Esto es debido a diferencias en el diseño, estandarización de partes y economía. Debe recordarse además que mientras algunas combinaciones de materiales pueden ser baratas en el costo inicial y pueden proporcionar una vida razonable del sello, el uso de materiales más costosos puede no obstante ser justificado. Esto es especialmente verdad en equipos donde los procedimientos de mantenimiento que se involucra: resultan complicados.

La carta de selección de materiales, contiene recomendaciones de selección de materiales de innumerables aplicaciones de líquidos de sellos comunmente encontrados en las industrias de procesos químicos. Esta carta es periodicamente corregida, aumentada y actualizada anotando los cambios obtenidos en investigaciones, desarrollo y experiencias de campo y de la disponibilidad de nuevos materiales de construcción.

5.1.2. Densidad ó gravedad específica.

La densidad ó gravedad específica de un líquido es una indicación de la lubricidad de este y puede ser usada como una guía en la selección de sellos. Sin embargo, debe ser recordado que la gravedad específica es una guía solamente.

Generalmente los líquidos con gravedad específica mayor de 0.65 poseen cualidades lubricantes suficientes para casi todas las combinaciones de materiales para sellos primarios.

Para líquidos con gravedad específica menor de 0.65 son requeridos sellos balanceados. En adición, el carburo de tungsteno es preferido como una de las caras del sello porque posee excelentes características al desgaste en ausencia de una buena película de lubricante entre las caras.

Ciertas combinaciones de materiales para caras de fricción pueden ser usadas solamente en líquidos con buena lubricidad. Por ejemplo, cerámica vs. cerámica puede ser usada solamente en líquidos que poseen propiedades lubricantes igual a la del aceite, por ejemplo el ácido sulfúrico ó nítrico concentrado.

5.1.3. Presión de vapor y punto de ebullición.

La presión de vapor es una consideración importante cuando el líquido de proceso va a ser manejado a la presión o cerca de su presión de vapor. Hidrocarburos ligeros, por ---

ejemplo, gases licuados del petróleo requieren una relación presión-temperatura tal que asegure una presión en el estopero de al menos de 25 a 50 PSI mayor que la presión de vapor del producto a la temperatura del estopero.

Un método de incrementar la presión en el estopero usando el líquido de proceso es por medio de la instalación de una línea de recirculación, by-pass y un dispositivo de restricción. Debe ser recordado, sin embargo, que para que sea efectivo, debe haber suficiente presión diferencial entre la presión de descarga de la bomba y la presión del estopero.

Una alternativa para incrementar la presión en el estopero para una determinada relación de presión-temperatura es, enfriando el estopero. La experiencia ha demostrado que la temperatura en el estopero debe ser mantenida de 15-30 °C abajo del punto de ebullición del producto a la presión correspondiente del estopero. Estoperos con camisa de agua, enfriadores externos, etc., pueden ser instalados para este fin.

Desde el punto de vista de la seguridad la volatilidad de un flujo de proceso debe ser considerada. Esto puede involucrar la incorporación de auxiliares al sello tales como venteo y drene con un buje en la brida ó estoperos auxiliares.

5.1.4. Viscosidad.

La viscosidad igual que la densidad, es una indicación de las cualidades de lubricidad de un líquido. Los líquidos con alta viscosidad usualmente poseen mejores características lubricantes. Para líquidos de viscosidades menores de 3000 SSU (700 cp), diseños de sellos estándar pueden ser aplicados sin ninguna restricción ó modificación. Especial consideración se debe tener en el sellado de líquidos con más altas viscosidades.

Líquidos con viscosidades de 3000-7000 SSU (700 a - 1600 cp), requieren que el sello sea de un diseño de arrastre positivo con una unidad de compresión para trabajo pesado.

Los sellos mecánicos aplicados a líquidos con viscosidades mayores de 7000 SSU requieren arrastre positivo con unidad de compresión para trabajo pesado y además control ambiental para la adecuada lubricación de las caras del sello.

Con estas altas viscosidades posiblemente no puede existir la película de líquido de lubricación entre las caras del sello, usando el líquido de proceso.

5.1.5. Abrasivos.

Si el líquido manejado es sucio, ó contiene abrasivos, éste no lubricará adecuadamente las caras del sello, en estos casos deben ser aplicados algunos arreglos para proveer un líquido limpio de ambientación.

Existen innumerables métodos para proveer una ambientación artificial al sello mecánico si el líquido de proceso no es adecuado. Una desición importante será dada a la selección del más económico sistema de control ambiental antes de que se haga la selección del sello mecánico.

La selección del sello mecánico y los materiales de construcción será basado en las condiciones actuales del esto pero. Si el sello vá a operar bajo control ambiental, la selección debe ser básada en las consideraciones impuestas por el control ambiental en lugar de las condiciones del equipo - al cual el sello debe ser aplicado.

5.1.6. Cambios físicos y químicos.

Los líquidos de proceso que tienen cambios físicos y químicos con pequeñas variaciones de temperatura, pueden requerir algunos controles de temperatura en el area de sellado para asegurar que una adecuada lubricación sea mantenida en las caras del sello. También los líquidos que tienden a cristalizarse al contacto con la atmosfera requieren control de temperatura para asegurar que el líquido no se solidifique en las caras de sellado.

5.2. Presión del estopero.

5.2.1. Determinación de la presión del estopero.

La presión a sellar es la que existe en el estopero y esta varía con el diseño del equipo. Por ejemplo en bombas centrifugas con succión en el extremo, la presión en el estopero está sujeta a la presión de succión o la presión de succión más un pequeño porcentaje de la presión de descarga.

Para bombas verticales tipo turbina, frecuentemente el estopero está sujeto a la presión total de descarga de la bomba. Para bombas multipasos, tienen un estopero sujeto a la presión de succión mientras que el otro estopero está sujeto a la presión de descarga de un paso intermedio.

El conocimiento de todos estos puntos sobre la presión de succión y descarga de la bomba debe ser necesario para determinar la presión en el estopero para la cual debe ser seleccionado el sello mecánico. El mejor medio para conocer la presión en el estopero (a la cual debe ser seleccionado el sello mecánico) es el fabricante original del equipo.

5.2.2. Curvas P-V para sellos internos balanceados y no-balanceados.

Al discutir la presión y su influencia en la selección o aplicación del sello, es necesario incluir la velocidad. Pruebas de laboratorio y experiencias de campo han demostrado que la velocidad es tan importante como la presión - en el comportamiento de los sellos mecánicos. En realidad ha sido demostrado que los sellos no-balanceados pueden ser usados en presiones relativamente altas; si las correspondientes velocidades son bajas; mientras que por otro lado, cuando las velocidades son altas, los sellos balanceados se requieren pero con bajas presiones.

En el pasado, las limitaciones de presiones en los sellos no-balanceados, habían sido establecidas arbitrariamente, prescindiendo del tamaño, velocidad, materiales de construcción y del producto manejado. Algunos fabricantes de sellos han usado un rango máximo de 250 PSIG, otros 150 PSIG - otros de 100 PSIG para sellos no-balanceados. Algunas refinerías aún adoptaron estandares que requieren el uso de sellos balanceados, cuando la presión del estopero no excede de 600 PSIG. Estas limitaciones fueron establecidas de amplias experiencias de campo.

Modernas aproximaciones considerarán como factores importantes: El tamaño de la flecha ó del sello, la velocidad - periférica, los materiales de las caras de fricción y las características del producto manejado. No debe esperarse que - para una presión y un líquido específico, un sello no-balanceado de 3" ϕ operando a 3550 RPM, tendrá la misma vida esperada que para un sello de 1" ϕ Y operando bajo las mismas ---

condiciones a 1750 RPM.

El reconocimiento de estos hechos conducen al establecimiento de las limitaciones de Presión-Velocidad para sellos internos no-balanceados. La velocidad de esta relación es la velocidad periferica expresada en (FPM) la cual puede ser calculada por la formula:

$$\text{VELOCIDAD (FPM)} = \frac{\phi \text{ DE FLECHA (IN)} \times \text{RPM}}{3.82}$$

La fig. VII-A., muestra la relación entre el diámetro de la flecha, las RPM, y la velocidad periferica en FPM. Al establecer las curvas P-V se encontro que existía diferencia en desgaste cuando se manejaban diferentes líquidos, aunque fuerán idénticas la medida del sello, la velocidad y la presión de los líquidos. Por esta razón se establecieron dos conjuntos de curvas, una para el agua y soluciones acuosas, y otra para líquidos que puedan considerarse al menos igual en lubricidad a la gasolina.

Esto sería conservativo para muchos ácidos y líquidos corrosivos; aunque presentan problemas corrosivos, mantienen una buena película de líquido entre las caras de fricción.

Las evaluaciones P-V basadas en la velocidad periferica han sido establecidas para todas las combinaciones de materiales de caras más comunes actualmente en uso. Estas curvas han sido graficadas para agua y soluciones acuosas, y para gasolina y líquidos equivalentes, ambas a 1750 y 3500 RPM.

Las evaluaciones P-V establecidas están basadas en la vida del sello de 15000 hrs. ya sean continuas ó en servicio intermitente.

La conveniencia de usar sellos balanceados contra los no-balanceados, ahora puede ser definitivamente determinado con un grado confiable de precisión con el uso de las curvas P-V.

La fig. VII-B., es una curva P-V para sellos internos no-balanceados para agua y soluciones de agua cuando la temperatura en el estopero no excede de 70°C. Para temperaturas mayores de 70 °C se debe hacer consideraciones especiales que se discutirán más adelante.

La fig.VII-C., es una curva P-V para sellos internos no-balanceados para ácidos, hidrocarburos y otros líquidos con lubricidad similar. Esta curva P-V puede ser usada para hidrocarburos ligeros con gravedad específica mayor de 0.65, y no es aplicable a hidrocarburos ligeros o a gases licuados del petróleo con gravedad específica menor de 0.65. En tales condiciones se recomienda usar sellos balanceados omitiendo la velocidad, la presión y la medida del sello.

Para usar las curvas P-V, se entra a la grafica con la medida del sello y se lee sobre la curva de material-velocidad adecuada. En este punto, y sobre la escala vertical, obtenemos la presión del estopero máxima recomendada para un sello determinado.

Si la presión actual involucrada en la aplicación excede el máximo recomendado, entonces se requerirá un cambio en la selección del material a uno con un rango P-V mayor o se aplicará un sello balanceado.

Las curvas P-V han sido establecidas para otros diseños de sellos y diversas combinaciones de materiales. De las cuales las más usuales se muestran a continuación.

Figs. VII-B/C/E/F/G/J/K/L/M/N/P.,

5.2.3. Vacío (sellos externos no-balanceados).

La presión y/o vacío también determina si los sellos no-balanceados sean internos o externos, pueden ser utilizados para una aplicación dada. Los sellos no-balanceados externos son recomendados para usarse hasta aproximadamente 35 PSIG de presión positiva del estopero. También son recomendados para usarse en presiones negativas. En tales aplicaciones, el vacío se suma a la carga de los resortes del sello; logrando así que las caras trabajen juntas.

Las aplicaciones de vacío requieren control ambiental, tales como lubricación ó recirculación del producto para mantener una película de líquido entre las caras del sello.

Con controles ambientales satisfactorios, los sellos mecánicos externos son capaces de manejar vacíos muy elevados.

Los sellos externos ofrecen facilidad en el ensamblaje, en la reparación, y su comportamiento es visual, puesto que la unidad rotativa del sello opera hacia la atmosfera en el lado exterior del estopero. Cuando el espacio lo permite, los sellos externos no-balanceados son algunas veces preferidos a bajas presiones, en servicios corrosivos.

5.2.4. Sellos balanceados.

Los sellos balanceados internos y externos, tienen limitaciones de presión debido a su diseño inherente y a las limitaciones del material de construcción.

Los límites de presión de sellos mecánicos son tabulados en la tabla 1, pag. 169.

La cual puede ser usada solamente como una guía para la selección del sello mecánico.

5.3. Temperatura del estopero.

Hasta hace unos años, el uso de elastómeros para sellos secundarios limitó la temperatura permitida en el estopero. Recientemente sin embargo, los avances en la tecnología de materiales ha incrementado los límites de temperatura permitida en los sellos mecánicos, suponiendo que el líquido tiene cualidades lubricantes adecuadas a la temperatura del líquido de proceso.

Después que se ha seleccionado el sello a la presión a la cual operará y de los materiales seleccionados para la naturaleza corrosiva del proceso, las limitaciones de temperatura de cada material serán chocadas.

Los límites de temperatura de materiales para sellos primarios y secundarios comúnmente usados, son presentados en las tablas II y III.

La temperatura de bombeo de un líquido de proceso -

es fundamental considerarla en la selección y aplicación de un sello mecánico. La temperatura de bombeo afecta directamente la selección de los materiales del sello secundario de la flecha. Cuando la temperatura del estopero está más allá de las limitaciones del empaque de la flecha, son necesarias las características del control ambiental ó de equipos auxiliares para controlar la temperatura del líquido de proceso en el area de sellado.

La presión de vapor del fluido de proceso también debe ser considerada en relación a la temperatura del estopero; cuando la temperatura del estopero está próxima a la presión de vapor, la elevación mínima de la temperatura en las caras del sello causará que el producto se inflame ó vaporice. Los métodos mencionados previamente sobre el control ambiental corregirán esta condición.

El enfriamiento de la brida o el estopero encaquetado con agua, con buje de estrangulamiento de ajuste cerrado (el cual es necesario para disminuir el flujo natural o intercambio de fluido en el estopero), son métodos aceptados para reducir la temperatura del producto en el estopero. Las recirculaciones del producto a través de un enfriador, usando otra vez el buje de estrangulamiento en el fondo del estopero es otro método probado para resistir la excesiva temperatura del producto en el sello.

Las aplicaciones con bajas temperaturas del estopero son usualmente empleadas, de modo que estas temperaturas deben ser constantemente mantenidas bajas, y en algunos casos suplementados por aparatos enfriadores adicionales, con el --

fin de conservarlos en estado líquido. Los materiales orgánicos convencionales en empaques de flechas no serán adecuados en ambientes de temperatura extremadamente bajas encontradas en las aplicaciones de criogenicos. Los sellos sencillos utilizan como empaque de la flecha un material metalico y los sellos doble de diseño convencional son también usados para este tipo de servicio.

5.4. Sello secundario (empaque de la flecha ó de la manga).

La acción de sellado de los anillos "O" a lo largo de una flecha o de una manga se crea por medio de fuerzas hidraulicas y mecánicas. La pre-carga mecánica se logra por la nariz del anillo de compresión contra el anillo "O" en la cavidad confinada del anillo rotatorio por los resortes. Esta fuerza es aumentada por la fuerza hidraulica del fluido de proceso (excepto donde se usa el sello externo). Con los sellos no-balanceados externos, esta fuerza hidraulica actúa a la inversa y se opone directamente a la carga de los resortes Como resultado de esto, los sellos no-balanceados externos tienen un límite de presión definida de 35 PSIG.

Aquellos diseños que incorporan pre-carga mecánica de los anillos "O" estan menos propensos a ser dañados funcionalmente, por fluctuaciones en la presión o dilatación en el anillo "O". De hecho, el deterioro considerable del anillo "O" se lleva a cabo por una causa previa a un mal funcionamiento real del sello mecánico.

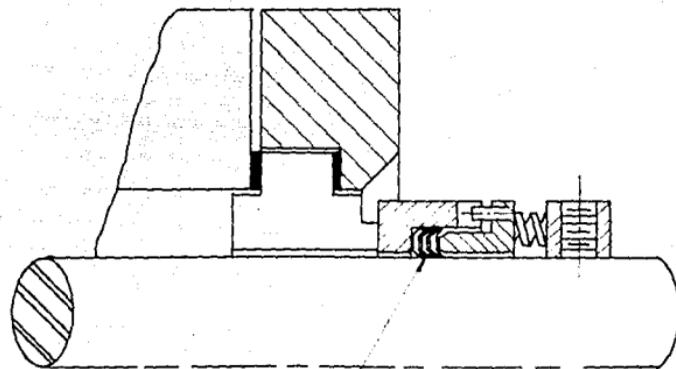
Los anillos "O" están disponibles en muchos materiales, de hule sintético y elastómeros. Los siguientes son los más usuales en sellos mecánicos: Buna-N, butyl, hypalón, elastómero kel-F, neopreno, silicon, hule natural, vitón, teflón.

El teflón caballito de batalla digno de confianza - en la industria de procesos químicos, se utiliza en sellos -- mecánicos tanto para sello secundario de la flecha ó de la -- manga como para montaje flexible en los sellos estacionarios (insert). La capacidad del teflón de permanecer inerte a ca si todas las sustancias químicas en un rango amplio de bajas y altas temperaturas, hace que su uso sea particularmente deseable.

Sin embargo, debido a su deficiencia de propiedades elásticas, bajo coeficiente de fricción, los anillos "O" hechos de teflón no han proporcionado apropiadas aplicaciones - en los sellos mecánicos.

Para vencer estas propiedades inherentes al teflón algunos fabricantes de sellos han diseñado el anillo de teflón tipo "V" (anillo chevron). Los labios del cual están encajados por un ensanchador mecánico, los cuales están enclavados en la cavidad del sello rotatorio, fig. 5-1.

En aplicaciones que involucran temperaturas extremas la estabilidad dimensional del teflón se mejora con las impregnaciones de fibra de vidrio. En los sellos internos, la pre-carga adicional en el chevrón se suministra a través de la presión hidráulica interna del estopero. Esta presión ayuda a crear el sello al "desparramar" los labios del chevrón contra el diámetro interno del sello rotatorio y el diámetro externo de la flecha o de la manga.



SELO SECUNDARIO
ANILLO TIPO "V" CHEVRON

FIG. 5-1

5.5. Montaje.

El elemento rotativo del sello puede ser montado ya sea directamente en la flecha o en la manga, dependiendo en que forma está diseñado el equipo. El uso mas extenso de los sellos mecánicos ha influenciado a los diseñadores de equipo, especialmente en bombas centrifugas, para construir flechas solidas en aleaciones de materiales resistentes a la corrosión en las cuales están montados directamente.

Debido al hecho de que no hay desgaste de flecha con sellos mecánicos no-balanceados, la manga que fue usada como una pieza de cambio economico con la empaquetadura, puede ser eliminada cuando se usan sellos no-balanceados. los sellos balanceados, sin embargo, requieren un escalon y la manga a menudo ofrece el método más económico de proporcionar lo.

Otro método de montaje de sellos es directamente en la manga, la cual ha sido diseñada como una parte integral del sello. Estos son los llamados sellos tipo cartucho. Definitivamente facilitan el ensamble en grandes equipos, especialmente en bombas multipasos horizontales bipartidas.

El sello tipo cartucho es pre-ajustado en la manga por el fabricante y el ajuste final se hace despues de que el cartucho se ha instalado en el estopero y despues de la flecha y los apoyos (baleros, chumaceras de empuje, etc.), están en posición.

Este tipo de montaje es también deseable en muchas bombas verticales, en las cuales la posición de la flecha es

crítica. La fuga es sellada entre la manga del cartucho y la flecha por un anillo "O" y una cuña de teflón.

5.6. Arrastre positivo.

El arrastre positivo en relación a los sellos mecánicos; denota un significado mecánico definido, por medio del cual la fuerza de rotación de la flecha se transmite al sello ya sea por: prisioneros, pines de arrastre o por cuñas.

Los prisioneros son los dispositivos más comunmente usados y son standard en muchos tipos de sellos mecánicos.

Los diseños de pines y cuñas de arrastre también pueden ser construidos cuando se requieran. Los pines y cuñas de arrastre son comunmente usados en equipos que no permiten acceso para apretar los prisioneros durante o despues del ensamble.

Ya que hay un torque definido que existe en las caras del sello el cual variará más o menos con las presiones involucradas, el arrastre positivo en los sellos es decisivo en todas las aplicaciones, aún en las más simples.

5.7. Arrastre por fricción.

El sello de arrastre por fricción utiliza hules y elastomeros sinteticos tipo anillo "O", los cuales son precargados o apretados contra la flecha y el hueco del sello rota-

torio para transmitir la fuerza de arrastre de la flecha al sello mecánico. Los sellos de arrastre por fricción están limitados a aplicaciones medias y moderadas, y no son recomendados para usarse en servicios corrosivos, aplicaciones a temperaturas elevadas u otras aplicaciones las cuales no son apropiadas para los anillos "O".

5.8. Selección del sello mecánico.

Como ya hemos visto el sello mecánico es un dispositivo primordial en el campo industrial, y debe tenerse cuidado de hacer una selección eficiente. Actualmente existe una gran variedad de tipos para cada una de las necesidades proporcionadas por los fabricantes de sellos mecánicos. Debemos tener especial cuidado cuando el sello sea destinado para grandes rangos de presión y temperatura, ya que aquí se deberá tener la seguridad de que los materiales y diseño del sello serán tales que resistan las condiciones tan severas a las que van a trabajar.

La exacta selección depende de los rangos de P-V relacionados, con el tamaño del sello, velocidad periférica y de la selección de los materiales para las caras de fricción; para lo que nos referiremos a los datos de pruebas desarrollados por cada fabricante de sellos mecánicos. Para este caso se dispone de las graficas P-V mencionadas con anterioridad.

De lo anterior se resume que, para la selección del sello mecánico será necesario aplicar:

- 1.- Las tablas de selección de materiales, pags. -- 159-169, para determinar los materiales de construcción de cada uno de los elementos del sello, de acuerdo al fluido de proceso que se vaya a manejar.

- 2.- Las curvas P-V, pags. 142-146, con los datos obtenidos en el inciso N^o 1, y para las condiciones particulares del problema. Se analizan estas curvas y se seleccionará la que se adecue.- Determinándose así, el tipo de sello y si es balanceado ó no-balanceado.

Este procedimiento se ejemplificará en el siguiente capítulo.

5.8.1. Información indispensable para la selección del sello mecánico.

A.- DATOS GENERALES:

- a). Tipo y tamaño de equipo
- b). Marca de fabricante
- c). N^o de serie
- d). N^o económico

B.- DATOS DEL EQUIPO:

- 1). FLUIDO QUE VA A SER SELLADO
 - a.- Gas
 - b.- Líquido
- 2). DIMENSIONES DEL EQUIPO
 - a.- Diám. y profundidad del estopero
 - b.- Diám. de la flecha y de la manga
- 3). ESCALA DE TEMPERATURA DEL FLUIDO
- 4). ESCALA DE PRESIONES
- 5). VELOCIDAD
- 6). GASTO
- 7). CARACTERISTICAS ESPECIALES DEL FLUIDO
 - a.- Condiciones abrasivas
 - b.- Condiciones corrosivas
- 8). INDICAR EL SERVICIO: CONTINUO O INTERMITENTE
- 9). CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL FLUIDO
 - a.- Nombre químico
 - b.- Concentración
 - c.- % de mezclas
 - d.- Gravedad específica
 - e.- Viscosidad.

Para hacer una adecuada selección del sello mecánico, debemos tener siempre en cuenta todos los factores antes mencionados y un conocimiento amplio de las propiedades y características de los componentes del sello; los cuales fueron analizados en los capítulos anteriores

5.9. Aplicaciones comunes.

5.9.1. Agua y soluciones acuosas.

Generalmente hablando, las aplicaciones industriales del agua son dificultosas para la aplicación de sellos mecánicos. El agua pura raramente es encontrada en tales aplicaciones, y las sales solubles, sales y minerales contenidas en el agua industrial, aunque son medidas en partes por millon, a menudo se cristalizan en las caras del sello, causando un desgaste rápido en una o ambas caras del sello mecánico.

Esta condición es variable, dependiendo del análisis del agua; la temperatura también es un factor muy importante a considerar. A medida que se incrementa la temperatura aparecen las características abrasivas. Por esta razón, los fabricantes de sellos tratan de mantener la temperatura en las caras del sello, tan bajas como sean posible. Hay varios arreglos de enfriamiento por el cual esto puede realizarse.

Los siguientes materiales para caras de fricción -- son usados en aplicaciones de agua, algunos de estos se comportan en forma sobresaliente, otros tienen sus limitaciones.

NI-RESIST	}	VS. CARBON GRAFITADO N° 5
BRONCE		
DURAMATE		
CARBURO DE TUNGSTENO		
CARBURO DE TUNGSTENO	}	VS. CARBURO DE TUNGSTENO.
BRONCE		

5.9.2. Agua caliente.

Las aplicaciones de los sellos mecánicos en agua caliente, se enfrenta a muchos problemas que deben ser maneja--dos con procedimientos especiales. Algunos fabricantes proporcionan literatura concerniente a estos problemas. Los datos y recomendaciones que presentan están basados en pruebas exhaustivas e instalaciones probadas en el campo, los cuales se presentan a continuación.

Sistemas circulantes de agua caliente y de alimentación a calderas.

PROPIEDADES FISICAS. Las aplicaciones de agua ca---liente presentan muchos problemas raros de sellado, los cua---les no son encontrados con otros líquidos calientes. Estos problemas tienen una relación definida a la temperatura del - agua y al tratamiento del agua, así como a las propiedades -- químicas del agua manejada. Las propiedades químicas del agua varían considerablemente, dependiendo de la fuente de suministro. Un estudio más detallado sobre esta materia, se - trata enseguida.

La experiencia indica que las aproximaciones a los sistemas circulantes de agua caliente y de alimentación a calderas justifica un cambio en los diseños y recomendaciones generales del sello.

VISCOSIDAD (LUBRICIDAD). Los sellos mecánicos re---quieren de un gradiente de presión de una película de líquido manejado entre las caras de contacto del sello. El agua no

esta considerada como un buen lubricante. La viscosidad del agua, a 70 °F (21 °C), es aproximadamente de 1 cp., reduciéndose gradualmente esta viscosidad a medida que la temperatura se incrementa. A 212 °F (100 °C) la viscosidad se reduce a 0.28 cp., lo cual significa que ha perdido todas sus cualidades lubricantes y además que las caras del sello trabajarán secas (ya que el valor lubricante de la película se ha perdido) causando esto, que la vida del sello se acorte. El sello en este momento está operando en vapor o en fase de vapor bajo estas condiciones.

Disminuyendo la temperatura del agua en el estopero y manteniéndola así, se aumentará la vida del sello. La experiencia indica que el agua mantendrá la suficiente lubricidad entre los 160/180 °F (70/80 °C). Arriba de este rango, el deterioro causado por la temperatura se acelera hasta que se alcanza el punto de ebullición en las caras de contacto -- del sello, sin importar la presión que haya arriba de la presión de vapor en el sistema.

Esto hace obligatorio enfriar el agua en la cámara del sello a 160/180 °F (70/80 °C) o abajo de este rango.

ABRASION. Ya que los sellos mecánicos requieren de un gradiente de presión de una película de líquido entre las caras del sello, como se menciono anteriormente, es importante hacer notar que este gradiente de película debe estar limpio y libre de abrasión para asegurar una vida prolongada del sello.

Una vez más la temperatura juega un papel importante. A medida que la temperatura del agua se incrementa, --- grandes cantidades de minerales, tales como óxido de hierro -

negro, el cual además de ser abrasivo, forma un depósito negro endurecido sobre las partes del sello y la flecha deteriorando la flexibilidad y el comportamiento correcto del sello. Otras impurezas, las cuales pueden formarse son: Calcio, lodos de cal roja y otros minerales abrasivos.

La experiencia indica que arriba del rango de 70/80 °C las partículas abrasivas están presentes en el agua en cantidades suficientes que evitan un servicio satisfactorio del sello además de acortarle la vida.

Otro factor abrasivo a considerar es aquel que se involucra en sistemas que incorporan torres de enfriamiento para reducir la temperatura del agua. Las condiciones atmosféricas en algunas áreas contienen una cantidad considerable de partículas abrasivas, tales como cenizas muy finas que son recogidas por el agua que pasa a través de la torre.

CORROSION. La corrosión es un factor el cual definitivamente existe y se incrementa a medida que la temperatura se eleva. La corrosión ha sido detectada aún en aguas altamente tratadas, y también puede ser un problema con aguas deionizadas, desmineralizadas, destiladas, radiactivas y pesadas a temperaturas elevadas. Con agua cruda o sin tratamiento, la corrosión es a menudo muy pronunciada y debe ser evaluada cuidadosamente.

TRATAMIENTO DE AGUA. Este mientras es beneficio al sistema en general, es nocivo al comportamiento óptimo del sello mecánico. En el caso de inhibidores de cromato, pruebas y experiencias de campo indican que los sellos mecánicos trabajan perfectamente bien. Aclarando que el contenido de cro

mato no exceda de 2000 PPM a una temperatura máxima de 160 °F (70 °C).

MATERIALES DE CONSTRUCCION. Los mejores materiales de construcción para caras de sellos mecánicos en servicios de agua caliente son:

Carbón vs. ceramica solida y carburo de tungsteno.

Los materiales de ceramica tienen sus limitaciones debido a la fragilidad y a los choques térmicos (están por tanto limitados a bajas presiones y temperaturas). Además, los causticos atacan la ceramica, por lo que, tampoco serán usadas en agua que tengan un alto valor de PH ó donde se use un flush caustico.

5.9.3. Aceites.

Debido a la buena lubricidad que poseen todos los aceites, los mismos materiales empleados para el agua y soluciones acuosas pueden ser aplicados, incluyendo el Stellite - el cual no es recomendado para aplicaciones en agua.

5.9.4. Hidrocarburos.

Generalmente hablando, todos los materiales de caras de fricción que pueden ser usados para aceites, pueden ser usados para hidrocarburos, previendo que la gravedad específica sea mayor de 0.65 y la presión en el estopero sea al menos 25 PSI mayor que la presión de vapor del producto manejado.

Para hidrocarburos ligeros con gravedad específica menor o igual a 0.5 ó cuando la presión en el estopero es al menos 25 PSI mayor que la presión de vapor del producto manejado, el Carburo de Tungsteno vs. Carbón grafitado es recomendado como material para caras de fricción en estos servicios.

5.9.5. Acidos.

Los ácidos inorganicos ofrecen buena lubricación a las caras del sello. Sin embargo, estudios cuidadosos se deben hacer cuando se haga la selección de materiales para aplicación en ácidos. Para tal efecto se debe considerar la concentración, temperatura, impurezas y la velocidad de la flecha

Para ácidos no oxidantes, los siguientes materiales para caras de fricción son recomendados.

CERAMICA STELLITE CARBURO DE TUNGSTENO	} VS. CARBON GRAFITADO N° 5
--	--------------------------------

Los ácidos con alta oxidación tales como el ácido -sulfurico y nitrico concentrados, ácido cromico, y el peroxido de hidrogeno atacan a los materiales de carbón standard y requieren por tanto, consideración especial cuando se seleccione el material de caras de fricción para esta aplicación.

Los siguientes materiales han sido usados satisfactoriamente con altos oxidantes químicos.

CERAMICA STELLITE ACERO INOXIDABLE CARBURO DE TUNGSTENO	} VS. CARBON GRAFITADO N° 5
--	--------------------------------

CERAMICA STELLITE ACERO INOXIDABLE	} VS. DURAPLON CON FIBRA DE VIDRIO
--	---------------------------------------

CERAMICA VS. CERAMICA
CARBURO DE TUNGSTENO VS. CARBURO DE TUNGSTENO.

5.9.6. Causticos.

Al igual que los ácidos, casi todos los causticos -
proveen de buena lubricación a las caras del sello. De igual
forma, se debe tener cuidado que se haga la selección del ma-
terial para resistir la corrosión. Los causticos atacan a -
casi todas las ceramias que contienen cualquier silicato, y
los causticos concentrados atacan al carbón standard.

Los siguientes materiales para caras de fricción --
son utilizados dependiendo de la concentración, velocidad de
la flecha etc.

PERAMIC
STELLITE
DURAMATE
CARBURO DE TUNGSTENO

}
VS. CARBON
GRAFITADO N° 5

PERAMIC
STELLITE
CARBURO DE TUNGSTENO

}
VS. CARBON
GRAFITADO N° 6

CARBURO DE TUNGSTENO VS. CARBURO DE TUNGSTENO

5.10. Requisitos indispensables para la instalación del sello mecánico.

En cualquier equipo donde se haya tomado la decisión de instalar un sello mecánico, se deberá checar los siguientes acabados superficiales para la manga y la flecha.

a). Para los sellos mecánicos que sellan en la flecha por medio de elastómeros tales como anillos "O", anillos "V" ó copas "U", fuelles, etc., es necesario un acabado superficial de $50 \mu\text{m}$ AA.

b). En los sellos con sellado a base de fuelles metálicos se deberá tener un acabado de $25 \mu\text{m}$ AA, para un buen funcionamiento.

c). Los sellos cuyo sellado es a base de cuñas de teflón será indispensable un acabado superficial de $32 \mu\text{m}$ AA.

Otros factores que deberán tenerse en cuenta al instalar un sello, es la conicidad y la excentricidad de la flecha o manga que no deberá exceder de 0.002".

d). Seguir las instrucciones del fabricante de sellos antes de instalarlo.

e). Checar los diámetros del estopero, de la flecha y de la manga, de que no tengan filos cortantes y rebabas que puedan dañar los empaques al montarlos.

f). Checar el alineamiento del equipo. La práctica recomienda que el desalineamiento debe ser tan pequeño como sea posible.

g). Mantener el juego axial en los baleros tan pequeño como sea posible. La pista y las bolas defectuosas en un balero de bolas tipo de empuje, pueden causar que el sello mecánico falle.

h). Las líneas de enfriamiento, de flushing, de venteo y drene; así como el equipo de lubricación debe estar correctamente instaladas.

i). Nunca opere en condiciones secas los sellos (a menos que sean del tipo seco), ya que las caras se pueden rayar rápidamente.

j). Mantener un stock de refacciones.

k). Antes de arrancar una máquina con un sello nuevo siempre pruebe antes con la presión de succión para estar seguros de que el sello no fuga.

l). Un ligero ajuste a las tuercas de la brida, es muchas veces lo que se necesita para detener una fuga con la presión estática de succión.

m). Es buena práctica, cuando el equipo se tiene parado, girar la flecha cuando menos una vez por día.

n). Cuando el equipo este parado hay que mantener - la succión abierta para que el sello en ningún momento vaya a trabajar en condiciones secas.

o). Si hay una linea de flushing, esta siempre debe permanecer abierta.

p). Si el equipo tiene una brida enfriada por agua, asegurarse de que haya agua circulante antes de arrancar.

q). Hay que eliminar la formación de hielos en la - parte externa de sellos con un chorro de vapor ó con agua caliente.

r). No hay que arrancar la bomba, si está pegada ó no gira.

s). No se deben sobrecargar los esparragos de la -- brida al apretarlos, ya que pueden deformarlos.

t). Hay que mantener las partes limpias cuando se - instale un sello mecánico.

u). La cara del estopero debe estar perpendicular a la flecha, lisa y limpia ya que puede fugar el sello.

v). Cuando se utilice manga, hay que asegurarse de que está sellada apropiadamente a la flecha.

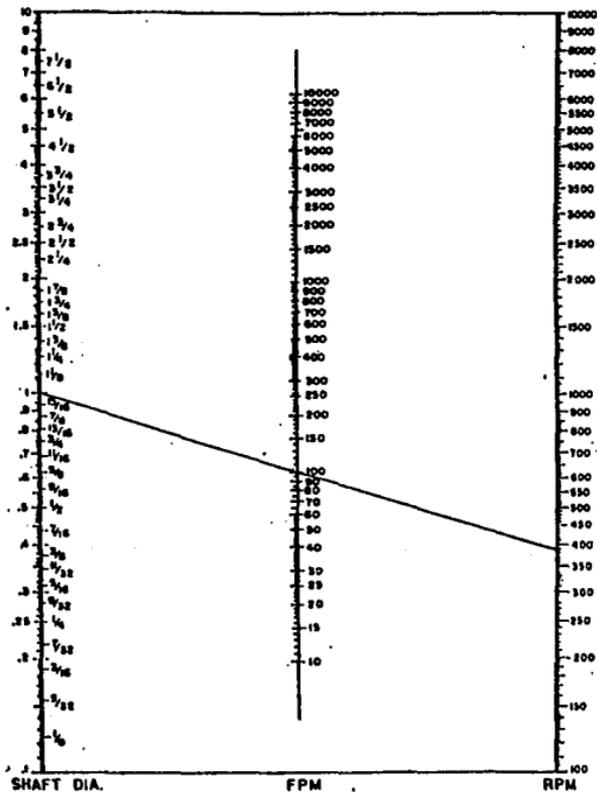
w). Cuando la flecha este un poco torcida, hay que verificar su rectitud y corregir si es necesario, checar los apoyos y observar de que las líneas de succión y descarga no tienen jalado el equipo.

x). Si los impulsores rozan, pueden causar vibración y ocasionar que el sello falle. Así que, hay que prevenirlo.

z). En líquidos calientes como agua de alimentación a calderas, el vapor puede hacer que las caras del sello se peguen y causar que fallen. Mantener las caras sumergidas (inundadas).



FIG. VII-A RELATIONSHIP BETWEEN SHAFT SIZE, RPM, AND PERIPHERAL SPEED



A straight edge line up with the values on any pair of the vertical lines will cross the third line at the corresponding value. For example, a straight edge set at 1" on the shaft diameter line and 302 RPM on the R.P.M. line will cross the FPM line at 100 FPM, the corresponding surface speed.



for many acids and corrosive liquids; although they present corrosive problems, they still maintain a good liquid film between the faces.

"P-V" ratings based on peripheral speed have now been established for all of the more popular combinations of mating face materials presently used. From these "P-V" ratings, "P-V" curves have been plotted for both water and water solutions and gasoline and equivalent

liquids, at both 1750 and 3500 RPM. The established "P-V" ratings are based on a seal life of 15,000 hours on either continuous or intermittent service. The suitability of unbalanced vs balanced seals can now be definitely determined with reliable accuracy by the use of the "P-V" curves.

Figure VII-B is a P-V curve for inside unbalanced seals for water and water solutions

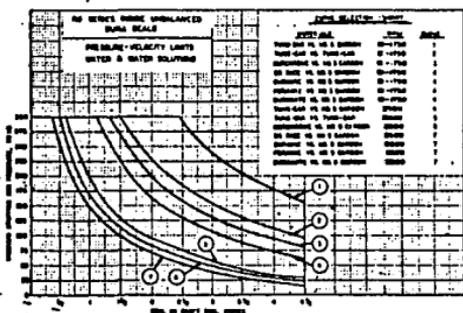


FIG. VII-B P-V CURVE, RO & ARO SERIES; WATER AND WATER SOLUTIONS

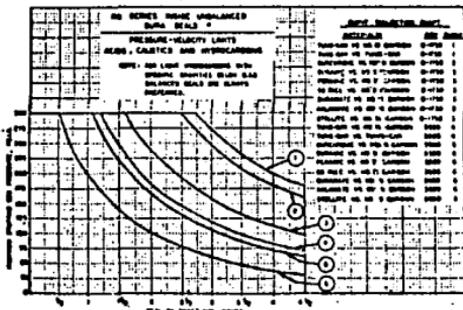


FIG. VII-C P-V CURVE, RO & ARO SERIES; ACIDS, CAUSTICS AND HYDROCARBONS

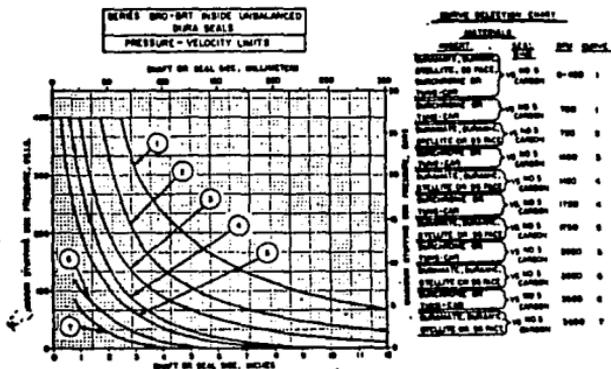


FIG. VII-E P-V CURVE, BRO/BRT DURA SEALS

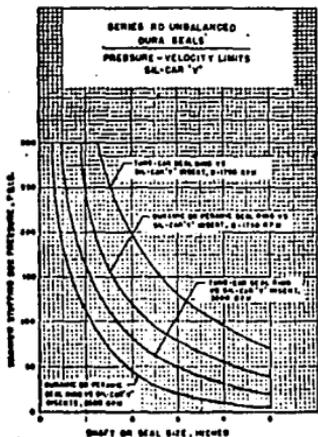


FIG. VII-F P-V CURVE, SIL-CAR "V"

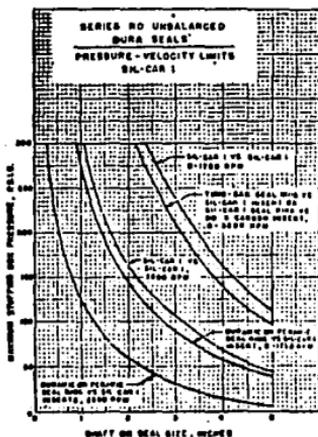


FIG. VII-G P-V CURVE, SIL-CAR I



applications, and in many cases the seal must tolerate pressures higher than 35 PSIG.

Balanced outside RA Series Dura Seals are designed to withstand stuffing box pressures up to 400 PSIG. Fig. VII-P is a P-V curve for these

seal designs for the face material combinations listed.

Table VII-A tabulates the pressure limitations and maximum peripheral speeds for Dura Seal types and may be used as a guide in seal selection.

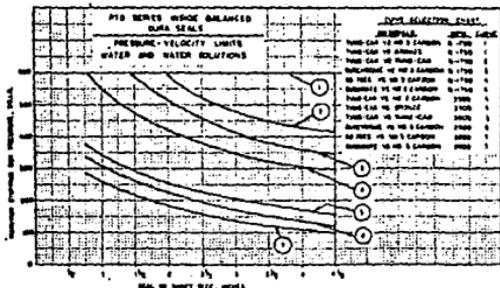


FIG. VII-J P-V CURVE, PTO & APTO SERIES; WATER AND WATER SOLUTIONS

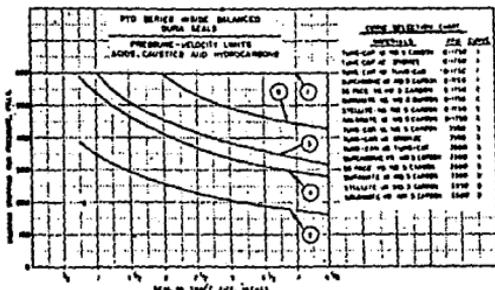


FIG. VII-K P-V CURVE, PTO & APTO SERIES; ACIDS, CAUSTICS AND HYDROCARBONS

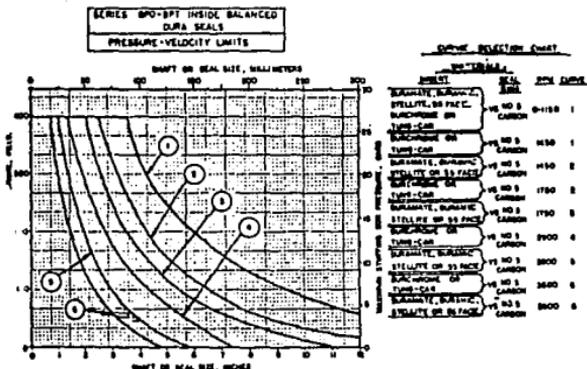


FIG. VII-L P-V CURVE, BPO/BPT DURA SEALS

P-V CURVES FOR METAL BELLOWS DURA SEALS
TONG CAR VS. TUNG CAR

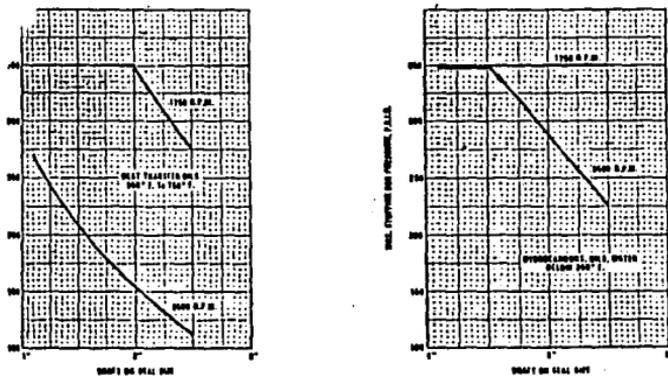


FIG. VII-M P-V CURVE, PD SERIES

TABLE II
TEMPERATURE LIMITATIONS OF DURA SEAL FACE MATERIALS

MATERIAL	CONSTRUCTION	MAX. TEMPERATURE	
		*F	*C
Stellite Face	Welded Stellite Face on Metal Ring	350	177
Kalmarite	Solid Cast Stellite Ring	450	232
Tung-Car	Solid Tungsten Carbide Ring	750	400
Tung-Car "M"	Solid Tungsten Carbide Element Mtd. in Metal Body	250	120
Tung-Car "A"	Solid Tungsten Carbide Element Mtd. in 17-4 PH Stainless Steel Body	750	400
Duramate	Solid Machined Stainless Steel Ring	600	316
Ni-Resal	Solid Nickel-Cast Iron Ring	350	177
Bronze	Solid Leaded Bronze Ring	350	177
Duramic	Solid Ceramic Ring	350*	177*
Peramic	Solid Pure Ceramic Ring	350*	177*
55 Face	Ceramic Facing on Metal Ring	350*	177*
Chromite Face	Chrome Oxide Facing on Metal Ring	350	177
No. 5 Carbon	Solid Carbon-Graphite Ring	525	275
No. 6 Carbon	Solid Carbon-Graphite Ring	525	275
Silicon-Carbide "V"	0.030" Thick Conversion of Silicon Carbide on Carbon-Graphite Substrate	700	371
Silicon-Carbide 1 & 2	Solid Silicon Carbide Ring	3,000	1,650
Silicon Carbide "M"	Solid Silicon Carbide Element Mtd. in Metal Body	250	120
Silicon Carbide "A"	Solid Silicon Carbide Element Mtd. in 17-4 PH Stainless Steel Body	750	400
Glass-filled Duralon	Solid Ring	350	177

* Subject to fracture from thermal shock.

TABLE III
TEMPERATURE LIMITATIONS OF SECONDARY SEAL MATERIALS

MATERIAL	FORM	MIN. TEMP. LIMIT*		MAX. TEMP. LIMIT*	
		°F	°C	°F	°C
Buna N (Nitrile)	"O" Ring	-40	-40	+225	+107
Neoprene	"O" Ring	-40	-40	+225	+107
Butyl	"O" Ring	-40	-40	+225	+107
Silicone	"O" Ring	-80	-62	+400	+204
Fluorosilicone	"O" Ring	-80	-62	+400	+204
Hypalon	"O" Ring	-40	-40	+225	+107
Kel-F	"O" Ring	0	-18	+350	+177
Viton	"O" Ring	0	-18	+400	+204
EPR/EPT (Ethylene Propylene)	"O" Ring	-40	-40	+300	+150
Kalrez	"O" Ring	0	-18	+500	+260
Durafion Coated Viton	"O" Ring	-100	-73	+350	+177
Durafion (TFE Resin)	"V" Ring	-100	-73	+350	+177
Glass-filled Durafion	"V" Ring	-175	-115	+450	+232
Durafite (Pure Graphite)	Square Ring	-450	-268	+750	+400

*The minimum and maximum temperature limits listed are general limits and will vary with the liquid in contact with the Elastomer.

Capítulo VI.

Nomenclatura de sellos mecánicos.

Existe en la actualidad diversos fabricantes de sellos mecánicos de los cuales los más comunes (DURAMETALLIC - BORG WARNER, JOHN CRANE) se tratará la nomenclatura que utilizan para su identificación; y de la experiencia que han tenido en el diseño, fabricación, selección y aplicación se ha recopilado la siguiente información para la selección del sello mecánico.

La nomenclatura consta fundamentalmente de tres términos, los cuales se describen como sigue para cada marca de sellos mecánicos mencionados.

6.1. Sellos mecánicos Durametallc.

6.1.1. Identificación del sello mecánico.

EJEMPLO:

TIPO	DIMENSION	MATERIALES DE CONSTRUCCION
PTO	1 7/8	E S 5 E S F F
PRIMER	SEGUNDO	TERCER
TERMINO	TERMINO	TERMINO

El primer término indica los diferentes tipos de sellos, los cuales se muestran en la tabla 1 (límites de presión para sellos mecánicos DURAMETALLIC, pag. 169), la cual es útil para la selección de sellos mecánicos.

El segundo término indica las dimensiones del sello y es el diámetro nominal del sello que se da, según las dimensiones de la flecha y/o manga de la flecha del equipo en que va a ser instalado.

El tercer término consta de siete literales que indica cada una de ellas, el material de que está fabricado cada parte del sello. Para la descripción completa de este término es necesario incluir la tabla de selección de materiales, pags. 159-169.

6.1.2. Tabla de selección de materiales para sellos mecánicos Durametallíc.

Esta tabla de materiales de construcción la cual ha sido acumulada durante la amplia experiencia en la industria de los fluidos; presenta los materiales más económicos en diseños de sellos, los cuales darán vida satisfactoria al sello mecánico.

La información contenida en esta tabla cubre recomendaciones de materiales de construcción para resistir diversas condiciones de corrosión, abrasión, etc. Esta tabla se complementa con la tabla de identificación de materiales, pag. 158. Su uso se ejemplificará a continuación.

Refiriendonos a DIPNEMYL en la pag. 162, encontramos que el código de materiales es (ver tabla 6-1).

NOTAS REFERENTES A LA TABLA DE SELECCION DE MATERIALES, pags. 158-169, de columna derecha.

1. El flushing es recomendado de la descarga de la bomba a la conexión del flush de la brida. En caso de sellos internos habrá flexibilidad para montar caras estacionarias.
2. Los sellos externos son preferidos.
3. El flush de líquido limpio de una fuente externa es recomendado para cuidar de partículas sólidas las caras del sello. En casi todos los casos - un sello de labio ó buje de garganta flotante será requerido en el fondo del estopero. Si no se admite la dilución del producto, se usará un sello doble, ver nota 4.
4. Los sellos dobles son recomendados para proveer un líquido de sello compatible entre el producto y la atmosfera. La presión del líquido sellante deberá ser mantenida de 15 a 25 PSI sobre la presión del producto.
5. Los tipos de sellos balanceados son requeridos
6. Un estopero con cámara de vapor u otro medio de calentamiento es recomendado para mantener el producto en estado líquido alrededor del sello.

7. El carburo de tungsteno "M", el carburo de tungsteno "A" ó el carburo de tungsteno sólido 62-6 - no son aceptables.

Donde "S" (STELLITE-WELDED) es especificado, "Y" (KALAMATE-CAST STELLITE) puede ser usado, y donde "X" (DURAMIC) es especificado, "7" (PERAMIC) puede ser usado.

Donde "5" (55 FACING) ó "P" (DURACHROME FACING) es indicado, el rango de corrosión del metal base no excederá de 2 milésimas de pulgada por año (0.002" IPY).

6.1.3. Dibujos de ensamble de algúnos tipos de sellos mecánicos DURAMETALLIC.

Para un mejor entendimiento en la terminología de las partes componentes de los sellos, se anexan dibujos de ensamble de los tipos más comunes de sellos mecánicos Durametallíc, en las siguientes figuras.

Figs. VIII- A/B/C/D/E/F/G/H/J/K. pags. 170-174.

6.1.4. Procedimiento para la selección de sellos mecánicos Durametallic.

Para ver la utilización de las tablas y curvas anteriores en la selección de un sello mecánico se desarrollará el siguiente ejemplo.

EJEMPLO.

A una bomba centrífuga marca UNITED; tamaño y tipo 3-STCA que manejará gasolina, se desea instalar un sello mecánico.

Como ya se expuso anteriormente, primero habrá que conocer los datos de operación y construcción y así tenemos:

LIQUIDO BOMBEADO:	GASOLINA
TEMP. DE BOMBEO:	40 °C (104 °F)
GRAV. ESPECIFICA:	0.74
PRES. DE SUCCION:	8 KG/CM ² abs. (128 PSIG)
PRES. DE DESCARGA:	35 KG/CM ² abs. (512 PSIG)
PRES. DEL ESTOPERO:	$P_s + 0.2 P_D$ (dato de fabrica)
$P_s =$	17 KG/CM ² man. (231 PSIG)
LONG. Y DIAM. DEL ESTOPERO:	3" y 2 7/8"
LONG. Y DIAM. DE MANGA:	7" y 1 7/8"
VELOCIDAD:	3500 RPM
GASTO:	150 GPM.

SOLUCION :

1. De la TABLA DE SELECCION DE MATERIALES en el renglón correspondiente a GASOLINA (pag. 164) sacamos los datos correspondientes a las caras de fricción y así:

CARA ROTATIVA	CARA ESTACIONARIA
D (DURAMATE)	5 (CARBON Nº 5)
S (STELLITE)	
W (NI-RESIST)	

2. Ahora estos datos, y con las RPM analizamos las curvas P-V para hidrocarburos.

La curva que se adecua a estas condiciones es la -- fig. VII-K (pag. 144 cáp. V) para sellos tipo PTO y balanceado. De la tabla de selección para esta curva se tiene que con:

DURAMATE VS. CARBON Nº 5 a 3500 RPM se tiene la - curva 5.

En la cual para un ϕ de 1 7/8" se tiene una presión máxima en el estopero de 275 PSIG, que es mayor que la requerida (231 PSIG). Por lo que, satisface las condiciones de este fluido.

Entonces regresando a la TABLA DE SELECCION DE MATERIALES, pag. 164, se obtienen los materiales de construcción de los demás elementos del sello, así: el código de materiales es.

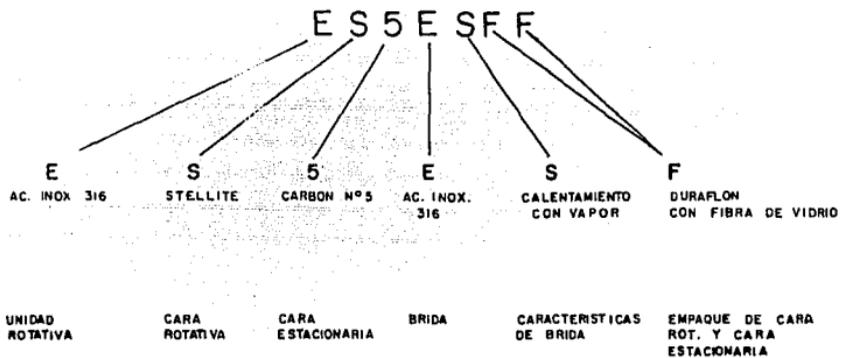
B D 5 H P V V

Donde cada literal tiene su significado (EN TABLA - DE IDENTIFICACION DE MATERIALES, pag. 158) según su posición, y se representará en la tabla 6-2.

Finalmente se tiene que el sello adecuado para estas condiciones es:

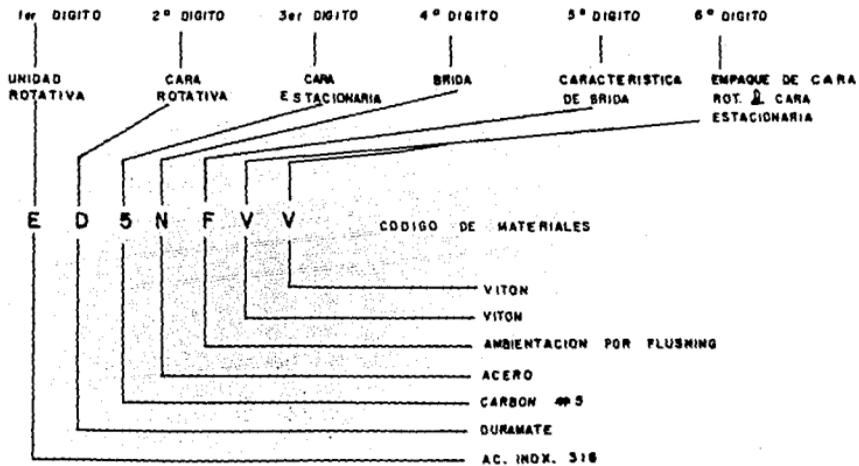
Sello mecánico tipo PTO balanceado de 1 7/8" ϕ con código de materiales E D 5 N V V ó sea

SELLO MECANICO DURAMETALLIC PTO 1 7/8" ED5NVV.



CODIGO DE MATERIALES DE SELLOS
DURAMETALLIC

TABLA 6-1



MATERIALES DE CONSTRUCCION DEL
SELLO MECANICO DURAMETALLIC

TABLA 6-2

DURA - 153 - AL CODE

SYMBOL	FIRST DIGIT	SECOND DIGIT	THIRD DIGIT	FOURTH DIGIT	FIFTH DIGIT	SIXTH DIGIT AND/OR SEVENTH DIGIT
	ROTARY UNIT	SEAL RING FACE OR SEAL RING	INSERTS	WLAND RING(S)	WLAND FEATURES(1)	SEAL RING(S) AND INSERT MOUNTING(S)
A		Tung Car "A"	Tung Car "A"			Auxiliary Stuffing Box with Vent & Drain Connections
B		Tung Car "M"	Tung Car "M"			Bury
C	304 Stainless			304 Stainless	Cooled	Duration(1) Cove Ring with Vion(1) "O" Ring
D		Duramate	Duramate		Drifted Steam Heating	Sludge
E	316 Stainless		(E5) 316 Stainless with #55 Facing	316 Stainless		EPR
F		Glass Filled Duramate(1)	Glass Filled Duramate(1)		Flushed	Glass Filled Duration(1) "V" & Soretor Ring*
G		Silicon Carbide "A"	Silicon Carbide "A"			Durable(1)
H	Hastelloy(1) "B"	Hastelloy(1) "B"	(H5) Hastelloy(1) "B" with #55 Facing	Hastelloy(1) "B"		Duration(1) Coiled Vion(1)
I	Hastelloy(1) "C"	Hastelloy(1) "C"	(I5) Hastelloy(1) "C" with #55 Facing	Hastelloy(1) "C"		
J		Silicon Carbide "M"	Silicon Carbide "M"			
K	#20 Stainless		(K5) #20 Stainless with #55 Facing	#20 Stainless		Rel-Fit(1) Elastomer
L					Dead End Lubrication	
M	Monel(1)	Tung Car "M"	Tung Car "M"	Monel(1)		
N	Steel			Steel		Neoprene
O	Bronze	Bronze	Bronze	Bronze		Buna N
P		Ductile Iron Facing	(P-7) Base Metal with Ductile Iron Facing	Cast Iron	Plain (Non-Lub.)	Kalrez(1)
Q		Silicon Carbide "V"	Silicon Carbide "V"		Quenching	
R		#5 Carbon				
S	Titanium	Stellite(1) Facing	(S5) Titanium with #55 Facing	Titanium	Steam Heating 2 Piece Welded	
T						Duration(1) "V" Ring & GF Duration(1) Spreader Ring
U		Tung Car 62-6	Tung Car 62-6			EPT
V					Throttle Bushing with Vent & Drain Connections	Vion(1)
W		Hi-Resist(1)	Hi-Resist(1)		Circulating Lubrication	
X		Duramic	Duramic			
Y		Kalamate	Kalamate			
Z	Nickel					
1						
2		Silicon Carbide 2	Silicon Carbide 2			
3		No Facing Material	No Facing Material			
4		Silicon Carbide 1	Silicon Carbide 1			
5		#55 Facing	#5 Carbon			Duration(1) Cove Ring Specify "O" Ring Material
6			#6 Carbon			
7		Puramic	Puramic			
8		Tung Car 62-1	Tung Car 62-1			
9		Tung Car 62-3	Tung Car 62-3			

(1) When Tung Ring is not supplied by Duramate, replace fourth & fifth digit with dash (-). Ex. E55-11.

(2) Insert Mounting does not apply to clamped style inserts, except P-15 for freely mounted inserts only.

(3) Registered Trademark of DuPont de Nemours & Co.

(4) Registered Trademark of E. I. duPont de Nemours & Co. Inc.

* Insert Mounting includes Housing (H)

† Stainless Steel Rings can be furnished at optional price.

ALL DIMENSIONS ARE
SINGLE UNITS UNLESS
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 159 -

MATERIALS

FLUID	DIGIT							NOTES
	1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH		
ABRASIVE SLURRIES	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1113							
ACETALDEHYDE CH_3CHO	E	D, S, P	5	E	F	T, P	1	
ACETATE SOLVENTS	E	D, S, P	5	E	F	T, P	1	
ACETIC ACID CH_3COOH	SEE ACID, ACETIC							
ACETIC ANHYDRIDE $(CH_3CO)_2O$	E	J, S, P	5	E	F	T, P	1	
ACETONE CH_3COCH_3	E	D, S, P	5	E	F	T, E	1	
ACETYLENE $HC\equiv C$	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1034							
ACID, ACETIC-DILUTE CH_3COOH	E	X, S, P	5	E	F	T, E	1	
ACID, ACETIC - GLACIAL CH_3COOH	E	X, S, P	5	E	F	T, P	3	
ACID, ACETIC - VAPORS CH_3COOH	E	X, S, P	5	E	F	T, E	5	
ACID, ARSENIC H_3AsO_4	E	X, S, P	5	E	P	T, V	1, 10	
ACID, BENZOIC C_6H_5COOH	H	X	5	H	S	F, P	9	
ACID, BORIC H_3BO_3	E	X, S, P	5	E	F	T, M, V	3	
ACID, BUTYRIC C_4H_7COOH	E	X, S, P	5	E	F	T	1, 10	
ACID, CARBOIC (PHENOL) C_6H_5OH	SEE PHENOL							
ACID, CARBOIC CO_2+H_2O	E	X, S, P	5	E	F	T, M, V	1, 10	
ACID, CHLORACETIC $ClCH_2COOH$	H	X	5	H	F	T, P	1, 10	
ACID, CHLOROSULFONIC HSO_3Cl	H	X	4	H	F	T, P	1, 10	
ACID, CHROMIC <40% <120°F (49°C)	E	X	0, 4	E	F	T, V	1, 10	
	E	X	0, 4	E	Q	T, V	2, 10	
ACID, CHROMIC >40% <150° (65°)	I	X	0, 4	I	F	T, V	1, 10	
	I	X	0, 4	I	Q	T, V	2, 10	
ACID, CITRIC $C_6H_8O_7$	E	X, S, P	5	E	F	T, O	1	
ACID, CRESYLIC $HOC_6H_4CH_3$	E	S	5	E	F	T, V	1	
ACIDS, FATTY	REFER TO SPECIFIC ACID							
ACID, FLUOSILICIC H_2SiF_6	SEE ACID, HYDROFLUOSILICIC							
ACID, FORMIC $HCOOH$	E	X	5	E	F	T, E	1	
ACID, HYDROBROMIC HBr	H	X	5	H	F	T, V	1, 10	
ACID, HYDROCHLORIC OR MURIATIC <37% <115°F (52°C)	H	X	5	H	F	T, V	1, 10	
ACID, HYDROCYANIC HCN	E	X, S, P	5	E	F	T, V	1	
ACID, HYDROFLUORIC HF	M	7	5	M	F	T, V	WITH HC FLUSH 10	
	E	7	5	E	F	T, V	6, 10	
ACID, HYDROFLUOSILICIC H_2SiF_6	M	7, R	5	M	F	T, V	3	
ACID, LACTIC $CH_3CH(OH)COOH$	E	S, P	5	E	F	T, V	1, 10	
ACID, LEVULINIC $CH_3COCH_2CH_2COOH$	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112							
ACID, MALEIC $HOOCCH=CHCOOH$	E	X, S, P	5	E	F	T, V	3	

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

Page 4

ALL DUPLA REELS ARE
SHOWN IN THIS ASSEMBLY
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 160 -

MATERIALS

ROTARY UNIT

SEAL RING
FACE

RODENT

CLAND RING

CLAND RING
FLANGES

SAINT PASCAL
RODENT POSITIONING

FLUID		DIGIT							NOTES
		1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH		
ACID, NAPHTHENE		E	S.P	S	E	F	T.V	1	
ACID, NITRIC	HNO ₃	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1108							
ACID OLEIC	C ₁₇ H ₃₃ CH(CH ₃)COOH	E	X.S.P	S	E	F	T.P	1	
ACETIC, OXALIC	HOOC ₂ COOH	E	X.S.P	S	E	F	T.V.E	1, 10	
ACID, PALMITIC	C ₁₆ H ₃₂ COOH	E	D.S.P	S	E	F	T.V	3	
ACID, PHOSPHORIC	H ₃ PO ₄	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1221							
ACID, STEARIC	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	E	X.S.P	S	E	F	T.D	1	
ACID, SULFAMIC	H ₂ NSO ₂ H	E	X.S.P	S	E	F	T.V	1	
ACID, SULFINIC	H ₂ SO ₂	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1175							
ACID, SULFUROUS	SO ₂ +H ₂ O	I	X	S	I	F	T.V	1, 10	
ACID, TANNIC	C ₁₂ H ₆ O ₆	E	S.P	S	E	F	T.N.V	1	
ACRYLONITRILE	CH ₂ =CHCN	E	D.S.P	S	E	F	T.D	1	
AIR		E	U	S	E	P	D	TYPE VO	
ALCOHOL, BUTYL, ETHYL, ISOPROPYL & METHYL		E	D.S.P	S	E	F	T.N.E	1	
ALUM (ALUMINUM POTASSIUM SULFATE)(K ₂ SO ₄)		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112							
ALUMINUM CHLORIDE	AlCl ₃	H	X	S	H	F	T.O.V	1, 10	
ALUMINUM SULPHATE	Al ₂ (SO ₄) ₃	K	X.S.P	S	K	F	T.O.V	3, 10	
AMMONIA ANHYDROUS	NH ₃	E	B.B	S	E	F	T.E	1, 7	
AMMONIA, AQUA	NH ₃ +H ₂ O	E	B.B	S	E	F	T.E	1	
AMMONIUM, BIFLUORIDE	NH ₄ HF ₂	M	S	S	M	F	T	1	
AMMONIUM CARBONATE	(NH ₄) ₂ CO ₃	E	D.S.P	S	E	F	T.E	1	
AMMONIUM CHLORIDE	NH ₄ Cl	H	X	S	H	F	T.E	1	
AMMONIUM HYDROXIDE	NH ₄ OH	E	7	S	E	F	T.E	1	
AMMONIUM NITRATE	NH ₄ NO ₃	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 832							
AMMONIUM PHOSPHATE MONO-, DI- (NH ₄) ₂ HPO ₄ , (NH ₄) ₂ HPO ₄		E	X.S.P	S	E	F	T.E	1	
AMMONIUM SULPHATE - WEAK	(NH ₄) ₂ SO ₄	E	X	S	E	F	T.E.O	1	
AMMONIUM SULPHATE - HEAVY	(NH ₄) ₂ SO ₄	E	X	S	E	F	T.E.O	3	
AMYL ACETATE	C ₇ H ₁₄ COOCH ₃	E	S.P	S	E	F	T.E	1	
AMYL ALCOHOL	C ₅ H ₁₁ OH	E	D.S.P	S	E	F	T.E	1	
ANILINE LIQUID	C ₆ H ₅ NH ₂	E	S.P	S	E	F	T.P	1	
ANILINE DYES		E	S.M	S	E	F	T.P	1	
AROCOR 1248		REFER TO DURAMETALLIC FOR SD 182							
ARSENIC ACID SOLUTION	H ₃ AsO ₄	SEE ACID, ARSFMC							
ASPHALT EMULSIFIED		E	D.S	S	E	S	I.V	9	

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

Page 5

ALL OSHA SEALS ARE
SINGLE PINKIE ASSEMBLIES
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 161 -

MATERIALS

ROTARY UNIT

SEMI-RING
PISTON

INJECT

GLASS PISTON

GLASS RING
TEXTURES

SWIRL PISTON
TEXTURES

FLUID		DIGIT						NOTES
		1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH	
BARIUM CHLORIDE	BaCl ₂	E	X, S, P	S	E	F	T, O, V	3
BARIUM NITRATE	Ba(NO ₃) ₂	E	X, S, P	S	E	F	T, V	3
BEER		E	D, S, W	S	E	F	T, O, V	1
BENZENE (BENZOL)	C ₆ H ₆	E	D, S, P	S	E	F	T, V	1
BENZIN		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1034						
BENZOIC ACID	C ₆ H ₅ COOH	SEE ACID, BENZOIC						
BLACK LIQUOR		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1072						
BORATE SOLUTIONS		E	X	S	E	F	T, O, V	1
BORIC ACID SOLUTION	H ₃ BO ₃	SEE ACID, BORIC						
BRINE, CALCIUM CHLORIDE	CaCl ₂	E	X, S, P	S	E	F	T, O, V	3
BRINE, CALCIUM CHLORIDE—INHIBITED	CaCl ₂	E	X, S, P	S	E	F	T, O, V	1
BRINE, SODIUM CHLORIDE	NaCl	E	X, S, P	S	E	F	T, O, V	3
BROMINE	Br ₂	REFER TO DURAMETALLIC						
BUTADIENE	CH ₂ =CHCH=CH ₂	E	S, M	S	E	F	T, V	1, 7
BUTANE	C ₄ H ₁₀	E	S, M	S	E	F	T, O, V	1, 7
BUTYL ACETATE	C ₄ H ₉ COOCH ₃	E	S, P	S	E	F	T, P	1
BUTYL ALCOHOL (BUTANOL)	C ₄ H ₉ OH	SEE ALCOHOL						
BUTYRIC ACID	C ₄ H ₇ COOH	SEE ACID, BUTYRIC						
CALCIUM BISULFITE	Ca(HSO ₃) ₂	E	X, S, P	S	E	F	T, O, V	1
CALCIUM CHLORIDE BRINE	CaCl ₂	SEE BRINE, CALCIUM CHLORIDE						
CALCIUM HYDROXIDE	Ca(OH) ₂	K, M	S, P	S	K, M	F	T, O, V	1
CALCIUM HYPOCHLORITE	Ca(OCl) ₂	I	X	S	I	F	T, V	1, 10
CARBOLIC ACID	C ₆ H ₅ OH	SEE ACID, CARBOLIC						
CANE SUGAR LIQUORS AND JICES		E	X, S, P	S	E	F	T, O, V	3
CAPROLACTAM	C ₆ H ₁₁ NO	E	X, S, P	S	E	S	T	9
CARBON DISULFIDE (CARBON DISULFIDES)		E	D, S, P	S	E	F	T, V	1, 10
CARBONIC ACID	CO ₂ /H ₂ O	SEE ACID, CARBONIC						
CARBON TETRACHLORIDE—DRY	CCl ₄	E	X, S, P	S	E	F	T, V	1
CASTOR OIL		SEE OIL, CASTOR						
CAUSTIC SODA	NaOH	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1041						
CHLORINE, ANHYDROUS	Cl ₂	E	X, S, P	S	E	F	T, V	6, 10
CHLORINE—WET (140°F/40°)	Cl ₂	I	X	S	I	F	T, V	1, 10
CHLORINE DIOXIDE	ClO ₂	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112						

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

Page 6

SEE MATERIALS INDEX
SPECIFIC INDEX AND INDEXES
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 102 -

MATERIALS

FLUID	DIGIT	MATERIALS							NOTES
		1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH		
CHLOROACETIC ACID CICH ₂ COOH	SEE ACID CHLOROACETIC								
CHLOROBENZENE MONO. DP. 171 C ₆ H ₅ Cl C ₆ H ₄ Cl ₂ C ₆ H ₃ Cl ₃	E SP 5 E F TV 1								
CHLOROFORM CHCl ₃	E SP 5 E F TV 1								
CHLOROSULFONIC ACID HSO ₃ Cl	SEE ACID CHLOROSULFONIC								
CHROMIC ACID CrO ₃	SEE ACID CHROMIC								
CITRIC ACID C ₆ H ₄ (OH)(COOH) ₃	SEE ACID CITRIC								
CLAY SLURRY	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1112								
COAL TAR	E DS 5 E S F P 9								
COLOR PIGMENTS	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1112								
COPPEROUS AMMONIUM ACETATE	L SP 5 E F N WITH NH ₄ LUSH E SP 5 E F N 6								
COPPER (IC) ACETATE Cu(CH ₃ COO) ₂	E XSP 5 E F TE 3								
COPPER (IC) CHLORIDE < 10% CuCl ₂	I X 5 I F TOV 8.10								
COPPER (OUS) CYANIDE CuCN	K XSP 5 K F TOV 1.10								
COPPER (IC) ITRATE Cu(NO ₃) ₂	E XSP 5 E F TOV 1.10								
COPPER STRIKE PLATING SOLUTION	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 201								
CORN OIL	SEE OIL CORN								
CORN SYRUP	E DS 5 E F TOV 1								
COTTONSEED OIL	SEE OIL COTTONSEED								
CREOSOTE	E DS 5 E F TV 1								
CRESOLS C ₆ H ₄ CH ₂ OH	E DS 5 E F TV 1								
CRESYLIC ACID C ₆ H ₄ CH ₂ OH	SEE ACID CRESYLIC								
CRUDE OIL	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1126								
CRYOGENICS	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 195								
DICHLOROBENZENE C ₆ H ₄ Cl ₂	SEE CHLOROBENZENE EM								
DICHLORODIFLUORIDE C ₂ H ₂ Cl ₂	E SP 5 E F TV 1								
DIETHANOLAMINE HN(C ₂ H ₄ OH) ₂	SEE ETHANOLAMINE								
DIETHYLENE GLYCOL (C ₂ H ₄) ₂ O	SEE GLYCOL DIETHYLENE								
DIOCTYL PHTHALATE C ₁₆ H ₃₄ O ₄	E DSP 5 E F TP 1								
DIPHENYL C ₆ H ₅ C ₆ H ₅	E DSP 5 F S F 9								
DMT (DIMETHYL TEREPHTHALATE) C ₆ H ₄ (COOCH ₃) ₂	E MU 5 E S F 9								
DOWTHERM	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 182								
DYE LIQUORS	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1112								
EPICHLOROHYDRIN C ₂ H ₄ ClO	E XSP 5 E F TP 1								
ETHANE C ₂ H ₆	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1034								
ETHANOLAMINE MONO (MEA) DI (DEA)	E SP 5 E F TP 1								

ALL DATA REELS ARE
SAMPLY WASHED ASSEMBLIES
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 153 -

MATERIALS

FLUID	CHEMICAL	DIGIT						NOTES
		1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH	
ETHER (ETHYL ETHER)	$C_2H_5OC_2H_5$	E	D S P	S	F	F	T P	1
ETHYL ACETATE	$CH_3COOC_2H_5$	E	D S P	S	E	F	T P	1
ETHYL ALCOHOL (ETHANOL)	C_2H_5OH	SEE ALCOHOL						
ETHYL BROMIDE	C_2H_5Br	K	X S P	S	K	F	T, V	1
ETHYL CELLULOSE		E	S	S	E	F	T, P	3
ETHYL CHLORIDE	C_2H_5Cl	K	X S P	S	K	F	T, V	1
ETHYL SULFATE	$(C_2H_5)_2SO_4$	E	X S P	S	E	F	T, P	3
ETHYLENE	$CH_2=CH_2$	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1034						
ETHYLENE BROMIDE	CH_2BrCH_2Br	K	X S P	S	K	F	T	1
ETHYLENE CHLORIDE ETHYLENE DICHLORIDE	CH_2ClCH_2Cl	E	X S P	S	E	F	T, V	1
ETHYLENE GLYCOL	CH_2OHCH_2OH	SEE GLYCOL ETHYLENE						
ETHYLENE OXIDE	$(CH_2)_2O$	E	U	S	E	F	T, P	1
FATTY ACIDS		REFER TO SPECIFIC ACID						
FERRIC CHLORIDE (<10% <160°F (71°C) FeCl ₃)		I	X	S	I	F	T, V	8, 10
FLUOSILICIC ACID	H_2SiF_6	SEE ACID HYDROFLUOSILICIC						
FORMALDEHYDE FORMALIN	$HCHO$	E	D S P	S	E	F	T, P	1, 10
FORMIC ACID	$HCOOH$	SEE ACID FORMIC						
FREON 11 LIQUID CCl ₂ F	BOILING POINT 74.7° (24°C)	E	S U	S	E	F	T, O	1
FREON 12 LIQUID CCl ₂ F ₂	-21.6°F (-30°C)	E	S U	S	E	F	T, O, V	1, 7
FREON 13 LIQUID CClF ₃	-114.0°F (-81°C)	E	S U	S	E	F	T, O, V	1, 7
FREON 14 LIQUID CF ₄	-198.4°F (-128°C)	E	S U	S	E	F	T, O, V	1, 7
FREON 21 LIQUID CHClF ₂	48.0°F (9°C)	E	S U	S	E	F	T	1
FREON 22 LIQUID CHClF	-41.4°F (-41°C)	E	S U	S	E	F	T	1, 7
FREON 31 LIQUID CH ₂ ClF		E	S U	S	E	F	T, E	1
FREON 32 LIQUID C ₂ H ₂ F ₄		E	S U	S	E	F	T, O, E	1
FREON 112 LIQUID CClF ₂ CCl ₂ F	199.0°F (93°C)	E	S U	S	E	F	T, V	1
FREON 113 LIQUID C ₂ Cl ₂ F ₃	117.6°F (48°C)	E	S U	S	E	F	T, N, O	1
FREON 114 LIQUID C ₂ ClF ₄	38.4°F (4°C)	E	S U	S	E	F	T, O, V	1
FREON 115 LIQUID C ₂ ClF ₅	-37.7°F (-35°C)	E	S U	S	E	F	T, O, V	1, 7
FRUIT JUICES		E	X S P	S	E	F	T, O, V	1
FUEL ALCOHOL		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1320						
FUEL OIL		SEE OIL FUEL						
FURFURAL	$C_5H_4O_2$	F	D S P	S	E	F	T, P	1

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

Page 6

ALL DIMENSIONS ARE
SMALLER IN SIZE ASSEMBLIES
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 154 -

MATERIALS

FLUID	DIGIT							NOTES
	1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH		
GASOLINE—AROMATIC AVIATION	E	D S W	5	N	F	T V	1	
GASOLINE—AUTOMOTIVE ETHYL REFINED SOUR	E	D S W	5	N	F	T, O V	1	
GLYCERIN GLYCEROL CH(OH)CH ₂ (OH)	E	D S W	5	N	F	T O V	1	
GLYCOL—ETHYLENE, DIETHYLENE AND PROPYLENE	E	D S W	5	N	F	T O V	1	
GREEN SULPHATE LIQUOR	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1112							
HEAT TRANSFER LIQUIDS	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 182							
HELIUM He	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-195							
HEPTANE C ₇ H ₁₆	E	M U	5	E	F	T O V	1	
HEXANE C ₆ H ₁₄	E	M U	5	E	F	T O V	1	
HYDROBROMIC ACID HBr	SEE ACID HYDROBROMIC							
HYDROCHLORIC ACID HCl	SEE ACID HYDROCHLORIC							
HYDROCYANIC ACID HCN	SEE ACID HYDROCYANIC							
HYDROFLUORIC ACID HF	SEE ACID HYDROFLUORIC							
HYDROFLUOSILICIC ACID H ₂ SiF ₆	SEE ACID HYDROFLUOSILICIC							
HYDROGEN H ₂	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-195							
HYDROGEN CYANIDE HCN	E	X S P	5	E	F	T, V	1	
HYDROGEN PEROXIDE (70% (150°/184°) H ₂ O ₂)	E	X	O 4	E	F	T, V	1	
HYDROGEN SULFIDE H ₂ S	E	X S P	5	E	F	T, E P	1, 10	
ISO BUTYL ALCOHOL C ₄ H ₁₀ OH	SEE ALCOHOL ISO BUTYL							
ISO BUTYRALDEHYDE C ₄ H ₈ CHO	E	S P	5	E	F	T	1	
ISO PROPYL ALCOHOL C ₃ H ₈ OH	SEE ALCOHOL ISO PROPYL							
JET FUEL (JP4, JP5, & JP11)	E	D S W	5	N	F	T, V	1	
KAOLIN SLIP SUSPENSION IN WATER	E	X S P	5	E	F	T O V	3	
KEROSENE	E	D S W	5	N	F	T O V	1	
LAQUERS	E	S	5	E	F	T	3	
LAQUER SOLVENTS	E	S	5	E	F	T	1	
LACTIC ACID CH ₃ CH(OH)COOH	SEE ACID LACTIC							
LATEX	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1073							
LEVULNIC ACID CH ₃ COCH ₂ CH ₂ COOH	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1112							
LIME WATER (MILK OF LIME)	E	X S P	5	E	F	T O V	3	
LINSEED OIL	SEE OIL LINSEED							
LIQUIFIED PETROLEUM GASES	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1034							

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

P 108 B

SEE DURAMETALS AND
SPACE IN CASE ASSEMBLY'S
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 165 -

MATERIALS

FLUID	DIGIT							NOTES
	1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH		
LIQUOR—PULP MILL, BLACK	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1072							
LIQUOR—PULP MILL, GREEN								
LIQUOR—PULP MILL, WHITE	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1112							
LIQUOR—PULP MILL, SULFITE								
LITHIUM CHLORIDE LiCl	H	X	S	H	F	T.O	1	
LITHIUM HYDROXIDE LiOH	K	S.P	S	K	F	T	1	
LUBRICATING OIL	SEE OIL, LUBRICATING							
MAGNESIUM HYDROXIDE Mg(OH) ₂	E	S.P	S	E	F	T.V	1	
MAGNESIUM SULFATE (EPSOM SALTS) MgSO ₄	E	X.S.P	S	E	F	T.N.V	3	
MALEIC ACID HOOCCH=CHCOOH	SEE ACID, MALEIC							
MALEIC ANHYDRIDE (CHCO) ₂ O	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1225							
MERCAPTANS	E	D.S.P	S	E	F	T	1	
MERCURIC CHLORIDE Cl ₂ O ₂ (Hg ²⁺) ₂ (Cl ⁻) ₂	I	X	S	I	F	T.O.V	3	
MERCURY Hg	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1158							
METHANE CH ₄	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 195							
METHYL ACRYLATE CH ₂ =CHCOOCH ₃	E	D.S.P	S	E	F	T.P	1	
METHYL ALCOHOL (METHANOL) CH ₃ OH	SEE ALCOHOL							
METHYL CHLORIDE CH ₃ Cl	E	D.S.P	S	E	F	T.V	1	
METHYL ETHYL KETONE (MEK) CH ₃ COCH ₂ CH ₃	E	D.S.P	S	E	F	T.E	1	
METHYL METHACRYLATE CH ₂ =C(CH ₃)COOH	E	D.S.P	S	E	F	T.P	1	
METHYLENE CHLORIDE METHYLENE DICHLORIDE	E	X.S.P	S	E	F	T.P	1	
MINERAL OIL	SEE OIL, MINERAL							
MISCELLA	E	D.S.P	S	E	F	T	1	
MORBILTHERM	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 182							
MOLASSES	E	D.S	S	E	F	T.O.V	1	
MONOCHLOROBENZENE C ₆ H ₅ Cl	SEE CHLOROBENZENE, MONO							
MONOETHANOLAMINE (MEA) NH ₂ CH ₂ OH	SEE ETHANOLAMINE							
MURATIC ACID HCl	SEE ACID, HYDROCHLORIC							
NAPHTHA	E	D.S	S	E	F	T.V	1	
NICKEL CHLORIDE NiCl ₂	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 201							
NICKEL PLATING SOLUTION	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 201							
NITRIC ACID HNO ₃	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD 1108							
NITROBENZENE C ₆ H ₅ NO ₂	S	X.S.P	S	E	F	T.P	1	

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

ALL DATA IS IN % UNLESS OTHERWISE NOTED

MATERIALS

- 105 -

ROCKERY ON

SEE BOND FACE

RESIN

QUANTUM

GLASS TONG FEATURING

SHUNT PACKING

MOON MOUNT

RESIN TIGHTENING

FLUID	DIGIT	DIGIT							NOTES
		1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH		
NITROGEN N ₂	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1195								
NUCLEAR APPLICATIONS	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1265								
OL. CASTOR	E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1		
OL. COFFIN	E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1		
OL. COTTONSEED	E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1		
OL. FUEL	E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1		
OL. LINSEED	E	D.S	S	E	F	T.O.V	1		
OL. LUBRICATING—SOUR	E	S	S	E	F	T.O.V	1		
OL. LUBRICATING—REFINED	E	S	O	N	F	T.O.V	1		
OL. MINERAL	E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1		
OL. PETROLEUM—CRUDE	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1126								
OL. SOY BEAN	E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1		
OL. TALL	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112								
OL. UCON	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-182								
OXALIC ACID C ₂ H ₂ O ₄ C ₂ H ₂ Cl ₂ COOH	SEE ACID. OXALIC								
OLEUM H ₂ SO ₄	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-175								
OXALIC ACID HOOC ₂ COOH	SEE ACID. OXALIC								
OXYGEN O ₂	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-165								
PALMITIC ACID C ₁₆ H ₃₂ COOH	SEE ACID. PALMITIC								
PAPER STOCK	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112								
PARAFFIN (WAXEN)	E	D.S.W	S	E	S	F	9		
PERCHLOROETHYLENE Cl ₂ C=CCl ₂	K	X.S.P	S	K	F	T.V	1		
PETROLEUM GASES LIQUEFIED	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1034								
PETROLEUM OIL—CRUDE	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1126								
PHENOL C ₆ H ₅ OH	E	S.P	S	E	L.A.A	T.V		DOUBLE SEALS FOR MAXIMUM SAFETY	
PHOSPHORIC ACID H ₃ PO ₄	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1221								
PHOSPHOROUS P	REFER TO DURAMETALLIC								
PHOSPHOROUS OXYCHLORIDE POCl ₃	1	X	S	1	F	T	2		
PHOSPHOROUS TRICHLORIDE PCl ₃	1	X	S	1	F	T.V	1		
PHTHALIC ANHYDRIDE C ₈ H ₄ O ₃	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1225								
PLATING SOLUTIONS	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-201								
POTASSIUM CARBONATE K ₂ CO ₃	E	M.U	S	E	F	T.V	3		
POTASSIUM CHLORIDE KCl	E	X.S.P	S	E	F	T.O.V	1		
POTASSIUM CYANIDE KCN	E	X.S.P	S	F	F	T.O.V	1.10		

ALL OURA SEALS ARE
SAMPLE INSIDE ASSEMBLY'S
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 167 -

MATERIALS

FLUID		DIGIT							NOTES
		1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH		
POTASSIUM HYDROXIDE	KOH	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1041							
POTASSIUM PERMANGANATE	KMNO ₄	E	X.S.P	S	E	F	T	3	
POTASSIUM SULFATE	K ₂ SO ₄	M	X.S.P	S	E	F	T.O.V	1	
PRESTONE		E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1	
PRODUCER GAS		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1034							
PROPANE	C ₃ H ₈	E	M.U	S	E	F	T.O.V	1,7	
PROPYLENE CARBONATE		E	M.U	S	E	F	T.V	1	
PROPYLENE GLYCOL	CH ₃ CHOHCH ₂ OH	SEE GLYCOL, PROPYLENE							
PROPYLENE OXIDE	C ₃ H ₆ O	E	S	S	E	F	T.P	1	
PULP MILL LIQUOR		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112							
PYRIDINE	C ₅ H ₅ N	E	S	S	E	F	T.P	1	
ROSI—PAPER MILL		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112							
SEWAGE		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1018							
SILICONE OILS		E	D.S	S	E	F	T.O.V	1	
SLURRIES, ABRASIVE		REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1113							
SOAP LIQUOR		E	M.U	S	E	F	T.O.V	1	
SODA ASH	Na ₂ CO ₃	SEE SODIUM CARBONATE							
SODIUM BICARBONATE	NaHCO ₃	E	X.S.P	S	E	F	T.O.V	1	
SODIUM BISULFATE	NaHSO ₄	M	X.S.P	S	M	F	T.O.V	1	
SODIUM CARBONATE	Na ₂ CO ₃	E	X.S.P	S	E	F	T.O.V	1	
SODIUM CHLORIDE	NaCl	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112							
SODIUM CHLORIDE	NaCl	SEE 80% SODIUM CHLORIDE							
SODIUM CYANIDE	NaCN	E	X.S.P	S	E	F	T.O.E	1,10	
SODIUM HYDROXIDE	NaOH	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1041							
SODIUM HYPOCHLORITE	NaClO	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112							
SODIUM NITRATE	NaNO ₃	E	X.S.P	S	E	F	T.E	1	
SODIUM PHOSPHATE, MONO-D- AND TRIP-	Na ₂ HPO ₄ , NaH ₂ PO ₄ , Na ₃ PO ₄	E	S.X	S	E	F	T.O.V	1	
SODIUM SULFATE	Na ₂ SO ₄	E	D.S	S	E	F	T.O.V	3	
SODIUM SULFATE (GLAUBER'S SALTS)	Na ₂ SO ₄	E	X.S.P	S	E	F	T.O.V	3	
SODIUM SULFIDE	Na ₂ S	E	X.S.P	S	E	F	T.O.V	1,10	
SODIUM THIOSULFATE (OR HYPO)	Na ₂ S ₂ O ₄	E	X.S.P	S	E	F	1E.V	3	
SOY BEAN OIL		SEE OIL, SOY BEAN							
STANNIC CHLORIDE (ClO ₄ < Cl60°F) (1°C; SnCl ₄)		H	X.S.P	S	H	F	T.O.V	1,10	

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

ALL DATA ARE AS SHOWN
UNLESS OTHERWISE NOTED

- 108 -

MATERIALS

FLUID	DIGIT						NOTES
	1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH	
STARCH	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112						
STEEP LIQUOR (OR WATER)	E	XSP	S	E	F	T.O.V	3
STYRENE $C_6H_5CH=CH_2$	E	DS	S	E	F	T	1
SUGAR SOLUTIONS	E	XSP	S	E	F	T.O.V	3
SULFAMIC ACID H_2NSO_3H	SEE ACID, SULFAMIC						
SULFINOL	E	MU	S	E	F	E	1
SULFUR, MOLTEN S	E	S	W	E	S	F	9
SULFUR DIOXIDE - MOIST SO_2	SEE ACID, SULFUROUS						
SULFURIC ACID H_2SO_4	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1175						
SULFUROUS ACID $SO_2 + H_2O$	SEE ACID, SULFUROUS						
TALL OIL	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112						
TANNIC ACID $C_{12}H_{10}O_6$	SEE ACID, TANNIC						
TAR, HOT	E	DS	S	E	S	F.P	9
TETRAETHYL LEAD $PE(C_2H_5)_4$	E	D.S.W	S	N	F	T.V	1
THERMANOL	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-182						
TITANIUM DIOXIDE	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112						
TITANIUM TETRACHLORIDE $TiCl_4$	K	X.S.P	S	K	F	T.V	3
TOLUENE OR TOLUOL C_6H_6	E	D.S.P	S	E	F	T.V	1
TRICHLOROBENZENE $C_6H_3Cl_3$	SEE CHLOROBENZENE, TRN						
TRICHLOROETHYLENE (DRY) C_2Cl_4	E	SX	S	E	F	T.V	1
TRICHLOROETHYLENE (WET) C_2Cl_4	M	X.S.P	S	M	F	T.V	1
TRISODIUM PHOSPHATE Na_3PO_4	E	SX	S	E	F	T.O.V	3
TURPENTINE	E	D.S.W	S	N	F	T.O.V	1
UCON OIL	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-182						
UREA H_2NCONH_2	E	X.S.P	S	E	F	T.E	1
UREA	E	U	S	E	S	F	9
VARNISH	E	S	S	E	F	T.V	1
VNEGAR	E	X.S.P	S	E	F	T.V	1
VINYL ACETATE $CH_3COOCH=CH_2$	E	S	S	E	F	T.P	1
VINYL CHLORIDE $CH_2=CHCl$	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1200						
VINYLDENE CHLORIDE $CH_2=CCl_2$	E	X.S.P	S	E	F	T	1
WATER BOILER FEED CONDENSATE AND HOT CIRCULATING SYSTEMS H_2O	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1279						
WATER BORATED (W/CLEAR) $H_2O + H_3BO_3$	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1265						
WATER, DISTILLED H_2O	E	X.S.P	S	E	P	T.O.V	1
WATER FRESH, CLEAN COOL H_2O	E	X.S.P	S	E	P	T.O.V	1
WATER SALT $H_2O + NaCl$	SEE BRINE, SODIUM CHLORIDE						

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3

Page 13

- 100 -

ALL DURA SEALS ARE
SMALL WIRE ASSEMBLIES
UNLESS OTHERWISE NOTED

FLUID	MATERIALS								NOTES
	RO-TT-RO-D	SEAL-RO FACE	RO-BRT	GLASS-RODS	GR-PT-RO-C FAL-RO-C	SW-PT-RO-C RO-BRT-RO-PT-RO-D	DIGIT		
	1ST	2ND	3RD	4TH	5TH	6TH & 7TH			
WHSKEY	E	D.S.W	5	E	F	T.O.V	1		
WHITE LIQUOR	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112								
WHITE WATER	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112								
WINE	E	D.S.W	5	E	F	T.O.V	1		
WOOD BROKE	REFER TO DURAMETALLIC FORM SD-1112								
XYLENE OR XYLOL	C ₆ H ₁₀ O ₂	E	D.S.W	5	H	F	T.V	1	
ZINC CHLORIDE	ZnCl ₂	H	X	5	H	F	T.O.V	1	
ZINC PLATING SOLUTION		E	X.S.P	5	E	F	T.O.V	1	
ZINC SULFATE	ZnSO ₄	E	X.S.P	5	E	F	T.O.V	1	

FOR MATERIAL CODE IDENTIFICATION SEE PAGE 3.

TABLE I
PRESSURE AND SPEED LIMITATIONS OF VARIOUS DURA SEAL® TYPES

INSIDE DURA SEALS

Dura Seal Type	UNBALANCED				BALANCED				
	Max. Pressure		Max. Speed		Max. Pressure		Max. Speed		
	P.S.I.G.	BAR'S	F.P.M.	M.P.S.	P.S.I.G.	BAR'S	F.P.M.	M.P.S.	
RO, RO-TT, RO-D	300*	20*	4,500	23	PTO, PT, PO-D	600*	40*	4,500	23
ARO, ARO-TT, ARO-D	300*	20*	4,500	23	APTO, APT, APO-D	600*	40*	4,500	23
BRO, BRT	400*	27*	3,500	18	BPO, BPT	400*	27*	3,500	18
CRO	300*	20*	4,500	23	POS	350*	23*	4,500	23
RX-O, RX-T, RX-OL, RX-TL	300*	20*	4,500	23	PBR	350*	23*	4,500	23
					PBS	350*	23*	6,500	33
					HPTO	2500*	170*	4,500	23
					HS	1200	80	12,500	63
					XRO-RA	300*	20*	4,500	23
					PTO-HW	600*	40*	4,500	23

OUTSIDE DURA SEALS

Dura Seal Type	UNBALANCED				BALANCED				
	Max. Pressure		Max. Speed		Max. Pressure		Max. Speed		
	P.S.I.G.	BAR'S	F.P.M.	M.P.S.	P.S.I.G.	BAR'S	F.P.M.	M.P.S.	
RO, RO-TT, RO-D	35	2	4,500	23	RA, RA-C	400*	27*	4,500	23
BRO, BPT	35	2	3,500	18	POS	150	10	4,500	23

DRY RUNNING DURA SEALS

Dura Seal Type	UNBALANCED				BALANCED				
	Max. Pressure		Max. Speed		Max. Pressure		Max. Speed		
	P.S.I.G.	BAR'S	F.P.M.	M.P.S.	P.S.I.G.	BAR'S	F.P.M.	M.P.S.	
RO	100*	7*	200	1	PTO	100*	7*	200	1
BRO	100*	7*	200	1	BPO	100*	7*	200	1
					RA	100*	7*	200	1
					VRA	200*	14*	200	1
					RA-S	100*	7*	200	1

*The above ratings are for rough estimating purposes only. The exact pressure limitation is dependent upon a pressure-velocity (PV) relationship based on seal size, speed, seal face materials, and fluid lubricity. Pressure-velocity curves list the exact pressure limits. (See SD-1295). However, we suggest you use a Dura Seal "Information Sheet" form and list details of your sealing problem for our reference. We will gladly submit a recommendation on the best Dura Seal type for handling your specific condition. There is no obligation.



mechanic to follow recommended procedures. The use of correct nomenclature saves time in the procurement of proper replacement parts. Many designs of Dura Seals are available,

and they all reflect one of eight basic types. Examples of the eight basic types are shown in Figures VIII-A through VIII-H. Basic component parts and their correct names are included.

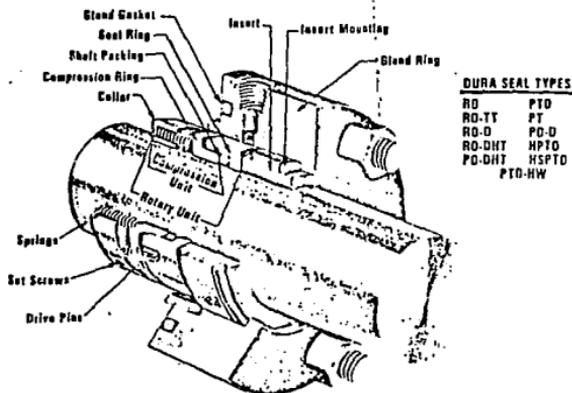


FIG. VIII-A SINGLE UNBALANCED & BALANCED SEALS, RO & PTO SERIES

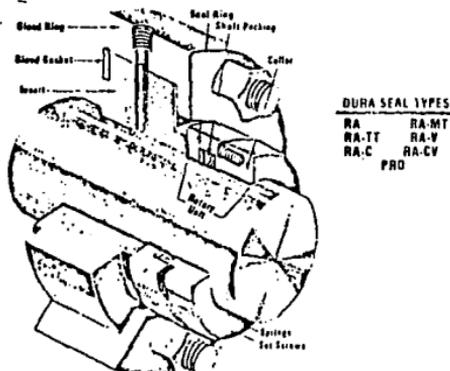
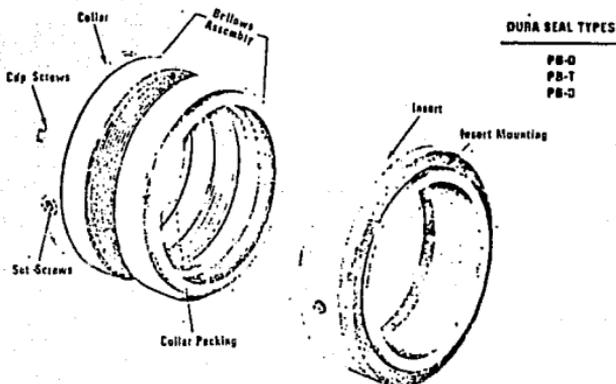


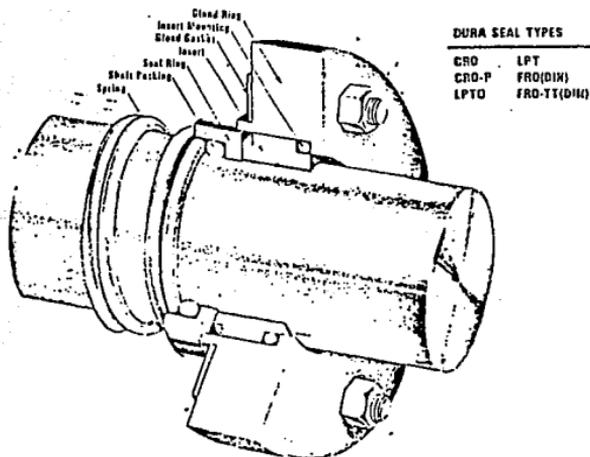
FIG. VIII-B SINGLE OUTSIDE BALANCED SEALS, RA SERIES



DURA SEAL TYPES

PB-Q
PB-T
PB-U

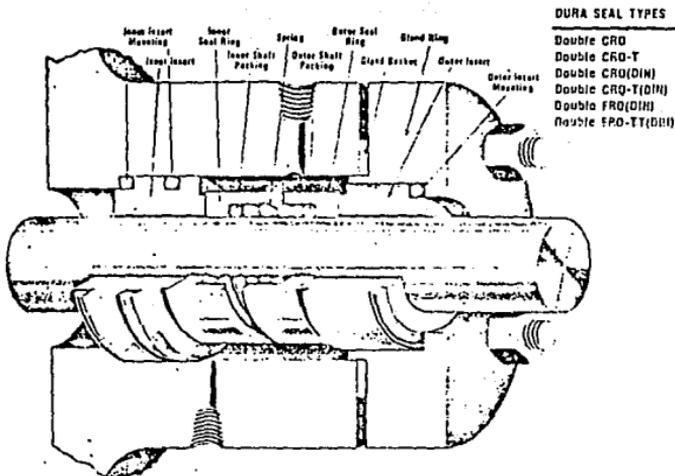
FIG. VIII-C METAL BELLOW SEALS, PB SERIES



DURA SEAL TYPES

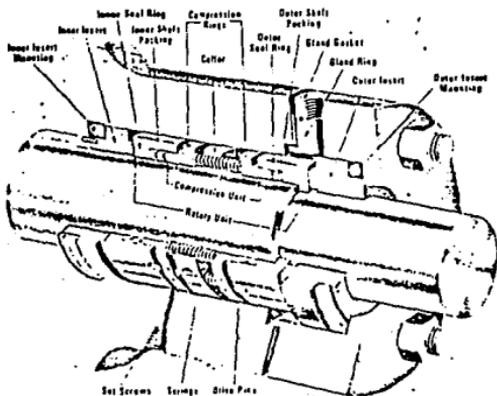
CRO LPT
CRO-P FRO(DIN)
LPTO FRO-TT(DIN)

FIG. VIII-D SINGLE SEALS WITH SINGLE COIL SPRING, CRO, FRO, & LPTO SERIES



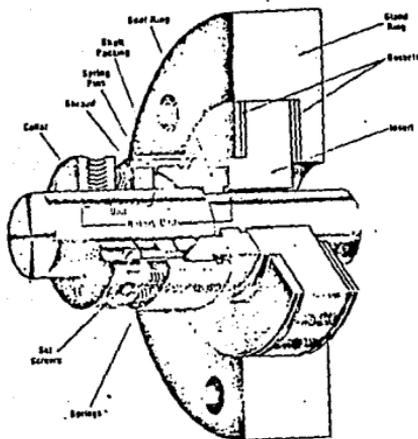
- DURA SEAL TYPES**
- Double CRO
 - Double CRO-T
 - Double CRO(DIN)
 - Double CRO-T(DIN)
 - Double FRO(DIN)
 - Double FRO-TT(DIN)

FIG. VIII-E DOUBLE SEALS WITH SINGLE COIL SPRING, CRO & FRO SERIES



- DURA SEAL TYPES**
- Double RO/RO-TT
 - Double RO/RO-TT-PTO/PT
 - Double PTO/PT

FIG. VIII-F DOUBLE UNBALANCED & BALANCED SEALS, RO & PTO SERIES

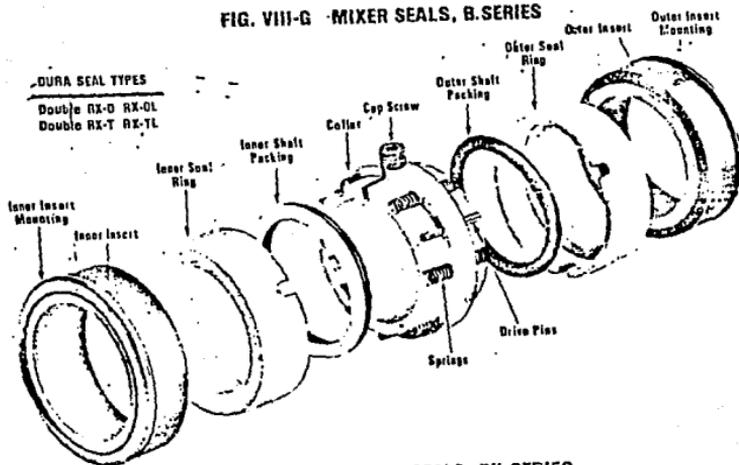


DURA SEAL TYPES

BRO	RPO
BRT	RPT

(Single or Double)

FIG. VIII-G MIXER SEALS, B.SERIES



DURA SEAL TYPES

Double	RX-O	RX-OL
Double	RX-T	RX-TL

FIG. VIII-H DOUBLE SEALS, RX SERIES

6.2. Sellos mecánicos BORG WARNER.

6.2.1. Identificación del sello mecánico.

EJEMPLO:

NUMERO DE MODELO		CODIGO DE MATERIALES
TIPO	DIMENSION	MATERIALES DE CONSTRUCCION
QB	2"	5 D I C
PRIMER TERMINO	SEGUNDO TERMINO	TERCER TERMINO

El primer término indica los diferentes tipos de sellos, los cuales se muestran en la tabla N° 1 (pg. 185).

El segundo término indica el diámetro interior nominal del empaque de la cara rotativa.

El tercer término indica los materiales de construcción de cada elemento del sello mecánico, el cual se explicará con detalle más adelante en CODIGO DE MATERIALES.

Un número de modelo y un código de materiales han sido asignado a cada tipo de sello para su identificación.

NUMERO DE MODELO. Es el diámetro interior nominal de la copa "U" (empaque de la cara rotativa), o anillo de fricción, expresado en decimales con el punto decimal omitido y el prefijo indica el tipo de sello tal como: "U", "L", "Q", etc.

El número de modelo de un sello del tipo "BR" es el diámetro nominal medio del fuelle.

El número de modelo de un sello "BX" y "BCT" es el diámetro de la flecha o la manga en la cual es montado.

EJEMPLO:

Un sello tipo "U" con D.I. de copa de $1 \frac{3}{4}$ " es modelo U-1750.

Un segundo prefijo es usado para indicar la diferencia en la construcción cuando dos o más sellos tienen D.I. -- idéntico en la copa "U".

EJEMPLO:

Un sello UX-1750 tiene el D.E. menor que el U-1750, pero el D.I. de la copa "U" es el mismo.

Si cualquier parte del sello es modificada dimensionalmente para una aplicación especial, el sello es especial y un segundo o tercer prefijo W es añadido.

EJEMPLO:

Un sello UX- 1750 con cara estacionaria cambiada a cara estacionaria balanceada no-estandar da un sello UXW-1750.

Un sello U-1750 con D.E. reducido del resorte accionador da un sello UW-1750.

Cuando la letra "W" aparece como prefijo, esto es un indicativo que al menos una de las partes del sello tiene dimensiones no-estandar y que el archivo debe ser chequeado antes de reparar o de substituir partes del sello mecánico.

Cuando la letra "Y" aparece como sufijo en el código de materiales, esto es un indicativo que al menos en una de las partes del sello el material no es estandar, requiriendo chequear el archivo antes de reparar o de substituir partes del sello.

CODIGO DE MATERIALES. Para explicar el código de materiales es necesario incluir la siguiente información, que mas adelante se utilizará para la selección del sello mecánico en estos términos. Y así, quedará definido completamente la nomenclatura de este fabricante.

LA TABLA DE SELECCION DE MATERIALES PARA SELLOS --- BORG WARNER, pags. 187-188, es una recopilación de datos empíricos disponibles para la selección del sello mecánico.

En la TABLA N° 1 (pag. 185) se tabulan los límites de presión de sellos mecánicos Borg warner.

Los materiales del código son identificados en la TABLA N° 2 (pag. 186).

En la TABLA N° 3 (pag. 186) se enlistan los códigos para las combinaciones de materiales disponibles para sellos mecánicos estandar. Aunque muchas otras combinaciones son -

disponibles, es usualmente una ventaja usar uno de estos estandar listados.

En la TABLA N^o 4 (pag. 186), se deberá checar las limitaciones de temperatura para asegurarse de que no se exceda el rango para la recomendación de materiales para juntas y cara estacionaria. Si la temperatura de servicio requerida esta fuera de rango, use la TABLA N^o 4 (pag. 186) para determinar el material de los empaques y cara estacionaria disponible. Despues recheckar la TABLA DE SELECCION DE MATERIALES (pags. 187-188) para la aceptabilidad de los materiales con el producto a sellar.

La TABLA N^o 6 (pag. 179), contiene notas y condiciones especiales en sellos mecánicos.

6.2.2. Dibujos de ensamble de algunos tipos de sellos mecánicos BORG WARNER.

Para un mejor entendimiento en la terminología de las partes componentes de estos sellos, se anexan dibujos de ensamble de los tipos mas comunes de sellos mecánicos.

Dibujos de ensamble en pags. 189-195

TABLA N° 6. NOTAS ESPECIALES SOBRE CODIGO DE MATERIALES APLICABLES A LOS SELLOS MECANICOS BORG WARNER.

1. Las partes metálicas consisten de todas las partes del sello básico excepto empaques, cara rotativa y cara estacionaria.
2. El material estandar para resortes actuadores y pines de arrastre, con código "3" del primer símbolo (partes metálicas) es 316.
3. Donde las partes estan compuestas de dos materiales diferentes, tales como Nitrilo para la copa U (empaque de la cara rotativa) y teflón para el empaque de la cara estacionaria, el código para esta combinación de empaques es el tercer símbolo será 1/7.
4. El material seleccionado para las partes, puede ser de grado superior o estandar debido a la disponibilidad. Grados superiores de materiales de cualquier parte no cambiará el código de materiales y será una base selectiva para estar seguro de la compatibilidad del producto.
5. Para el tipo BCT, QT, y QBT el material estandar para el empaque de cara estacionaria es teflón S-13 y asbestos S-13-1.

6. Para el tipo BR, el material estandar en el ensamble del fueille las terminales son de 316.
7. Para el tipo GS, el material estandar para el resorte actuador es Inconel.

NOTAS PARA CODIGOS DE SELLOS TIPO

BCO, BCT, BX y BXT.

El codigo de materiales para una unidad rotativa son tres simbolos y un guion (-). Cuando una cara estacionaria es adquirida con una unidad rotativa, el guion (-) es omitido y el simbolo para la cara estacionaria es añadido.

EJEMPLO:

UNIDAD ROTATIVA 5DI -
CARA ESTACIONARIA C ----- 5DIC.

6.2.3. Procedimiento para la selección de sellos mecánicos Borg Warner.

Para seleccionar el sello mecánico y los materiales de construcción para una aplicación determinada, se procederá como sigue:

1. De la TABLA N^o 1 (LIMITES DE PRESION , pag. 185) se encuentra el tipo de sello para las condiciones de servicio en cuestión.
2. De la TABLA DE SELECCION DE MATERIALES, pag. 187-188, localizando el producto a ser sellado en la columna izquierda de esta tabla se correlacionará el tipo de sello obtenido en el inciso N^o 1, con los de la columna derecha de esta tabla, y se seleccionará aquel que coincida con alguno de estos (recomendados por la experiencia).
3. La selección de materiales es dado bajo el título de "RECOMENDACIONES DE SELLOS" en la columna derecha, de la tabla de selección de materiales, pags. 187-188. Este código de materiales incluye las partes básicas del sello (partes metálicas, cara rotativa, empaques y cara estacionaria)

Otros tipos de sellos que no son mostrados (bajo recomendación de sellos) pueden ser usados, si son apropiados para las condiciones de servicio y si son proporcionados en los materiales requeridos.

Finalmente los materiales del código son identificados en la TABLA N^o 2 (IDENTIFICACION DE MATERIALES pag. 186).

Para aplicar esta nomenclatura, se resolverá el ejemplo tipo utilizando las mismas condiciones, y así se observará la equivalencia de sellos mecánicos en diferentes marcas.

EJEMPLO:

A una bomba centrífuga marca UNITED, tamaño y tipo 3-STCA que manejará gasolina, se desea instalar un sello mecánico.

DATOS DE OPERACION Y CONSTRUCCION.

LIQUIDO BOMBEADO:	GASOLINA
TEMP. DE BOMBEO:	40 °C (104 °F)
GRAV. ESPECIFICA:	0.74
PRESION DE SUCCION:	8 KG/CM ² abs. (128 PSIG)
PRESION DE DESCARGA:	35 KG/CM ² abs. (512 PSIG)
PRESION DE ESTOPERO:	$P_s + 0.2P_d$ (dato de fabrica)
	$P_s = 17 \text{ KG/CM}^2 \text{ man. (231 PSIG)}$
LONG. Y DIAM. DE ESTOPERO:	3" y 2 7/8"
LONG. Y DIAM. DE MANGA:	7" y 1 7/8"
VELOCIDAD:	3500 RPM
GASTO:	150 GPM.

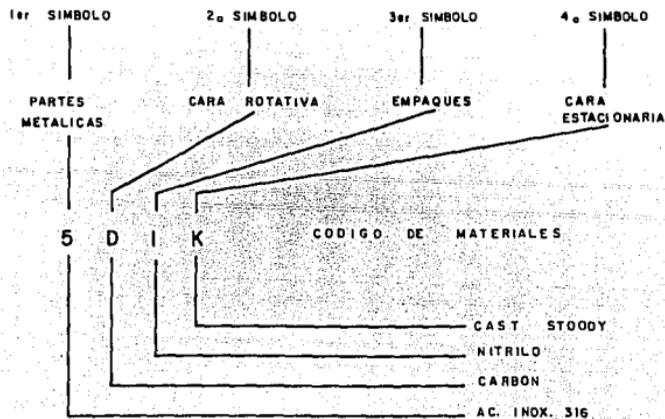
SOLUCION:

1. De la TABLA N^o 1, LIMITES DE PRESION, pag. 185 - y considerando la presión de 231 PSIG vemos que se pueden utilizar los tipos GS, BR, BX, y el QB.
2. De la TABLA DE SELECCION DE MATERIALES, pag. 187 188, en la columna izquierda y con OIL FUEL N^o 2 (GASOLINA) y sobre el mismo renglos hasta la columna derecha con el tipo de sello BX (que es el recomendado por la experiencia), se tiene el código de materiales "5DIK".
3. De la TABLA N^o 2, IDENTIFICACION DE MATERIALES, pag. 186, se identifican los materiales de la -- clave requerida los cuales se presentan en la ta bla 6-3.

Finalmente el sello adecuado para esta aplicación es:

Sello macánico tipo BX balanceado de 1 7/8" ϕ con -
codigo de materiales "5DIK" o sea:

SELLO MECANICO BORG WARNER BX 1875 5DIK.



**CODIGO DE MATERIALES DE SELLOS
MECANICOS BORG WARNER**

TABLA 6-3

Borg-Warner mechanical seals and products

- 105 -

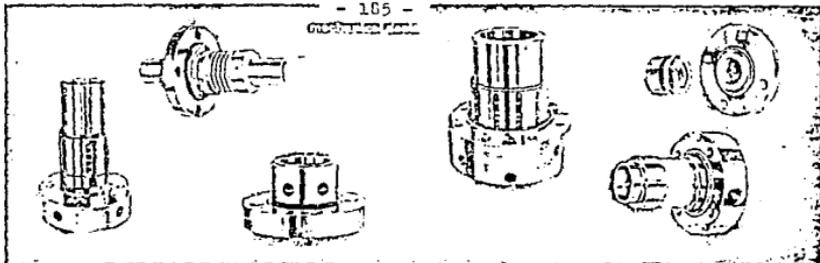
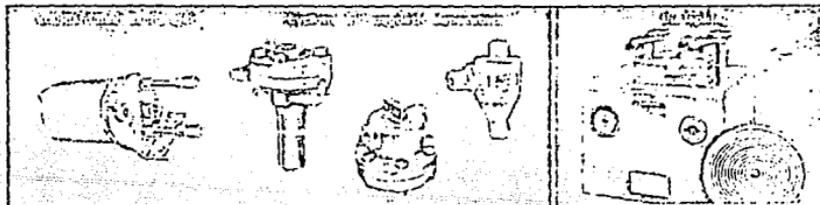


CHART NO. 1 Standard Borg-Warner mechanical seal types for various operating conditions

SEAL TYPE	UNBALANCED LOW PRESSURE			BALANCED LOW PRESSURE			BALANCED HIGH PRESSURE						
	L	Q	QT	BCD	BCT	GS	BR / BRL	DX	BXT	QB	QBT	U, UZ	D
	100	150	Inside 150 Outside 25	100	Inside 100 Outside 75	Gas 40 Liquid 300	300*	400	Inside 400 Outside 200	750	Inside 750 Outside 25		1000
	.5	.45		.5		.45	.45	.45	.45	.45	.45		.45
	Inside	Inside	Inside or Outside	Inside	Inside or Outside	Inside	Inside	Inside	Inside or Outside	Inside	Inside or Outside	Inside	Inside
	+150	+275		+150		+150	+150		+275	+275	+150	+225	
	-25	-100		-100		-25	0*		-100	-100		-100	
	+250	+450		+450		+450	+800		+450	+450		+650	
	50	75		75		75	75		75	75		75	

* To 600 PSI end to minus 320" with special bellows material

mechanical seal accessories



SELLO MECANICO TIPO "U"

UN SELLO BALANCEADO PARA ALTAS PRESIONES Y TEMPERATURAS

- Presión Máxima: 1000 psi. (70 kg/cm²)
Hasla 2000 psi (141 kg/cm²) con construcción especial
- Temperatura: Agua, + 32°F a + 150°F
Otros líquidos, -100°F a + 500°F
- Gravedad específica: Mínima 0.45
- Líquidos: Corrosivos y No Corrosivos
- Tamaños: 13/16" a 6" (20mm. a 152 mm.)
- Velocidad: Máxima 75 pies/seg. 123mts/s

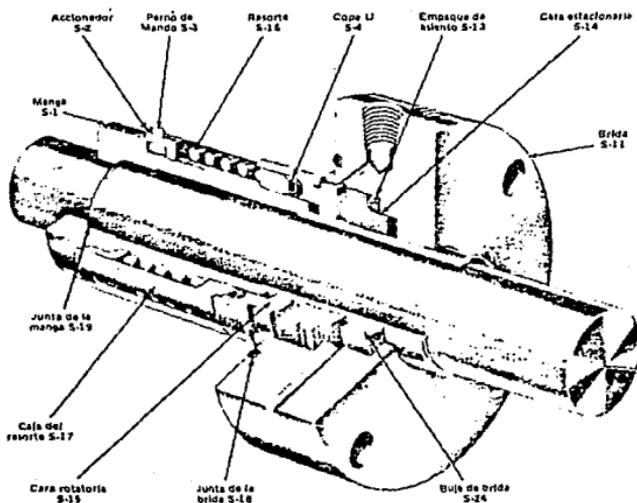
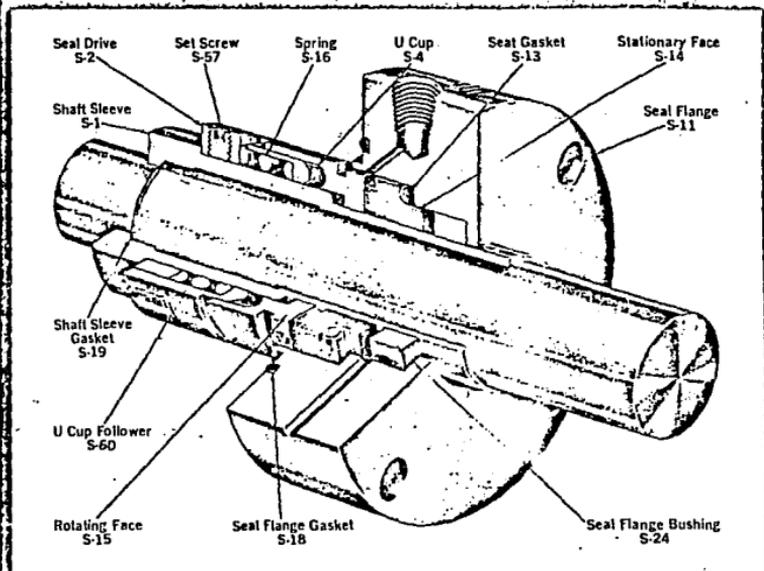


Figura 1. Sello Completo.

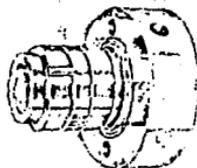
TYPE UZ AND UZD MECHANICAL SEALS

A Balanced Seal for High Pressure



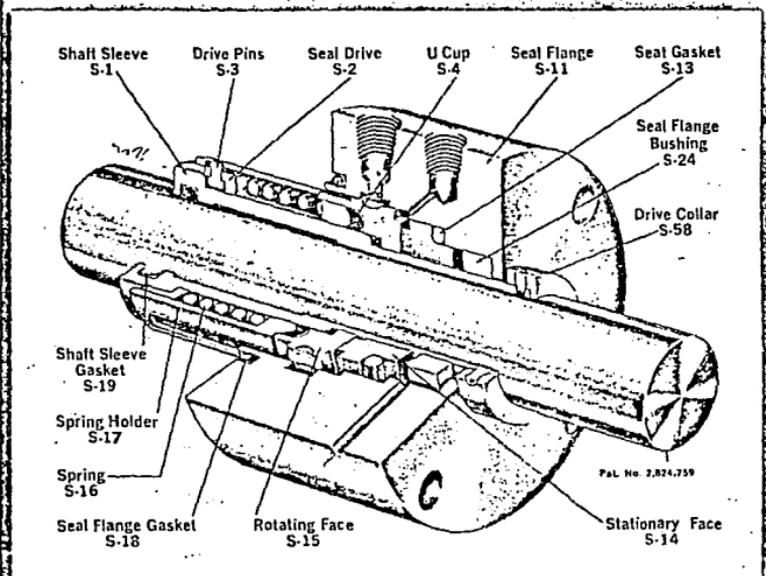
- MAXIMUM PRESSURE of 5 000 PSI
- PUMPING TEMPERATURE
WATER & WATER SOLUTIONS up to 300 °F (150 °C)
OILS & GREASES up to 300 °F (150 °C)
- LIQUIDS Containing Solids
- SHAFTS up to 1 1/2" Dia.
Shaft Speeds up to 3 000 RPM

SEAL SETTING INSTRUCTIONS: See page 100 of the manual for details.



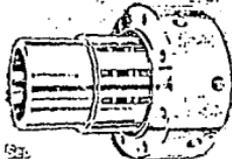
TYPE D MECHANICAL SEAL

Especially Designed for Boiler Feed Pumps



- MAXIMUM PRESSURE 400 PSI
- PUMPING TEMPERATURE
WATER & WATER SOLUTIONS UP TO 300°F
OILS & LIQUIDS UP TO 100°F
- LIQUIDS: WATER AND SEAWATER

■ SHAFT SIZE 1/2" THROUGH
3 1/2" (SEE LISTING)



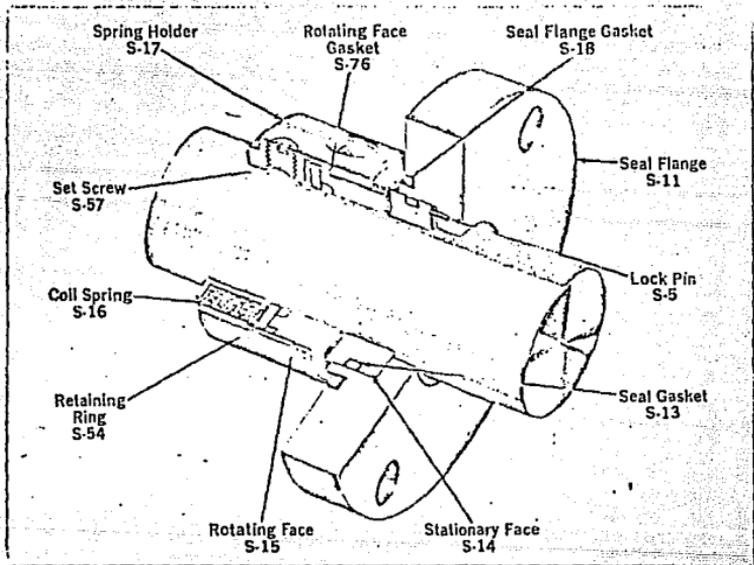
FOR SEALS AND COMPONENTS SEE LISTING OR CONTACT BORG-WARNER
SEAL DIVISION, 10000 WILSON AVENUE, TORRANCE, CALIF. 90503

COPYRIGHT © 1972

BORG-WARNER CORPORATION, FORD FORD ST., WARREN, CALIFORNIA, CA 94790 • ALL RIGHTS RESERVED

PRINTED IN U.S.A.

BORG-WARNER



1. This seal is designed for use in pumps and agitators where the shaft is rotated by the motor. It is used to prevent leakage of liquid from the pump or agitator. It is also used to prevent leakage of gas from the pump or agitator.

2. The seal is made of stainless steel and is suitable for use in corrosive environments. It is also suitable for use in high pressure applications.

3. The seal is easy to install and maintain. It is also easy to replace. It is also easy to clean.

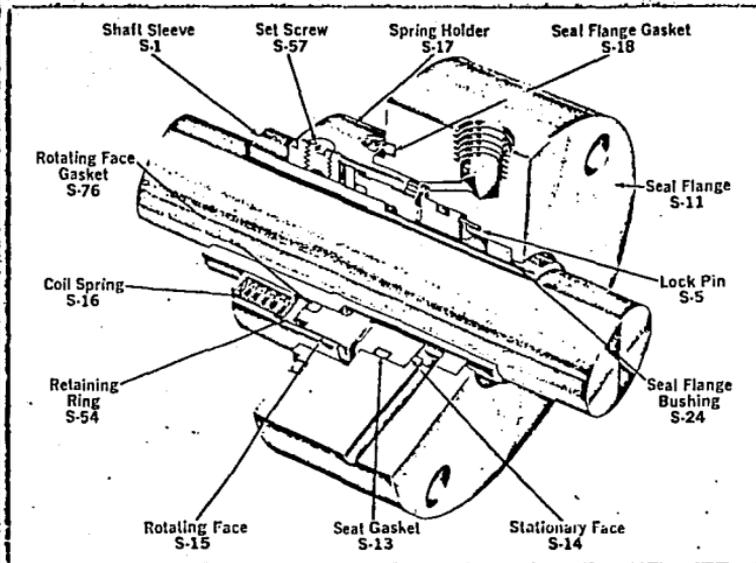
4. The seal is made of high quality materials and is designed to last for a long time. It is also designed to be reliable.

5. The seal is made of high quality materials and is designed to be reliable. It is also designed to be easy to install and maintain.



TYPE OJB MECHANICAL SEAL

A Moderately Priced High Quality Balanced Seal
for the Petroleum, Chemical and Allied Industries

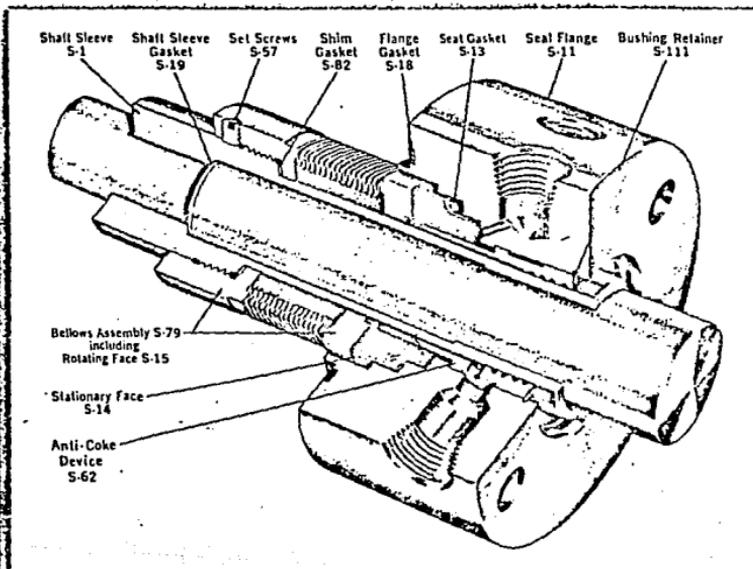


- MINIMUM PRESSURE AND TEMPERATURE
- MAXIMUM TEMPERATURE
- SHAFT SIZE
- SHAFT SIZE

For full details of this seal, please refer to
the literature or contact the nearest distributor.

TYPE BR11 MECHANICAL SEAL

Aluminum Warner-Martin Bellows Mechanical Seal
 Featuring the New Borg-Warner "Uniflex" Design
 No Lapped Joints at the Seal Faces



• MAXIMUM PRESSURE 100 PSI
 (See also Bulletin BR-11 for details)

• PUMPING TEMPERATURE Water & Glycerin up to 200°F (See also Bulletin BR-11 for details)

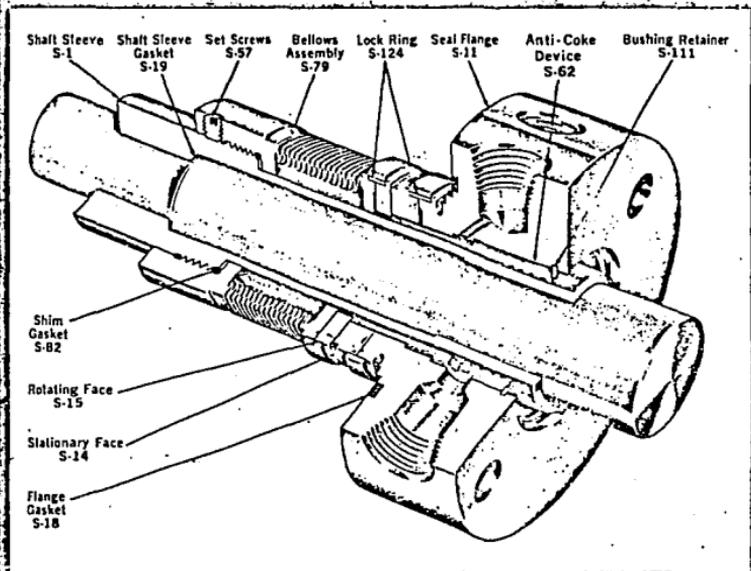
• LIQUIDS: Fuel, Oil, Water, etc.

• SHAFT SIZE 1/2" through 1 1/2"
 (See also Bulletin BR-11 for details)

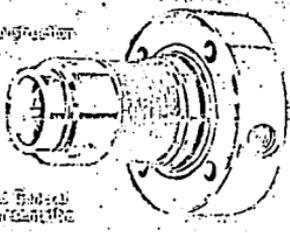
• For Stock and Production quantities contact your Outside General Sales Office or write Borg-Warner Mechanical Seal Department.

TYPE BR MECHANICAL SEAL

A Balanced Wearless Bellows Mechanical Seal



MAXIMUM PRESSURE 100 PSI
 MAXIMUM TEMPERATURE 300°F
 OPERATING TEMPERATURE RANGE 0°F TO 300°F
 OPERATING PRESSURE RANGE 0 TO 100 PSI
 OPERATING SPEED RANGE 0 TO 3000 RPM
 OPERATING FLUIDS: OIL, WATER, AIR, GAS
 OPERATING MEDIA: OIL, WATER, AIR, GAS
 OPERATING MEDIA: OIL, WATER, AIR, GAS
 OPERATING MEDIA: OIL, WATER, AIR, GAS



6.3. Sellos mecánicos John Crane.

6.3.1. Identificación del sello mecánico.

EJEMPLO:

TIPO	DIMENSION	MATERIAL DE CONSTRUCCION
9	2 3/8	Q P 1 9 1
PRIMER TERMINO	SEGUNDO TERMINO	TERCER TERMINO

El primer término indica los diferentes tipos de sellos, los cuales se muestran en las tablas 6-6, 6-7 y 6-8, ---
GUIA DE SELECCION DE SELLOS MECANICOS Y LIMITES DE PRESION Y
TEMPERATURA, pags. 207-209.

El segundo término indica el diámetro nominal del -
sello.

El tercer término indica los materiales de construc
ción de cada elemento del sello mecánico, tabulados en la ---
TABLA DE RECOMENDACION DE MATERIALES, pags. 210- 211, los cua
les se identifican con la tabla 6-4, CLAVE DE MATERIALES, pag.
204.

Crane Packing Company ideó una clave para identificar los materiales de las partes componentes de los sellos -- que manufacturan. Esta clave consiste en mencionar cinco siglas que indican los materiales de que están construidas las partes de los sellos mecánicos.

La clave de materiales de sellos mecánicos JOHN CRANE se ilustra en la tabla 6-4., pag. 205.

Se presenta el significado del CODIGO DE MATERIALES para el sello mecánico JOHN CRANE tipo 9 de 2 3/8" clave ---- QP191, en la tabla 6-5, para explicar el uso de la tabla 6-4, CLAVE DE MATERIALES, pag. 205.

NOTAS REFERENTES A LA TABLA DE RECOMENDACION DE MATERIALES PARA SELLOS MECANICOS JOHN CRANE, pag. 210-11

1. Donde el fluido este expuesto a cristalización y solidificación o en cualquier medio que sea inherentemente abrasivo, las recomendaciones son las siguientes.
 - 1a). Sellos simples con buje de garganta en el fondo de la camara del sello al cual se le inyecta del liquido limpio bombeado. Varios diseños de bujes son disponibles para obtener varias condiciones de resistencia química y cantidad mesurable de inyección permisible.
 - 1b). Sello doble con liquido limpio en la camara -- del sello a 20 PSI mayor que la presión en el estopero, (nuestra recomendación de clave de materiales se aplica donde el sello está directamente en contacto con el producto a bombear. cuando un sello simple con buje de garganta -- con inyección de liquido limpio es usado, o un sello doble con un liquido auxiliar en la camara del sello es usado cuando es posible utilizar la recomendación de la clave del sello del liquido secundario).
 - 1c). Sellos simples con quench en la brida. El area de quench actúa como una "zona amortiguadora" -- de la atmosfera. Este es principalmente usado donde los líquidos se cristalizan al contacto -- con el aire.

1d). Muchos de los líquidos en la tabla precedente, aunque no específicamente notada, pueden cristalizarse o solidificarse bajo ciertas condiciones. Poner particularmente atención a aplicaciones donde ciertas temperaturas deben ser alcanzadas y mantenidas, procurar que el fluido este fuera del estado cristalizado. En estos casos la cámara del sello debe permanecer a temperatura mínima para disipar cristales y sólidos. Algunos métodos usados para esto, son líneas de vapor al sello, o vapor por entre la cámara de agua si la unidad esta equipada con ella.

2. Los gases no tienen propiedades lubricantes, los requisitos serán hechos para lubricar las caras del sello. Algunas sugerencias son:

2a). Sellos dobles con líquido a 20 PSI mayor que la presión del estopero.

2b). Sellos simples con quench en la brida y un constante abastecimiento del líquido del quench.

2c). Inyección de líquido lubricante.

3. Los sellos balanceados son recomendados para líquidos de 0.63 de gravedad específica o menor.

4. Este material ofrece problemas especiales en --- ciertos rangos de concentraciones y/o temperaturas.
5. Cuando se use el teflón con fibra de vidrio se - considerarán las siguientes condiciones de operación como máximo.

1000 FPM, 50 PSI y 225 °F

6. El vitón es aplicable en este medio.

6.3.2. Procedimiento para la selección de sellos mecánicos
John Crane.

Para seleccionar correctamente los sellos mecánicos es necesario conocer una serie de datos, tanto de operación como de construcción del equipo y varias dimensiones de la unidad.

1. Conocidos los datos mencionados y con la ayuda de la TABLA 6-6, GUIA PARA LA SELECCION DE SELLOS MECANICOS JOHN CRANE, pag. 207, para el manejo de diferentes líquidos, se esta en posibilidad de seleccionar un sello mecánico adecuado para un determinado servicio.
2. Para corroborar la selección inicial hecha en el inciso N° 1, se deberá correlacionar con las TABLAS 6-7, 6-8, LIMITES DE PRESION Y TEMPERATURA, pags. 207-209. Si no se satisface esta condición se probara con otra selección; hasta que se satisfagan las condiciones de las TABLAS 6-6 6-7 y 6-8 pags. 207-209.
3. Los codigos de materiales de las partes componentes del sello nos lo indicarán las TABLAS DE RECOMENDACIONES DE MATERIALES, pags. 210-212, los cuales se identifican en la TABLA 6-4, CLAVE DE MATERIALES, pag. 205.

Se ejemplificará este procedimiento a continuación.

EJEMPLO:

A una bomba centrífuga marca UNITED tamaño y tipo --
3STCA que manejará gasolina se le desea instalar un sello me-
cánico.

Como ya se expuso anteriormente, primero habrá que
conocer los datos de operación y construcción, y así tenemos:

LIQUIDO BOMBEADO:	GASOLINA
TEMP. DE BOMBEO:	40 °C (104 °F)
GRAV. ESPECIFICA:	0.74
PRESION DE SUCCION:	8 KG/CM ² abs. (128 PSIG)
PRESION DE DESCARGA:	35 KG/CM ² abs. (512 PSIG)
PRESION DEL ESTOPERO:	$P_s + 0.2 P_D$
$P_s =$	17 KG/CM ² man. (231 PSIG)
LONG. Y DIAM. DE ESTOPERO:	3" y 2 7/8"
LONG. Y DIAM. DE MANGA:	7" y 1 7/8"
VELOCIDAD:	3500 RPM
GASTO:	150 GPM

SOLUCION:

1. De la tabla 6-6, GUIA PARA LA SELECCION DE SELLOS pag. 207, un sello tipo "9B" es adecuado ya que soporta la presión requerida (17 KG/CM) y satisface también las demas condiciones del fluido de proceso.
2. Ahora observamos que satisface las condiciones de presión, temperatura y velocidad impuestas por -- las TABLAS 6-6, 6-7, 6-8, pags. 207-209, para esta selección, por lo que es adecuada esta selección.
3. De las TABLAS DE RECOMENDACION DE MATERIALES, --- pags. 210-212, para el manejo de diferentes líquidos; en el renglon de gasolina se recomienda el uso de sellos tipo "1" ó "2" con materiales con clave "BP261", como el tipo de sello que se selecciono es el tipo "9B" e invariablemente lleva cuba de teflon y sus partes metalicas son de acero inoxidable, la clave se modificará (por experiencia a "QP191".

De lo anterior se tiene que el sello mecánico adecuado para el servicio indicado en este ejemplo es un sello mecánico "9B" de 1 7/8" con clave "QP191". o sea:

SELLO MECÁNICO JOHN CRANE 9B 1 7/8" QP191.

Resumiendo observamos que para sellar estas "MISMAS" condiciones, se puede disponer de los siguientes tipos de sellos mecánicos proporcionados por los fabricantes analizados.

DURAMETALLIC

BORG WARNER

JOHN CRANE

PTO 1 7/8" ED5NPVV.

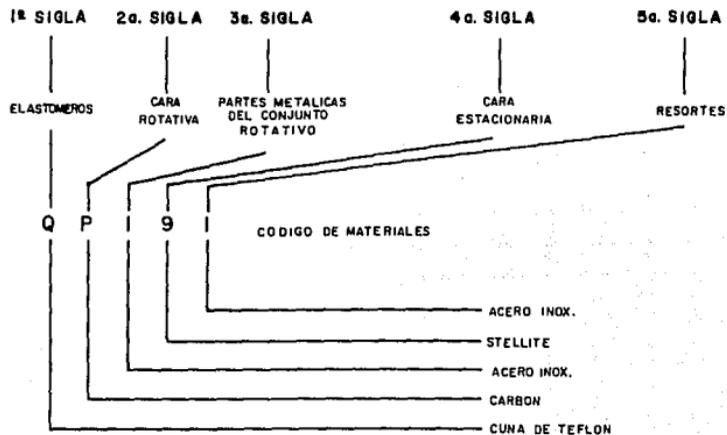
BX 1875 5DII.

9B 1 7/8" QP191.

1a SIGLA		2a SIGLA		3a SIGLA		4a SIGLA		5a SIGLA	
ELASTOMERO		CARA ROTATIVA		PARTES METALICAS DEL CONJUNTO ROTATIVO		CARA ESTACIONARIA		RESORTES	
SIMB. MATERIAL		SIMB. MATERIAL		SIMB. MATERIAL		SIMB. MATERIAL		SIMB. MATERIAL	
B	BUMA	P	CARBON	I	ACERO INOX.	C	CERAMICA	I	ACERO INOX.
X	VITON	V	TEFLON CON FIBRA DE VIDRIO	2	BRONCE	D	CARBURD DE TUNGSTENO	4	LATON
N	NEOPRENO			4	LATON			8	ACERO CADMINIZADO
Q	TEFLON	T	TEEPLERITE (RESINA) FENOLICA)	6	FIERRO FUNDIDO	4	LATON	H	HASTELLOY
				H	HASTELLOY	6	FIERRO FUNDIDO	M	MONEL
				M	MONEL	7	NI RESIST		
								9	STELLITE

CODIGO DE MATERIALES PARA SELLOS
MECANICOS JOHN CRANE

TABLA 6-4



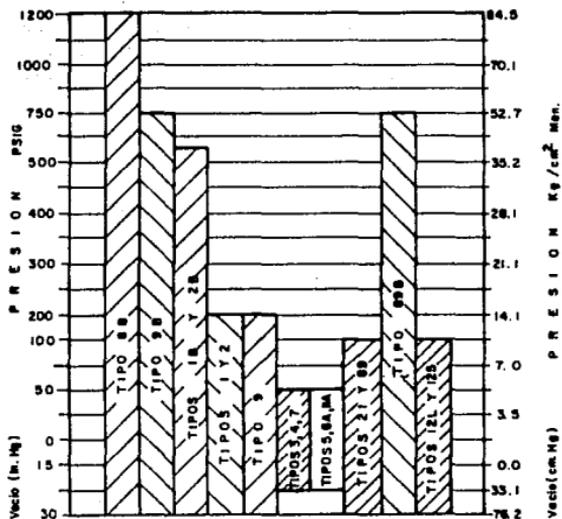
CODIGO DE MATERIALES PARA SELLOS
MECANICOS JOHN CRANE.

TABLA 6-5

CONDICIONES DE SERVICIO	TIPOS DE SELLOS
LIQUIDOS QUE NO ATACAN AL HULE SINTETICO	
TEMPERATURAS: 4/100°C, PRESIONES: 0/14 Kg/cm ²	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE 0.65 O MAYOR	
LIQUIDOS QUE NO CRISTALICEN O SOLIDIFIQUEN EN CONTACTO CON LA ATMOSFERA	
LIQUIDOS NO TOXICOS	
VELOCIDADES HASTA 3500 R.P.M.	
LIQUIDOS QUE ATACAN AL HULE SINTETICO	
TEMPERATURAS: -84.4 / +280°C PRESIONES: 0/14 Kg/cm ²	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE 0.65 O MEJOR	
TEMPERATURAS: -84.4/ +280°C PRESIONES: 14/52.7 Kg/cm ²	
LIQUIDOS CERCA DE SU PUNTO DE EBULLICION	
LIQUIDOS QUE CRISTALICEN O SOLIDIFIQUEN EN CONTACTO CON LA ATMOSFERA	
LIQUIDOS TOXICOS	
LIQUIDOS ALTAMENTE CORROSIVOS TEMP.: 4,4/12°C PRES.: 0.3/10.6 Kg/cm ²	
TEMPERATURAS: 4.4 / 100°C PRESIONES: 0 / ~38.7 Kg/cm ²	
TEMPERATURAS: 4.4 / 120°C PRESIONES: 0 / 84 Kg/cm ²	

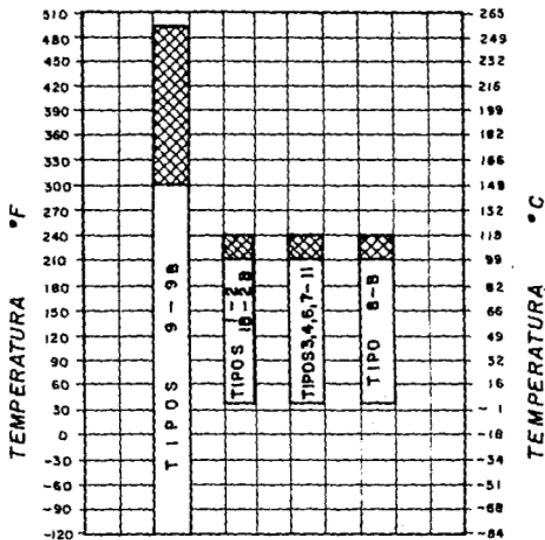
GUIA PARA SELECCION DE SELLOS MECANICOS JOHN CRANE

TABLA 6-6



LIMITES DE PRESIONES PARA LA SELECCION
DE SELLOS MECANICOS JOHN CRANE

TABLA 6-7



SI EL PRODUCTO MANEJADO ATACA LIGERAMENTE A LOS ELASTOMEROS DEL SELLO O SI LA PRESION DE OPERACION ES MAYOR QUE LA MITAD DE LA MAXIMA PERMISIBLE (Tabla 6-8) LA SECCION ACHURADA NO DEBERA TOMARSE EN CUENTA.

LIMITES DE TEMPERATURA PARA LA SELECCION DE SELLOS MECANICOS JOHN CRANE

TABLA 6-8

C O N C L U S I O N .

El objetivo del presente trabajo tiene la intención de mostrar un estudio comprensivo de los sellos mecánicos y de su aplicación a los equipos industriales modernos.

Los sellos mecánicos descritos se usan principalmente en bombas, aunque del mismo modo se pueden aplicar a compresores centrifugos, mezcladores, agitadores, reductores de velocidad, etc.

Aún cuando la tarea de seleccionar un sello apropiado es grandemente simplificado por el fabricante de sellos, es bueno considerar que esta materia tenga el entendimiento básico de los sellos mecánicos comunmente usados en la industria. Por lo tanto, el proposito del presente estudio es explicar los elementos inherentes a su funcionamiento.

Algunos usuarios usan sellos mecánicos y otros empaquetaduras. Algunos se guian simplemente por la práctica anterior o la costumbre; otros encuentran razones definidas o validas para emplear el uno o el otro. En el presente trabajo se explica también el porque del uso del sello mecánico, pero no como una regla para no utilizar la empaquetadura. Si esta es lo mejor, debe usarse.

La simplicidad ha sido el principal objetivo en la presentación de este material. Espero haber motivado un mejor entendimiento de los sellos mecánicos.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Guide to modern Mechanical Sealing
(Durametallic Corporation).
Sexta edición
- 2.- Dura Seal data, Durametallic Corporation.
- 3.- Seminario de sellos mecánicos Borg Warner
Byron Jackson Company.
- 4.- Seminario de sellos mecánicos John Crane
Crane Packing Company.
- 5.- Bombas centrifugas (selección, operación y mantenimiento)
Igor J. Karassik y Roy Carter
CECSA.
- 6.- Bombas (selección uso y mantenimiento)
Kenneth Mc Naughton
Mc Graw Hill
- 7.- Norma standard A.P.I. 610
Bombas centrifugas para servicios generales en refineries
Quinta edición, 1971.