

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“SELECCIÓN DE SELLOS MECANICOS  
PARA BOMBAS CENTRIFUGAS SEGÚN  
NORMA API”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

**LUIS ANGEL LONGOBARDI CHAVEZ**

**PROMOCION 1997 – I**

**LIMA – PERU**

**2009**

## **INDICE**

	Página
<b>PROLOGO</b>	01
<b>CAPITULO 1</b>	03
<b>INTRODUCCION</b>	03
1.1 OBJETIVO	03
1.2 ANTECEDENTES	03
1.3 JUSTIFICACIÓN	04
1.4 ALCANCES	05
1.5 LIMITACIONES	06
<b>CAPITULO 2</b>	07
<b>FUNDAMENTO TEÓRICO DE BOMBAS CENTRIFUGAS UTILIZADAS EN EL ÁREA DE GAS Y PETRÓLEO</b>	07
2.1 BOMBAS – CONCEPTOS GENERALES	07

2.1.1	Definición	07
2.1.2	Clasificación De Las Bombas	09
2.1.2.1	Bombas Dinámicas	09
2.1.2.2	Bombas De Desplazamiento Positivo	10
2.2	CLASIFICACION DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS	11
2.2.1	Según El Tipo De Impulsor	12
2.2.1.1	Impulsor Abierto	12
2.2.1.2	Impulsor Semiabierto	12
2.2.1.3	Impulsor Cerrado	12
2.2.2	Según El Tipo De Succión	13
2.2.2.1	Simple Succión	13
2.2.2.2	Doble Succión	13
2.2.3	Según Del Numero De Impulsores Empleados	13
2.2.3.1	Bombas De Una Fase	13
2.2.3.2	Bombas De Múltiples Fases	14
2.2.4	Según La Trayectoria Del Líquido En El Impulsor	14
2.2.4.1	Bombas De Flujo Radial	14
2.2.4.2	Bombas De Flujo Axial	14
2.2.4.3	Bombas De Flujo Mixto	14
2.2.5	Según La Carcasa	15
2.2.5.1	Bombas Con Carcasa Tipo Voluta	15
2.2.5.2	Bombas De Difusor O Bombas-Turbina	15

2.3	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS	16
2.3.1	Operación Del Equipo	17
2.3.2	Consideraciones En La Instalación Antes Del Arranque	19
2.3.3	Mantenimiento Correctivo	21
2.4	OTROS CONCEPTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN APLICACIONES DE GAS Y PETROLEO	23
2.5	TECNOLOGIA DE SELLADO MECANICO EN BOMBAS CENTRIFUGAS PARA GAS Y PETROLEO	25
2.5.1	Principio De Funcionamiento De Un Sello Mecánico	28
2.5.2	Clasificación De Sellos Mecánicos	33
2.5.3	Instalación Y Montaje De Sellos Mecánicos	34
2.5.3.1	Instalación De Sellos De Componentes	34
2.5.3.2	Instalación De Sellos De Tipo Cartucho	35
2.5.4	Reparación De Sellos Mecánicos	37
2.5.4.1	Procedimiento General De Reparación	37
2.5.4.2	Procedimiento General De Instalación (Luego De Reparado)	38
	<b>CAPITULO 3</b>	<b>39</b>
	<b>NORMA API</b>	<b>39</b>

3.1	RANGO DE APLICACIÓN Y ESQUEMA DE TRABAJO	39
3.1.1	Rango de Aplicación	39
3.1.2	Esquema de Trabajo de la API 682	39
3.2	OBJETIVO Y MISIÓN DE LA NORMA API 682	40
3.3	TIPOS DE SELLOS MECÁNICOS SEGÚN API 682	40
3.3.1	Características Generales	41
3.3.2	Características Particulares De Cada Tipo	42
3.3.3	Clasificación Por Servicio	43
3.4	TIPOS DE ARREGLOS Y CATEGORIAS	44
3.5	TEST DE VALIDACIÓN Y PRUEBA	46
	<b>CAPITULO 4</b>	<b>48</b>
	<b>SELECCIÓN DE SELLOS MECÁNICOS PARA BOMBAS CENTRIFUGAS UTILIZADAS EN EL ÁREA DE GAS Y PETRÓLEO</b>	<b>48</b>
4.1	CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS Y SERVICIO	50
4.1.1	Tipos de Fluido	51
4.1.2	Tipos de Servicio	50
4.2	SELECCIÓN DE ARREGLOS	51

4.3	SELECCIÓN DE PLANES AMBIENTALES	52
4.4	HOJAS DE SELECCIÓN DE FÁBRICA Y CODIFICACIÓN API	53
4.4.1	Hojas De Selección Por Fabricante	53
4.4.2	Codificación API	53
4.5	EJEMPLO DE SELECCIÓN DE SELLOS MECANICOS EN UN AREA CLASIFICADA	55
	<b>CAPITULO 5</b>	<b>58</b>
	<b>IMPACTO AMBIENTAL REFERENTE AL SELLO MECÁNICO</b>	<b>58</b>
5.1	IMPORTANCIA DE LOGRAR LA META “CERO EMISIONES” Y LA CONFIABILIDAD	58
5.2	OBJETIVOS GENERALES DE LOS PLANES AMBIENTALES	59
5.3	METODOS PARA LOGRAR LA META	60
5.4	DESCRIPCION DE LOS PLANES AMBIENTALES	60
5.5	PROPOSITO DE LOS PLANES AMBIENTALES	64
5.6	APLICACION DE LOS PLANES AMBIENTALES	68

5.7	ANOTACIONES ADICIONALES DE LOS PLANES AMBIENTALES	74
5.8	INSTRUMENTACION ADICIONAL Y RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE LOS PLANES	83
	<b>CAPITULO 6</b>	92
	<b>COSTOS DIRECTOS</b>	92
6.1	GENERALIDADES	92
6.2	DISTRIBUCION DE COSTOS	96
	6.2.1 Costos Variables	96
	6.2.2 Costos Fijos	97
	6.2.3 Costos Hundidos	98
6.3	COSTOS HUNDIDOS VS. CONFIABILIDAD	99
	CONCLUSIONES	101
	BIBLIOGRAFIA	104
	APENDICE	

## PROLOGO

El desarrollo del presente informe de titulación se realizó con el fin de conocer la forma correcta de seleccionar un sello mecánico según la norma ISO (API 682) y los fabricantes de sellos mecánicos, así como su implicancia económica en aplicar esta tecnología a cualquier zona de trabajo en el campo del gas y petróleo.

En el **capítulo 1**, se presenta una introducción indicando un objetivo, antecedentes, justificación, alcances y limitaciones del tema en mención.

En el **capítulo 2**, se muestran todos los conceptos teóricos y prácticos de las bombas centrífugas y los sellos mecánicos.

En el **capítulo 3**, se describe la norma API y todos sus alcances.



En el **capítulo 4**, se realiza la metodología completa de selección de sellos mecánicos para las aplicaciones en mención, tomando los conceptos de los 2 capítulos anteriores.

En el **capítulo 5**, se complementa la selección del sello mecánico con la selección del plan ambiental adecuado, con el cual el sistema de sellado y sistema en estudio funcionaria correctamente.

En el **capítulo 6**, se demuestra como aplicando la buena selección del sello, del plan ambiental y un plan de inversión de 3 y 6 años, podremos conseguir grandes cambios tanto en costos como en confiabilidad, transformando los costos variables en fijos y utilizando los costos hundidos de la mejor manera.

El sistema de unidades utilizado oficialmente en el Perú es el Sistema Internacional de Unidades, así que en su totalidad el informe utiliza el mencionado sistema, aunque en algunas partes se cita adicionalmente el sistema Inglés.

El presente informe se basa íntegramente en información técnica y comercial de empresas como PETROPERU, FLOWSERVE, ITT GOULDS y JOHN CRANE, a las cuales se agradece.

# **CAPITULO 1**

## **INTRODUCCION**

### **1.1 OBJETIVOS**

Desarrollar una metodología para la selección óptima del equipo de sellado a instalarse en un equipo centrífugo de bombeo de fluidos, en base a las norma API, que son las que determinan la mayor eficiencia, confiabilidad y seguridad de las instalaciones de área clasificada en cualquier zona de trabajo en el campo del gas y petróleo.

### **1.2 ANTECEDENTES**

El sello mecánico, es una tecnología que ha ido reemplazando con los años la tecnología que nació en las bombas centrífugas como alternativa al uso de las empaquetaduras de cordón o prensaestopas. La intención de su desarrollo fue mitigar las fugas prematuras que se debían fundamentalmente al desgaste de las prensaestopas, causando un cambio de conciencia de las áreas de mantenimiento, procesos y proyectos.

En la actualidad no existe ningún texto, manual o procedimiento único a nivel académico o industrial que colabore con la tarea de educar al individuo a que el equipo de bombeo no debería tener en lo absoluto fugas de producto bombeado, mas si existen procedimientos y fabricaciones estándar en las empresas que comercializan y suministran bombas y sellos, esto para fines de mejorar la calidad del producto y servicio ofrecido, y esto reflejado en la certificación que todas o casi todas las compañías que los comercializan ofrecen.

La confiabilidad obliga en el tiempo a modernizar las instalaciones industriales y los costos generalmente lo asumen las empresas cuyo negocio principal es un producto final que depende de productos intermedios como agua, aminas, ácidos, productos parafinados y/o otros contaminantes, así como el mismo producto final es nocivo para el medio ambiente, como son las gasolinas, los crudos, GLP y en general todos los hidrocarburos.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Debido a que no existe una guía ni a nivel académico, ni a nivel industrial, las empresas incurren en costos hundidos al cambiar la

normativa medio ambiental, o las políticas de mantenimiento se vuelven más eficientes.

La necesidad de una empresa tanto en personal capacitado como en utilizar una guía preliminar para lograr mejorar su optimización actual o futura de planta, sin incurrir en excesos de inversión o gastos equivocados es pues que se plantea esta guía de selección, que inicialmente si bien no tendría un beneficio económico, lo tendría en disponibilidad y confiabilidad, además que a mediano y largo plazo sí habría un beneficio en ahorro de inversión, mantenimiento óptimo y cumplir con los estándares actuales.

#### **1.4 ALCANCES**

El presente informe consiste en sintetizar la información relevante existente a nivel de los fabricantes de bombas centrífugas y sellos mecánicos y tenerse disponible para los usuarios finales, los mantenedores de equipos y en general todo profesional que requiera consultar la metodología de selección de un sello mecánico en el área de gas y petróleo.

Empezar orientando el informe en las diferentes teorías descriptivas de lo que es el equipamiento que utiliza esta

tecnología, seguido de la cultura de este equipo incluido y como surge la necesidad de implementarlo.

La norma que sigue el equipo que seleccionaremos menciona de manera íntegra el concepto, el propósito y la función del sello mecánico en la bomba, en el presente informe se muestra como.

La selección en base a la norma y la metodología se describe en la parte central del informe, como complemento el impacto ambiental y finalizamos con la justificación económica de una buena selección de sello mecánico.

## **1.5 LIMITACIONES**

El presente informe no es un manual certificado, sólo se basa en documentación certificada, además que no pretende ser un texto de consulta sino una base de experiencia y síntesis de información para entender plenamente cómo se selecciona un sello mecánico para bombas centrífugas usadas y recomendadas a usar en aplicaciones de gas y petróleo.

## **CAPITULO 2**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO DE BOMBAS CENTRIFUGAS UTILIZADAS EN EL ÁREA DE GAS Y PETRÓLEO**

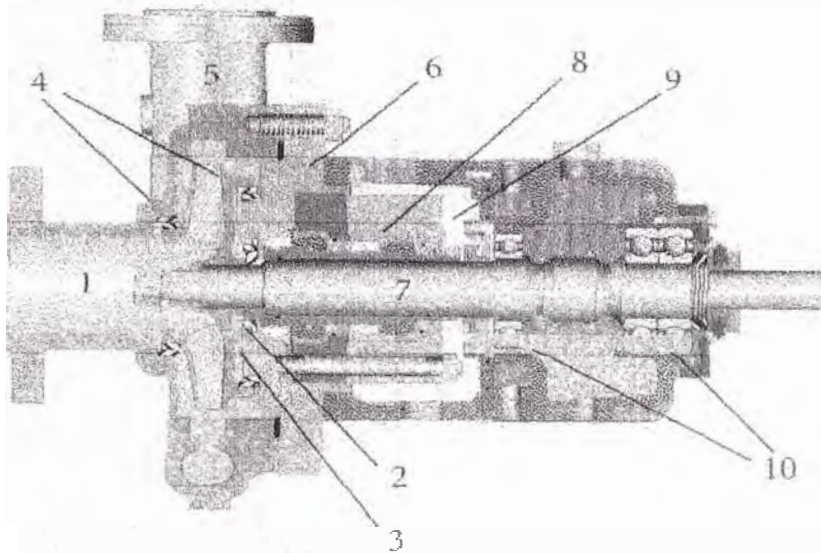
El ISO 13709 (API 610) en su décima edición contempla la herramienta fundamental para describir todo lo concerniente a las bombas centrífugas mencionadas en el presente trabajo, por lo cual citaremos todo lo referente a bombas centrífugas refiriéndonos al estándar.

#### **2.1 BOMBAS – CONCEPTOS GENERALES**

##### **2.1.1 Definición**

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades.

Figura 2.1: Partes principales de la bomba



- 1- Succión.
- 2- Impulsor.
- 3- Agujeros de Balanceo.
- 4- Anillos de Desgaste.
- 5- Descarga.
- 6- Cubierta.
- 7- Eje de la Bomba.
- 8- Sello Mecánico.
- 9- Brida del sello.
- 10- Rodamientos Axiales y Radiales.

## 2.1.2 Clasificación de las bombas

Se pueden considerar dos grandes grupos: Dinámicas (Centrífugas, Periféricas y Especiales) y de Desplazamiento Positivo (Reciprocantes y Rotatorias).

### 2.1.2.1 Bombas Dinámicas

- **Bombas Centrífugas**

Son aquellas en que el fluido ingresa a ésta por el eje y sale siguiendo una trayectoria periférica por la tangente.

- **Bombas Periféricas**

Son también conocidas como bombas tipo turbina, de vértice y regenerativas, en este tipo se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas, dentro del canal anular donde gira el impulsor. El líquido va recibiendo impulsos de energía. No se debe confundir a las bombas tipo difusor de pozo profundo, llamadas frecuentemente bombas turbinas aunque no se asemeja en nada a la bomba periférica.

La verdadera bomba turbina es la usada en centrales hidroeléctricas tipo embalse llamadas también de Acumulación y Bombeo, donde la bomba consume potencia; en determinado



momento, puede actuar también como turbina para entregar potencia.

#### **2.1.2.2 Bombas De Desplazamiento Positivo**

Estas bombas guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un embolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, etc., y la carcasa o el cilindro. "El movimiento del desplazamiento positivo" consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Por consiguiente, en una máquina de desplazamiento positivo, el elemento que origina el intercambio de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo (émbolo), sino que puede tener movimiento rotatorio (rotor).

Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo, tanto reciprocantes como rotatorias, siempre hay una cámara que aumenta de volumen (succión) y disminuye volumen (impulsión), por esto a éstas máquinas también se les denomina Volumétricas.

- **Bombas Reciprocantes**

Llamadas también alternativas, en estas máquinas, el elemento que proporciona la energía al fluido lo hace en forma lineal y alternativa. La característica de funcionamiento es sencilla.

- **Bomba Rotatoria**

Llamadas también roto estáticas, debido a que son máquinas de desplazamiento positivo, provistas de movimiento rotatorio, y son diferentes a las roto dinámicas. Estas bombas tienen muchas aplicaciones según el elemento impulsor. El fluido sale de la bomba en forma constante, puede manejar líquidos que contengan aire o vapor. Su principal aplicación es la de manejar líquidos altamente viscosos, lo que ninguna otra bomba puede realizar y hasta puede carecer de válvula de admisión de carga.

## 2.2 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

La bomba centrífuga horizontal es la más usada, cuesta menos, es fácil de instalar y es más accesible para su inspección y mantenimiento, sin embargo, requiere mayor espacio que la bomba de tipo vertical.

## **2.2.1 Según El Tipo De Impulsor**

### **2.2.1.1 Impulsor Abierto**

En esta clase de impulsor las paletas están unidas directamente al núcleo del impulsor sin ningún plato en los extremos. Su uso está limitado a bombas muy pequeñas, pero se puede manejar cualquier líquido y además inspeccionarlo es muy sencillo.

### **2.2.1.2 Impulsor Semiabierto**

Su construcción varia en que está colocado un plato en el lado opuesto de la entrada del liquido y por ende está más reforzada que el impulsor abierto como las paletas a estar unidas tienen la función de disminuir la presión en la parte posterior del impulsor y la entrada de materiales extraños se alojan en la parte posterior del mismo.

### **2.2.1.3 Impulsor Cerrado**

Este impulsor se caracteriza porque además del plato posterior lo rodea una corona circular en la parte anterior del impulsor. Esta corona es unida también a las paletas y posee una abertura por donde el líquido ingresa al impulsor. Este es el impulsor más utilizado en las bombas centrifugas por su rendimiento que es superior a las dos anteriores. Hay que hacer notar que debe ser utilizado en líquidos que no tienen sólidos en suspensión.

## **2.2.2 Según El Tipo De Succión**

### **2.2.2.1 Simple Succión**

Las bombas de simple succión admiten agua solo por un lado del impulsor.

### **2.2.2.2 Doble Succión**

Las bombas de simple succión admiten agua por ambos lados. Hay que hacer notar que las bombas de doble succión lo hacen por ambos lados. Hay que hacer notar que las bombas de doble succión funcionan como si existieran dos impulsores, uno en contra posición del otro y esto elimina el problema de empuje axial. Otra ventaja es la seguridad con la que trabajan frente a la cavitación, ya que el área de admisión del agua es superior a las de las bombas de simple succión.

## **2.2.3 Según Del Numero De Impulsores Empleados**

### **2.2.3.1 Bombas De Una Fase**

La bomba de una sola fase es la que la carga y la altura manométrica total es proporcional por tener un único impulsor.

### **2.2.3.2 Bombas De Múltiples Fases**

La bomba de múltiples fases alcanza su altura manométrica o carga con dos o más impulsores, actuando en serie en una misma carcasa y un único eje, es por esto que las bombas de múltiples fases es utilizada en cargas manométricas muy altas.

### **2.2.4 Según La Trayectoria Del Líquido En El Impulsor**

#### **2.2.4.1 Bombas De Flujo Radial**

En este tipo de bomba el líquido penetra al impulsor en dirección paralela al eje de la bomba y sale en dirección perpendicular al eje del impulsor. Las cargas manométricas a manejar son las altas.

#### **2.2.4.2 Bombas De Flujo Axial**

Aquí el líquido penetra axialmente en el impulsor y su salida es en la misma dirección, es utilizada para cargas manométricas bajas.

#### **2.2.4.3 Bombas De Flujo Mixto**

El flujo penetra axialmente en el impulsor y sale en una dirección intermedia entre radial y axial, las cargas manométricas manejadas son medias.

## **2.2.5 Según La Carcaza**

### **2.2.5.1 Bombas Con Carcaza Tipo Voluta**

La carcasa en este tipo de bombas es de voluta o espiral y no tienen paletas difusoras. La voluta recibe el líquido que sale del impulsor y transforma la mayor parte de la energía cinética en energía de presión. El área de la sección transversal de la voluta aumenta progresivamente en el arco de  $360^\circ$  descrito en torno al impulsor.

### **2.2.5.2 Bombas De Difusor O Bombas-Turbina**

Este tipo de bomba se caracteriza por poseer, fijas a la carcasa, paletas direccionadoras del flujo de agua que sale del impulsor, el que recorre el camino establecido por las paletas fijas, a lo largo de las cuales ocurre la transformación de energía cinética en energía de presión. Hay que hacer notar que las bombas con difusor presentan el serio inconveniente de proporcionar el choque entre las partículas de agua a la entrada de difusor, cuando la bomba trabaja en un punto diferente al de diseño.

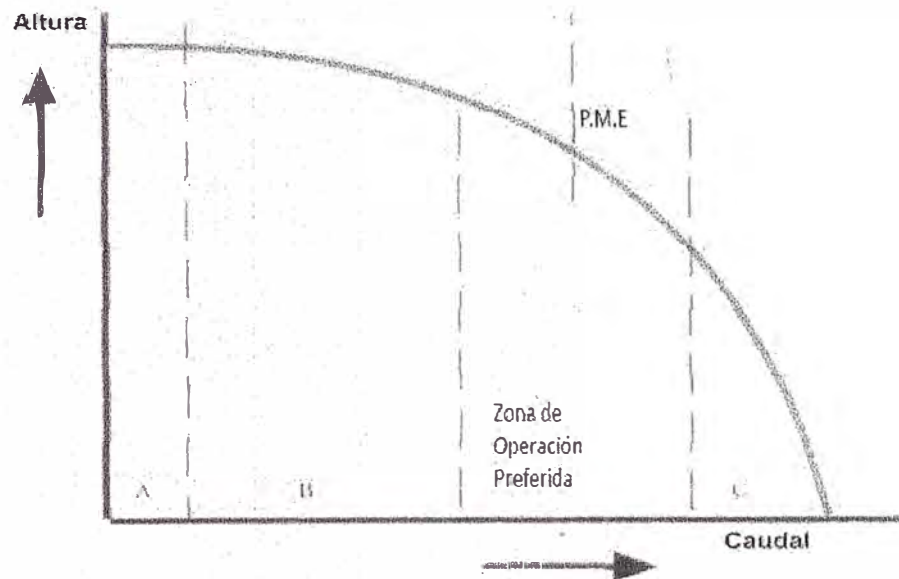
## **2.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS**

Todos los fabricantes de bombas centrífugas tienen su propia metodología de arranque, operación y mantenimiento, pero conceptual y físicamente la bomba debería tener los mismos procedimientos para cualquier marca existente de bomba.

En el presente informe no se pretende ahondar en temas de mantenimiento y operación específicamente de la bomba centrífuga, mas sí tomar en cuenta la zona de trabajo de la bomba según curvas y la alineación dentro de la caja de sellado (zona entre la cubierta y el sello laberíntico más cercano a la voluta), ponerle cuidado a cómo se comporta la bomba y fundamentalmente la alineación que debe existir en esta zona dentro del equipo.

### 2.3.1 Operación Del Equipo

Figura 2.2: Curva característica de una bomba centrífuga



Lo que se muestra en el gráfico es una curva típica de bomba y lo que se pretende explicar es que sucede con el equipo al trabajar en las distintas zonas (A, B o C), así como el concepto PME.

#### Punto de Máxima Eficiencia. (PME)

- Los equipos se deben seleccionar y operar en el punto PME.
- En todo momento se debe evitar trabajar en las zonas indicadas como A o C.



Sólo en caso de necesidad se puede trabajar en la zona B, con las consideraciones más abajo indicadas:

**Zona A:** Muy a la izquierda del P.M.E.

- Bomba muy grande para el sistema.
- Muy ineficiente, excesiva recirculación del producto.
- Valor de altura muy elevado, cargas radiales elevadas, desviación y excesivas vibraciones del eje.
- Se puede mejorar considerando líneas de recirculación.

**Zona B:** Un poco atrás del P.M.E.

- Bomba un poco grande para el sistema.
- Pérdida de eficiencia.
- Se puede corregir con el uso de un impulsor más pequeño.

**Zona C:** Operando fuera de la curva.

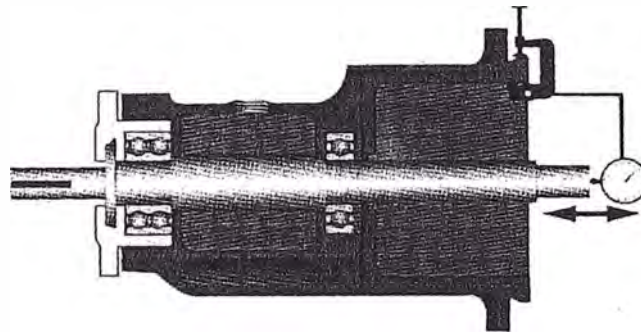
- Bomba muy pequeña para el sistema.
- Cavitación, caudal elevado, HP elevado, vibraciones por cargas radiales elevadas, desviación del eje.
- Regule la válvula de descarga para reducir el caudal.

### 2.3.2 Consideraciones En La Instalación Antes Del Arranque

Antes del arranque de un equipo de bombeo centrífugo, la consideración más importante es conocer si la caja de sellado está alineada con el equipo centrífugo, por este motivo se deben de realizar los siguientes controles:

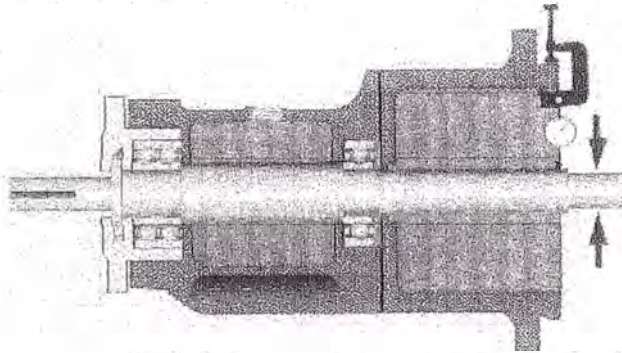
**Juego Axial:** Un excesivo movimiento axial puede descomprimir o sobrecomprimir el sello. El juego axial debe ser medido con una verificación del rodamiento axial y su ajuste al bastidor.

Figura 2.3: Juego Axial máximo = 0.05 mm



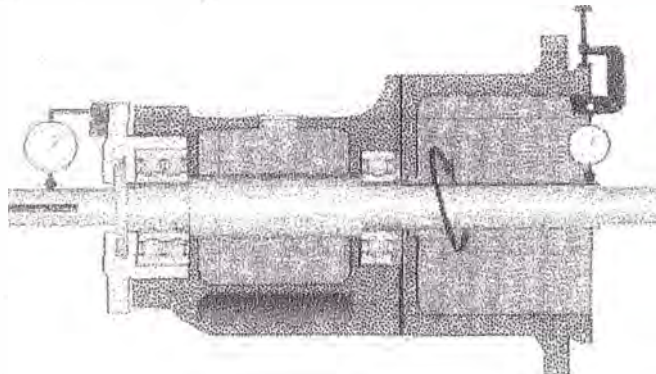
**Deflexión Radial:** La deflexión produce desalineamiento de las caras del sello. La deflexión radial debe ser medida para verificar la condición de los rodamientos, su ajuste en el bastidor y en el eje.

Figura 2.4: Deflexión Radial máxima = 0.05 mm



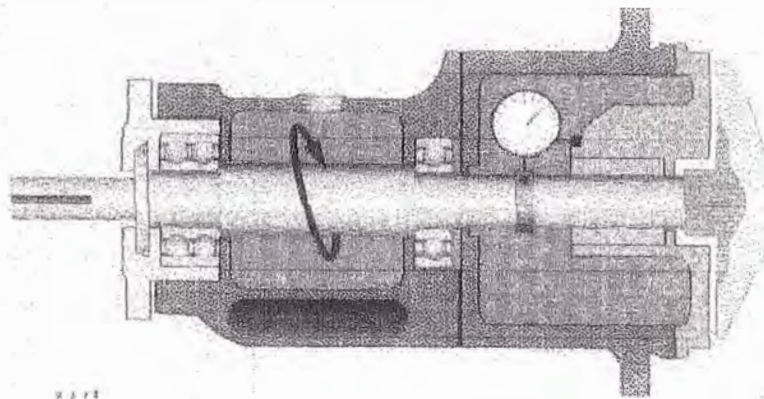
**Perpendicularidad del frente de la caja con el Eje:** Es muy importante controlar esta perpendicularidad ya que puede causar que el asiento estacionario quede fuera de cuadrante con el eje.

Figura 2.5: Perpendicularidad máxima = 0.05 mm



**Concentricidad del registro de la brida:** Si el registro no es concéntrico, puede producir problemas similares a los de desplazamiento de eje. Es particularmente importante controlar la concentricidad del registro en equipo antiguo.

Figura 2.6: Concentricidad máxima = 0.127 mm



### 2.3.3 Mantenimiento Correctivo

Sin ahondar mucho en los temas de mantenimiento se listan algunas fallas típicas y su solución para cualquier operador o mantenedor de estos equipos.

#### **Ruidos en la Bomba:**

Hidráulicos.

Cavitación.

Entrada de aire.

Insuficiente NPSH.

Presión de Succión muy elevada.

**Mecánicas:**

Eje doblado.

Problemas De Rodamientos.

**No Descarga:**

Inadecuada velocidad.

Error en el sentido de rotación.

Insuficiente NPSH.

Válvulas cerradas.

Aire en línea de Succión.

**Excesivo consumo de Potencia:**

Variación de Velocidad.

Altura muy baja, excesivo caudal.

Gravedad específica o viscosidad muy elevada.

Eje doblado.

Error en sentido de Rotación.

**Descarga Inadecuada:**

Insuficiente velocidad.

Excesiva altura de descarga.

Insuficiente NPSH.

Impulsor o cañerías tapadas.

Impulsores dañados.

Inadecuados Tamaño de Válvulas.

Aire en línea de Succión.

**Presión variable:**

Aire en línea de succión.

Insuficiente NPSH.

Entrada de aire.

Impulsor tapado.

## **2.4 OTROS CONCEPTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN APLICACIONES DE GAS Y PETROLEO**

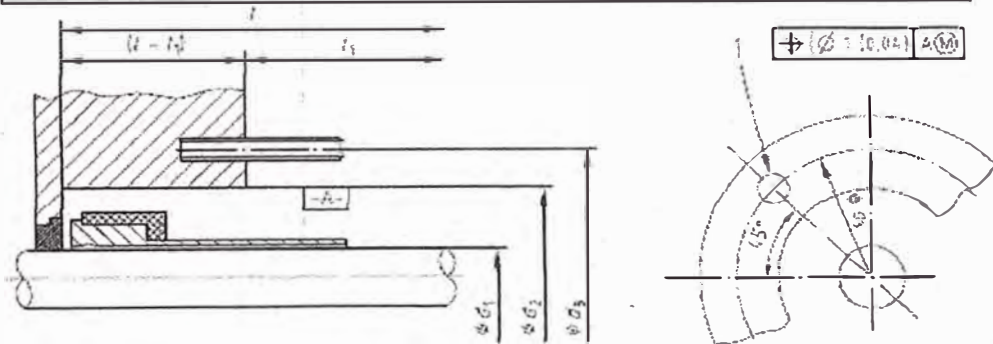
Ya en anteriores puntos hemos definido la bomba y algunos conceptos alrededor, lo más importante de mencionar sus partes es la caja de sellado, donde irá alojado el sello mecánico de tipo simple o doble, y es a lo que nos remitiremos en esta parte.

Las bombas deben ir equipadas con sellos mecánicos y sistemas de sellado de acuerdo a la norma ISO 21049, incluyendo las dimensiones y características que se muestran en la tabla 2.1. El cliente (usuario final o fabricante de sellos) debe especificar el sello requerido, por lo tanto deberá proveer las hojas técnicas incluidas en el ISO 21049 para este propósito.

El sello debe poderse remover sin dañar nada en la bomba. La caja de sellado debe tener las medidas de acuerdo a la figuras (2.7 y 2.8). Para bombas donde los rangos de presión son mayores a los considerados, las dimensiones en la brida deben aumentar debido a requerimientos de mayor esfuerzo. Esto también debe ir especificado.

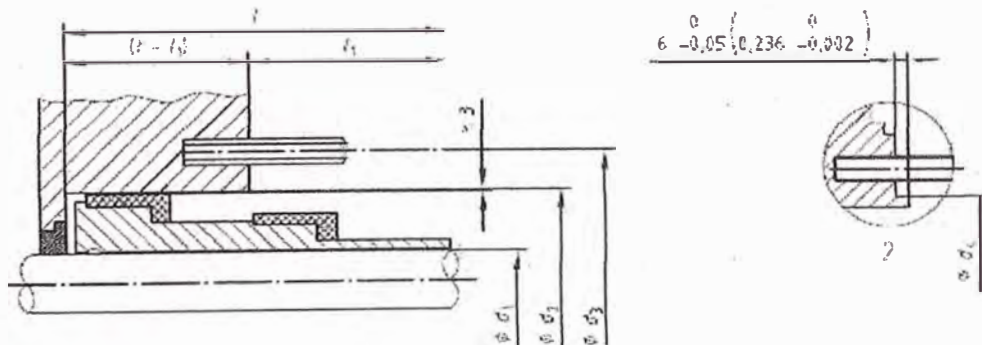
### Sello simple:

Figura 2.7: Caja de bomba y tolerancias para el sello mecánico simple



### Sello doble:

Figura 2.8: Caja de bomba y tolerancias para el sello mecánico doble



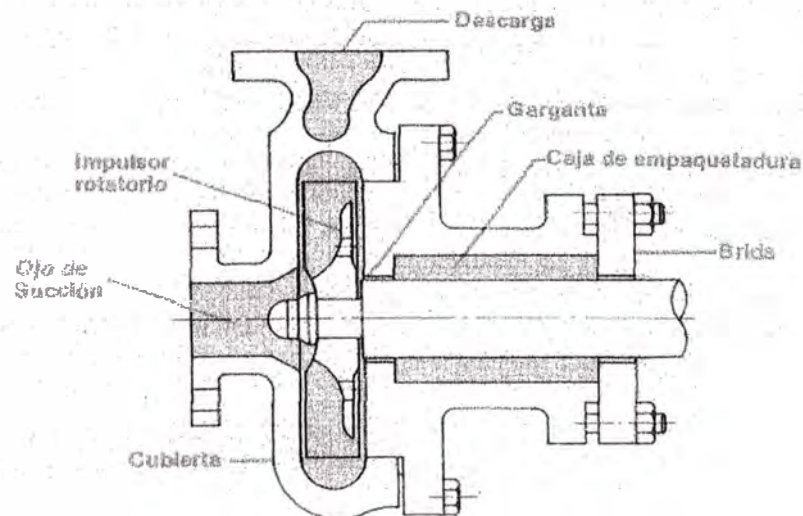
1. 4 pernos de brida.
2. Escalon opcional de brida.
- l longitud total para obstrucción más cercana.
- $l_1$  largo desde la cámara del sello hasta la primera obstrucción.

Tabla 2.1: dimensiones estándar para cajas de sellado, bridas y camisas de sellos tipo cartucho

tamaño de la caja de sellado	diámetro máximo de eje	ancho de caja de sellado	circulo de pernos de brida	escalón exterior de brida	largo total mínimo	longitud libre	tamaño de pernos	
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$l$	$l_1$	$SI$	$(USC)$
1	20	70	105	85	150	100	M12 x 1.75	1/2" - 13
2	30	80	115	95	155	100	M12 x 1.75	1/2" - 13
3	40	90	125	105	160	100	M12 x 1.75	1/2" - 13
4	50	100	140	115	165	110	M16 x 2.0	5/8" - 11
5	60	120	160	135	170	110	M16 x 2.0	5/8" - 11
6	70	130	170	145	175	110	M16 x 2.0	5/8" - 11
7	80	140	180	155	180	110	M16 x 2.0	5/8" - 11
8	90	160	205	175	185	120	M20 x 2.5	3/4" - 10
9	100	170	215	185	190	120	M20 x 2.5	3/4" - 10
10	110	180	225	195	195	120	M20 x 2.5	3/4" - 10

## 2.5 TECNOLOGIA DE SELLADO MECANICO EN BOMBAS CENTRIFUGAS PARA GAS Y PETROLEO

Figura 2.9: Caja de bomba y elementos principales de bomba





En la figura mostrada, tenemos la siguiente situación: Existe una caja de empaquetadura (que posteriormente llamaremos caja de sellado), la cual tiene como propósito en todo bomba centrífuga detener las fugas de fluido sea cual sea y la primera intención de los fabricantes de bombas en el pretérito (incluso hasta hoy es posible), es proveer la bomba con empaquetaduras (también prensaestopas), las cuales de por si son elementos útiles en ciertas aplicaciones, pero que incluso en aquellas no cumplen con el objetivo de conservación del equipo.

Antes de proponer un cambio veamos que es inevitable con el uso de las empaquetaduras (desventajas), las cuales solo comparándolas con el sello más simple, se eliminarían algunos problemas. Si requerimos mejorar la calidad de nuestro mantenimiento o los procedimientos de seguridad u operación continua, llegamos a la conclusión que hasta el equipo más simple de bombeo de fluidos merece tener sello mecánico, aun cuando se bombea agua a una presión mínima. A continuación una comparación.

## **Empaquetaduras**

- Funciona más como un dispositivo de restricción que como uno de sellado. Requiere de cierta fuga para evitar el desgaste excesivo.
- Ranura y desgasta ejes y camisa.
- Alta carga de potencia debido a la fricción.
- Pérdida del producto.
- Requiere grandes cantidades de agua.
- Altos costo de mantenimiento en instalación y ajuste.
- Daños al equipo debido a la fuga.

## **Sello mecánico**

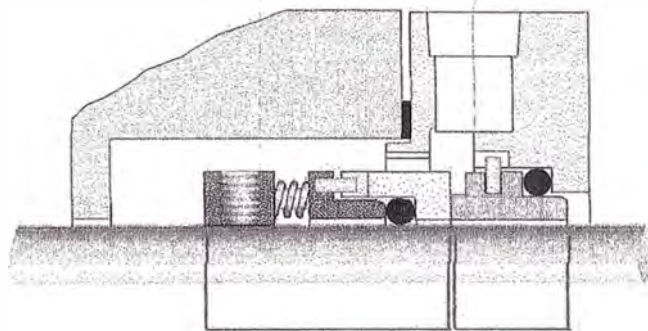
- Sella con fuga invisible. En aplicaciones críticas la relación de fuga entre una empaquetadura y un sello es de 1 a 100 o mejor.
- Se sabe de sellos que han trabajado de 8 a 10 años sin falla (o desgaste).
- Ahorros monetarios que van desde poco hasta cero pérdidas de producto, ahorro en cantidades de agua y energía.

- No requiere solo de agua o producto en grandes o pequeñas cantidades, sino lo que la bomba llegue a tener en la caja.
- Muy bajo mantenimiento después de la instalación.
- Los sellos ofrecen mayores condiciones de seguridad cuando se trabaja con productos peligrosos o dañinos para la salud.

### 2.5.1 Principio De Funcionamiento De Un Sello Mecánico

#### Conceptos Preliminares

Figura 2.10 – Parte rotativa vs. Parte estacionaria



En la figura tenemos un sello mecánico simple, que contiene las partes fundamentales del mismo y son dos:

**Parte rotativa:** Es aquella que va adherida generalmente al eje, dado que es el que gira en una bomba centrífuga (esta acoplada al motor por medio de un acoplamiento flexible). Esta parte del sello

contiene como elemento primario de sellado a LA CARA ROTATIVA, que generalmente es la cara blanda del sello, sin embargo hay excepciones según la aplicación. Para la aplicación petrolera sucede lo mencionado en cuanto a materiales. Respecto al sellado secundario lo conforman orings o juntas, y estas pueden ser elastoméricas o metálicas, el material dependerá igualmente de la aplicación y la ubicación de la junta.

Como tercer elemento importante en la parte rotativa está lo que se llama la unidad de compresión, que en buena cuenta sería conformada por resortes, fuelle o fuelles elastoméricos (esto último dependiendo de la aplicación), y llevan por lo general la cara rotativa enchavetada o embutida en la unidad.

**Parte estacionaria:** Es aquella que va apoyada en la parte fija de la bomba (más cerca al impulsor) generalmente. Hacemos la observación de generalmente, dado que existen aplicaciones en petróleo y gas que debido a la severidad del producto, se prefiere usar la parte estacionaria como elemento flexible. Esta parte del sello contiene como elemento primario de sellado a LA CARA ESTACIONARIA, que generalmente es la cara dura del sello, sin embargo hay excepciones según la aplicación. Para la aplicación petrolera sucede lo mencionado en cuanto a materiales. Respecto al sellado secundario lo conforman orings o juntas, y estas pueden

ser elastoméricas o metálicas, el material dependerá igualmente de la aplicación y la ubicación de la junta.

**Problema básico de sellado:** Prevenir la fuga.

**Requerimientos de trabajo**

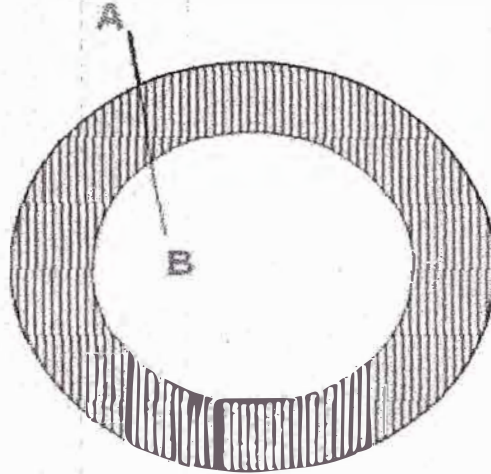
- Mantener la luz entre caras.
- Autoajuste.

Si se entiende los conceptos mencionados, cualquier complejidad de diseño de sello será funcional y todo dependerá de una buena selección del mismo, además de la buena selección del plan de ambientación (conocido como plan API).

**Importancia de las caras de sellado**

El pulido y lapeado de las caras de un sello metálico deben ajustarse en un rango a un patrón máximo de tres bandas de luz. Esto es equivalente en la figura a menos de 0,9 micrones como máximo. Una banda de Luz equivale a 0,29 micrones.

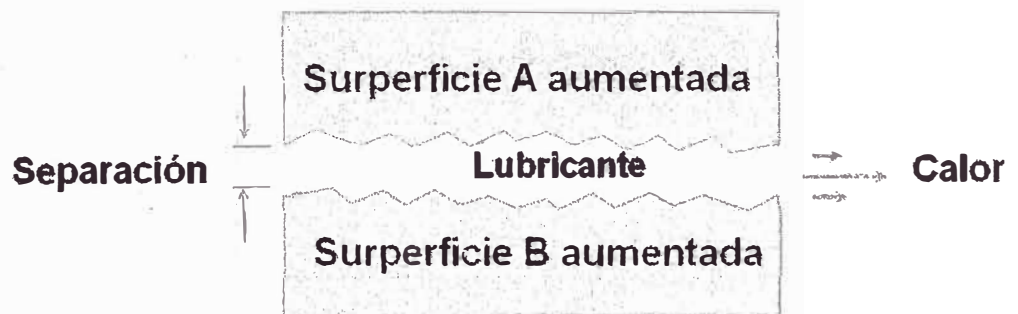
Figura 2.11: Superficie lapeada en cara de sello



Entre caras, existe una interface del sellado que es la película lubricante (que es el fluido bombeado) y el porqué de su existencia (es decir, de su separación) es:

- *Separar las caras.*
- *Prevenir el contacto de los puntos altos de las caras.*
- *Reducir fricción / generación de calor.*

Figura 2.12: Interface de sellado



Imaginemos la superficie A y B las caras, esto esquematiza lo explicado enfatizando en que debe siempre de haber una separación que si es mucho, habría fuga de fluido, y si es poca habría fricción, por lo tanto desgaste, esfuerzos viscosos y generación de calor.

### **Principio de funcionamiento y objetivo**

El **objetivo** del sello mecánico es de eliminar el escape o goteo del líquido entre el eje rotativo y la cubierta estacionaria.

Los sellos mecánicos poseen dos caras en contacto muy pulidas y planas; una en rotación con el eje y la otra estacionaria en el compartimiento de la brida. Estas caras sellan a sus respectivos portadores por medios de sellos secundarios (juntas).

Las piezas metálicas que posicionan y hacen rotar el sello con el movimiento del eje de la bomba, es la unidad de compresión, esta contiene resorte que añaden energía al sello secundario al mismo tiempo que empujan la cara rotativa contra la estacionaria.

## 2.5.2 Clasificación De Sellos Mecánicos

### A. En cuanto la cantidad de elementos:

Sello simple.

Sello doble.

### B. En cuanto a su protección exterior:

Sello no cartucho o de componentes.

Sello cartucho.

### C. De acuerdo a la presión interna:

Sello no balanceado.

Sello balanceado.

### D. De acuerdo a los material de la unidad de compresión:

Sello de resortes.

Sello de fuelle.

Sello de fuelle elastomérico.



E. De acuerdo a API:

Sellos Tipo A.

Sellos Tipo B.

Sellos Tipo C.

### **2.5.3 Instalación Y Montaje De Sellos Mecánicos**

#### **2.5.3.1 Instalación de Sellos de componentes**

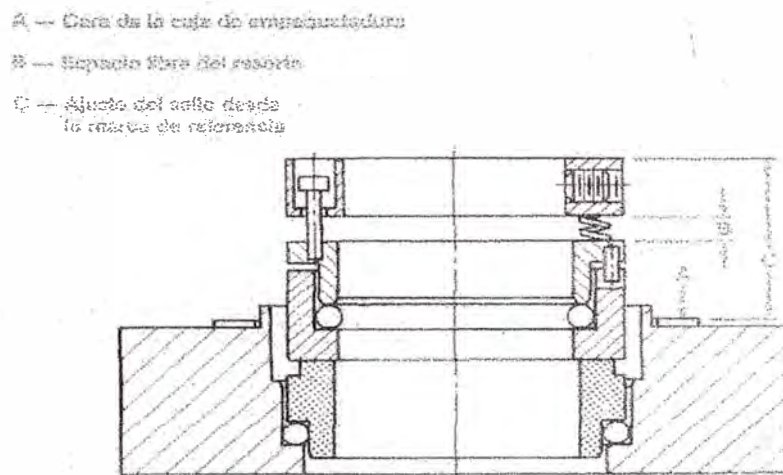
Este tiene un solo método y se trata de marcar el eje según el fabricante de sellos indique.

Es importante tener el plano del sello, dado que la diferencia entre la unidad de compresión comprimida y sin comprimir nos da la referencia (medida B).

La distancia C (longitud a la primera obstrucción) nos da la referencia de ajuste cuando el sello es nuevo, sin embargo esta puede cambiar debido a la reparación del sello o lapeado, que es la técnica de re-utilizar el sello mecánico debido a desgaste,

aunque lo recomendable es cambiar en cuanto se detecta una fuga, dado que el autoajuste de este tipo de sellos no es muy confiable.

Figura 2.13: Instalación de sello de componentes



### 2.5.3.2 Instalación de Sellos de tipo Cartucho

Los sellos cartucho se ajustan en fábrica y se instalan como conjuntos completos.

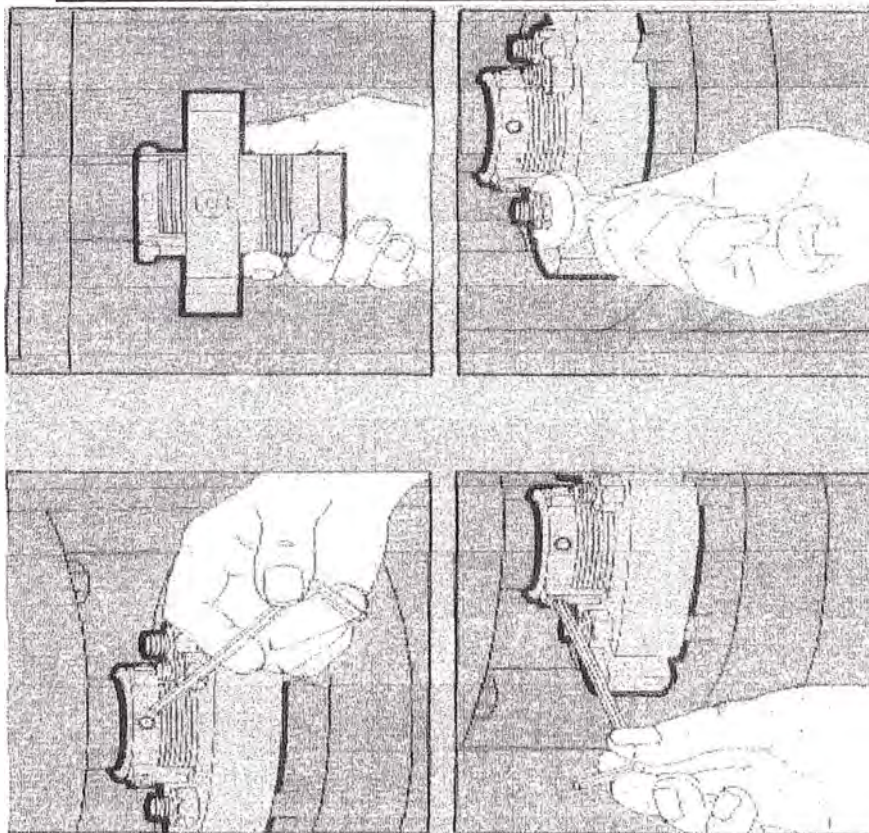
Lo primero que se realiza es limpiar el eje, lubricar e insertar el sello de manera concéntrica y paralela.

Paso siguiente, se procede a ajustar los pernos de la brida en cruz por etapas, hasta tener el torque adecuado (ver sugerencias de fabrica para ajuste de cada tipo de sello).

Una vez fijada la parte estacionaria, procedemos a fijar la parte rotativa mediante el ajuste de los pernos de cabeza hexagonal que van apretados al eje (hacerlo de manera homogénea).

Finalmente, se desajustan los seguros que vienen en el sello cartucho, así quedando libre la parte rotativa adherida al eje y la parte estacionaria adherida a la carcasa de la bomba.

Figura 2.14: Instalación de sello cartucho



## **2.5.4 Reparación De Sellos Mecánicos**

En general, existe procedimientos de reparación sugeridos por los fabricantes, en esta sección vamos a establecer un procedimiento general de reparación e instalación sea cual sea el tipo de sello.

### **2.5.4.1 Procedimiento general de reparación**

- Asegúrese de que todas las piezas estén limpias, especialmente las caras, anillo de sello e inserto.
- Controlar la unidad de compresión, controlar las chavetas de tracción, resortes, etc.
- Controlar los tornillos de ajuste, estos tornillos deben cambiarse en cada intervención.
- Controlar todas las juntas secundarias, condiciones generales, medidas, etc.
- Asegurarse que no haya interferencia, atascamiento entre los espárragos y la brida, controlar la guía de la brida.
- Asegurarse antes de montar que las caras del sello no presente golpes o raspaduras ya que cualquier imperfección ocasionará la falla del sello mecánico.

#### **2.5.4.2 Procedimiento general de instalación (luego de reparado)**

- Revisar el Plano que acompaña cada sello.
- Pulir de rebaba y aristas agudas que puedan tener el eje o la manga.
- Asegurarse que la caja del sello este limpia y sin rebabas.
- Antes de ensamblar el sello, lubrique ligeramente el eje.
- Limpie las caras del sello antes de completar el ensamble, las mismas no deben lubricarse, por lo que deben dejarse limpias y secas.
- Los insertos montados con orings deben ser lubricados ligeramente y montados a presión sobre la brida con la mano solamente.
- Instale los componentes rotativos del sello sobre el eje en la secuencia adecuada, en caso de sellos de fuelle evite comprimir el mismo.
- Ajuste, de ser necesario los tornillos de fijación.
- Acerque la brida al eje, evite golpear el inserto contra el eje.
- Ajuste la brida en su posición y cuando corresponda ajuste los collarines de arrastre.

## CAPITULO 3

### NORMA API

#### 3.1 RANGO DE APLICACIÓN Y ESQUEMA DE TRABAJO

##### 3.1.1 Rango de Aplicación

- Servicios de *refinerías*.
- Nuevas bombas *según API 610 última edición o para retrofits de equipos existentes*.
- *Tamaños* de eje de entre *30 y 120mm*.
- *Temperaturas* entre *-40°C y 260°C*.
- *Presión* en caja entre *0 y 34,5 kg/cm<sup>2</sup>*.

##### 3.1.2 Esquema de Trabajo de la API 682

- *Clasifica y determina Tipos de Sellos Mecánicos*
- *Determina Materiales y Detalles mínimos de diseño*

- *Determina las distintas disposición y/o arreglos de Sellos Mecánicos*
- *Selecciona el sello estándar para cada Aplicación*

### 3.2 OBJETIVO Y MISIÓN DE LA NORMA API 682

Obtener una ***alta probabilidad*** de alcanzar, al menos, **3(tres) años** de operación ininterrumpida del servicio cumpliendo con las normativas de emisión.

### 3.3 TIPOS DE SELLOS MECÁNICOS SEGÚN API 682

***La norma define 3(tres) tipos de sellos mecánicos estándar:***

- **Tipo A**  
Sello Mecánico de **resortes de rotor flexible** para medianas temperaturas.
- **Tipo B**  
Sello mecánico de **fuelle metálico rotativo** para bajas temperaturas.
- **Tipo C**  
Sello mecánico de **fuelle metálico estacionario** para altas temperaturas.

### **Características especiales**

Resorte simple, caras duras, perfluroelastómero, dispositivo de bombeo, etc.

#### **3.3.1 Características Generales**

*La norma define características generales de todos los sellos mecánicos según la norma:*

- Sellos en disposición cartucho, con trabas de fijación robustas.
- Los sellos deben ser posibles de remover sin movilizar el motor.
- Diseño para mínima emisión.
- Terminación superficial en las zonas de asiento de juntas.
- Arrastres positivos y fijación de retención, principalmente en servicios con posibilidades de vacío.
- Bridas con guías para centrado.
- Espesores mínimos de camisas.
- Huelgo adecuado entre sello y caja prensa.
- Brida multiport para sellos de rotor flexible (tipos AyB) de  $\varnothing > 2"$ .
- Buje flotante en brida para sellos de rotor flexible (tipo C).

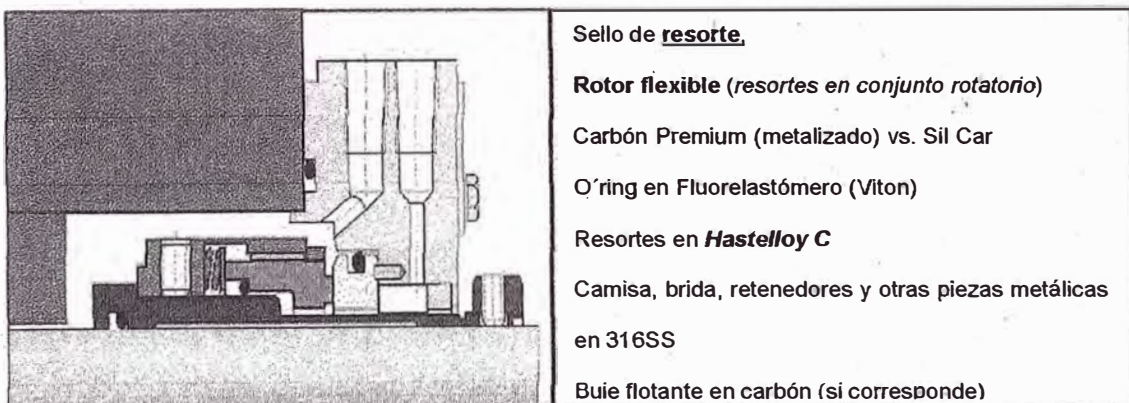


La norma define materiales **mínimos** para las piezas componentes de los sellos mecánicos según la norma:

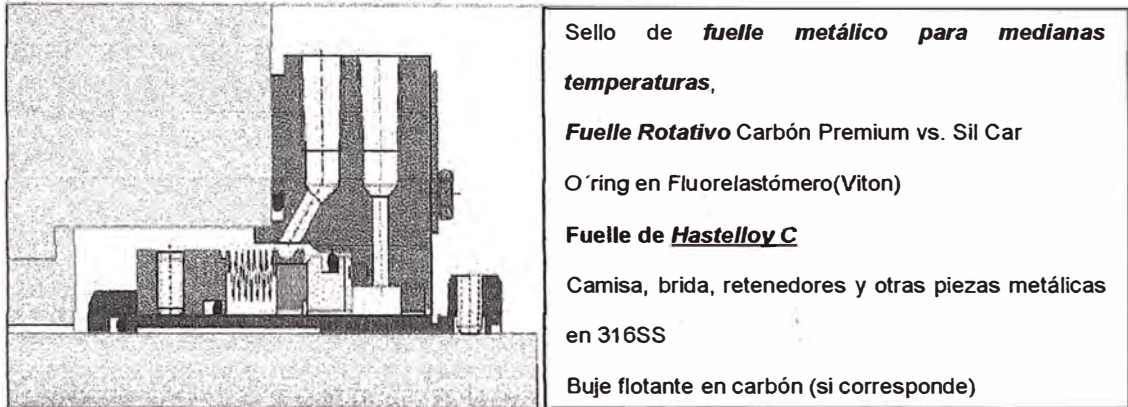
- Caras: Carbón Premium (metalizado) vs. Sil Car.
- En caso de abrasivos puede SilCar vs. TunCar ó SilCar.
- Bridas y camisas en 316SS.
- Resortes en Hastelloy C.
- Juntas tipo O´ring en Viton o Kalrez (sellos tipos A y B), utilizando grafoil y espiraladas para sellos tipo C.
- Fuelle en *Hastelloy C* para sellos de *tipo B*.
- Fuelles en *Inconel 718* para sellos *tipo C*.
- Partes menores al menos en 316SS.
- Buje flotante en brida, si corresponde, en carbón.

### 3.3.2 Características Particulares De Cada Tipo

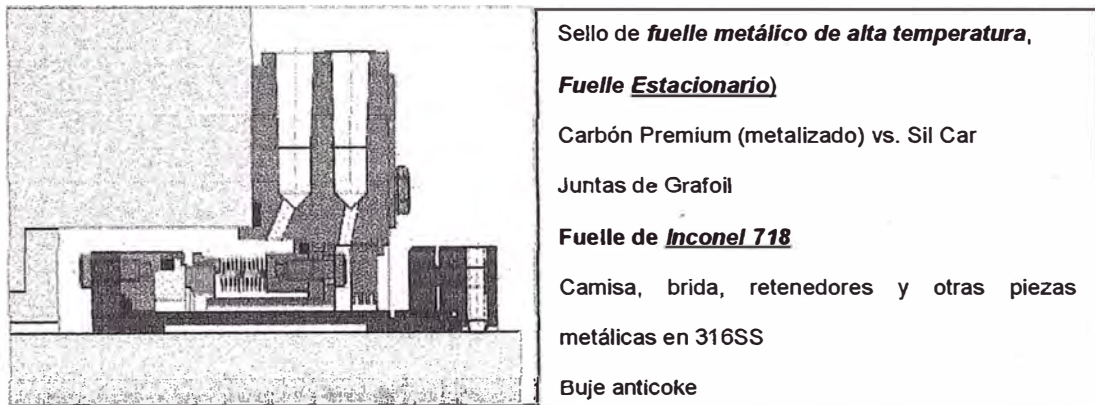
Figura 3.1: Sello Mecánico **Estandar TIPO A**



**Figura 3.2: Sello Mecánico Estandar TIPO B**



**Figura 3.3: Sello Mecánico Estandar TIPO C**



### 3.3.3 Clasificación Por Servicio

*La norma clasifica los distintos servicios de refinería dentro de los siguientes grupos:*

#### Servicios No Hidrocarburos

- Agua < 80°C.
- Agua > 80°C.

- Agua Acida.
- Servicios cáusticos, cristalizables y aminas.
- Servicios ácidos.

#### **Servicios Hidrocarburos Flashing ( $TV > 1 \text{ kg/cm}^2$ )**

- Clasificándolos por presión y temperatura.

#### **Servicios Hidrocarburos NO Flashing ( $TV < 1 \text{ kg/cm}^2$ )**

- Clasificándolos por presión y temperatura.

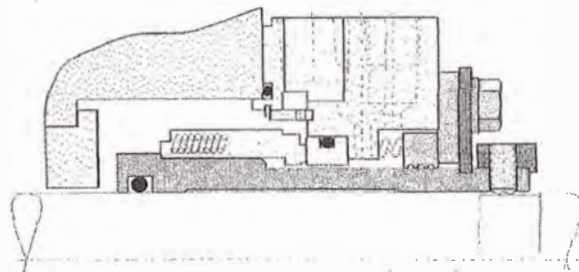
### **3.4 TIPOS DE ARREGLOS Y CATEGORIAS**

***La norma define distintos arreglos (disposición) de instalación de sellos mecánicos:***

#### **Sellos Simples (ARREGLO 1)**

Los sellos mecánicos pueden ser tipos A, B ó C.

Figura 3.4: Arreglo 1



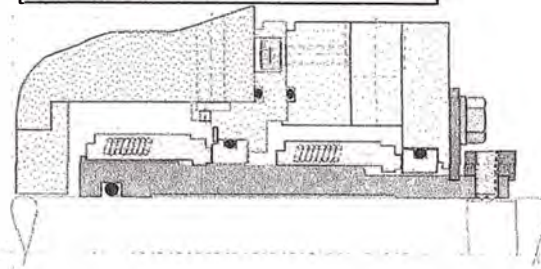
#### **Sellos Duales (dos juegos de caras por caja prensa)**

Dual No presurizado (**ARREGLO 2- ex-Tándem**)

(Presión en caja > presión en tanque)

Los sellos pueden ser tipos A y B

Figura 3.5: Arreglo 2

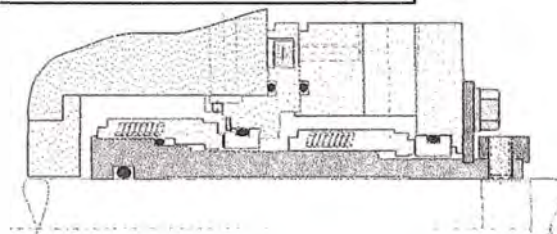


Dual Presurizado (**ARREGLO 3**)

(Presión en caja < presión en tanque)

Los sellos pueden ser tipos A y B

Figura 3.6: Arreglo 3



Hay tres (3) categorías de sellos, como sigue:

- **Categoría 1**, Sellos que son usados en las cajas de sellado de las bombas cualquiera, con excepción de lo que estipula el ISO 13709, preferentemente de acuerdo a los requerimientos de ASME B73.1, ASME B73.2 and ISO 3069 Type C, que según las dimensiones de la caja y su aplicación es limitado a

temperaturas desde – 40 °C (– 40 °F) hasta 260 °C (500 °F) y presiones absolutas hasta de 2,2 MPa (22 bar) (315 psi).

- **Categoría 2,** Sellos que se utilizan en las cajas que dimensionalmente estipula el ISO 13709. Su aplicación se limita a temperaturas en la caja desde – 40 °C (– 40 °F) hasta 400 °C (750 °F) y presiones absolutas hasta de 4,2 MPa (42 bar) (615 psi).
- **Categoría 3,** Provee el diseño de sello más rigurosamente probado y documentado. Se requiere que todo el cartucho (sello completo) sea sometido a pruebas en su construcción según el fluido requerido. En este caso lo requerido según la caja de sellado del ISO 13709 –(o igual). Su aplicación se limita a temperaturas en la caja desde – 40 °C (– 40 °F) hasta 400 °C (750 °F) y presiones absolutas hasta de 4,2 MPa (42 bar) (615 psi).

### 3.5 TEST DE VALIDACIÓN Y PRUEBA

La norma define el procedimiento de testeo (SUPERVISADO POR API) de cada modelo de sello, cuyo resultado satisfactorio, **califica** el sello BAJO NORMA API 682.

Cada modelo de sello en cada tipo de servicio, debe tener un protocolo de ensayo, que puede ser requerido por el cliente.

Eventualmente, y a pedido del cliente, la norma provee test de integridad para el despacho de cada sello mecánico.

## **CAPITULO 4**

### **SELECCIÓN DE SELLOS MECÁNICOS PARA BOMBAS CENTRIFUGAS UTILIZADAS EN EL ÁREA DE GAS Y PETRÓLEO**

El anexo A de la norma API 682 (ISO 21049) nos da un procedimiento recomendado para la selección de sellos mecánicos, no siendo esta una guía práctica debido a su forma de estructurar el procedimiento, mas si es una guía completa ya que incluye todo caso que tenga que ver con API.

Vamos a dividir nuestro método de selección en 4 partes, pero tenemos que incluir toda la información de la norma, citando cada diagrama incluido en la norma para identificar el paso siguiente en la selección, la norma nos da un diagrama de flujo que en este capítulo se incluye la extensión de la selección y en el capítulo siguiente la amplitud del plan ambiental seleccionado.

El rango de aplicación en nuestro tema (tipo de fluido), los cuales clasificaremos, incluye:

- Agua y agua ácida.

- Sodas.
- Aminas.
- Algunos ácidos.
- Demás hidrocarburos.

De hecho el anexo A de la norma se resume en las siguientes hojas de selección (ver apéndice A):

- Hoja 1: Procedimiento de selección recomendado.
- Hoja 2: Tipo de sello y categoría.
- Hoja 3: Servicios que no son hidrocarburos.
- Hoja 4: Servicios que son hidrocarburos que no flashean.
- Hoja 5: Servicios que son hidrocarburos que flashean.
- Hoja 6: Selección de arreglo.
- Hoja 7: Selección de arreglos para no hidrocarburos.
- Hoja 8: Selección de arreglos para hidrocarburos que no flashean.
- Hoja 9: Selección de arreglos para hidrocarburos que flashean.
- Hoja 10: Selección del fluido barrera.

Además hay una serie de recomendaciones para selección según el tipo de fluido, el servicio, consideraciones especiales y otras características que nos darán en cada caso el tipo de sello, la categoría, el arreglo, el plan ambiental (que describiremos en el capítulo 5) y el fluido barrera si se trata de una aplicación con sello doble.



## 4.1 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS Y SERVICIO

### 4.1.1 Tipos de Fluido

Los fluidos de refinería básicos han sido divididos en tres (3) aplicaciones:

- No hidrocarburos – Se incluye el agua, agua acida, causticas, aminas, fluidos que cristalizan y algunos ácidos.
- Hidrocarburos que no flashean – Los hidrocarburos que tienen una presión de vapor menos a 1 bar (14.5 PSIA)
- Hidrocarburos que flashean – Los hidrocarburos que tienen una presión de vapor mayor a 1 bar (14.5 PSIA)

### 4.1.2 Tipos de Servicio

- Identificación de la aplicación (fluido, temperatura, presión, velocidad, contaminantes, etc.)
- Tener definido el fluido (no hidrocarburo, hidrocarburo que flashea o que no flashea)
- Determinar si la aplicación esta fuera de rango o no del siguiente criterio:
  - Sobre los 260°C (500°F) o 21 bar (300 PSI) para la Categoría 1.  
Sobre los 400°C (750°F) o 41 bar (600 PSI) Categorías 2 y 3.

- Velocidades de superficie sobre los 23 m/s (4500 ft/min).
- Presión de vapor sobre los 34 bar (493 PSIA).
- Alta concentración de sólidos.
- Ejes mayores a 110mm (4.3 pulg.) o menores a 20mm (0.75 pulg.).

Al conocer estos dos temas principalmente, podremos utilizar en principio las hojas 2, 3, 4 y 5, para los fines de selección de tipo de sello (A, B o C), Categoría (1, 2 o 3) y lo más importante que es la combinación de caras, los materiales para los elementos secundarios y las partes metálicas, que son finalmente los temas que definirán la optima selección, tanto a nivel geométrico, como a nivel de materiales.

Sin embargo, todos los fabricantes de sellos mecánicos ya tienen establecido una guía de materiales de fabricación que irían en el sello mecánico según el tipo de fluido y la temperatura del mismo (nos indica que posibles materiales se pueden utilizar para cada tipo de fluido). Ver apéndice B.

## **4.2 SELECCIÓN DE ARREGLOS**

Al tener ya claro el tipo de fluido, el servicio, el tipo de sello y la categoría, podemos proceder a seleccionar el arreglo o

configuración geométrica que tendrá nuestro sello mecánico, de acuerdo a las hojas 6, 7, 8 y 9, que corresponden a:

- Diagramas de flujo directos que usan una serie de pregunta de tipo Si/No.
- El resultado que se requiere es el arreglo de sello.
- Las preguntas incluyen los siguientes temas:
  - Regulaciones.
  - Consecuencias de fuga en el ambiente, seguridad del personal, regulaciones de salud.
  - Experiencia y prácticas operativas.
- La selección debe ser hecha por el usuario o el fabricante de sello.

#### **4.3 SELECCIÓN DE PLANES AMBIENTALES**

De la información previa, es decir: Tipo de fluido, Tipo de Servicio, Categoría, Tipo de sello, Tipo de arreglo y Consideraciones especiales, tendremos ya una cantidad de información para complementar la selección del sello, con el plan de ambientación que requerirá para funcionar de manera óptima.

En el capítulo 5 se incluye la descripción, aplicación, propósito y consideraciones generales de la selección de los mismos, ya que una buena selección de sello sin un buen plan ambiental, es una

mala aplicación planteada. Igualmente están descritos completamente en la norma en el anexo C de la misma (Ver Apéndice C).

La selección del fluido barrera será consecuencia de que tipo de plan se utilizará, el tipo de sello y arreglo, dado esto es que se incluye en la hoja 10 del anexo A (apéndice A) de la norma.

#### **4.4 HOJAS DE SELECCIÓN DE FABRICA Y CODIFICACIÓN API**

##### **4.4.1 Hojas De Selección Por Fabricante**

Contiene la información completa que se requiere, antes se tenían muchos formatos para la misma, sin embargo existe obligatoriamente una formalidad de completarse estas hojas, ya sea por el fabricante del sello o el usuario, de otra manera el fabricante de bombas no tendría el sello que exactamente se requiere. Ver apéndice D.

##### **4.4.2 Codificación API**

Código de 4 partes:

- Primera parte - Categoría de sello (C1, C2, C3)
- Segunda parte - Arreglo (A1, A2, A3)

- Tercera parte - Tipo de sello (A, B, C)
- Cuarta parte - Plan de ambientación (ejemplos: 11, 21, 62, etc).

Ejemplos:

**C1A1B11:**

- Categoría 1.
- Arreglo 1 (Sello simple).
- Tipo B (fuelle).
- Plan 11.

**C3A3A53B:**

- Categoría 3.
- Arreglo 3 (Sello presurizado dual).
- Tipo A (Empujador).
- Plan 53B (fluido barrera presurizado por un acumulador).

#### 4.5 EJEMPLO DE SELECCIÓN DE SELLOS MECANICOS EN UN AREA CLASIFICADA

Con respecto a todo a lo anterior, ya podemos realizar selecciones con múltiples datos, algunos incluso faltantes, pero tener en cuenta que la mayor información que se tenga, la mejor y más precisa selección.

Una buena opción de ensayar el tópico principal de este informe es tomar una de instalación petrolera, por ejemplo el área clasificada de una refinería, en nuestro país contamos con 6 refinerías (4 operadas por PETROPERU, una por REPSOL y otra por MAPLE GAS), las cuales tienen todos diversos procesos, pero en esencia la destilación de hidrocarburos, por consiguiente tienen procesos no seguros, contaminantes, volátiles, explosivos y de producto terminado.

Tomamos como ejemplo la bomba 1, del total de equipos listados.

Equipo	: Bomba centrífuga horizontal
Presión en la caja	: 20 kg/cm <sup>2</sup> (285 psi)
Temperatura	: 32 grados Celsius
Fluido	: Petróleo crudo (sucio)
Medidas de la caja	: conocidas
Diámetro del eje	: 38 mm

**Tipo de sello:**

El tipo A es de resortes, se traba y es para temperaturas medias. El tipo C es de fuelle estacionario, es para altas temperaturas y sobredimensiona la aplicación. Entonces el tipo seleccionado será B, que es un fuelle rotatorio.

**Categoría de sello:**

En esta refinería (a excepción de las aplicaciones de alta temperatura) tenemos equipos antiguos, que no cumplen a cabalidad con la última edición del ISO que rige las bombas centrífugas, por lo tanto estamos en la categoría 1.

**Materiales del sello:**

De la tabla de selección del apéndice en cual sólo tenemos todas las posibilidades de los fluidos que estamos bombeando, se obtiene que para el Petróleo Crudo habría posibilidad de utilizar cualquier elastómero, por lo tanto el más conveniente sería el Viton. En cuanto a las partes metálicas el 316SS sería suficiente, dado que no tenemos un grado severo de corrosión ni acidez.

En cuanto a la combinación de caras, al tratarse de un hidrocarburo sucio, si la combinación es blanda y dura, desgastaríamos la cara blanda y si usamos exactamente los

mismos materiales, generaríamos esfuerzos viscosos, por lo tanto se utilizará Carburos de Silicio de distinta calidad.

**Arreglo del sello:**

De las hojas de selección del apéndice y por la aplicación no amerita un sello doble, además que tampoco la bomba en la que instalara el sello lo permite, por lo tanto el arreglo es de tipo 1.

**Plan de ambientación del sello:**

El mejor plan a escoger será aquel que mejore la calidad del hidrocarburo dentro de la caja, por lo que colocaríamos un plan 32 con inyección de Diesel.

**Selección final del sello:**

Sello simple, tipo cartucho, tipo B, categoría 1, arreglo 1, de fuelle rotatorio, con caras duras, elastómeros de Viton, partes metálicas de acero inoxidable 316, de 47.625 mm. Y trabajando con plan 32 con fluido de ingreso Diesel para limpieza.

En este ejemplo hemos resuelto la selección de tan sólo uno de los casos; en todos los demás casos con las mismas herramientas, tablas y un poco de experiencia podremos seleccionar el sello adecuado para el equipo de bombeo. Ver selección de toda el área clasificada en el apéndice E1.



## **CAPITULO 5**

### **IMPACTO AMBIENTAL REFERENTE AL SELLO MECÁNICO**

#### **5.1 IMPORTANCIA DE LOGRAR LA META “CERO EMISIONES” Y LA CONFIABILIDAD**

En este apartado se identifica la evolución de haber tenido incluso una tercera edición de la norma API 682, que nos focaliza en tener una sola meta de CERO EMISIONES, con la finalidad de obtener un mantenimiento más maduro y que los indicadores sean controlables (CONFIABILIDAD).

Para esto en cuanto a líquidos y gases se plantean los siguientes requisitos en este orden:

##### **Sellos líquidos**

- Fluidos estables
- Buenas propiedades lubricantes
- Fluidos que no vaporicen en la cámara del sello.

- Libres de contaminación y de sólidos.
- Viscosidades moderadas.

### **Sello de Gas**

- Gas o vapor convenientes para el sellado.
- Suministro continuo de gas búfer/barrera externo.
- Fluidos de proceso libres de contaminación, líquidos y sólidos.
- Fluidos de proceso que no sean afectados adversamente por las pérdidas del gas.

## **5.2 OBJETIVOS GENERALES DE LOS PLANES AMBIENTALES**

Crear un ambiente más favorable para el sello mecánico

- Inyección para remover el calor.
- Reducir la temperatura del fluido.
- Modificar la presión en la cámara del sello.
- Limpiar el fluido de proceso.
- Control del lado atmosférico del sello.

Proveer un medio de detección y control de las pérdidas del sello mecánico

- Recoger y/o prevenir las pérdidas.
- Detectar las pérdidas.
- Direccionar las pérdidas hacia un colector apropiado.

- Proveer un fluido externo al ambiente del sello mecánico.

### **5.3 METODOS PARA LOGRAR LA META**

Direccionando el fluido de proceso.

Introduciendo fluidos externos.

Agregando equipos auxiliares:

- Enfriadores
- Separadores ciclónicos
- Reservorios

Instrumentando.

Los planes que se mencionan se encuentran todos ilustrados en el Apéndice D.

### **5.4 DESCRIPCION DE LOS PLANES AMBIENTALES**

Plan 01

- Recirculación interna desde la descarga hacia la cámara del sello.

Plan 02

- Cámara cerrada, sin inyección de producto.

#### Plan 11

- Inyección al sello desde la descarga, a través de un orificio.
- Plan de inyección estándar para sellos simples.

#### Plan 13

- Recirculación desde la cámara del sello hacia la succión.
- Plan estándar para bombas verticales.

#### Plan 14

- Inyección desde la descarga y recirculación hacia la succión, con orificios.
- Combinación de plan 11 y Plan 13.

#### Plan 21

- Inyección al sello desde la descarga, a través de un orificio y un enfriador.
- El enfriador en la línea de inyección incrementa el calor removido.

#### Plan 23

- Circulación de producto desde un dispositivo de bombeo en el sello, a través de un enfriador.
- Plan estándar para servicios de agua caliente.

#### Plan 31

- Inyección al sello desde la descarga, a través de separador ciclónico.
- Sólidos centrifugados son regresados a la succión de la bomba.

#### Plan 32

- Inyección al sello desde una fuente externa de fluido limpio.

#### Plan 41

- Inyección al sello desde la descarga, a través de separador ciclónico y un enfriador.
- Combinación de planes 21 y 31.

#### Plan 52

- Circulación de fluido búfer despresurizado a través de un reservorio.
- La circulación del fluido es provocada por un dispositivo de bombeo instalado en el sello externo.

#### Plan 53-A

- Circulación de fluido barrera presurizado a través de un reservorio.

- La circulación del fluido es provocada por un dispositivo de bombeo instalado en el sello externo.

#### Plan 53-B

- Circulación de fluido barrera presurizado con un acumulador de presión a vejiga.
- La circulación del fluido es provocada por un dispositivo de bombeo instalado en el sello externo.

#### Plan 53-C

- Circulación de fluido barrera presurizado con un acumulador de presión a pistón.
- La circulación del fluido es provocada por un dispositivo de bombeo instalado en el sello externo.

#### Plan 54

- Circulación de fluido barrera presurizado desde una fuente externa.

#### Plan 62

Quench externo del lado atmosférico del sello mecánico.

- Los fluidos típicos son: vapor, nitrógeno o agua.

#### Plan 72

- Sistema de control con gas búfer despresurizado.
- Sello contenedor típicamente con búfer de nitrógeno.

#### Plan 74

- Sistema de control con gas barrera presurizado.
- Sello contenedor típicamente con barrera de nitrógeno.

#### Plan 75

- El drenaje líquido de la cavidad del sello contenedor es enviado a un colector y tanque de recuperación de vapor.

#### Plan 76

- Venteo de la cavidad del sello contenedor a un sistema de recuperación / flare.

### **5.5 PROPOSITO DE LOS PLANES AMBIENTALES**

#### Plan 01

- Remover calor de la cámara del sello.
- Venteo de la cámara en bombas horizontales.  
Reduce el riesgo de congelamiento o polimerización del fluido.

#### Plan 02

- Simplicidad – sin controles ambientales.

#### Plan 11

- Remover calor.
- Venteo de la cámara del sello en bombas horizontales.
- Incrementar la presión en la cámara del sello y el margen de vapor del fluido.

#### Plan 13

- Venteo continuo de la cámara del sello en bombas verticales.
- Remover el calor generado en la cámara del sello.

#### Plan 14

- Venteo continuo de la cámara del sello en bombas verticales.
- Incrementar la presión en la cámara del sello y el margen de vapor del fluido.

#### Plan 21

- Enfriamiento del sello.
- Reduce la temperatura del producto en la cámara del sello, aumentando el margen de vapor del fluido.
- Reduce la coquificación.

#### Plan 23

- Enfriamiento eficaz del sello.



- Reduce la temperatura del producto en la cámara del sello, aumentando el margen de vapor del fluido.
- Mejora la lubricidad del agua.

#### Plan 31

- Remover calor.

Remover sólidos de la inyección y de la cámara del sello.

#### Plan 32

- Remover calor.
- Remover el fluido de proceso y sólidos de la cámara del sello.
- Incrementar la presión en la cámara del sello y el margen de vapor del fluido.

#### Plan 41

Enfriamiento del sello.

- Remover sólidos de la inyección y de la cámara del sello.

#### Plan 52

- El sello externo actúa como un back up de seguridad del sello primario.
- Emisiones del proceso nulas o muy bajas.
- No se admite contaminación del proceso.

#### Plan 53-A

- Aislar el fluido de proceso.
- Cero emisiones de proceso.

#### Plan 53-B

- Aislar el fluido de proceso.
- Cero emisiones de proceso.
- Presiones mayores a las del Plan 53A.

#### Plan 53-C

- Aislar el fluido de proceso.
- Cero emisiones de proceso.
- Presiones mayores a las del Plan 53A.
- Rastreo dinámico de la presión del sistema.

#### Plan 54

- Aislar el fluido de proceso.
- Cero emisiones de proceso.
- El sello no puede inducir la circulación.

#### Plan 62

- Prevenir la acumulación de sólidos del lado atmosférico del sello.
- Prevenir el congelamiento.

Plan 72

- Emisiones del proceso nulas o muy bajas.
- El sello externo actúa como un back up de seguridad del sello primario.

Plan 74

- Aislar el fluido de proceso.
- Cero emisiones de proceso.

Plan 75

- Colector de pérdidas para cero o muy bajas emisiones de proceso.
- Indicador de seguridad para el sello primario.

Plan 76

- Recolección de las pérdidas, para lograr emisiones del proceso nulas o muy bajas.
- Indicador de seguridad para el sello primario.

## **5.6 APLICACION DE LOS PLANES AMBIENTALES**

Plan 01

- Cámaras de sello especiales, generalmente bombas ASME/ANSI.
- Fluidos limpios y a temperaturas moderadas.
- Usado por lo general con sellos simples.

#### Plan 02

- Cámaras ampliadas o sin restricción en la garganta y servicios a temperaturas moderadas.
- Fluidos limpios.
- Mezcladores a agitadores con sellos en seco.

#### Plan 11

- Aplicaciones generales con fluidos limpios.
- Fluidos que no polimerizan.

#### Plan 13

- Bombas verticales.
- Presión de la cámara del sello mayor a la presión de succión.
- Temperatura moderada del producto y fluidos con sólidos moderados.
- Fluidos que no polimerizan.

#### Plan 14

- Bombas verticales.

- Fluidos limpios y a temperaturas moderadas.
- Fluidos que no polimerizan

#### Plan 21

- Servicios de alta temperatura, generalmente menos de 177 °C.
- Agua caliente a temperaturas mayores a 80 °C.
- Fluidos limpios que no polimerizan.

#### Plan 23

- Servicios de alta temperatura, hidrocarburos calientes.
- Boiler feed water y agua caliente por encima de los 80 °C.
- Fluidos limpios que no polimerizan.

#### Plan 31

- Fluidos sucios y contaminados, agua con arena.
- Fluidos que no polimerizan.

#### Plan 32

- Fluidos sucios y contaminados, pulpa de papel.  
Servicio de alta temperatura.
- Polímeros y/o fluidos que se solidifican por oxidación.

#### Plan 41

- Servicios de alta temperatura, por debajo de 177 °C.

- Fluidos sucios y contaminados, agua con arena.
- Fluidos que no polimerizan.

#### Plan 52

Utilizado con sellos duales no presurizados (“Tándem”).

- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.
- Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos de transferencia de calor.

#### Plan 53-A

- Utilizado con sellos duales presurizados (“Dobles”).
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.  
Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos de transferencia de calor.
- Fluidos sucios, abrasivos o que polimerizan.
- Mezcladores o agitadores.
- Servicios de vacío.

#### Plan 53-B

- Utilizado con sellos duales presurizados (“Dobles”).
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.
- Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos de transferencia de calor.
- Fluidos sucios, abrasivos o que polimerizan.

#### Plan 53-C

- Utilizado con sellos duales presurizados (“Dobles”).
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.
- Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos de transferencia de calor.

#### Plan 54

- Utilizado con sellos duales presurizados (“Dobles”).
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.
- Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos de transferencia de calor.
- Fluidos sucios, abrasivos o que polimerizan.
- Mezcladores o agitadores.

#### Plan 62

- Se usa con sellos simples.
- Fluidos que solidifican al oxidarse o que coagulan.
- Hidrocarburos calientes.
- Fluidos que cristalizan o que forman sales.
- Servicios cáusticos.
- Fluidos fríos, por debajo de 0 °C.

#### Plan 72

- Utilizado con sellos duales no presurizados (“Tándem”).
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.
- Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos limpios que no polimerizan y no solidifican por oxidación.
- Usado en combinación con plan 75 y/o 76.

#### Plan 74

- Utilizado con sellos de gas duales presurizados (“Dobles”).
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.
- Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Servicios que no toleran fluidos barrera.
- Fluidos limpios que no polimerizan.
- Temperaturas de fluido moderadas.

#### Plan 75

- Puede usarse solo o en combinación con plan 72 en sellos contenedores duales no presurizados.
- Fluidos que condensan a temperatura ambiente.
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.
- Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos limpios que no polimerizan y no solidifican por oxidación.



#### Plan 76

- Puede usarse solo o en combinación con plan 72 en sellos contenedores duales no presurizados.
- Fluidos que no condensan a temperatura ambiente.
- Fluidos con alta presión de vapor, hidrocarburos livianos.  
Fluidos peligrosos o tóxicos.
- Fluidos limpios que no polimerizan y no solidifican por oxidación.

### **5.7 ANOTACIONES ADICIONALES DE LOS PLANES AMBIENTALES**

#### Plan 01

- Generalmente el fluido no se dirige directamente sobre las caras del sello, limitando la refrigeración.
- Se calcula el caudal teniendo en cuenta la pérdida de carga a través del puerto interno.

#### Plan 02

- El proceso debe tener un margen adecuado sobre el punto de ebullición, para evitar la vaporización.
- En servicios calientes puede ser necesario cámara de agua en la bomba.
- Por lo general se utiliza en combinación con el plan 62.

#### Plan 11

- Mínimo diámetro del orificio 0.125" (3 mm).
- El diámetro del orificio se calcula de acuerdo al caudal necesario.
- Incrementar el margen del punto de vapor, utilizando un orificio y un buje de garganta adecuados.
- La inyección se debe realizar preferiblemente sobre las caras y en posición vertical.
- La falla típica es el taponamiento del orificio – verificar temperaturas en los extremos.

#### Plan 13

- Ventear la cañería antes del arranque en bombas verticales.
- Mínimo diámetro del orificio 0.125" (3 mm).
- El diámetro del orificio se calcula de acuerdo al caudal necesario.
- Reducir la presión en caja, utilizando un orificio y un buje de garganta adecuados.
- La falla típica es el taponamiento del orificio – verificar temperaturas en los extremos.

#### Plan 14

- Mínimo diámetro del orificio 0.125" (3 mm).

- El diámetro del orificio se calcula de acuerdo al caudal necesario.
- Incrementar el margen del punto de vapor, utilizando un orificio y un buje de garganta adecuados.
- La inyección se debe realizar preferiblemente sobre las caras y en posición vertical.
- Ventear la cañería antes del arranque en bombas verticales.
- La falla típica es el taponamiento del orificio – verificar temperaturas en los extremos.

#### Plan 21

- El enfriador y las cañerías deben tener venteos de aire en sus puntos más elevados. Ventear antes del arranque.
- Cuando se utiliza con enfriadores 682, conectar en serie para maximizar el intercambio de calor.
- Mínimo diámetro del orificio 0.125" (3 mm).
- El diámetro del orificio se calcula de acuerdo al caudal necesario.
- Incrementar el margen del punto de vapor, utilizando un orificio y un buje de garganta adecuados.
- Regularmente controlar el sistema –entradas y salidas- para identificar taponamientos o irregularidades en el funcionamiento.

### Plan 23

- El enfriador y las cañerías deben tener venteos de aire en sus puntos más elevados. Ventear antes del arranque.
- Cuando se utiliza con enfriadores 682, conectar en paralelo, para minimizar las pérdidas de carga.
- El fondo de caja requiere un buje de huelgo reducido, para aislar la cámara del proceso.
- Entrada y salida tangenciales –entrada en la parte baja y salida en la parte superior.
- Regularmente controlar el sistema –entradas y salidas- para identificar taponamientos o irregularidades en el funcionamiento.
- Fluidos de proceso con metales, deben pasar por un separador magnético antes de ingresar al enfriador.

### Plan 31

- El separador ciclónico funciona mejor con sólidos con una gravedad específica dos veces mayor que el fluido de proceso.
- La presión en la cámara del sello debe preferiblemente ser igual o cercana a la presión de succión.
- La falla típica es el taponamiento del separador – verificar temperaturas en los extremos–.

### Plan 32

- Usar buje de garganta de poco huelgo, para mantener la presión y mantener la velocidad del flujo.
- Regular el caudal para evitar el ingreso del fluido de proceso.
- Regular la presión de inyección para incrementar el margen del punto de vapor.
- El fluido a inyectar debe ser compatible con el proceso.
- Regularmente controlar el sistema por válvulas cerradas o signos de taponamiento.

#### Plan 41

- El enfriador y las cañerías deben tener venteos de aire en sus puntos más elevados. Ventear antes del arranque.
- Cuando se utiliza con enfriadores 682, conectar en serie para maximizar el intercambio de calor.
- El separador ciclónico funciona mejor con sólidos con una gravedad específica dos veces mayor que el fluido de proceso.
- La presión en la cámara del sello debe preferiblemente ser igual o cercana a la presión de succión.
- La falla típica es el taponamiento del separador – verificar temperaturas en los extremos–.

#### Plan 52

- El reservorio debe estar en todo momento venteado a un sistema de recuperación/flare, a una presión cercana a la atmosférica.
- Presión de vapor del proceso es por lo general mayor a la presión del reservorio.
- El fluido búfer debe ser compatible con el fluido que escapa del proceso.
- Una pérdida excesiva del sello primario es detectada por un incremento de la presión del reservorio.
- El indicador de nivel del reservorio indica la pérdida del sello externo.

#### Plan 53-A

- El loop se ventea hacia el reservorio ubicado en la parte más alta del sistema.
- Reservorio presurizado en todo momento, máxima presión de gas 10 - 14 bar
- El fluido barrera debe ser compatible con el proceso.
- El indicador de nivel del reservorio indica la pérdida de ambos sellos.

#### Plan 53-B

- El loop debe estar completamente venteado antes del arranque.

- El acumulador debe estar presurizado en todo momento, usualmente con carga de gas.
- El fluido barrera debe ser compatible con el proceso.
- Monitorear regularmente la presión del fluido barrera – agregar de ser necesario.

#### Plan 53-C

- El loop debe estar completamente venteado antes del arranque.
- La línea de referencia debe soportar contaminación con fluido de proceso sin taponarse.
- El fluido barrera debe ser compatible con el proceso.
- El indicador de nivel del reservorio indica la pérdida de ambos sellos.

#### Plan 54

- El loop debe estar completamente venteado antes del arranque.
- El sistema de circulación debe presurizado y energizado en todo momento.
- El fluido barrera debe ser compatible con el fluido de proceso.
- El indicador de nivel del sistema de circulación indica la pérdida de ambos sellos.

## Plan 62

- El ingreso debe ser por la parte superior y la salida/drenaje por la parte inferior.
- La presión del quench debe ser de 0.2 bar o menor.
- Se debe usar buje de brida del lado atmosférico, para direccionar el flujo hacia el drenaje.
- Monitorear regularmente, verificando por válvulas cerradas, líneas tapadas y estado de trampas de vapor.

## Plan 72

- Gas limpio, fiable y a baja presión debe ser suministrado al sello en todo momento.
- El suministro de gas embotellado no se recomienda, salvo como back up de emergencia.
- La pérdida del sello primario es indicada por presión en la línea de venteo.
- El venteo o drenaje se conectan comúnmente a un sistema de recuperación de vapor / flare, a una presión cercana a la atmosférica.

## Plan 74

- Gas limpio, fiable y presurizado debe ser suministrado al sello en todo momento.



- La presión del gas barrera debe ser por lo menos 1.75 bar por encima de la presión de la cámara del sello.
- El caudalímetro indica la pérdida de ambos sellos.
- El suministro de gas embotellado no se recomienda, salvo como back up de emergencia.

#### Plan 75

- El reservorio colector de debe ubicarse debajo del drenaje del sello y las cañerías deben tener inclinación descendente.
- El reservorio debe estar en todo momento venteado a un sistema de recuperación/flare, a una presión cercana a la atmosférica.
- Drenar el líquido del reservorio según sea necesario.
- Una pérdida excesiva del sello primario es detectada por un incremento de la presión del reservorio.
- Monitorear regularmente el nivel del líquido, estado de las válvulas y presión de venteo.

#### Plan 76

- Venteo continuo a un sistema de recuperación / flare, a una presión cercana a la atmosférica.
- La cañería de venteo debe incluir un drenaje para el condensado.

- La pérdida del sello primario es detectada por el incremento de la presión de venteo.
- Monitorear regularmente el estado de las válvulas, líneas tapadas y presión de venteo.

## 5.8 INSTRUMENTACION ADICIONAL Y RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN DE LOS PLANES

Los accesorios son otros componentes que requieren los sellos para crear un medio de sellado aceptable, estos serían:

- **Sistemas auxiliares API** (ya se describieron en este capítulo).
- **Separadores ciclónicos:**

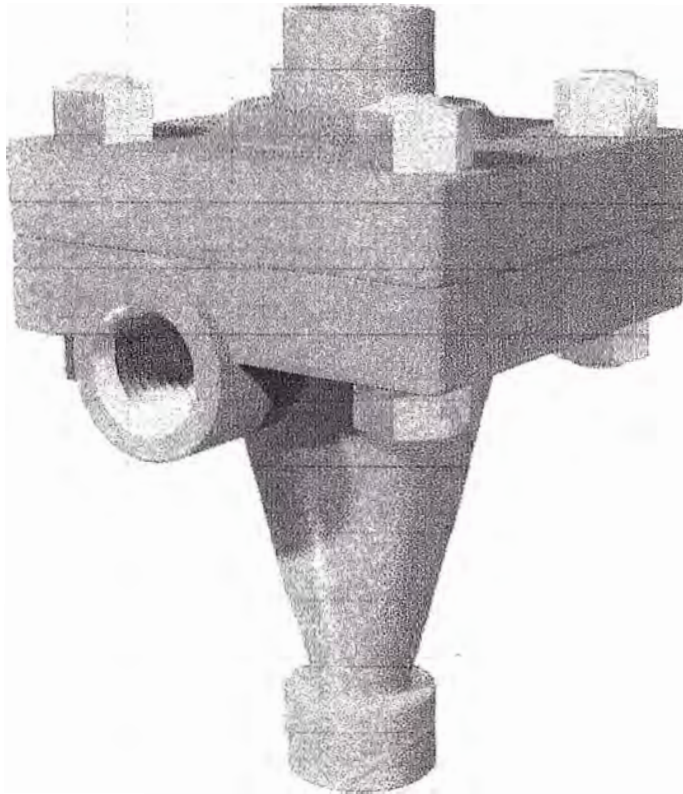
Deberían ser los dispositivos de limitación de flujo

Los sólidos deberían tener una densidad al menos del doble que el fluido.

En bombas tipo entre rodamientos, cada sello debería tener su propio separador.

El material por defecto es acero inoxidable austenítico.

Figura 5.1: Separador Ciclónico



- **Orificios de control de flujo**

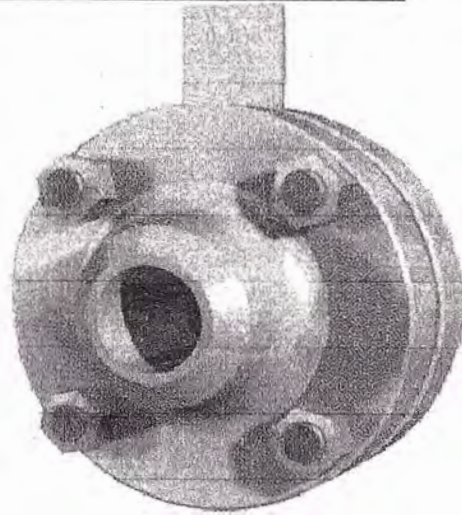
Los conectores de tubo de orificio y las placas orificio son la selección por defecto.

Los nipples de orificio pueden ser provistos si así se especifica.

El diámetro mínimo es 3 mm (0.125 pulg.).

Orificios múltiples deberán estar separados por un mínimo de 6 pulgadas.

Figura 5.2: Placa de Orificio



- **Enfriadores de sello**

El flujo del sello sobre la tubería del enfriador.

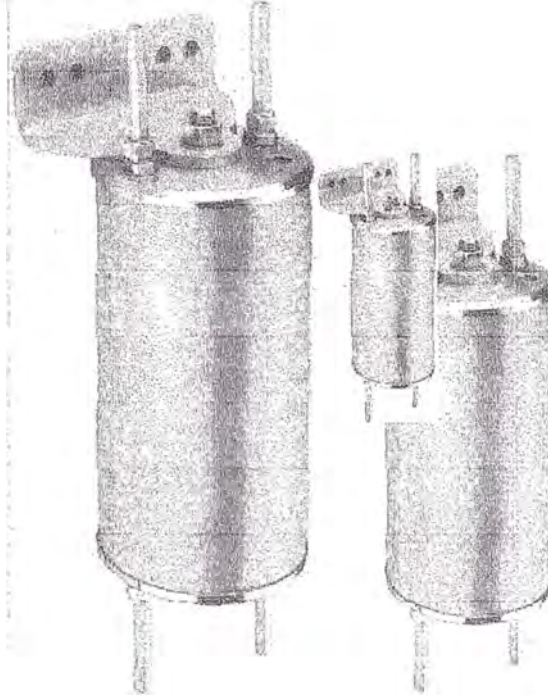
Ambos, lado de proceso y lado de enfriado de agua deben estar completamente venteados y drenados.

La válvula de drenaje debe de ser provista en el lado del agua.

Dos tamaños de enfriadores:

- Para ejes mayores a 60mm (2.5 pulg.) – diámetro de tubería de 19.05 mm y espesor de pared de 2.413 mm.
- Para ejes de tamaños más pequeños – diámetro de tubería de 15.875 mm y espesor de pared de 1.65 mm.

Figura 5.3: Reservorios de Refrigeración



- **Reservorios de líquido barrera / buffer**

Estos tienen específicos requerimientos para características, conexiones, dimensiones, volúmenes y materiales.

Para diámetros de eje sobre los 60 mm (2.5 pulg.), el volumen de líquido deberá de mínimo 20 litros (5 galones).

Para diámetros más pequeños, el volumen de líquido deberá ser mínimo de 12 litros (3 galones).

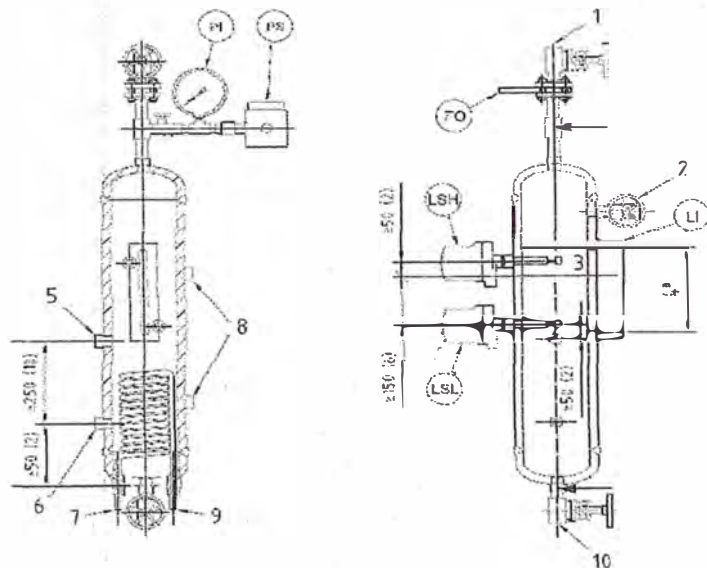
Los reservorios de 3 galones son construidos de 6 pulgadas, tubería de tipo Schedule 40.

Los reservorios de 5 galones son construidos de 8 pulgadas, tubería de tipo Schedule 40.

Los agujeros de refrigeración serán de 12.27 mm (0.5 pulg.) de tubo con un mínimo de 1.65 mm. de espesor de pared.

Los diseños de cabezas fija y removible están disponibles.

Figura 5.4: Reservorios de líquido barrera



Leyenda:

- 1 : Venteo.
- 2 : Presión de llenado.
- 3 : Nivel de líquido normal.
- 4 : Longitud visible.
- 5 : Retorno.
- 6 : Suministro.
- 7 : Ingreso de líquido de refrigeración.

- 8 : Pulmones de montaje.
- 9 : Salida de líquido de refrigeración.
- 10 : Drenaje.
- FO : Orificio de flujo.
- LSH : Interruptor de alto nivel (si se especifica).
- LSL : Interruptor de bajo nivel.
- LI : Indicador de nivel
- PI : Indicador de presión
- PS : Interruptor de presión

- **Anillos de bombeo** (Mejor especificados por el fabricante de las bombas).

- **Reservorios colectores de condensado**

Utilizados para recolección de fuga en Plan 75.

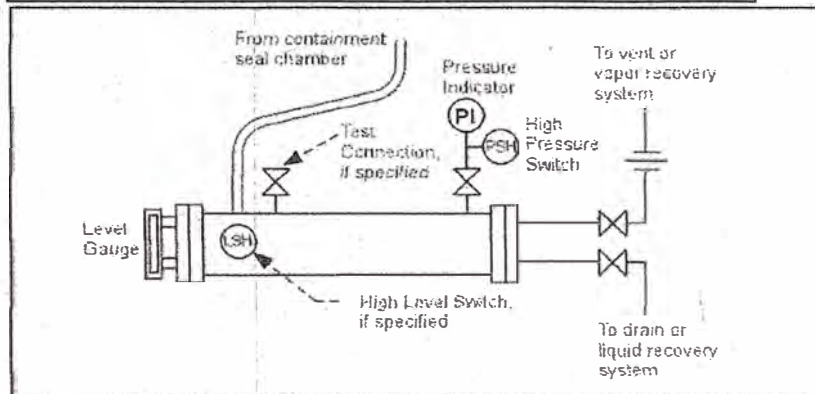
Tubería de 20.32 cm (8 pulg) schedule 40, 12 litros (3 gal).

Acero al carbón o la misma metalurgia de la bomba.

Manómetro de nivel, drenaje y conexiones de venteo.

Interruptor de nivel y conexiones de prueba opcionales.

Figura 5.5: Reservorios colectores de condensado



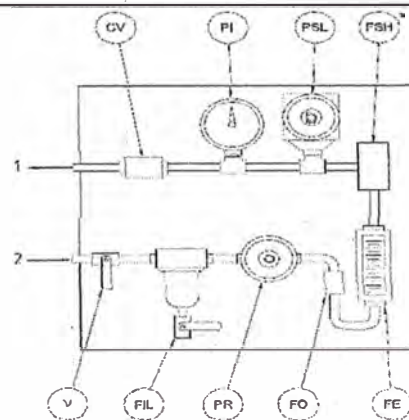
- **Paneles de suministro de gas**

El fabricante de sellos y el comprador deben estar de acuerdo con este requerimiento.

Incluyen como mínimo válvula de aislamiento, filtro coalescente, regulador de presión, medidor de flujo, interruptor de presión baja, manómetro de presión y válvula anti retorno.

Interruptor de alto flujo opcional.

Figura 5.6: Panel de suministro de gas





**Leyenda:**

1	: Al sello.
2	: Del suministro de gas.
CV	: Válvula anti retorno.
FE	: Medidor de flujo.
FIL	: Filtro coalescente.
FO	: Orificio de flujo 1.5mm si se requiere.
FSH	: Interruptor de alto flujo.
PI	: Indicador de presión.
PR	: Regulador de presión.
PSL	: Interruptor de baja presión.
V	: Válvula de apagado.

- **Instrumentación**

Para los requerimientos normales se tienen los siguientes componentes:

Manómetros indicadores de temperatura.

Termocuplas.

Manómetros de presión.

Interruptores de presión.

Interruptores de nivel.

Interruptores de flujo.

Indicadores de nivel.

Indicadores de flujo.

Válvulas de alivio.

Reguladores. ;

## **CAPITULO 6**

### **COSTOS DIRECTOS**

#### **6.1 GENERALIDADES**

Para analizar la situación actual de las empresas en Perú tendríamos que tener muchos datos organizacionales, técnicos y políticas operativas, de mantenimiento, salud y seguridad. En el presente informe no se pretende vender un sello mecánico o presentarlo como una innovación tecnológica, sino mostrar el futuro de lo que una instalación promedio actualmente operando podría con cierto camino que recorrer en base a los sellos mecánicos y algunos accesorios complementarios, mejorar su confiabilidad de por sí, la cual evaluaremos sólo de manera superficial pero sí explicaremos en detalle.

Tendremos también que explicar cuáles son los costos hundidos, su concepto, cuales no lo serian y el porqué el conocer los costos fijos y no variables es más adecuado.

Para que el caso ideal sea factible vamos a seguir el ejemplo del capítulo 4.

### **Consideraciones de Equipos Instalados Actualmente**

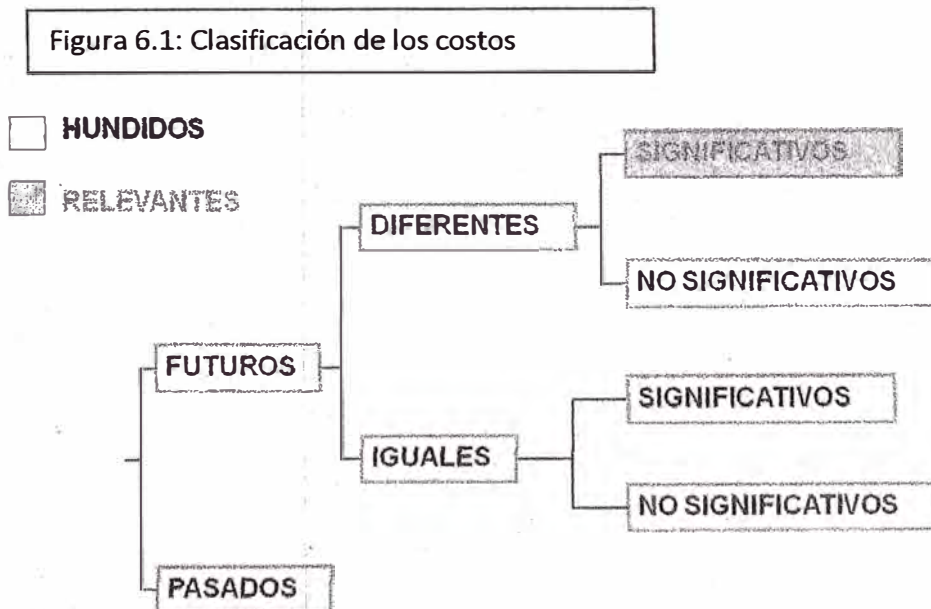
Como ya lo mencionamos en el capítulo 4, vamos a evaluar una refinería y sus equipos de bombeo de área clasificada (ver apéndice E, donde figurarán todos los datos de los equipos que no identifiquen al cliente o a la refinería, pero considérese una muestra de un área clasificada típica).

Antes de evaluar los costos (pasados y futuros) y toda la estructura de costos, mencionaremos que la idea de la evaluación que nos toca hacer, es conocer en qué se gasta normalmente (costos hundidos pasados y muchos de ellos variables) y en que se debería e invertir (costos contables, fijos y relevantes) y cuanto significaría reemplazar el concepto de mantenimiento correctivo actual, por una política de confiabilidad operacional (costos hundidos futuros), que nos llevaran a conocer si es factible o no, pero llevando del estado actual a un futuro que encaja en el esquema de acuerdo a la norma ISO (API 682) que hemos detallado en todos los capítulos anteriores.

## Costos Hundidos

Es aquel en el que ya se ha incurrido independientemente de si se realiza o no el proyecto, por lo que no es relevante para la toma de decisiones y por lo que se deben suprimir en el análisis y la valuación de un proyecto.

Se distinguen de los costos relevantes (fijos y variables), si estos aun con cambiar de alternativa en la inversión no se pueden evitar. En el esquema siguiente vamos a ver que es preferible siempre tomar la decisión para no incurrir en costos pasados, o que siempre sean iguales, así los costos serán relevantes serán fijos en lugar de variables y la decisión será de inversión.



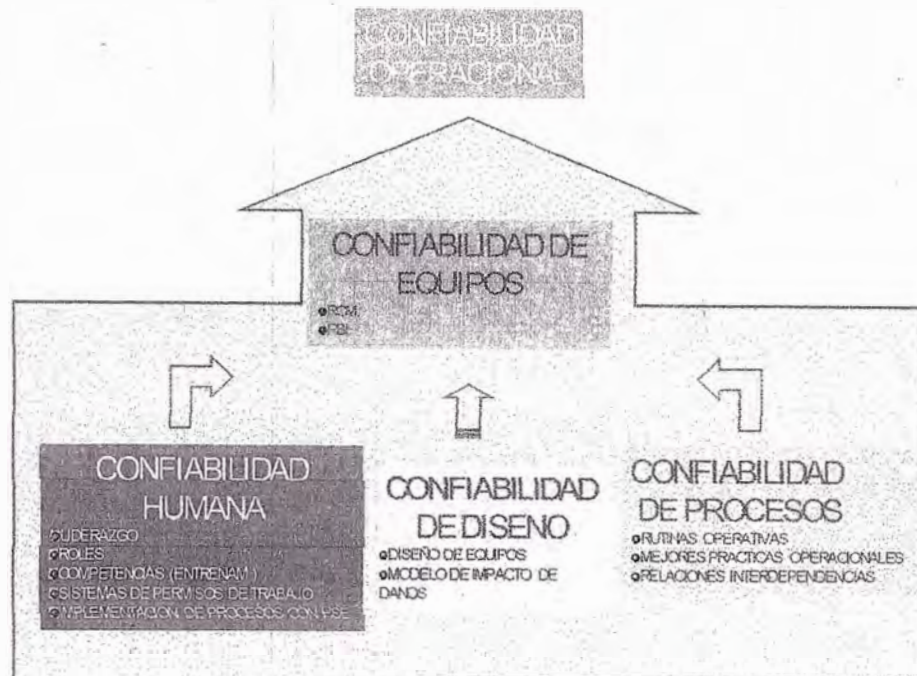
### **Confiabilidad**

Los procesos productivos actuales en cualquier organización deben estar enfocados a maximizar las ganancias y beneficios para la misma y a disminuir las pérdidas generadas por paradas repentinas o por accidentes que se pueden evitar utilizando procedimientos seguros.

La confiabilidad operacional se centra en 4 pilares, tal como lo explica la figura 6.2, de hecho se explica por sí solo el esquema y resta aplicar la metodología en mantenimiento, cuyos objetivos serian:

- Realizar el estudio de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) e inspección basada en el riesgo (RBI) para definir el plan óptimo de mantenimiento de los equipos de bombeo que conforman la refinería.
- Elaborar el análisis de impacto y asegurar un óptimo plan de ambientación para cada equipo y en general para el área clasificada.
- Mostrar los elementos requeridos, costos y estrategias para lograr la implementación de los módulos de HSE y de participación de los empleados, que permitan asegurar la identificación, análisis y tratamiento de los riesgos operacionales en el área clasificada de la refinería.

Figura 6.2: Confiabilidad



## 6.2 DISTRIBUCION DE COSTOS

### 6.2.1. Costos Variables

En el presente trabajo, éstos hoy no se conocen a la perfección, dado que los equipos fallan sin conocer la razón, el momento y el costo de su reparación.

Este costo en mantenimiento se llama Correctivo y está formado por dos partes:

***Materiales y Repuestos***

Todos los años se repara al menos una vez cada sello mecánico de cada equipo de la Refinería (eso significa que se intervendrán al menos una vez cada bomba y esto no garantiza su buen funcionamiento, debido al desgaste).

***Personal***

Siempre, actualmente se tiene 1 cuadrilla por turno (son dos turnos) conformadas por un ingeniero y dos técnicos disponibles (existen regulaciones para sus horas extras, pero asumimos que no existen).

**6.2.2. Costos Fijos**

Se asume que en adelante el costo realmente debiera ser invertido en mantenimiento preventivo y predictivo, se plantea lo siguiente:

***Materiales y Repuestos***

Normalmente todos los años se intervienen los equipos, es decir, se cambia el kit de reparación de todos los equipos.

En tres años debemos intervenir todos los equipos y debemos colocar sellos nuevos en su totalidad, así como los retrofits de cada bomba.



***Personal***

Se propone 2 ingenieros especialistas en sellos y 2 técnicos de mantenimiento, que a diferencia de los anteriores considerados no necesitan rotar o tener horas extras (que igualmente no se han considerado, pero esta filosofía plantea realizar el trabajo de manera programada al 100%).

**6.2.3. Costos hundidos*****Perdidas por no producción***

Siempre se asume que la disponibilidad de equipos es 90% (por estadística de funcionamiento), y la probabilidad de falla siempre ha sido 10% en promedio, sin embargo, nosotros garantizaremos inicialmente un 95% de disponibilidad para los 3 primeros años y los 3 siguientes 98%.

Se asume estos últimos valores de disponibilidad, debido a que nunca se eliminará el mantenimiento preventivo, pero si se irá disminuyendo debido a la implementación de estandarización de equipos.

***Estudio de Confiabilidad***

Como se explica en las generalidades, existe toda una metodología que se tendría que aplicar y que tiene un costo de

inversión significativo, pero que nos daría ahorros muchos más que sustanciales observables desde el primer año.

Estos 3 componentes del costo se han evaluado y en resumen se sabe que el gasto normal por cada 3 años era de 2.76 millones de dólares, y hoy en los 3 primeros años sería 2 millones y en los siguientes alrededor de 770,000 dólares. Los costos variables se eliminarían. Los costos fijos solamente el primer año serían altos (que en realidad es inversión). Los costos hundidos los 3 primeros años serán 60% menos que si no se hiciera un cambio de inversión, y los siguientes 3 años serían sólo el 20%. Los cálculos en su totalidad se encuentran en el Apéndice E2, E3 y E4.

### **6.3 COSTOS HUNDIDOS VS. CONFIABILIDAD**

La confiabilidad nos costó 200,000 dólares, este trabajo de implementación se realizaría en 1 año con un equipo de personal que corresponde a un estudio de una compañía fabricante de sellos mecánicos.

Los costos hundidos en el caso de no hacer cambios serían siempre los mismos, porque de todos modos habrían pérdidas de producción, pero en el caso de utilizar la metodología planteada, habría que invertir en el trabajo planteado, así se cambiara la

política de mantenimiento o no, pero ya estaríamos trabajando con el modelo de Confiabilidad.

## CONCLUSIONES

1. Cambiar cualquier tecnología antigua con tecnología actual siempre es más favorable, pero demostrarlo es la tarea de este informe, de manera que se rompa el paradigma de la utilización de empaquetaduras en adelante debido a los beneficios al utilizar sellos mecánicos es mejor y lo hemos mostrado técnica y económicamente.
2. Los equipos de bombeo no deberían ser un problema para los mantenedores de los mismos, ya que existen alternativas de estandarización y normas que regulan su selección, operación y funcionamiento, el presente informe presenta el cómo hacer para cumplir con esta tarea sin temor a cometer un error de selección.

3. La selección de sellos mecánicos siempre será más sencilla si instalamos los mismos en equipos que cumplan la norma, ya que estos la cumplen y son exigencia en muchos países que ambos, tanto el sello como la bomba cumplan las normas.
4. La selección de un sello mecánico no es suficiente para el buen funcionamiento de los equipos de bombeo, debe además seleccionarse todo el equipo complementario según lo que hemos descrito en el capítulo 5 del presente informe.
5. En cuanto a los costos que debería manejar el área de mantenimiento, definitivamente la inversión en Confiabilidad nos ayudaría a disminuir al mínimo los costos variables que se requerían para el mantenimiento correctivo y a pesar que los costos fijos crecen un poco, más se utilizaría el dinero en inversión y personal, que en repuestos, materiales e incertidumbre.
6. Los costos hundidos de antes y planteados siempre existirán, pero irán disminuyendo en el tiempo y estos son realmente los que habría que controlar, seguidos por los fijos y dado el control planteado en este informe, los costos variables serían poco a poco

una preocupación cada vez menor para las compañías, que además ayudan a cumplir con los objetivos financieros.

## BIBLIOGRAFIA

1. ISO 13709: 2003 (API 610 decima edición), Estándar para bombas centrifugas utilizadas en la industria del Petróleo y Gas – 2004.
2. ISO 21049: 2004 (API 682 tercera edición), Estándar para Sistemas de sellado para bombas centrifugas y rotativas – 2004.
3. GPM10: Goulds Pump Manual – 2008.
4. Guía de Compatibilidad de Materiales FLOWSERVE – 2005.
5. ADMINISTRACION FINANCIERA II, Autor: Jesús Dacio Villarreal Samaniego – 2008.
6. US End-User Mechanical Seals Price Book, Autor: JOHN CRANE INC., version 1.0 – 2004.
7. III CONGRESO DE INGENIERIA MECANICA - ASME PERU JULIO 2009.
8. TESIS: “Estudio de los planes de ambientación en el control de emisiones con el uso de sellos mecánicos en bombas centrifugas”, autor: Flavio Alejos Jara, año 2002/FIM.

## **APENDICE**

APENDICE A: FUENTE : ISO 21049 (API 682 TERCERA EDICION).

APENDICE B: FUENTE : SELECCIÓN DE SELLOS MECANICOS.

APENDICE C: FUENTE : ISO 21049 (API 682 TERCERA EDICION).

APENDICE D: FUENTE : ISO 21049 (API 682 TERCERA EDICION).

APENDICE E: FUENTE : COSTOS

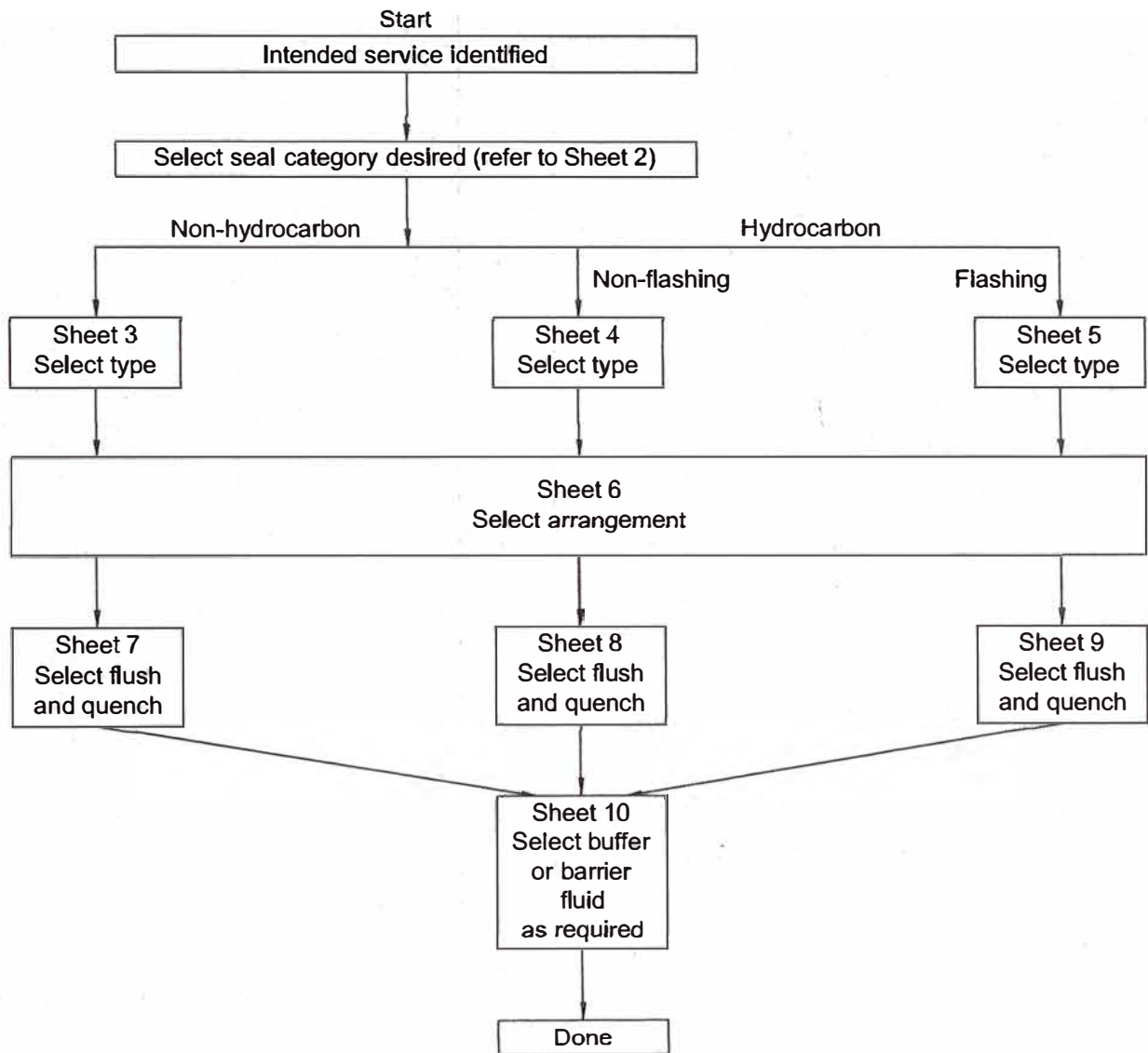


APENDICE A

ISO 21049 (API 682 TERCERA EDICION)

HOJAS DE SELECCIÓN

**RECOMMENDED SEAL SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**SHEET 1 OF 10**



**RECOMMENDED SEAL SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)  
SEAL CATEGORY, TYPE, AND ARRANGEMENT SUMMARY  
SHEET 2 OF 10**

Seal category shall be Category 1, 2 or 3 as specified.

The major features of each category are summarized below. Options, where they exist for each feature, are listed in the text as "if specified". Clause numbers in parentheses indicate where the requirements are specified.

FEATURE	CATEGORY 1	CATEGORY 2	CATEGORY 3
Seal chamber size. (4.1.2)	ISO 3069-C, ASME B73.1 and ASME B73.2.	ISO 13709 and ISO 3069-H.	ISO 13709 and ISO 3069-H.
Temperature range. (4.1.2)	- 40 °C to 260 °C	- 40 °C to 400 °C	- 40 °C to 400 °C
Pressure range, absolute. (4.1.2)	2,2 MPa	4,2 MPa	4,2 MPa
Face materials. (6.1.6.2)	Premium blister-resistant carbon vs. self-sintered silicon carbide.	Premium blister-resistant carbon vs. reaction-bonded silicon carbide.	Premium blister-resistant carbon vs. reaction-bonded silicon carbide.
Distributed inlet flush requirements, Arrangements 1 and 2 with rotating flexible elements.	When required per 6.1.2.14 or if specified. (6.2.1.2.1)	When required per 6.1.2.14 or if specified. (6.2.2.2.1)	Required. (6.2.3.2)
Gland plate metal-to-metal contact requirement.	Required. (6.2.1.2.2)	Required inside and outside of the bolt circle diameter. (6.2.2.2.2)	Required inside and outside of the bolt circle diameter. (6.2.2.2.2)
Cartridge seal sleeve size increments required.	None	10 mm increments. (6.2.2.3.1)	10 mm increments. (6.2.2.3.1)
Throttle bushing design requirement for Arrangement 1 seals. (7.1.2.1)	Fixed carbon. Floating carbon option. (7.1.2.2)	Fixed, non-sparking metal. Floating carbon option. (7.1.2.2)	Floating carbon.
Dual-seal circulation device head flow curve provided.	If specified. (8.6.2.2)	If specified. (8.6.2.2)	Required. (8.6.2.2)
Scope of vendor qualification test.	Test as Category 1 unless faces interchangeable with Category 3. (10.3.1.2.3)	Test as Category 2 unless faces interchangeable with Category 3. (10.3.1.2.3)	Test as Category 3, entire seal assembly as a unit. (10.3.1.2.2)
Proposal data requirements.	Minimal. (11.2.1)	Minimal. (11.2.1)	Rigorous, including qualification test results. (11.2.1)
Contract data requirements.	Minimal. (11.3.1)	Minimal. (11.3.1)	Rigorous. (11.3.1)

**SHEET 2 OF 10** (continued)

Seal type shall be Type A, B, or C as specified.

The major features of each type are summarized below. Options, where they exist for each feature, are listed in the text as "if specified". Clause numbers in parentheses indicate where the requirements are specified.

FEATURE	TYPE A	TYPE B	TYPE C
Standard temperature application range. (4.1.3)	– 40 °C to 176 °C	– 40 °C to 176 °C	– 40 °C to 400 °C
Hydraulic balance requirement. (4.1.3 and 6.1.1.7)	Balanced (e.g. hydraulic balance less than 1).	Balanced (e.g. hydraulic balance less than 1).	Balanced (e.g. hydraulic balance less than 1).
Mounting requirement. (4.1.3)	Inside the seal chamber.	Inside the seal chamber.	Inside the seal chamber.
Cartridge requirement. (4.1.3 and 6.1.1.1)	Cartridge design.	Cartridge design.	Cartridge design.
Flexible element style. (4.1.3)	Pusher (e.g. sliding elastomer).	Non-pusher (e.g. bellows).	Non-pusher (e.g. bellows).
Flexible element orientation. (4.1.3)	Rotating. Stationary option. (6.1.1.2)	Rotating. Stationary option. (6.1.1.2)	Stationary. Rotating option. (6.1.1.3)
Bellows material. (6.1.6.6)	Not applicable.	Alloy C-276	Alloy 718
Spring type. (4.1.3)	Multiple-coil springs. Single-spring option. (6.1.5.1)	Single bellows.	Single bellows.
Limit for stationary element application. (6.1.1.5)	23 m/s	23 m/s	Not applicable.
Secondary sealing element material. (4.1.3)	Elastomer.	Elastomer.	Flexible graphite.

## SHEET 2 OF 10 (continued)

Seal arrangement shall be Arrangement 1, 2, or 3 as specified.

The major features of each arrangement are summarized below. Options, where they exist for each feature, are listed in the text as "if specified". Clause numbers in parentheses indicate where the requirements are specified.

FEATURE	ARRANGEMENT 1	ARRANGEMENT 2	ARRANGEMENT 3
Number of "seals" per cartridge, see definition of "seal" in 3.61. (4.1.4)	One (3.2 and 4.1.4)	Two (3.3 and 4.1.4)	Two (3.4 and 4.1.4)
Uses a barrier or buffer fluid. (4.1.4)	No	Sometimes, but not required. Liquid or gas buffer permitted.	Yes, barrier fluid required, liquid or gas permitted.
Allows non-contacting (wet or dry) seals. (4.1.4)	No	Yes, Figure 4.	Yes, Figure 6.
Arrangement 1 throttle bushing requirement. (7.1.2.1)	Category 1: Fixed carbon. Category 2: Fixed, non-sparking metallic. Category 3: Floating carbon.	Not applicable.	Not applicable.
Arrangement 2 & 3 throttle bushing requirement.	Not applicable.	Fixed carbon, if specified. (7.2.3)	Fixed carbon, if specified. (7.3.3.1)
Arrangement 2 containment seal chamber bushing requirement.	Not applicable.	Required with dry-running containment seal regardless of inner seal design. (7.2.5.1 and 7.2.6.1)	Not applicable.
Tangential buffer/barrier fluid outlet required ?	Not applicable.	If specified, for Categories 1 and 2. Required for Category 3. (7.2.4.2)	If specified, for Categories 1 and 2. Required for Category 3. (7.3.4.3)
Maximum buffer/barrier fluid temperature rise.	Not applicable.	8 °C aqueous or diesel, 16 °C mineral oils. (7.2.4.1)	8 °C aqueous or diesel, 16 °C mineral oils. (7.3.4.1)
Seal chamber pressure/flush design requirement. (6.1.2.14)	Minimum margin of 30 % of seal chamber pressure above fluid vapour pressure or 20 °C margin.	Minimum margin of 30 % of seal chamber pressure above fluid vapour pressure or 20 °C margin.	None
Minimum operating seal chamber pressure requirement. (6.1.2.14)	0,035 MPa above atmospheric.	0,035 MPa above atmospheric.	None
Minimum gland plate connection sizes and orientation.	See Table 1.	See Table 1.	See Table 1.
Minimum barrier/buffer fluid liquid reservoir.	Not applicable.	12 litres for shaft diameter 60 mm and smaller barrier; otherwise 20 litres. [8.5.4.3 a)]	12 litres for shaft diameter 60 mm and smaller; otherwise 20 litres. [8.5.4.3 a)]
Test requirements.	(10.3.1.2.8)	(10.3.1.2.9) and (10.3.1.2.10)	(10.3.1.2.11) and (10.3.1.2.12)

**RECOMMENDED SEAL TYPE SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**SHEET 3 OF 10**  
**Non-hydrocarbon services**

	Operating conditions, recommended seal types and special features								
	Fluids	1	2	3	4	5	6	7	8
	Water	Water	Water	Sour water	Sour water	Caustic, amines crystallize	Caustic, amines crystallize	Acids <sup>a</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	
Pumping temp. °C	< 80	< 80	> 80	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80
Seal chamber gauge pressure, MPa, Category 1 seals	< 2,1		< 2,1	< 2,1		< 2,1		< 2,1	
Seal chamber gauge pressure, MPa, Category 2 and 3 seals	< 2,1	2,1 to 4,1	< 4,1	< 2,1	2,1 to 4,1	< 2,1	2,1 to 4,1	< 2,1	< 2,1
Standard seal type	Type A	Type A	Type A	Type A	Type A	Type A	Type A	Type A	Type A
Options when specified	Type B Type C	ES <sup>b</sup>	ES <sup>b</sup>	Type B Type C	ES <sup>b</sup>	Type B Type C	ES <sup>b</sup>	Type B Type C	Type B Type C
Required special features			Circulating device	Perfluoro-elastomer	Perfluoro-elastomer	Amine-resistant perfluoro-elastomer	Amine-resistant perfluoro-elastomer	Perfluoro-elastomer and single spring for Type A seals	
<b>Special features for contaminants <sup>c</sup></b>	Abrasive particulates	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface
<p>This selection procedure chooses seal designs consistent with the default positions throughout this International Standard. Listed options meeting this International Standard might perform equally well.</p> <p><sup>a</sup> Up to 20 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at 25 °C only. Up to 20 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> at 80 °C only. All other acids, including hydrofluoric acid, fuming nitric acid and hydrochloric acid, require special engineering agreed between purchaser and vendor.</p> <p><sup>b</sup> Totally engineered sealing system. Consult vendor to ensure special design considerations are accounted for.</p> <p><sup>c</sup> Special features listed apply only in mixtures having pH between 4 and 11.</p>									

**RECOMMENDED SEAL TYPE SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**SHEET 4 OF 10**  
**Non-flashing hydrocarbons**

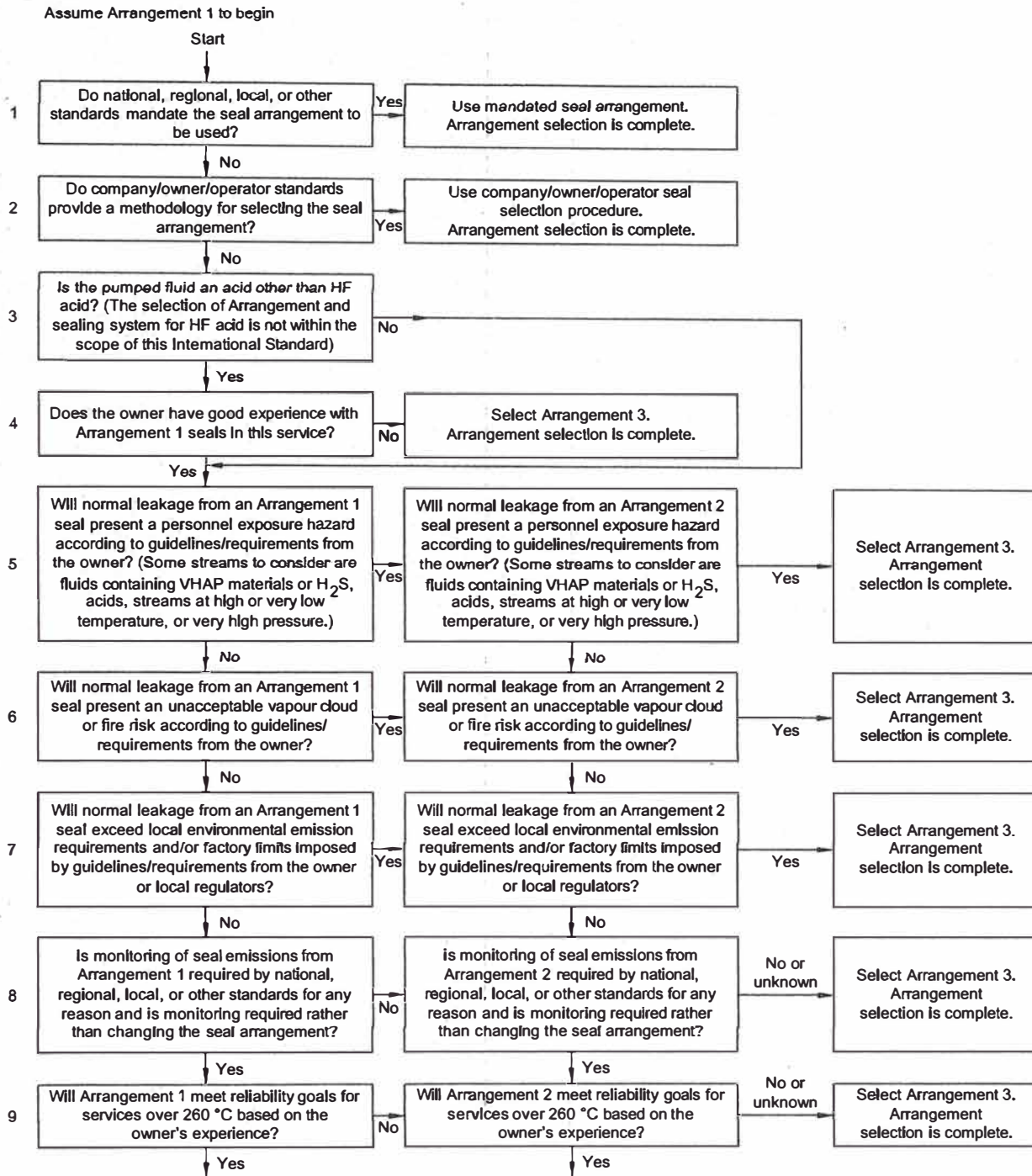
	Operating conditions, recommended seal types and special features								
	Fluids	1	2	3	4	5	6	7	8
Pumping temp. °C	- 40 to - 5	- 40 to - 5	- 5 to 176	- 5 to 176	176 to 260	176 to 260	260 to 400	260 to 400	
Seal chamber gauge pressure, MPa Category 1 seals	< 2,1		< 2,1		< 2,1		N/A	N/A	
Seal chamber gauge pressure, MPa Category 2 and 3 seals	< 2,1	2,1 to 4,1	< 2,1	2,1 to 4,1	< 2,1	2,1 to 4,2	< 2,1	2,1 to 4,1	
Standard seal type	Type A	Type A	Type A	Type A	Type C	ES <sup>a</sup>	Type C	ES <sup>a</sup>	
Option when specified	Type B	ES <sup>a, b</sup>	Type B	ES <sup>a, b</sup>	ES <sup>a</sup>		ES <sup>a</sup>		
Option when specified	Type C		Type C						
Required special features	Nitrile O-rings	Nitrile O-rings							
<b>Special features for contaminants<sup>c</sup></b>	Caustic			Perfluoro-elastomer	Perfluoro-elastomer				
	Abrasive particulates	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface
	Aromatics and/or H <sub>2</sub> S			Perfluoro-elastomer	Perfluoro-elastomer				
	Amines			Amine-resistant perfluoro-elastomer	Amine-resistant perfluoro-elastomer				
This selection procedure chooses seal designs consistent with the default positions throughout this International Standard. Listed options meeting this International Standard might perform equally well.									
<sup>a</sup> Totally engineered sealing system. Consult vendor to ensure special design considerations are accounted for. <sup>b</sup> Engineered (high pressure) bellows. <sup>c</sup> Special features listed apply only in mixtures having pH between 4 and 11.									

**RECOMMENDED SEAL TYPE SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**SHEET 5 OF 10**  
**Flashing hydrocarbons**

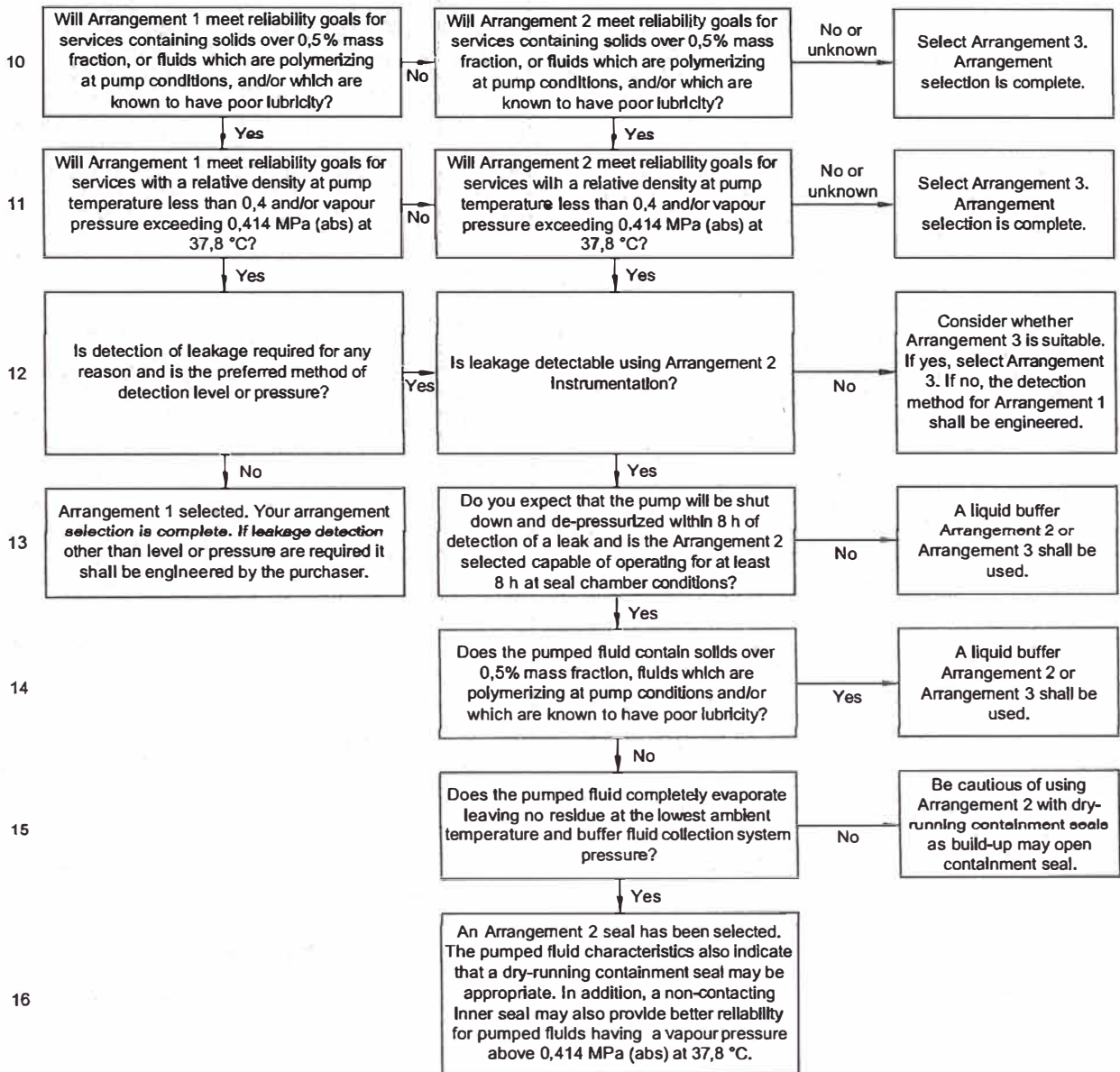
	Operating conditions, recommended seal types and special features								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Fluids									
Pumping temp., °C	- 40 to - 5	- 40 to - 5	- 5 to 176	- 5 to 176	176 to 260	176 to 260	260 to 400	260 to 400	
Seal chamber gauge pressure, MPa Category 1 seals	< 2,1		< 2,1		< 2,1		N/A	N/A	
Seal chamber gauge pressure, MPa Category 2 and 3 seals	< 2,1	2,1 to 4,1	< 2,1	2,1 to 4,1	< 2,1	2,1 to 4,1	< 2,1	2,1 to 4,1	
Standard seal type	Type A	Type A	Type A <sup>d</sup>	Type A <sup>d</sup>	Type C	ES <sup>a, b</sup>	Type C	ES <sup>a, b</sup>	
Option when specified	ES <sup>a</sup>	ES <sup>a, b</sup>	ES <sup>a</sup>	ES <sup>a, b</sup>	ES <sup>a</sup>		ES <sup>a</sup>		
Required special features	Nitrile O-rings	Nitrile O-rings							
<b>Special features for contaminants<sup>c</sup></b>	Caustic			Perfluoro-elastomer	Perfluoro-elastomer				
	Abrasive particulates	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	Hardface vs hardface	
	Aromatics and/or H <sub>2</sub> S			Perfluoro-elastomer	Perfluoro-elastomer				
	Amines			Amine-resistant perfluoro-elastomer	Amine-resistant perfluoro-elastomer				
	Ammonia	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite	NH <sub>3</sub> -resistant carbon graphite
This selection procedure chooses seal designs consistent with the default positions throughout this International Standard. Listed options meeting this International Standard might perform equally well.									
<p><sup>a</sup> Totally engineered sealing system. Consult vendor to ensure special design considerations are accounted for.</p> <p><sup>b</sup> Engineered bellows.</p> <p><sup>c</sup> Special features listed apply only in mixtures having pH between 4 and 11.</p> <p><sup>d</sup> Requires special feature (circulating device) above 60 °C, and special feature (perfluoroelastomer) if pumping temperature is above 175 °C.</p>									



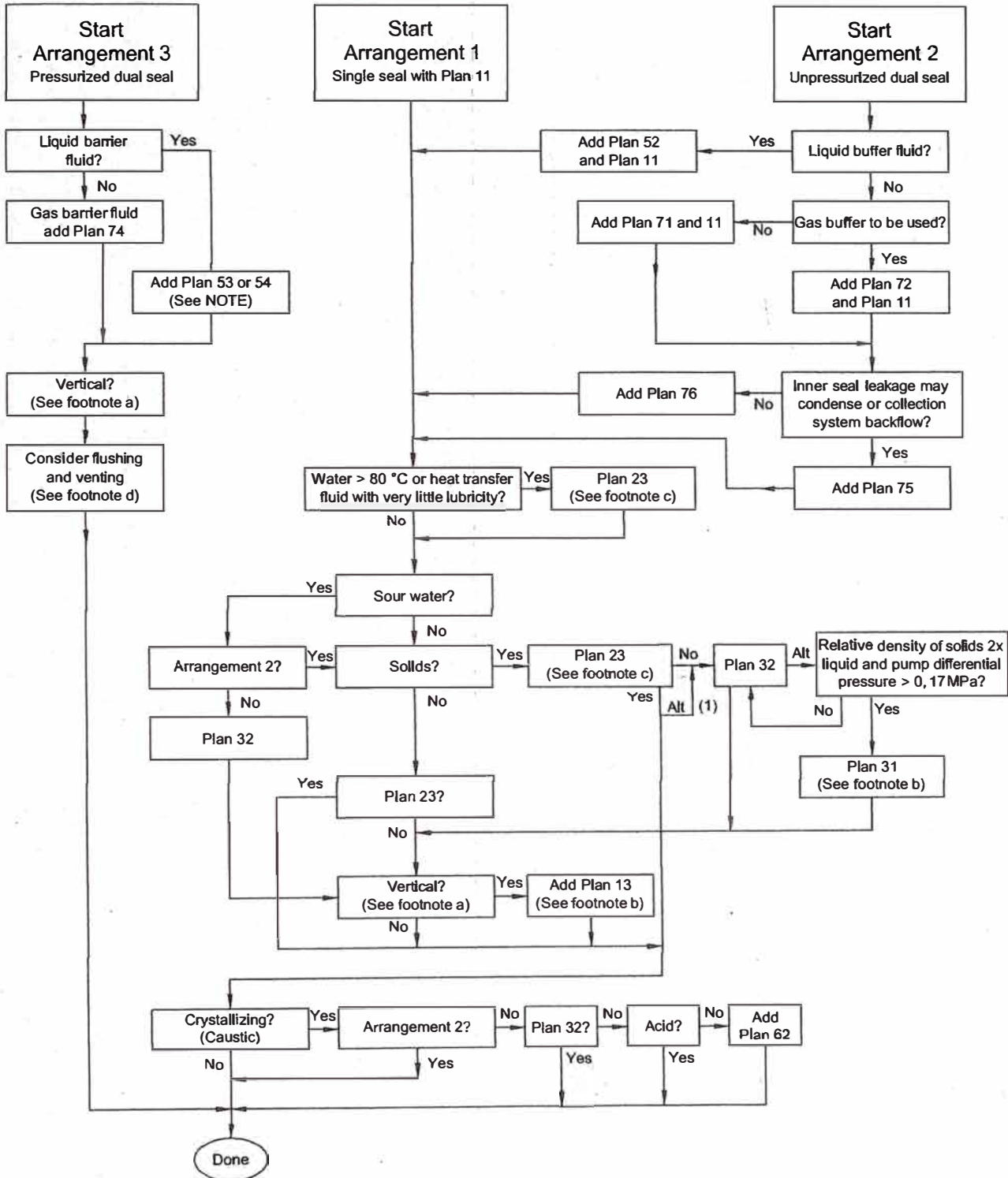
**RECOMMENDED SEAL ARRANGEMENT SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)  
SHEET 6 OF 10**



SHEET 6 OF 10 (continued)



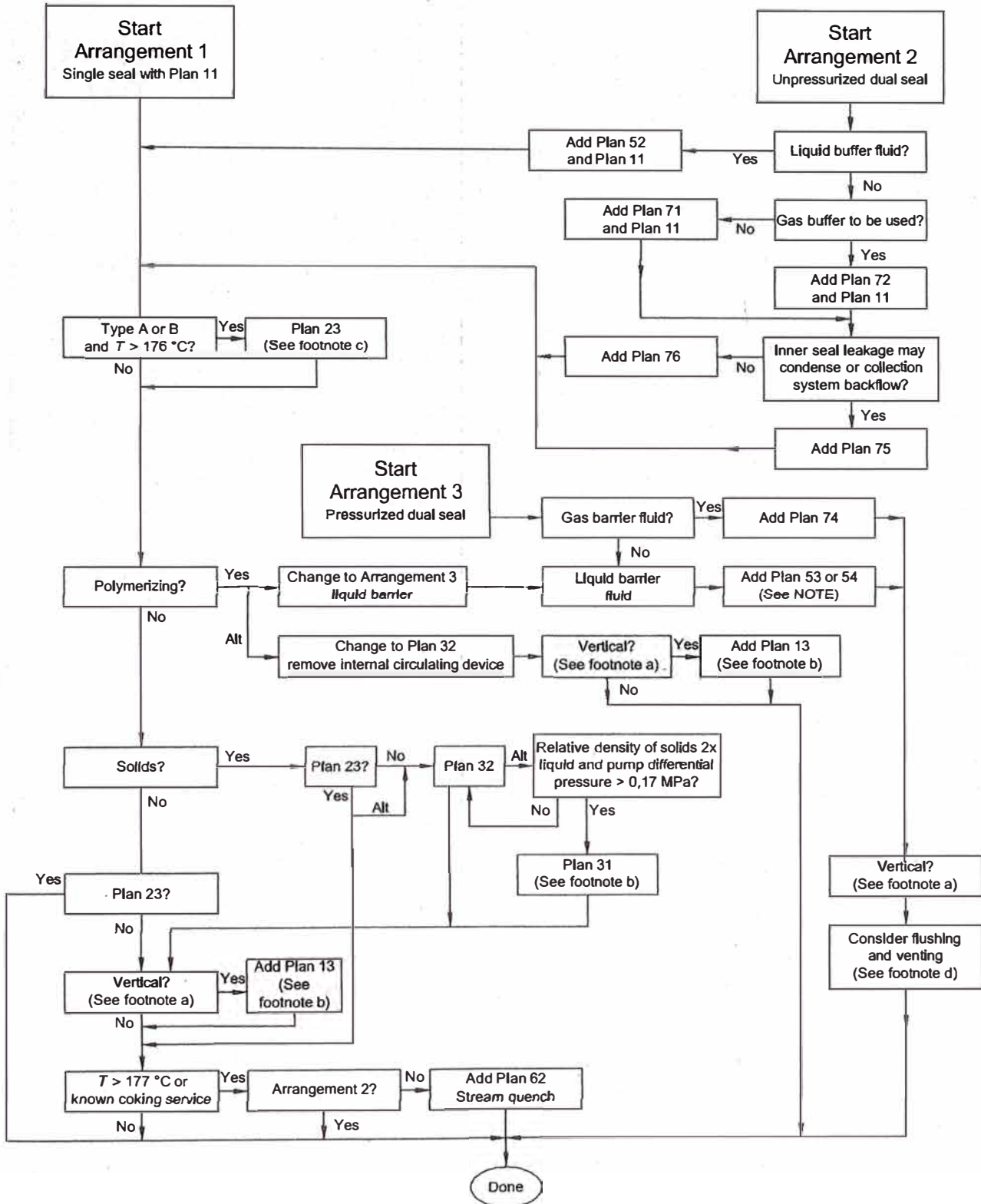
**RECOMMENDED SEAL ARRANGEMENT SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**SHEET 7 OF 10**  
**Non-hydrocarbon**



NOTE See A.4.13 for guidance on selecting Plan 53A, 53B or 53C.

- <sup>a</sup> The user should evaluate whether to add Plan 13 or not, considering such factors as the inclusion of a bleed bushing, contamination of the seal chamber with pumped fluid, the need for venting of the seal chamber, and the need to reduce seal chamber pressure due to static or dynamic pressure rating of the seal versus the expected static and dynamic seal chamber pressure.
- <sup>b</sup> If Plan 31, 32 or 41 is selected and pump is vertical, Plan 13 is also recommended for venting. Users should consider installation of a "bleed bushing" design, in which an annulus and port cut into the throat bushing is connected to suction to keep solids out of the seal chamber. Ensure seal chamber is vented prior to start-up.
- <sup>c</sup> Cooling is needed due to low lubricity at elevated temperature. The recommended flush plan is 23 because field experience has shown that this plan is much less prone to plugging than Plan 21, due to recirculation of cooler fluid from the seal chamber. However, the user may wish to reconsider using Plan 21 due to the added seal complexity imposed by Plan 23 (size and cost), and other factors such as the use of an air cooler for Plan 21 in areas where water cannot be used or is not available. (An air cooler works better on Plan 21 due to the higher temperature difference between the pumped fluid and the cooling medium.) The user may also wish to consider the use of Plan 32 if a suitable fluid is available, especially if the fluid is normally injected into the process anyway (such as make-up water). See the flush descriptions later in this annex for additional detail.
- <sup>d</sup> Consider the need to add additional flushing to the process side of the inner seal. Flushing is sometimes needed for Arrangement 3 FB orientation to provide additional cooling, and Plan 11 or 13 may be a suitable choice. Other services may require a Plan 32 flush if the pumped fluid is extremely corrosive, aggressive or solids-laden. Consider the need for venting on vertical pumps. Special attention may be needed on Arrangement 3 NC configurations to ensure effective pump operation. Consult the pump vendor if the pump is vented through the seal chamber, and consider the effects listed in footnote <sup>a</sup> above.

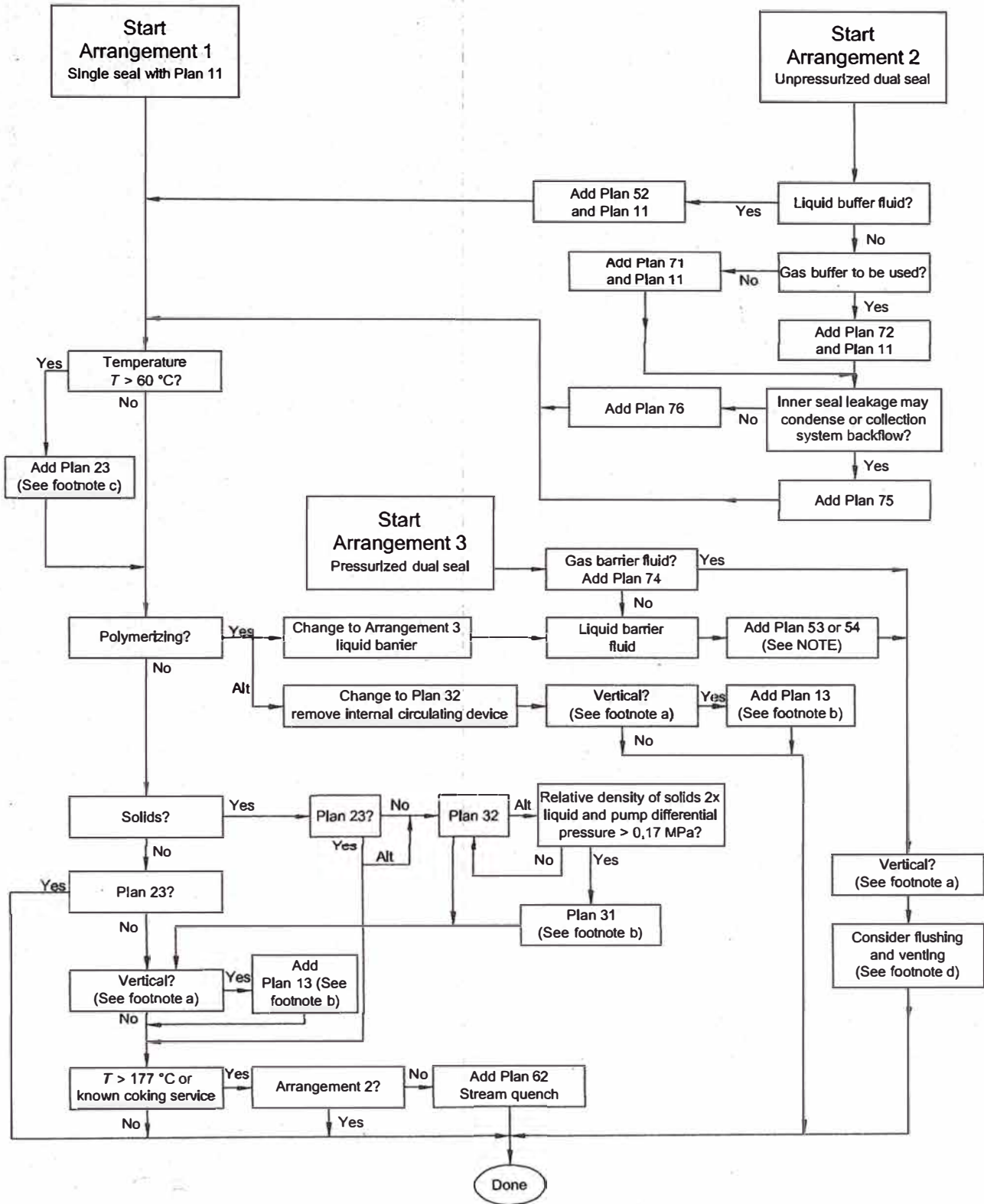
**RECOMMENDED SEAL ARRANGEMENT SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**SHEET 8 OF 10**  
**Non-flashing hydrocarbon**



NOTE See A.4.13 for guidance on selecting Plan 53A, 53B or 53C.

- <sup>a</sup> The user should evaluate whether to add Plan 13 or not, considering such factors as the inclusion of a bleed bushing, contamination of the seal chamber with pumped fluid, the need for venting of the seal chamber and the need to reduce seal chamber pressure due to static or dynamic pressure rating of the seal versus the expected static and dynamic seal chamber pressure.
- <sup>b</sup> If Plan 31, 32, or 41 is selected and pump is vertical, Plan 13 is also recommended for venting. Users should consider installation of a "bleed bushing" design, in which an annulus and port cut into the throat bushing is connected to suction to keep solids or polymerizing agents out of the seal chamber. Ensure seal chamber is vented prior to start-up.
- <sup>c</sup> Cooling is needed due to temperature limits of the standard secondary elastomers for Arrangement 1 and possibly for Arrangement 2 (consult the seal vendor). Consideration may be given to changing to perfluoroelastomer if cooling is not possible. The recommended flush plan is 23 because field experience has shown that this plan is much less prone to plugging than Plan 21, due to recirculation of cooler fluid from the seal chamber. However, the user may wish to reconsider using a Plan 21 due to the added seal complexity imposed by Plan 23 (size and cost) and other factors such as the use of an air cooler for Plan 21 in areas where water cannot be used or is not available. (An air cooler works better on Plan 21 due to the higher temperature difference between the pumped fluid and the cooling medium.) The user may also wish to consider the use of Plan 32 if a suitable fluid is available, especially if the fluid is normally injected into the process anyway (such as make-up water). See the flush descriptions later in this annex for additional detail.
- <sup>d</sup> Consider the need to add additional flushing to the process side of the inner seal. Flushing is sometimes needed for Arrangement 3 FB orientation to provide additional cooling and Plan 11 or 13 may be a suitable choice. Other services may require a Plan 32 flush if the pumped fluid is extremely corrosive, aggressive or solids-laden. Consider the need for venting on vertical pumps. Special attention may be needed on Arrangement 3 NC configurations to ensure effective pump operation. Consult the pump vendor if the pump is vented through the seal chamber, and consider the effects listed in footnote <sup>a</sup> above.

**RECOMMENDED SEAL ARRANGEMENT SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**SHEET 9 OF 10**  
**Flashing hydrocarbon**



**NOTE** See A.4.13 for guidance on selecting Plan 53A, 53B or 53C.

- <sup>a</sup> The user should evaluate whether to add Plan 13 or not, considering such factors as the inclusion of a bleed bushing, contamination of the seal chamber with pumped fluid, the need for venting of the seal chamber, and the need to reduce seal chamber pressure due to static or dynamic pressure rating of the seal versus the expected static and dynamic seal chamber pressure.
- <sup>b</sup> If Plan 31, 32, or 41 is selected and pump is vertical, Plan 13 is also recommended for venting. Users should consider installation of a "bleed bushing" design, in which an annulus and port cut into the throat bushing is connected to suction to keep solids or polymerizing agents out of the seal chamber. Ensure seal chamber is vented prior to start-up.
- <sup>c</sup> Cooling is recommended to suppress flashing within the seal faces. Due to cooling-water temperatures, this is usually only effective above the temperature shown. Below this temperature, or as an alternative to adding cooling, the user may wish to use experience at their site or other alternatives such as high flushing rates, distributed flush systems, increased seal chamber pressure, or combinations thereof, to obtain satisfactory seal life. There may also be the opportunity to use Plan 32 if suitable flush fluid is available or, if experience is available, consideration of a change to Arrangement 3 may be appropriate.
- <sup>d</sup> Consider the need to add additional flushing to the process side of the inner seal. Flushing is sometimes needed for Arrangement 3 FB orientation to provide additional cooling, and Plan 11 or 13 may be a suitable choice. Other services may require a Plan 32 flush if the pumped fluid is extremely corrosive, aggressive or solids-laden. Consider the need for venting on vertical pumps. Special attention may be needed on Arrangement 3 NC configurations to ensure effective pump operation. Consult the pump vendor if the pump is vented through the seal chamber, and consider the effects listed in footnote <sup>a</sup> above.



**RECOMMENDED SEAL ARRANGEMENT SELECTION PROCEDURE (SI UNITS)**  
**Buffer/barrier fluid selection**  
**SHEET 10 OF 10**

The following should be considered when selecting a barrier/buffer fluid:

- compatibility of the fluid with the process pumpage being sealed, so as not to react with or form gels or sludge if leaked into the process fluid or the process fluid into the barrier/buffer fluid;
- compatibility of the fluid with the metallurgy, elastomers, and other materials of the seal/flush system construction;
- compatibility of the fluid assuming it reaches the process fluid temperature (high or low).

On pressurized barrier-fluid systems where the method of pressurization is a gas blanket, special attention shall be given to the application conditions and barrier-fluid selection. Gas solubility in a barrier fluid increases with increasing pressure and decreases with increasing barrier-fluid temperature. As pressure is relieved or temperatures rise, gas is released from solution and can result in foaming and loss of circulation of the barrier fluid. This problem is normally seen where higher viscosity barrier fluids, such as lubricating oils, are used at pressures above 1,0 MPa.

The viscosity of the barrier/buffer fluid should be checked over the entire operating-temperature range, with special attention being given to start-up conditions. The viscosity should be less than 500 mm<sup>2</sup>/s at the minimum temperature to which it is exposed.

The following barrier-fluid performance facts should be considered.

- a) For services above 10 °C, hydrocarbon barrier/buffer fluids having a viscosity below 100 mm<sup>2</sup>/s at 38 °C, and between 1 mm<sup>2</sup>/s and 10 mm<sup>2</sup>/s at 100 °C, have performed satisfactorily.
- b) For services below 10 °C, hydrocarbon barrier/buffer fluids having a viscosity between 5 mm<sup>2</sup>/s and 40 mm<sup>2</sup>/s at 38 °C, and between 1 mm<sup>2</sup>/s and 10 mm<sup>2</sup>/s at 100 °C, have performed satisfactorily.
- c) For aqueous streams, mixtures of water and ethylene glycol or propylene glycol are usually adequate. Commercially available automotive antifreeze should never be used. The additives in antifreeze tend to plate out on seal parts and cause failure as a result of gel formation.
- d) The fluid should not freeze at the minimum ambient temperature at the site.

Fluid volatility and toxicity of the fluid shall be such that leakage to the atmosphere or disposal does not impose an environmental problem. In addition:

the fluid should have an initial boiling point at least 28 °C above the temperature to which it will be exposed;

the fluid should have a flash point higher than the service temperature if oxygen is present;

ethylene glycol may be considered a hazardous material and/or hazardous waste when used as a barrier fluid.

The fluid should be able to meet the minimum 3-year continuous seal operation criteria without adverse deterioration. It should not form sludge, polymerize or coke after extended use.

For hydrocarbon streams, paraffin-based high purity oils having little or no additive for wear/oxidation resistance, or synthetic-based oils have been used successfully.

Anti-wear or oxidation-resistance additives in commercial turbine oils have been known to plate out on seal faces.

**APENDICE B**

**TABLA DE SELECCIÓN DE MATERIALES**

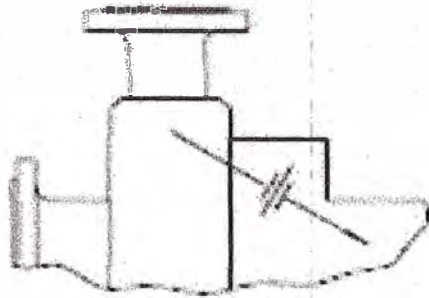


**APENDICE C**

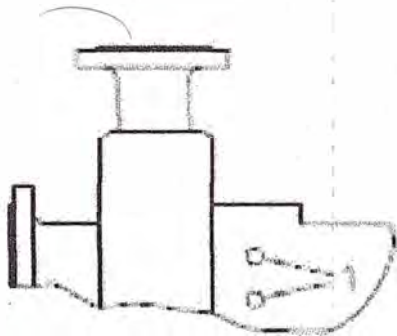
**PLANES AMBIENTALES SEGÚN API**

## PLANES AMBIENTALES SEGÚN API (Tercera Edición)

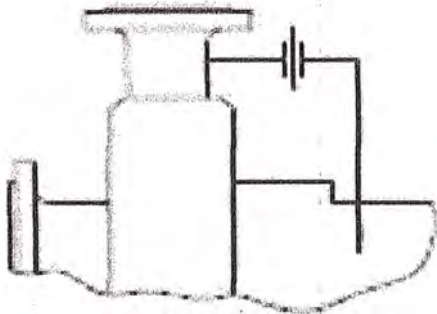
Plan 01



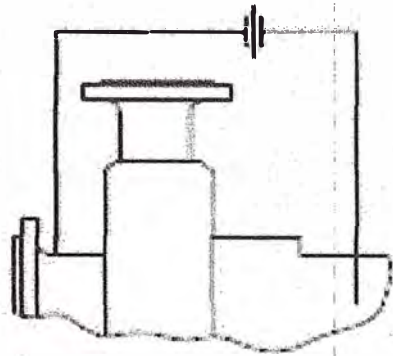
Plan 02



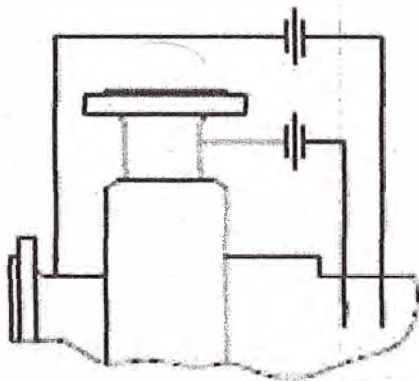
Plan 11



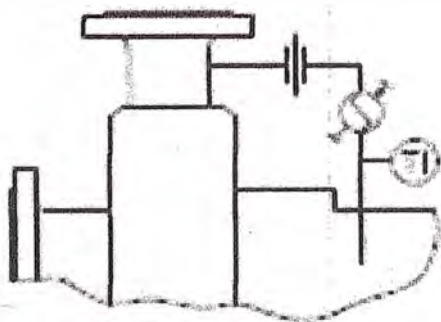
Plan 13



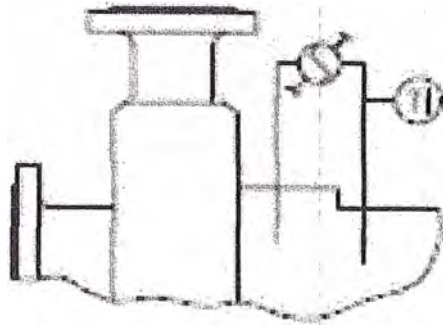
Plan 14



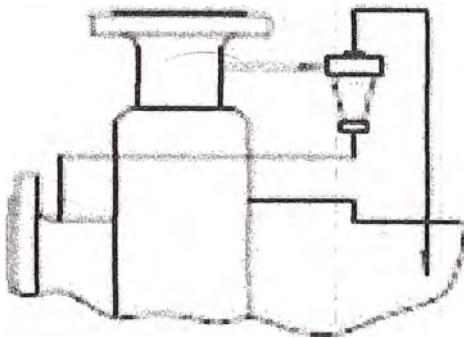
Plan 21



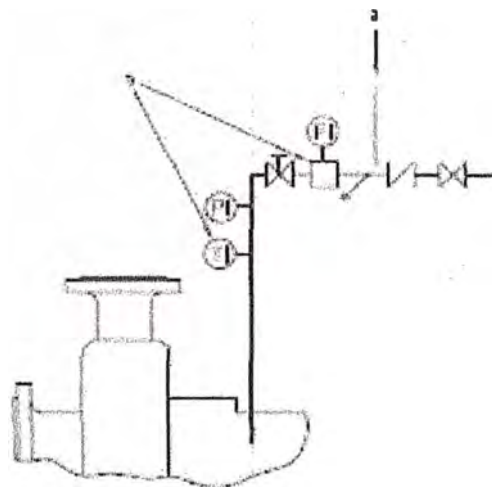
Plan 23



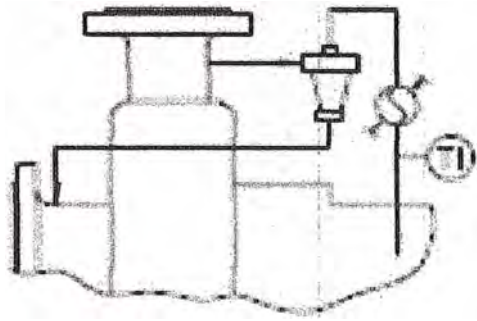
Plan 31



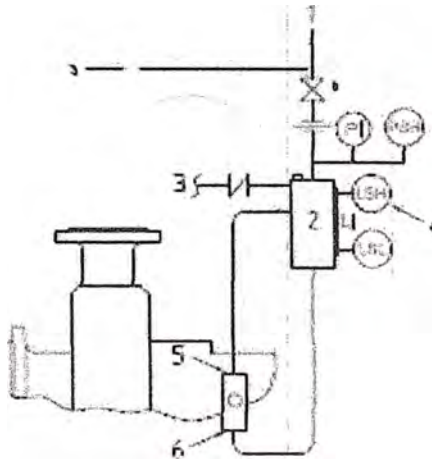
Plan 32



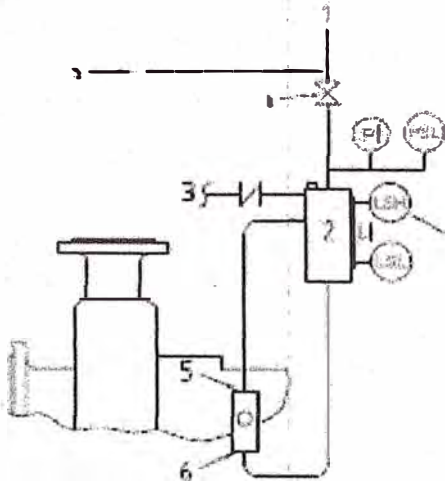
Plan 41



Plan 52



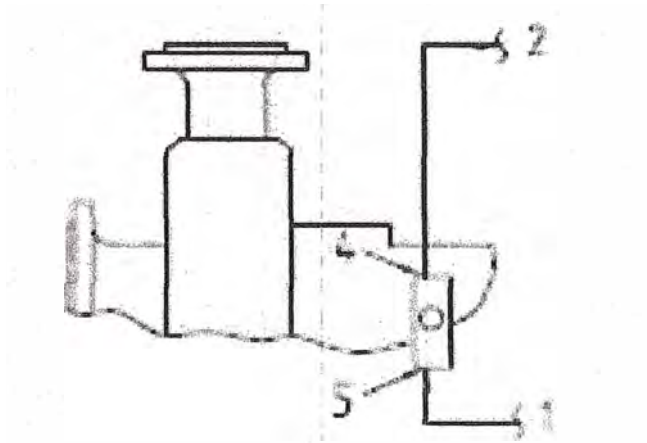
Plan 53-A



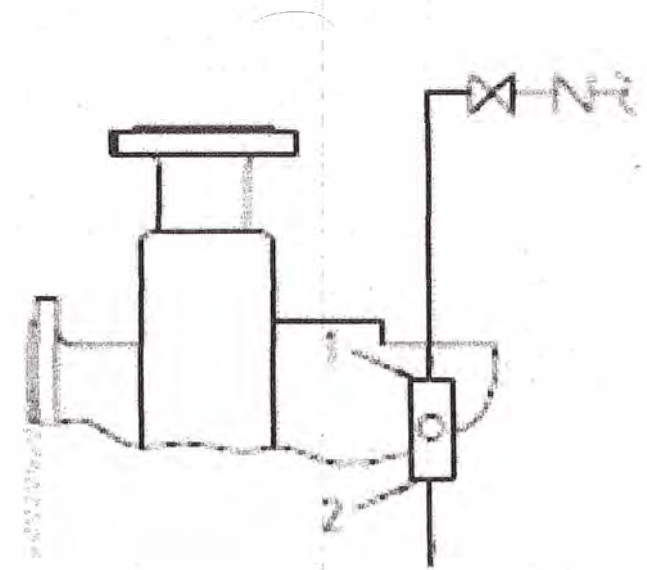




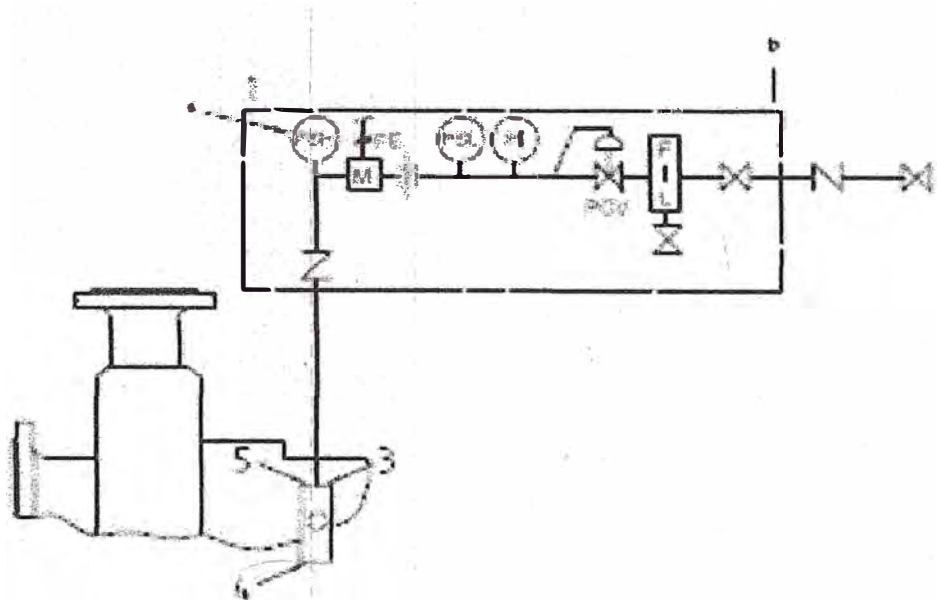
Plan 54



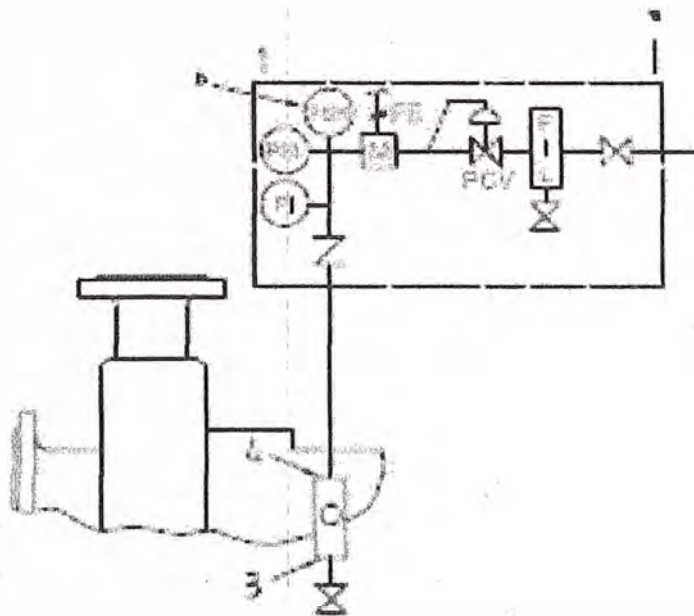
Plan 62



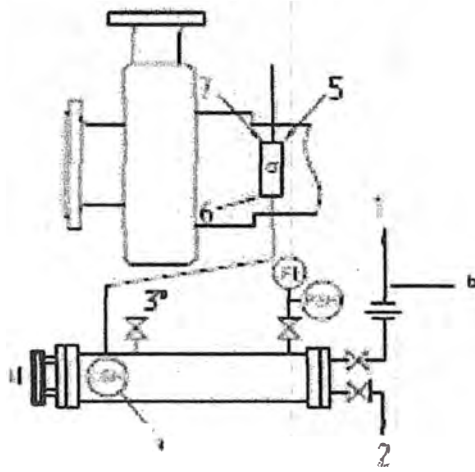
Plan 72



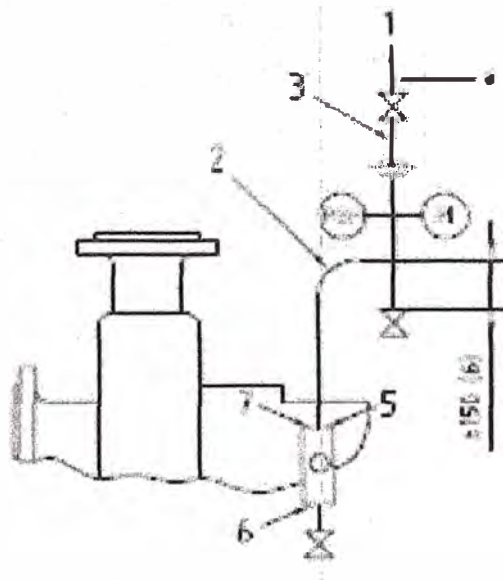
Plan 74



Plan 75



Plan 76



APENDICE D

ISO 21049 (API 682 TERCERA EDICION)

HOJAS DE FABRICANTE

<b>Category 1 &amp; 2 Seals</b> <b>MECHANICAL SEAL DATA SHEET</b> <b>FOR CENTRIFUGAL &amp; ROTARY PUMPS</b> <b>S.I. UNITS</b> <b>PAGE 1 OF 2</b>		REQUIRED FOR: _____ SITE: _____ UNIT: _____ JOB/PROJECT NO. _____ ITEM NO. _____ REQUISITION / SPEC. NUMBER _____ / _____ INQUIRY NUMBER _____ BY _____ PURCH ORDER NUMBER _____ DATE _____ REVISION NO. 0 DATE _____	
DATA SUPPLIED <input type="checkbox"/> CUSTOMARY UNITS <input type="checkbox"/> SI UNITS		HARDWARE SUPPLIED <input type="checkbox"/> CUSTOMARY UNITS <input type="checkbox"/> SI UNITS	
<input type="checkbox"/> INDICATES DATA COMPLETED BY PURCHASER		<input type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR <input checked="" type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR OR PURCHASER	
<input checked="" type="checkbox"/> DEFAULT SELECTION			
SEAL SPECIFICATION - (REF 4.1, FIGURES 1 TO 6)			
5	CATEGORY	<input type="checkbox"/> SEAL CATEGORY 1 (4.1.1) <input type="checkbox"/> SEAL CATEGORY 2 (4.1.1) <input checked="" type="checkbox"/> SEAL CODE (ANNEX D)	
6	TYPE	<input checked="" type="checkbox"/> TYPE A (3.72) <input checked="" type="checkbox"/> TYPE B (3.73) <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE STATIONARY (TYPE A & B)	
7	(CODE-CW)	<input type="checkbox"/> TYPE C (3.74) <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE ROTATING (TYPE C) <input checked="" type="checkbox"/> SINGLE SPRING (TYPE A)	
8	ARR'GT	<input checked="" type="checkbox"/> DEFAULT CONFIGURATION	<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE DESIGN
9	1 (3.2)	<input checked="" type="checkbox"/> 1CW-FX	<input type="checkbox"/> 1CW-FL <input type="checkbox"/> DIST. FLUSH
10			<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE BUSH
11	2 (3.3)	LIQUID <input checked="" type="checkbox"/> 2CW-CW	<input type="checkbox"/> FX <input type="checkbox"/> DIST. FLUSH
12			<input type="checkbox"/> TANGENTIAL LBO CON'N
13		GAS <input type="checkbox"/> 2CW-CS	<input type="checkbox"/> 2NC-CS <input type="checkbox"/> FX <input type="checkbox"/> DIST. FLUSH
14	3 (3.4)	LIQUID <input checked="" type="checkbox"/> 3CW-FB	<input type="checkbox"/> 3CW-BB <input type="checkbox"/> FX
15			<input type="checkbox"/> 3CW-FF <input type="checkbox"/> TANG. LBO
16		GAS <input type="checkbox"/> 3NC-BB	<input type="checkbox"/> 3NC-FF <input type="checkbox"/> 3NC-FB
17	SLEEVE-SHAFT DRIVE	<input checked="" type="checkbox"/> SET-SCREW ONTO SHAFT <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE (6.1.3.13) - SPECIFY	
MATERIALS (REFERENCE 6.1.6 & ANNEX B)			
20	SECONDARY SEALS	SEAL FACES	METAL BELLOWS
21	<input checked="" type="checkbox"/> FKM <input type="checkbox"/> FFKM	<input type="checkbox"/> CARBON VS SIC	<input type="checkbox"/> UNS N10276 (TYPE B)
22	<input type="checkbox"/> SPIRAL-W GASKET	<input type="checkbox"/> SIC VS SIC	<input type="checkbox"/> UNS N07718 (TYPE C)
23	<input type="checkbox"/> NBR	<input type="checkbox"/> SS-SIC <input type="checkbox"/> RB-SIC	<input type="checkbox"/> UNS N08020
24	<input type="checkbox"/> OTHER:	<input type="checkbox"/> VS	<input type="checkbox"/> OTHER:
25	MECHANICAL SEAL DATA		
26	<input type="checkbox"/> SEAL VENDOR	<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE SEAL FOR PUMP PERFORMANCE TEST	
27	<input type="checkbox"/> DATA REQUIREMENTS FORM (ANNEX J)	<input type="checkbox"/> DYNAMIC SEALING PRESSURE RATING (3.19) _____ kPa (bar) [ga]	
28	<input type="checkbox"/> SIZE/TYPE	<input type="checkbox"/> STATIC SEALING PRESSURE RATING (3.69) _____ kPa (bar) [ga]	
29	<input type="checkbox"/> SEAL DRAWING NUMBER	<input type="checkbox"/> MAXIMUM ALLOWABLE TEMPERATURE (3.40) _____ °C	
30	<input type="checkbox"/> VENDOR'S SEAL CODE	<input type="checkbox"/> MINIMUM DESIGN METAL TEMPERATURE (6.1.5.11.3) _____ °C	
31	<input type="checkbox"/> MODIFIED FACES FOR PUMP PERFORMANCE TEST		
SEAL CHAMBER DATA (REFERENCE 6.1.2.4)			
32	ASME B73.1 & 2	<input checked="" type="checkbox"/> CYLINDRICAL	<input type="checkbox"/> TAPERED <input type="checkbox"/> ISO 13705 <input type="checkbox"/> ISO 3059-C
33	<input type="checkbox"/> BOLT-ON CHAMBER (6.1.2.5)	<input type="checkbox"/> SEAL CHAMBER FLUSH PORT REQ'D	<input type="checkbox"/> SEAL CHAMBER VENT REQ'D
34	<input checked="" type="checkbox"/> FLOATING THROAT BUSH	<input type="checkbox"/> FIXED THROAT BUSH	<input type="checkbox"/> CHAMBER HEATING REQ'D
PUMP DATA			
35	PUMP DESIGN	<input type="checkbox"/> MANUFACTURER _____	<input type="checkbox"/> MODEL _____
36	PUMP OPERATING PRESSURE	<input type="checkbox"/> SUCTION PRESS. (RATED) _____ kPa (bar) [ga]	<input type="checkbox"/> DISCHARGE PRESSURE _____ kPa (bar) [ga]
37	SEAL CHAMBER	<input type="checkbox"/> NORMAL _____ kPa (bar) [ga]	<input type="checkbox"/> MIN / MAX (3.42) _____ kPa (bar) [ga]
38	SHAFT	<input type="checkbox"/> HORIZONTAL	<input type="checkbox"/> VERTICAL
39	SHAFT DIRECTION (FROM DRIVER):	<input type="checkbox"/> CW	<input type="checkbox"/> CCW
40	SHAFT SPEED _____ rpm		
FLUID DATA - (FOR QUENCH, BUFFER AND BARRIER FLUID DATA, SEE PAGE 2)			
41	PUMPED STREAM	<input type="checkbox"/> HAZARDOUS <input type="checkbox"/> FLAMMABLE	<input type="checkbox"/> _____
42	<input type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ CONC'N _____ %	<input type="checkbox"/> FLUID SOLID @ AMBIENT	<input type="checkbox"/> _____
43	<input type="checkbox"/> DISSOLVED CONTAMINANT <input type="checkbox"/> H <sub>2</sub> S _____ ml/m <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> WET	<input checked="" type="checkbox"/> SOLIDIFIES @ _____ °C	<input type="checkbox"/> POUR POINT _____ °C
44	<input type="checkbox"/> Cl <sub>2</sub> _____ ml/m <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> OTHER _____ @ _____ ml/m <sup>3</sup>	<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM SOLIDIFIES UNDER SHEAR	
45	<input type="checkbox"/> SOLID CONTAMINANT	<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM CONTAINS AGENTS THAT POLYMERIZE	
46	<input type="checkbox"/> CONCENTRATION (MASS FRACTION) _____	<input type="checkbox"/> SPECIFY AGENTS _____ @ TEMP _____ °C	
47	<input type="checkbox"/> PUMPING TEMPERATURE	<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM CAN PLATE OUT OR DECOMPOSE:	
48	MIN _____ °C NORMAL _____ °C MAX _____ °C	SPECIFY CONDITIONS _____	
49	<input type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP.	<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM IS REGULATED FOR FUGITIVE OR	
50	<input type="checkbox"/> @ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____	OTHER EMISSIONS. REGULATION LEVEL _____ ml/m <sup>3</sup>	
51	<input type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP.	<input type="checkbox"/> SPECIAL PUMP CLEANING PROCEDURES	
52	NORMAL TEMP _____ kPa MAX TEMP _____ kPa	SPECIFY _____	
53	<input type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT _____ °C	<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE PROCESS FLUIDS & CONCENTRATION	
54	<input type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL PUMPING TEMP. _____ Pa.s	(INCL. COMMISSIONING)	
55	<input type="checkbox"/> FLUSH FLUID (PLAN 32) _____	If flush fluid is pumpage, then flush fluid data is not required.	
56	<input type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ CONC'N _____ %	<input type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP.	
57	<input type="checkbox"/> SEAL VENDOR REVIEW REQUIRED	NORMAL TEMP _____ kPa MAX TEMP _____ kPa	
58	<input type="checkbox"/> FLUID TEMPERATURE	<input type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT _____ °C	
59	MIN _____ °C NORMAL _____ °C MAX _____ °C	<input type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL PUMPING TEMP. _____ Pa.s	
60	<input type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP.	<input type="checkbox"/> FLOW RATE REQ'D MAX:MIN _____ / _____ ml/min	
61	<input type="checkbox"/> @ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____	<input type="checkbox"/> PRESSURE REQ'D MAX:MIN _____ / _____ kPa (bar) [ga]	
62			

<b>Category 1 &amp; 2 Seals</b> <b>MECHANICAL SEAL DATA SHEET</b> <b>FOR CENTRIFUGAL &amp; ROTARY PUMPS</b> <b>S.I. UNITS</b> <b>PAGE 2 OF 2</b> <b>(FLUID DATA, UTILITIES, ACCESSORIES, &amp; INSP./TEST.)</b>		REQUIRED FOR: _____ SITE: _____ UNIT: _____ JOB/PROJECT NO. _____ ITEM NO. _____ REQUISITION / SPEC. NUMBER _____ / _____ INQUIRY NUMBER _____ BY _____ PURCHASE ORDER NUMBER _____ DATE _____ REVISION NO. 0 DATE _____
<input type="checkbox"/> INDICATES DATA COMPLETED BY PURCHASER <input type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR <input checked="" type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR OR PURCHASER <input checked="" type="checkbox"/> <b>DEFAULT SELECTION</b>		
<b>FLUID DATA - (QUENCH, BUFFER AND BARRIER FLUID DATA, LIQUID AND GAS)</b>		
<b>QUENCH MEDIUM (PLAN 51, 52)</b> <input checked="" type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ <b>BUFFER/BARRIER MEDIUM</b> <input checked="" type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ <input type="checkbox"/> PURCHASER SELEC'N <input type="checkbox"/> SEAL VENDOR SELEC'N <input type="checkbox"/> SEAL VENDOR REVIEW <input type="checkbox"/> PURCHASER REVIEW <input type="checkbox"/> FLOW RATE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ l/min <input type="checkbox"/> COOLING/HEATING REQUIRED (+ OR -) _____ kW <input checked="" type="checkbox"/> SUPPLY PRESSURE MAX/MIN _____ / _____ kPa (bar) (ga) <input checked="" type="checkbox"/> FLUID OPERATING TEMPERATURE MIN _____ °C    NORMAL _____ °C    MAX _____ °C		<input checked="" type="checkbox"/> SUPPLY TEMPERATURE MAX/MIN _____ / _____ °C <input type="checkbox"/> FLOWRATE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ l/min <input checked="" type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP. @ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____ <input checked="" type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP. NORMAL TEMP _____ kPa    MAX TEMP _____ kPa <input checked="" type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT (LIQUID) _____ °C <input checked="" type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL TEMP (LIQUID) _____ Pa.s <input checked="" type="checkbox"/> SPECIFIC HEAT CAPACITY @ CONSTANT PRESSURE FOR LIQUID @ NORMAL TEMPERATURE _____ J/kg.K
<b>SITE AND UTILITIES</b>		
<input type="checkbox"/> CONTROL VOLTAGE _____ V    PHASE _____    HERTZ _____ <input type="checkbox"/> ELECTRICAL AREA    CL _____    GR _____    DIV _____ <input type="checkbox"/> DESIGN AMBIENT MIN/MAX _____ / _____ °C		<input type="checkbox"/> COOLING H <sub>2</sub> O SUPPLY TEMP. _____ °C <input type="checkbox"/> O <sub>2</sub> _____ m <sup>3</sup> /min <input type="checkbox"/> COOLING H <sub>2</sub> O PRESS. NORM./DES. _____ / _____ kPa (bar) (ga) <input type="checkbox"/> ATEX (EC DIRECTIVE 94/9/EC)    GR _____    CAT. _____    T CLASS _____
<b>ACCESSORIES (CLAUSES 8 AND 9)</b>		
<b>GENERAL</b> <input type="checkbox"/> JOINT USER/VENDOR LAYOUT OF EQUIPMENT (8.1.4) <input type="checkbox"/> PIPE TAPER THREADS (8.1.9) <input type="checkbox"/> ISO 7 <input type="checkbox"/> ASME B1.20.1 <input type="checkbox"/> SPECIAL REQUIREMENTS FOR HAZARDOUS SERVICE  <input type="checkbox"/> SPECIAL CLEANING AND DECONTAMINATION REQ'TS <input type="checkbox"/> UTILITY MANIFOLD CONNECTIONS REQUIRED (8.4.4) <input type="checkbox"/> TYPE AND SPEC. OF HEAT TRACING (8.6.5.8)  <input type="checkbox"/> THERMAL RELIEF VALVES REQUIRED (9.8.3) <b>COOLING SYSTEM (PLAN 21, 22, 23, 41, 53B, 53C)</b> <input type="checkbox"/> HEAT EXCHANGER SUPPLIER <input checked="" type="checkbox"/> WATER COOLED <input checked="" type="checkbox"/> AIR COOLED <input type="checkbox"/> ISO 15649 <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPMENT REFERENCE/CODE _____ <input type="checkbox"/> COOLING WATER LINES SUPPLIER <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> GALVANISED PIPING (8.4.2) <input checked="" type="checkbox"/> COOLING WATER FLOW RATE _____ l/min <input type="checkbox"/> SIGHT FLOW INDICATORS (8.4.3) <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLOSED <b>PLAN 11, 13, 14, 21, 23, 31, 32 AND 41 SYSTEMS</b> <input type="checkbox"/> CONNECTING LINES SUPPLIER <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> PIPING (8.5.2.2) _____ <input type="checkbox"/> RESTRICTION ORIFICE NIPPLE IN FLUSH LINE (8.6.2.4) <input type="checkbox"/> CYCLONE SEPARATOR SUPPLIER <input type="checkbox"/> PLAN 32 EQUIPMENT SUPPLIER _____ <input type="checkbox"/> PLAN 32 FLOW IND'R <input type="checkbox"/> PLAN 32 TEMPERATURE IND'R <b>PLAN 52 AND 53 SYSTEMS</b> <input checked="" type="checkbox"/> STANDARD (FIG G.27) <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE (FIG G.28) <input type="checkbox"/> DIMENSIONAL VARIATIONS TO STANDARD (FIG G.27)  <input type="checkbox"/> DIMENSIONAL VARIATIONS TO ALTERNATIVE (FIG G.28) <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE FABRICATION STANDARD _____ <input type="checkbox"/> PRIMARY EQUIPMENT SUPPLIER _____ <input checked="" type="checkbox"/> SUPPLIER REFERENCE/CODE _____ <input type="checkbox"/> CONNECTING LINES SUPPLIER _____ <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> SCH 80 PIPING (8.5.4.4.9) _____		<b>PLAN 52 AND 53 SYSTEMS CONTINUED</b> <input type="checkbox"/> EQUIPMENT SUPPORT SUPPLIER _____ <input type="checkbox"/> FILLING SYSTEM SUPPLIER _____ <input type="checkbox"/> ASME CODE STAMP REQUIRED <input type="checkbox"/> EN 13445 OR OTHER CODE APPLICABLE _____ <input checked="" type="checkbox"/> RESERVOIR CAPACITY (8.5.4.3) _____ l <input checked="" type="checkbox"/> NLL TO GLAND PLATE HEIGHT (8.5.4.2) _____ m <input type="checkbox"/> RESERVOIR MAX/P (3.4) _____ kPa (bar) (ga) @ _____ °C <input checked="" type="checkbox"/> SET PRESSURE RANGE, MAX/MIN _____ / _____ kPa (bar) (ga) <input checked="" type="checkbox"/> SYSTEM HOLD-UP PERIOD (PLANS 53B & 53C) _____ DAYS <input type="checkbox"/> TEMPERATURE INDICATOR (PLAN 53B & 53C) PRESSURE SWITCH (8.5.4.2.1) TO ACTIVATE ON: <input checked="" type="checkbox"/> RISING PRESSURE (ARR 2) SET @ _____ kPa (bar) (ga) <input checked="" type="checkbox"/> FALLING PRESSURE (ARR 3) SET @ _____ kPa (bar) (ga) <input checked="" type="checkbox"/> HIGH LEVEL ALARM REQUIRED (8.5.4.2.3) <input type="checkbox"/> TEST BASED HIQ CURVE FOR INTERNAL CIRC. DEVICE <input type="checkbox"/> EXTERNAL CIRCULATING PUMP (8.6.3.1) <b>PLAN 72 AND 74 SYSTEM</b> <input type="checkbox"/> EQUIPMENT SUPPLIER _____ <input type="checkbox"/> HIGH FLOW ALARM SWITCH (8.6.5.5) _____ <b>PLAN 75 AND 76 SYSTEM</b> <input type="checkbox"/> EQUIPMENT SUPPLIER _____ <input type="checkbox"/> HIGH LEVEL ALARM SWITCH FOR PLAN 75 (8.6.5.3) <input type="checkbox"/> TEST CONNECTION (8.6.5.4) <b>INSTRUMENTATION</b> <input type="checkbox"/> USER SPECIFICATION REFERENCE FOR INSTRUMENTATION/CONTROLS _____ PRESSURE GAUGES (8.4); <input type="checkbox"/> OIL FILLED PRESSURE GAUGES (9.4.3) PRESSURE SWITCHES (8.5.2); <input type="checkbox"/> TRANSMITTER (9.5.2.3) LEVEL SWITCHES (9.5.3); <input type="checkbox"/> TRANSMITTER (9.5.3.2) <input type="checkbox"/> HYDROSTATIC <input type="checkbox"/> CAPACITANCE <input type="checkbox"/> ULTRASONIC LEVEL INDICATORS (9.6) <input type="checkbox"/> WELD PAD <input type="checkbox"/> EXTERNAL REMOVABLE (9.6.2) FLOW INSTRUMENTS (9.7); <input type="checkbox"/> TRANSMITTER (9.7.3)
<b>INSPECTION AND TESTING</b>		
<input type="checkbox"/> PURCHASER PARTICIPATION IN INSPECTION & TEST SPECIFY: _____ <input type="checkbox"/> INSPECTOR'S CHECK LIST (10.1.7 & ANNEX H) <input type="checkbox"/> PURCHASER APPROVAL REQUIRED FOR WELDED CONNECTION DESIGNS, (6.1.8.10.5) <input type="checkbox"/> HARDNESS TEST (10.2.3 k) REQUIRED FOR.		<input type="checkbox"/> 100% INSPECTION OF ALL WELDS (6.1.6.10.5) USING: <input type="checkbox"/> MAGNETIC PARTICLE <input type="checkbox"/> LIQUID PENETRANT <input type="checkbox"/> RADIOGRAPHIC <input type="checkbox"/> ULTRASONIC <input type="checkbox"/> OPTIONAL QUALIFICATION TESTING REQ'D (10.3.1.1.2) <input checked="" type="checkbox"/> MOD. FACES FOR PUMP TEST (10.3.5.1); SEE PG 1, LINE 30 <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE SEAL PUMP TEST (10.3.5.2); SEE PG 1, LINE 25

Category 3 Seals MECHANICAL SEAL DATA SHEET FOR CENTRIFUGAL & ROTARY PUMPS S.I. UNITS PAGE 1 of 2		REQUIRED FOR: _____ SITE: _____ UNIT: _____	
		JOB/PROJECT NO. _____ ITEM NO. _____	
		REQUISITION / SPEC. NUMBER _____ / _____	
		INQUIRY NUMBER _____ BY _____	
		PURCH ORDER NUMBER _____ DATE _____	
		REVISION NO. 0 DATE _____	
1 DATA SUPPLIED <input type="radio"/> CUSTOMARY UNITS <input type="radio"/> SI UNITS		HARDWARE SUPPLIED <input type="radio"/> CUSTOMARY UNITS <input type="radio"/> SI UNITS	
2 <input type="checkbox"/> INDICATES DATA COMPLETED BY PURCHASER		<input type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR <input checked="" type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR OR PURCHASER	
3 <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> DEFAULT SELECTION			
<b>SEAL SPECIFICATION - (REF 4.1, FIGURES 1 TO 6)</b>			
4 <b>TYPE</b>		<input checked="" type="checkbox"/> TYPE A (3.72) <input checked="" type="checkbox"/> TYPE B (3.73) <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE STATIONARY (TYPE A & B)	
5 (CODE-CW)		<input checked="" type="checkbox"/> TYPE C (3.74) <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE ROTATING (TYPE C) <input checked="" type="checkbox"/> SINGLE SPRING (TYPE A)	
6 <b>ARR'GT</b>		<b>DEFAULT CONFIGURATION</b>	
7 1 (3.2)		<input checked="" type="checkbox"/> 1CW-FL <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE BUSH	
8		<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 23 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 51 <input type="checkbox"/> 62 <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 21 <input type="checkbox"/> 31 <input type="checkbox"/> 41 <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 65	
9		<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 23 <input type="checkbox"/> 41 <input type="checkbox"/> 62 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 31 <input type="checkbox"/> 52 <input type="checkbox"/> 71 <input type="checkbox"/> 76	
10		<input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 21 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 72	
11		<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 53A <input type="checkbox"/> 53C <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 74 <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 53B <input type="checkbox"/> 54 <input type="checkbox"/> 62	
12		<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 23 <input type="checkbox"/> 41 <input type="checkbox"/> 62 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 31 <input type="checkbox"/> 52 <input type="checkbox"/> 71 <input type="checkbox"/> 76	
13		<input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 21 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 72	
14		<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 53A <input type="checkbox"/> 53C <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 74 <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 53B <input type="checkbox"/> 54 <input type="checkbox"/> 62	
15		<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 23 <input type="checkbox"/> 41 <input type="checkbox"/> 62 <input type="checkbox"/> 75 <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 31 <input type="checkbox"/> 52 <input type="checkbox"/> 71 <input type="checkbox"/> 76	
16		<input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 21 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 72	
17		<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 53A <input type="checkbox"/> 53C <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 74 <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 53B <input type="checkbox"/> 54 <input type="checkbox"/> 62	
18 <b>SLEEVE-SHAFT DRIVE</b> <input checked="" type="checkbox"/> SET-SCREW ONTO SHAFT <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE (6.1.3.13) - SPECIFY _____			
<b>MATERIALS (REFERENCE 6.1.6 &amp; ANNEX B)</b>			
19 <b>SECONDARY SEALS</b>		<b>SEAL FACES</b>	
20 <input checked="" type="checkbox"/> FKM <input checked="" type="checkbox"/> FFKM		<input checked="" type="checkbox"/> CARBON VS SIC	
21 <input checked="" type="checkbox"/> SPIRAL-W GASKET		<input type="checkbox"/> SIC VS SIC	
22 <input checked="" type="checkbox"/> NBR		<input type="checkbox"/> SS-SIC <input type="checkbox"/> RB-SIC	
23 <input type="checkbox"/> OTHER:		<input type="checkbox"/> VS	
		<input checked="" type="checkbox"/> UNS N10276 (TYPE B)	
		<input checked="" type="checkbox"/> UNS N07718 (TYPE C)	
		<input type="checkbox"/> UNS N08020	
		<input type="checkbox"/> OTHER:	
		<input checked="" type="checkbox"/> UNS N10276	
		OR N06455	
		<input checked="" type="checkbox"/> UNS S31600	
		OR S31635	
		<input checked="" type="checkbox"/> UNS S31600/ S31635	
		<input checked="" type="checkbox"/> UNS N10276	
		<input checked="" type="checkbox"/> UNS N08020	
		<input type="checkbox"/> OTHER:	
<b>MECHANICAL SEAL DATA</b>			
24 <input type="checkbox"/> SEAL VENDOR _____		<input type="checkbox"/> DYNAMIC SEALING PRESSURE RATING (3.19) _____ kPa (bar) [ga]	
25 <input type="checkbox"/> DATA REQUIREMENTS FORM (ANNEX J): _____		<input type="checkbox"/> STATIC SEALING PRESSURE RATING (3.69) _____ kPa (bar) [ga]	
26 <input type="checkbox"/> SIZE/TYPE _____		<input type="checkbox"/> MAXIMUM ALLOWABLE TEMPERATURE (3.40) _____ °C	
27 <input type="checkbox"/> SEAL DRAWING NUMBER _____		<input type="checkbox"/> MINIMUM DESIGN METAL TEMPERATURE (6.1.6.11.1) _____ °C	
28 <input checked="" type="checkbox"/> SEAL CODE (ANNEX D) _____		<input type="checkbox"/> GENERATED HEAT @ NORM. CONDITIONS _____ kW	
29 <input type="checkbox"/> VENDOR'S SEAL CODE _____		<input type="checkbox"/> HEAT SOAK @ NORMAL CONDITIONS _____ kW	
30 <input type="checkbox"/> MODIFIED FACES FOR PUMP PERFORMANCE TEST		<input type="checkbox"/> TOTAL SEAL AXIAL THRUST ON SHAFT _____ N	
31 <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE SEAL FOR PUMP PERFORMANCE TEST			
<b>SEAL CHAMBER DATA (REFERENCE 6.1.2.4)</b>			
32 <input checked="" type="checkbox"/> ISO 13709 (ISO 3069-H)		<input type="checkbox"/> OTHER, SPECIFY _____	
33 <input checked="" type="checkbox"/> SEAL CHAMBER FLUSH PORT REQ'D		<input type="checkbox"/> SEAL CHAMBER VENT REQ'D	
34 <input checked="" type="checkbox"/> FLOATING THROAT BUSH		<input checked="" type="checkbox"/> BOLT-ON CHAMBER (6.1.2.5)	
		<input checked="" type="checkbox"/> CHAMBER HEATING REQ'D	
		<input checked="" type="checkbox"/> FIXED THROAT BUSH	
<b>PUMP DATA</b>			
35 <b>PUMP DESIGN</b> <input type="radio"/> MANUFACTURER _____		<input type="radio"/> MODEL _____	
36 <input type="radio"/> FRAME/SIZE _____		<input type="radio"/> CASE MATERIAL _____	
37 <b>PUMP OPERATING PRESSURE</b> <input type="radio"/> SUCTION PRESS. (RATED) _____ kPa (bar) [ga]		<input type="radio"/> DISCHARGE PRESSURE _____ kPa (bar) [ga]	
38 <b>SEAL CHAMBER</b> <input type="radio"/> NORMAL _____ kPa (bar) [ga]		<input type="radio"/> MIN / MAX (3.42) _____ / _____ kPa (bar) [ga]	
39 <input type="radio"/> HORIZONTAL		<input type="radio"/> VERTICAL	
40 <b>SHAFT</b> <input type="radio"/> HORIZONTAL		<input type="radio"/> DIA. _____ mm	
41 <b>SHAFT DIRECTION (FROM DRIVER):</b> <input type="radio"/> CW		<input type="radio"/> CCW	
		<input type="radio"/> SHAFT SPEED _____ rpm	
<b>FLUID DATA - (FOR QUENCH, BUFFER AND BARRIER FLUID DATA, SEE PAGE 2)</b>			
42 <b>PUMPED STREAM</b>		<input type="checkbox"/> HAZARDOUS <input type="checkbox"/> FLAMMABLE <input type="checkbox"/> _____	
43 <input type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ CONC'N _____ %		<input type="checkbox"/> FLUID SOLID @ AMBIENT	
44 <input type="checkbox"/> DISSOLVED CONTAMINANT <input type="checkbox"/> H <sub>2</sub> S _____ mm <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> WET		<input type="checkbox"/> SOLIDIFIES @ _____ °C POUR POINT _____ °C	
45 <input type="checkbox"/> Cl <sub>2</sub> _____ mm <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> OTHER _____ @ _____ mm <sup>3</sup>		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM SOLIDIFIES UNDER SHEAR	
46 <input type="checkbox"/> SOLID CONTAMINANT		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM CONTAINS AGENTS THAT POLYMERIZE	
47 <input type="checkbox"/> CONCENTRATION (MASS FRACTION) _____		SPECIFY AGENTS _____ @ TEMP _____ °C	
48 <input type="checkbox"/> PUMPING TEMPERATURE		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM CAN PLATE OUT OR DECOMPOSE:	
49 MIN _____ °C NORMAL _____ °C MAX _____ °C		SPECIFY CONDITIONS _____	
50 <input type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP.		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM IS REGULATED FOR FUGITIVE OR	
51 @ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____		OTHER EMISSIONS. REGULATION LEVEL _____ mm <sup>3</sup>	
52 <input type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP.		<input type="checkbox"/> SPECIAL PUMP CLEANING PROCEDURES	
53 NORMAL TEMP _____ kPa MAX TEMP _____ kPa		SPECIFY: _____	
54 <input type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT, _____ °C		<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE PROCESS FLUIDS & CONCENTRATION	
55 <input type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL PUMPING TEMP. _____ Pa.s		(INCL. COMMISSIONING)	
56 <b>FLUSH FLUID (PLAN 32)</b> if flush fluid is pumpage, then flush fluid data is not required.			
57 <input type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ CONC'N _____ %		<input type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP.	
58 <input checked="" type="checkbox"/> SEAL VENDOR REVIEW REQUIRED		NORMAL TEMP _____ kPa MAX TEMP _____ kPa	
59 <input type="checkbox"/> FLUID TEMPERATURE		<input type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT _____ °C	
60 MIN _____ °C NORMAL _____ °C MAX _____ °C		<input type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL PUMPING TEMP. _____ Pa.s	
61 <input type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP.		<input type="checkbox"/> FLOW RATE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ l/min	
62 @ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____		<input type="checkbox"/> PRESSURE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ kPa (bar) [ga]	



<b>Category 3 Seals</b> <b>MECHANICAL SEAL DATA SHEET</b> <b>FOR CENTRIFUGAL &amp; ROTARY PUMPS</b> <b>S.I. UNITS</b> <b>PAGE 2 OF 2</b> <b>(FLUID DATA, UTILITIES, ACCESSORIES, &amp; INSP./TEST.)</b>		REQUIRED FOR: _____ SITE: _____ UNIT: _____ JOB/PROJECT NO. _____ ITEM NO. _____ REQUISITION /SPEC. NUMBER _____ / _____ INQUIRY NUMBER _____ BY _____ PURCH ORDER NUMBER _____ DATE _____ REVISION NO. 0 DATE _____
<input type="checkbox"/> INDICATES DATA COMPLETED BY PURCHASER <input type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR <input checked="" type="checkbox"/> BY SEAL VENDOR OR PURCHASER <input checked="" type="checkbox"/> <b>DEFAULT SELECTION</b>		
<b>FLUID DATA - (QUENCH, BUFFER, AND BARRIER FLUID DATA, LIQUID AND GAS)</b>		
<b>QUENCH MEDIUM (PLAN 51, 62)</b> <input checked="" type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ <input type="checkbox"/> SEAL VENDOR SELEC'N _____ <input type="checkbox"/> SEAL VENDOR SELEC'N _____ <input type="checkbox"/> SEAL VENDOR REVIEW _____ <input type="checkbox"/> PURCHASER REVIEW _____ <input type="checkbox"/> FLOW RATE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ l/min <input type="checkbox"/> COOLING/HEATING REQUIRED (+ OR -) _____ kW <input checked="" type="checkbox"/> SUPPLY PRESSURE MAX/MIN _____ / _____ kPa (bar) [ga] <input checked="" type="checkbox"/> FLUID OPERATING TEMPERATURE MIN _____ °C;    NORMAL _____ °C;    MAX _____ °C		<input checked="" type="checkbox"/> SUPPLY TEMPERATURE MAX/MIN _____ / _____ °C <input type="checkbox"/> FLOW RATE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ l/min <input checked="" type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP. @ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____ <input checked="" type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP. NORMAL TEMP _____ kPa    MAX TEMP _____ kPa <input type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT (LIQUID) _____ °C <input checked="" type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL TEMP (LIQUID) _____ Pa.s <input checked="" type="checkbox"/> SPECIFIC HEAT CAPACITY @ CONSTANT PRESSURE FOR LIQUID @ NORMAL TEMPERATURE _____ J/Kg.K
<b>SITE AND UTILITIES</b>		
<input type="checkbox"/> CONTROL VOLTAGE _____ V    PHASE _____    HERTZ _____ <input type="checkbox"/> ELECTRICAL AREA    CL _____    GR _____    DIV _____ <input type="checkbox"/> DESIGN AMBIENT MIN./MAX. _____ / _____ °C		<input type="checkbox"/> COOLING H <sub>2</sub> O SUPPLY TEMP. _____ °C <input type="checkbox"/> Cl <sub>2</sub> _____ ml/m <sup>3</sup> <input type="checkbox"/> COOLING H <sub>2</sub> O PRESS. NORM./DES. _____ / _____ kPa (bar) [ga] <input type="checkbox"/> ATEX (EC DIRECTIVE 94/9/EC)    GR _____    CAT. _____    T CLASS _____
<b>ACCESSORIES (CLAUSES 8 AND 9)</b>		
<b>GENERAL</b> <input type="checkbox"/> JOINT USER/VENDOR LAYOUT OF EQUIPMENT (8.1.4) <input type="checkbox"/> PIPE TAPER THREADS (8.1.9) <input type="checkbox"/> ISO 7 <input type="checkbox"/> ASME B1.20.1 <input type="checkbox"/> SPECIAL REQUIREMENTS FOR HAZARDOUS SERVICE <input type="checkbox"/> SPECIAL CLEANING AND DECONTAMINATION REQTS <input type="checkbox"/> UTILITY MANIFOLD CONNECTIONS REQUIRED (8.4.4) <input type="checkbox"/> TYPE AND SPEC. OF HEAT TRACING (8.6.5.9) <input type="checkbox"/> THERMAL RELIEF VALVES REQUIRED (9.8.3) <b>COOLING SYSTEM (PLAN 21, 22, 23, 41, 53B &amp; 53C)</b> <input type="checkbox"/> HEAT EXCHANGER SUPPLIER <input checked="" type="checkbox"/> WATER COOLED <input checked="" type="checkbox"/> AIR COOLED <input type="checkbox"/> ISO 15649 <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPMENT REFERENCE/CODE _____ <input type="checkbox"/> COOLING WATER LINES SUPPLIER <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> GALVANISED PIPING (8.4.2) <input checked="" type="checkbox"/> COOLING WATER FLOW RATE _____ l/min <input type="checkbox"/> SIGHT FLOW INDICATORS (8.4.3) <input type="checkbox"/> OPEN <input type="checkbox"/> CLOSED <b>PLAN 11, 13, 14, 23, 31, 32 AND 41 SYSTEMS</b> <input type="checkbox"/> CONNECTING LINES SUPPLIER <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> PIPING (8.5.2.2) <input type="checkbox"/> RESTRICTION OR/FICE NIPPLE IN FLUSH LINE (8.5.2.4) <input type="checkbox"/> CYCLONE SEPARATOR SUPPLIER <input type="checkbox"/> PLAN 32 EQUIPMENT SUPPLIER <input type="checkbox"/> PLAN 32 FLOW IND'R <input type="checkbox"/> PLAN 32 TEMPERATURE IND'R <b>PLAN 52 AND 53 SYSTEMS</b> <input checked="" type="checkbox"/> STANDARD (FIG G.27) <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE (FIG G.2.8) <input type="checkbox"/> DIMENSIONAL VARIATIONS TO STANDARD (FIG G.2.7) <input type="checkbox"/> DIMENSIONAL VARIATIONS TO ALTERNATIVE (FIG G.2.8) <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE FABRICATION STANDARD _____ <input type="checkbox"/> PRIMARY EQUIPMENT SUPPLIER <input checked="" type="checkbox"/> SUPPLIER REFERENCE/CODE _____ <input type="checkbox"/> ASME CODE STAMP REQUIRED		<b>PLAN 52 AND 53 SYSTEMS CONTINUED</b> <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE CODE/INSPECTION - SPECIFY _____ <input type="checkbox"/> EQUIPMENT SUPPORT SUPPLIER _____ <input checked="" type="checkbox"/> RESERVOIR CAPACITY (8.5.4.3) _____ l <input checked="" type="checkbox"/> NULL TO GLAND PLATE HEIGHT (8.5.4.2) _____ m <input type="checkbox"/> RESERVOIR MAWP (3.41) _____ kPa (bar) [ga] @ _____ °C <input checked="" type="checkbox"/> SET PRESSURE RANGE, MAX/MIN _____ / _____ kPa (bar) [ga] <input checked="" type="checkbox"/> SYSTEM HOLD-UP PERIOD (PLANS 53B & 53C) _____ DAYS <input type="checkbox"/> TEMPERATURE INDICATOR (PLAN 53B & 53C) PRESSURE SWITCH (8.5.4.2.1) TO ACTIVATE ON: <input checked="" type="checkbox"/> RISING PRESSURE (ARR 2) SET @ _____ kPa (bar) [ga] <input checked="" type="checkbox"/> FALLING PRESSURE (ARR 3) SET @ _____ kPa (bar) [ga] <input checked="" type="checkbox"/> HIGH LEVEL ALARM REQUIRED (8.5.4.2.1) <input type="checkbox"/> CONNECTING LINES SUPPLIER <input type="checkbox"/> TUBING <input type="checkbox"/> SCH 80 PIPING (8.5.4.4.9) <input type="checkbox"/> FILLING SYSTEM SUPPLIER <input type="checkbox"/> EXTERNAL CIRCULATING PUMP (8.6.3.1) <b>PLAN 72 AND 74 SYSTEM</b> <input type="checkbox"/> EQUIPMENT SUPPLIER <input type="checkbox"/> HIGH FLOW ALARM SWITCH (8.6.5.5) <b>PLAN 75 AND 76 SYSTEM</b> <input type="checkbox"/> EQUIPMENT SUPPLIER <input type="checkbox"/> HIGH LEVEL ALARM SWITCH FOR PLAN 75 (8.6.5.3) <input type="checkbox"/> TEST CONNECTION (8.6.5.4) <b>INSTRUMENTATION</b> <input type="checkbox"/> USER SPECIFICATION REFERENCE FOR INSTRUMENTATION/CONTROLS _____ PRESSURE GAUGES (9.4); <input type="checkbox"/> OIL FILLED PRESSURE GAUGES (9.4.3) PRESSURE SWITCHES (8.5.2); <input type="checkbox"/> TRANSMITTER (9.5.2.3) LEVEL SWITCHES (9.5.3); <input type="checkbox"/> TRANSMITTER (9.5.3.2) <input type="checkbox"/> HYDROSTATIC <input type="checkbox"/> CAPACITANCE <input type="checkbox"/> ULTRASONIC LEVEL INDICATORS (9.6) <input type="checkbox"/> WELD PAD <input type="checkbox"/> EXTERNAL, REMOVABLE (9.6.2) FLOW INSTRUMENTS (9.7); <input type="checkbox"/> TRANSMITTER (9.7.3)
<b>INSPECTION AND TESTING</b>		
<input type="checkbox"/> PURCHASER PARTICIPATION IN INSPECTION & TEST SPECIFY: _____ <input type="checkbox"/> INSPECTOR'S CHECK LIST (10.1.7 & ANNEX H) <input type="checkbox"/> PURCHASER APPROVAL REQUIRED FOR WELDED CONNECTION DESIGNS, (6.1.6.10.5) <input type="checkbox"/> HARDNESS TEST (10.2.3 k) REQUIRED FOR: _____		<input type="checkbox"/> 100% INSPECTION OF ALL WELDS (8.1.8.10.5) USING: <input type="checkbox"/> MAGNETIC PARTICLE <input type="checkbox"/> LIQUID PENETRANT <input type="checkbox"/> RADIOGRAPHIC <input type="checkbox"/> ULTRASONIC <input type="checkbox"/> OPTIONAL QUALIFICATION TESTING REQ'D (10.3.1.1.2) <input checked="" type="checkbox"/> MOD. FACES FOR PUMP TEST (10.3.5.1). SEE PG 1, LINE 29 <input checked="" type="checkbox"/> ALTERNATIVE SEAL PUMP TEST (10.3.5.2). SEE PG 1, LINE 30

## APENDICE E

### SELECCIÓN DE SELLOS Y COSTOS

## APENDICE E1. CUADRO DE SELECCION DE SELLOS PARA CADA APLICACION DE REFINERIA

IT	PRODUCTO	TIPO DE SELLO	CARAS	ELASTOMEROS	PARTES METALICAS	CATEGORIA	ARREGLO	PLAN API	CODIGO API	TAMAÑO
1	Petróleo Crudo	B	sil car 1 vs sil car 2	níton	316SS	1	sello simple	32	C1A1B32	1875
2	Petróleo Crudo	B	sil car 1 vs sil car 2	níton	316SS	1	sello simple	32	C1A1B32	1875
3	Crudo Reducido	C	Sil car 1 vs tung car 62-6	grafito	316SS / Alloy 718	2	sello simple	62	C2A1C62	1500
4	Crudo Reducido	C	Sil car 1 vs tung car 62-6	grafito	316SS / Alloy 718	2	sello simple	62	C2A1C62	1500
5	Diesel	C	Sil car 1 vs tung car 62-6	grafito	316SS / Alloy 718	2	sello simple	62	C2A1C62	1500
6	Diesel	C	Sil car 1 vs tung car 62-6	grafito	316SS / Alloy 718	2	sello simple	62	C2A1C62	1500
7	Kerosene	A	Carbon 5 vs Tung car 62-6	níton	316SS	1	sello simple	13	C1A1A13	1375
8	Kerosene	A	Carbon 5 vs Tung car 62-6	níton	316SS	1	sello simple	13	C1A1A13	1375
9	Gasolina	A	Carbon 5 vs Tung car 62-6	níton	316SS	1	sello simple	13	C1A1A13	1375
10	Gasolina	A	Carbon 5 vs Tung car 62-6	níton	316SS	1	sello simple	13	C1A1A13	1375
11	Refinjo	C	Sil car 1 vs tung car 62-6	grafito	316SS / Alloy 718	2	sello simple	62	C2A1C62	1500
12	Refinjo	C	Sil car 1 vs tung car 62-6	grafito	316SS / Alloy 718	2	sello simple	62	C2A1C62	1500
13	Soda Cáustica	B	Sil car 2 vs tung car 62-6	etileno propileno	20SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1750
14	Soda Cáustica	B	Sil car 2 vs tung car 62-6	etileno propileno	20SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1750
15	Residual	B	sil car 1 vs sil car 2	kaírez	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
16	Residual	B	sil car 1 vs sil car 2	kaírez	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
17	Residual	B	sil car 1 vs sil car 2	kaírez	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
18	Gasolina	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
19	Gasolina	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
20	Gasolina	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
21	Gasolina	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
22	Venta gasolina 84	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
23	Kerosene	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
24	Kerosene	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
25	Kerosene	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
26	Kerosene	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
27	Diesel	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
28	Diesel	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
29	Diesel	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
30	Turbo	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
31	Turbo	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
32	Recuperado API	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	13	C1A1B13	1500
33	Recuperado API	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
34	Petróleo	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
35	Petróleo	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
36	Agua	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
37	Agua	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1375
38	Agua potable	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
39	Agua potable	A	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500
40	Gasolina 90	B	carbon 5 vs Sl car 2	níton	316SS	1	sello simple	11	C1A1B11	1500

**APENDICE E2. COSTOS PRINCIPALES POR EQUIPO Y CALCULADOS PARA UN AÑO**

IT	PRODUCTO	PRECIO ACTUAL	PRECIO SELLO NUEVO	produccion por día	GPM	costo no produccion en 1 año actual	costo hundido planteado
1	Petróleo Crudo	2000	3240	4089.86	41	14928.00	7464.00
2	Petróleo Crudo	2700	3240	4089.86	41	14928.00	7464.00
3	Crudo Reducido	3000	3600	7980.22	80	29127.80	14563.90
4	Crudo Reducido	3000	3600	7980.22	80	29127.80	14563.90
5	Diesel	3000	3600	7980.22	80	29127.80	14563.90
6	Diesel	3000	3600	7980.22	80	29127.80	14563.90
7	Kerosene	2000	2400	1496.29	15	5461.46	2730.73
8	Kerosene	2000	2400	1496.29	15	5461.46	2730.73
9	Gasolina	2000	2400	12967.85	130	47332.67	23666.33
10	Gasolina	2000	2400	12967.85	130	47332.67	23666.33
11	Reflujo	3000	3600	1995.05	20	7281.95	3640.97
12	Reflujo	3000	3600	1995.05	20	7281.95	3640.97
13	Soda Cáustica	2200	3000	1995.05	20	7281.95	3640.97
14	Soda Cáustica	2200	3000	1995.05	20	7281.95	3640.97
15	Residual	2500	2640	13167.36	132	48060.86	24030.43
16	Residual	2500	2640	628.44	6.3	2293.81	1146.91
17	Residual	2500	2640	628.44	6.3	2293.81	1146.91
18	Gasolina	1400	1800	1127.21	11.3	4114.30	2057.15
19	Gasolina	1300	1800	1127.21	11.3	4114.30	2057.15
20	Gasolina	1300	1800	1127.21	11.3	4114.30	2057.15
21	Gasolina	1400	1800	1127.21	11.3	4114.30	2057.15
22	Venta gasolina 84	2500	3000	24938.18	250	91024.36	45512.18
23	Kerosene	2500	3000	119.70	1.2	436.92	218.46
24	Kerosene	2500	3000	119.70	1.2	436.92	218.46
25	Kerosene	2500	3000	119.70	1.2	436.92	218.46
26	Kerosene	2500	3000	24938.18	250	91024.36	45512.18
27	Diesel	2700	3240	119.70	1.2	436.92	218.46
28	Diesel	2700	3240	119.70	1.2	436.92	218.46
29	Diesel	2500	3000	24938.18	250	91024.36	45512.18
30	Turbo	2000	2400	59.85	0.6	218.46	109.23
31	Turbo	2000	2400	59.85	0.6	218.46	109.23
32	Recuperado API	1400	1800	2493.82	25	9102.44	4551.22
33	Recuperado API	1300	1800	2493.82	25	9102.44	4551.22
34	Petróleo	1400	1800	119.70	1.2	436.92	218.46
35	Petróleo	1400	1800	119.70	1.2	436.92	218.46
36	Agua	1400	1800	29.93	0.3	109.23	54.61
37	Agua	1400	1800	29.93	0.3	109.23	54.61
38	Agua potable	1300	1800	39.90	0.4	145.64	72.82
39	Agua potable	1300	1800	39.90	0.4	145.64	72.82
40	Gasolina 90	2500	3000	1995.05	20	7281.95	3640.97
<b>TOTAL</b>		<b>85800</b>	<b>105480</b>			<b>652753.92</b>	<b>326376.96</b>

**APENDICE E3. COSTOS ACTUALES VS. COSTOS DE STANDARIZAR EQUIPOS ADECUADOS A LA NORMA**

DESCRIPCION DE COSTO	AHORA	COMENTARIOS SE PLANEA	PRIMER AÑO SE PLANEA	SEGUNDO AÑO SE PLANEA	TERCER AÑO SE PLANEA	TOTAL EN 3 AÑOS SE PLANEA
<b>Mantenimiento correctivo</b>						
- Materiales y Repuestos	Reparacion lapeo y cambio de empaques	No reparaciones	10296.00	0.00	10296.00	30888.00
- Personal	2 mecanicos y 1 Ingeniero rotantes (total 6 personas)	No personal	182000.00	0.00	182000.00	546000.00
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>			<b>192296.00</b>	<b>0.00</b>	<b>192296.00</b>	<b>578888.00</b>
<b>Mantenimiento Preventivo</b>						
- Especialista en sellos	No existe	1 tecnico o Ingeniero (total 2)	0.00	70000.00	0.00	210000.00
- Materiales y Repuestos	cambio de kit de reparacion anual	Cambio kit de reparacion a los 3 años	34320.00	119403.36	34320.00	102960.00
- Upgrades a bombas y sellos (9000 X 40 EQUIPOS)	Nunca	Renovar cada año la tercera parte de los equipos	0.00	120000.00	0.00	360000.00
- Personal	2 tecnicos rotantes	1 tecnico (total 1)	42000.00	21000.00	42000.00	126000.00
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>			<b>76320.00</b>	<b>351403.36</b>	<b>76320.00</b>	<b>228960.00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>921369.92</b>	<b>877803.36</b>	<b>921369.92</b>	<b>1984534.23</b>
Pérdidas por No Produccion	10% de probabilidad de falla y 10% de indisponibilidad	10% de probabilidad de falla y 5% de indisponibilidad	652753.92	326376.96	652753.92	1958261.75
Estudio de Confiabilidad		Externo	0.00	200000.00	0.00	200000.00
<b>TOTAL COSTOS HUNDIDOS</b>			<b>652753.92</b>	<b>526376.96</b>	<b>652753.92</b>	<b>1179130.87</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>921369.92</b>	<b>877803.36</b>	<b>921369.92</b>	<b>1984534.23</b>

**APENDICE E4. COSTOS ACTUALES VS. COSTOS DE STANDARIZAR EQUIPOS 3 AÑOS SIGUIENTES**

DESCRIPCION DE COSTO	AHORA	COMENTARIOS SE PLANEA	CUARTO AÑO SE PLANEA	QUINTO AÑO SE PLANEA	SEXTO AÑO SE PLANEA	TOTAL EN 3 AÑOS SE PLANEA
<b>Mantenimiento correctivo</b>						
- Materiales y Repuestos	Reparacion lapeo y cambio de empaques	No reparaciones	10296.00	0.00	10296.00	30888.00
- Personal	2 mecanicos y 1 Ingeniero rotantes (total 6 personas)	No personal	182000.00	0.00	182000.00	546000.00
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>			<b>192296.00</b>	<b>0.00</b>	<b>192296.00</b>	<b>578888.00</b>
<b>Mantenimiento Preventivo</b>						
- Especialista en sellos	No existe	1 tecnico o Ingeniero (total 2)	0.00	70000.00	0.00	210000.00
- Materiales y Repuestos	cambio de kit de reparacion anual	Cambio kit de reparacion a los 3 años	34320.00	13923.36	34320.00	102960.00
- Upgrades a bombas y sellos (9000 X 40 EQUIPOS)	Nunca	Renovar cada año la tercera parte de los equipos	0.00	0.00	0.00	0.00
- Personal	2 tecnicos rotantes	1 tecnico (total 1)	42000.00	21000.00	42000.00	126000.00
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>			<b>76320.00</b>	<b>125923.36</b>	<b>76320.00</b>	<b>228960.00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>921369.92</b>	<b>256474.14</b>	<b>921369.92</b>	<b>1984534.23</b>
Pérdidas por No Produccion	10% de probabilidad de falla y 10% de indisponibilidad	10% de probabilidad de falla y 2% de indisponibilidad	652753.92	130550.78	652753.92	1958261.75
Estudio de Confiabilidad		Externo	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL COSTOS HUNDIDOS</b>			<b>652753.92</b>	<b>130550.78</b>	<b>652753.92</b>	<b>391652.35</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>921369.92</b>	<b>256474.14</b>	<b>921369.92</b>	<b>1984534.23</b>