

SELECCIÓN CONFIABLE DE SELLOS MECÁNICOS JOHN CRANE TIPO 32 Y
7700 PARA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES EN LA INDUSTRIA
PETROQUÍMICA COLOMBIANA

JOSÉ RICARDO OLAVE CARRERA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2007

SELECCIÓN CONFIABLE DE SELLOS MECÁNICOS JOHN CRANE TIPO 32 Y
7700 PARA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES EN LA INDUSTRIA
PETROQUÍMICA COLOMBIANA

JOSÉ RICARDO OLAVE CARRERA

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: FERNANDO VILLARREAL
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2007

DEDICATORIA

A Dios por que el dispuso de cada cosa y momento, para que se hiciera realidad mi aspiración personal y profesional, a mi esposa y a mis adoradas hijitas, por su ánimo, apoyo y paciencia desmedida, siendo esta especialización también un logro de ellas.

AGRADECIMIENTOS

A la Compañía JOHN CRANE COLOMBIA S.A. al brindarme la oportunidad del crecimiento y el desarrollo profesional, se verá traducido y forjado en la aplicación diaria de la organización.

A la Universidad Industrial de Santander por el desarrollo de programas especializados que permiten despertar el interés de cada uno de los profesionales.

Al Ingeniero Fernando Villarreal, Director de la Monografía, por su incansable colaboración y orientación.

Al Ingeniero Carlos Ramón González, y toda la planta de profesores que de una u otra forma brindaron la orientación y conducción necesaria.

Finalmente a mis compañeros de la especialización por compartir sus experiencias y permitir conocerlos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. JOHN CRANE	3
1.1. HISTORIA Y ANTECEDENTES	5
1.1.1. Generalidades	5
1.1.2. Aplicación	7
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SELLOS MECÁNICOS PARA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES	8
2. TEORÍA DE SELLADO	12
2.1. SELLO MECÁNICO	12
2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS	14
2.2.1. Sello según su Diseño	14
2.2.2. Sello por Arreglo Posicional	21
2.3. PLANES DE SOPORTE AL SELLO MECÁNICO	24
2.3.1. Planes para Fluidos Limpios	26
2.3.2. Planes para Fluidos a Temperatura	29
2.3.3. Planes para Fluidos Abrasivos	32
2.3.4. Planes para Fluidos Abrasivos a Temperatura	33
2.3.5. Planes para Fluidos Peligrosos	34
2.3.6. Planes para Fluidos en General	37
2.4. DESARROLLO DE LA NORMA DE FABRICACIÓN DE SELLOS MECÁNICOS	39
2.5. TÉRMINOS DE LA NORMA DE FABRICACIÓN Y DISEÑO API 682	41
3. EQUIPOS AGITADORES, MEZCLADORES, REACTORES E INSTALACION DE SELLOS MECÁNICOS	43
3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	43
3.1.1. Visitas a Empresas	43
3.1.2. Entrevistas Personales	43
3.1.3. Encuestas	44
3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	45
3.3. CONDICIÓN TÉCNICA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES	46
3.3.1. Agitadores y Mezcladores	48
3.3.2. Reactores	51
3.4. INSTALACIÓN DE SELLOS MECÁNICOS EN AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES	52
4. SELECCIÓN FIABLE DE SELLO MECÁNICO JOHN CRANE TIPO 32 Y 7700 PARA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES BASADO EN LA NORMA API 682 (ISO 21049)	60
4.1. DESCRIPCIÓN DE SELECCIÓN	60
4.1.1. Estructura de Selección	63
4.1.2. Pautas para la Implementación de Selección	75

5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN	81
5.1. ANTECEDENTES	81
5.2. SISTEMAS DE INFORMACION ACTUAL	82
5.3. MANEJO DE INFORMACION	83
CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cobertura John Crane Colombia	4
Figura 2. Sello Mecánico	12
Figura 3. Partes de Sello Mecánico	13
Figura 4. Sello Cabeza en Rotación o Asiento en Rotación	16
Figura 5. Sello No Balanceado	16
Figura 6. Sello Mecánico Balanceado	17
Figura 7. Sello Montaje Interior y Exterior	18
Figura 8. Sello de Empuje	18
Figura 9. A. Sello de No Empuje Fuelle Elastomérico	19
Figura 9. B. Sello de No Empuje Fuelle Metálico	19
Figura 10. Sello Monorresorte	20
Figura 11. Sello Multirresorte	21
Figura 12. Disposiciones Múltiples de Sello Mecánico	22
Figura 13. Sello Dual No Presurizado	23
Figura 14. Sello Dual Presurizado	24
Figura 15. Plan API 1	25
Figura 16. Plan API 11	26
Figura 17. Plan API 12	27
Figura 18. Plan API 13	27
Figura 19. Plan API 14	29
Figura 20. Plan API 2	30
Figura 21. Plan API 21	30
Figura 22. Plan API 22	31
Figura 23. Plan API 23	32
Figura 24. Plan API 31	32
Figura 25. Plan API 32	33
Figura 26. Plan API 41	34
Figura 27. Plan API 51	34
Figura 28. Plan API 52	35
Figura 29. Plan API 53	36
Figura 30. Plan API 54	36
Figura 31. Plan API 61	37
Figura 32. Plan API 62	37
Figura 33. Plan API 65	38
Figura 34. Evolución de las Normas de Fabricación de Bombas y Sellos Mecánicos	40
Figura 35. Esquema de Agitadores de Eje Vertical	47
Figura 36. Esquema de Agitadores Ejes Horizontales	48
Figura 37. Agitadores de Aspas	50
Figura 38. Agitadores de Propela	50
Figura 39. Agitador Lateral tipo Aspas	51
Figura 40. Reactor de Grasas y Aceites Comestibles	52

Figura 41. Área de Instalación del Sello Mecánico en Reactor Horizontal Superior	53
Figura 42. Verificación Flexión del Eje	54
Figura 43. Verificación Alineación del Eje	54
Figura 44. Verificación Ovalidad del Eje	55
Figura 45. Irregularidades y Rebabas del Eje	55
Figura 46. Desviación Radial del Eje	56
Figura 47. Concentricidad del Eje	56
Figura 48. Perpendicularidad del Eje	57
Figura 49. Posicionamiento en la Casa Estopera	58
Figura 50. Instalación Sello Mecánico en el Equipo Vertical	59
Figura 51. Diagrama de Flujo de Manejo Interno de John Crane	61
Figura 51. Continuación Diagrama de Flujo de Manejo Interno de John Crane	62
Figura 52. Formato de Información de Sello Mecánico norma API 682	66
Figura 53. Diagrama de Flujo de Selección de Sello Mecánico John Crane para agitadores, mezcladores y reactores	67
Figura 54. Formato de Condiciones Dimensionales y Operacionales	69
Figura 55. Diagrama de Flujo de Comparación de Selección de Sello Mecánico	70
Figura 56. Formato de Prueba Sellos Mecánicos Norma API 682	77
Figura 57. Sistema de Información Interface para Confiabilidad de Sellos Mecánicos.	83
Figura 58. Diagrama de Flujo del Proceso de Información	85

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Planes de Soporte para Sellos Principales (planes API)	25
Tabla 2. Planes de Soporte para Sellos Auxiliares (planes API)	26
Tabla 3. Símbolos para Accesorios y Componentes	39
Tabla 4. Empresas Encuestadas	46
Tabla 5. Entregables y Salidas del Proceso	63
Tabla 6. Servicios No Hidrocarburos	72
Tabla 7. Servicios Hidrocarburos No Flamables	73
Tabla 8. Servicios Hidrocarburos Flamables	74
Tabla 9. Categorías de Pruebas de Sellos en Fluidos	76

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Ficha técnica sello mecánico tipo 32	Pág. 87
Anexo B. Ficha técnica sello mecánico tipo 7700	92

RESUMEN

TÍTULO: SELECCIÓN CONFIABLE DE SELLOS MECÁNICOS JOHN CRANE TIPO 32 Y 7700 PARA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA COLOMBIANA* .

AUTOR(ES): JOSE RICARDO OLAVE CARRERA** .

PALABRAS CLAVES:

Norma, Gestión, Mantenimiento, Modelo, Confiabilidad y Seguridad, Mezcladores, Agitadores, Reactores, Sello Mecánico, Planes API.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: La presente Monografía contiene una propuesta para implementar una serie de procedimientos estandarizados, que permitan llevar efectiva la selección fiable de los sellos mecánicos John Crane, diseñados para mezcladores, agitadores y reactores de la industria Petroquímica Colombiana. Lo propuesto es aplicable a cualquier empresa, proceso y permite planear, organizar e implementar mecanismos de control que garanticen el correcto funcionamiento, seguridad y confiabilidad en la NO emisión de producto a la atmósfera.

Este trabajo está relacionado con fluidos No hidrocarburos, Hidrocarburos que vaporizan e Hidrocarburos que no vaporizan, donde los sellos sean lubricados por el mismo producto y/o un producto externo, incluyendo cuando trabajen en seco de caras de no contacto o lubricadas a gas.

La metodología de investigación, empieza con la adquisición de información mediante muestras en algunas Empresas, la implementación de un modelo. Posteriormente, esta información es tabulada e interpretada, para detectar el estado actual de las Empresas encuestadas, y confirmar la conveniencia de la aplicación del modelo. Luego, y con base en los términos establecidos por la Norma API 682, se elabora el Método de Selección Fiable, procurando cumplir las necesidades propias de cada Empresa, pero respetando siempre sus políticas administrativas y técnicas ya establecidas. Además, y como complemento importante pero no indispensable del método, se hace un análisis sobre las opciones disponibles para apoyarse en los Sistemas de Información, que permitan una más eficiente y confiable ejecución del método.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Fernando Villarreal, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: TRUSTY SELECTION OF MECHANICAL SEALS JOHN CRANE TYPE 32 AND 7700 FOR SHAKE, MIXER AND REACTOR OF THE PETROCHEMICAL INDUSTRY COLOMBIAN

AUTHORS: JOSE RICARDO OLAVE CARRERA**.

KEY WORDS:

Norm, Administration, Maintenance, Model, Reliability and Safety, Mixer, Shake, Reactor, Mechanical Seals.

DESCRIPTION OR CONTENT: The present Monograph contains a proposal to implement a series of standardized procedures that allows to take an effective control on mechanical seals John Crane type 32 and 7700 for mixer, shake and reactor of the Petrochemical Colombian. The Model proposed can be used in any company to plan, organize and implement a control that guarantee the correct function, safety and reliability in that not emission of liquid for in the mechanical seal work.

Depending of fluids Non Hydrocarbon, Non Flashing Hydrocarbon and Flashing Hydrocarbon, the mechanical seals are lubricate for same liquid and / or external fluid, including when work in wet faces or work with gas.

The methodology of followed investigation begins with the acquisition of information by means of samples in some Companies, that allows to conclude that indeed, the implementation of a model is required for the Mechanical Seal Reliability. Besides, this information is tabulated and interpreted, to detect the current state of the interviewed Companies, and to confirm the convenience application.

Then, based on the terms settled down by the Norm API 682, the Reliability Method of Selection Mechanical Seal is elaborated, trying to complete the characteristic needs of each Company, but always respecting the administrative and technical policies already established. Also, and important but not indispensable complement of the pattern, the analysis is made on the available options to have support on the Systems of Information that allows a more efficient and more reliable execution of the method.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty . Maintenance Management specialization . Director: Fernando Villarreal, Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria Petroquímica, Petróleo y Gas, la tendencia mundial sobre el modelo de las mejores prácticas en el manejo de la confiabilidad, es de realizar una plataforma en la obtención de los estándares adecuados, se están desarrollando diferentes conceptos o tipos en el manejo de activos, como:

Gerencia de Activos

Confiabilidad Operacional

Ingeniería de Mantenimiento

Análisis de Riesgos

En estas industrias existen diferentes equipos o activos como: bombas, compresores, agitadores, mezcladores y reactores, en diferentes procesos y sistemas que operan con diferentes líquidos y gases. Dichos productos están determinados como flamables, peligrosos, tóxicos y explosivos, por las entidades internacionales EPA (Environmental Protection Agency) método 21 (Determination of Volatile Organic), OSHA y ESA (European Sealing Association).

Con este proyecto, se pretende tener certeza, seguridad y fiabilidad en la selección de sellos mecánicos JOHN CRANE tipo 32 y 7700, diseñados para los agitadores, mezcladores y reactores, mediante un método procedimental que sea fiable para cualquier tipo de proceso o planta de producción, debido a que dependiendo la aplicación y los fluidos, estos líquidos y gases pueden ser peligrosos para los seres humanos y el medio ambiente.

Los agitadores, mezcladores y reactores, por su diseño y operación, se caracterizan por que son generalmente, equipos que requieren volúmenes grandes de carga de producto, grandes ejes, bastante hermeticidad, grandes torques que generan desplazamientos radiales bastante altos; siendo los requisitos y requerimientos más exigentes, para el diseño de sellos mecánicos.

Para equipos como bombas y compresores, ya están creadas las normas de fabricación que corresponde a la API 610 (American Petroleum Institute) e igualmente para los sellos mecánicos API 682. Sin embargo nada se ha concretado para agitadores, mezcladores y reactores, tomándose esta última norma para el suministro de sellos mecánicos de estos equipos.

Este proyecto esta estructurado, tomando como base la norma de fabricación de sellos mecánicos, desarrollada para bombas centrífugas, asegurando y garantizando la fiabilidad en sellos mecánicos para equipos agitadores, mezcladores y reactores..

Aquí, se explica los antecedentes de John Crane en la investigación y experiencia de aplicaciones de los sellos mecánicos diseñados y patentados para este tipo de equipos, se explica toda la ingeniería de sellado, clasificación de los sellos mecánicos, selección de materiales, lubricación y enfriamiento de sellos, análisis de fallas, sistema de arrastre, balanceo de sellos, montaje interior o exterior, multirresorte o monoresorte, por su disposición son duales presurizados y no presurizados, cartucho, no cartucho, familias de sellos, estimado del calor generado dependiendo de la presión y velocidad del equipo. Igualmente se estudio los diferentes tipos de sistemas de apoyo a los sellos mecánicos, llamados Planes API.

Con este proyecto, se realizara un método o procedimiento de selección fiable de sellos mecánicos para agitadores, mezcladores y reactores, basado en la norma internacional API 682.

1. JOHN CRANE

1.1. HISTORIA Y ANTECEDENTES.

La historia de esta gigante de la ingeniería de sellado, se remonta al año de 1917, cuando nació como John Crane Packing Company y estableció oficinas en Estados Unidos, Canadá e Inglaterra.

En 1951 se localiza en Chicago, Morton Groove Estados Unidos, fabricando empaquetadura y lamina convirtiéndose en una organización global líder dentro de la industria en la ingeniería de sellado, manteniendo la fabricación de dichos productos.

John Crane creó el primer sello mecánico en el año de 1939 en la industria automotriz; continuando con la investigación y creación, introduce en los años 40 los sellos con fuelles elastomérico, revolucionando la tecnología de sellado, generando una gran importancia con el sello mecánico para equipo rotativo. Su investigación e invención continuó hasta llegar a la tecnología de sellos secos de caras de no contacto y de contacto en los años 80, específicamente en los compresores centrífugos para aplicaciones con gases.

En los años 90 ratifica su liderazgo en la investigación en el tema, cumpliendo con los requerimientos establecidos por los fabricantes de equipo, emitida por la Norma ANSI (American National Standards Institute), la API (American Petroleum Institute) y cumpliendo con las exigencias de emisiones de líquidos y gases peligrosos, según concepto de EPA (Environmental Protection Agency's).

Actualmente cuenta con la tecnología de sellos Sealol de fuelle metálico para las aplicaciones de alta temperatura; tecnología de sellos Flexibox para aplicaciones



de alta presión y tecnología de sellos Spiral Groove en seco para aplicaciones riesgosas.

En 1992 abre sus puertas en Colombia, donde posee planta de manufactura y centro de servicio en Bogotá, centro de servicio en Barrancabermeja y oficinas de atención al cliente en Cartagena, Barranquilla, Cali, Medellín, Oleoductos y Bogotá, ver figura 1.

A nivel mundial, John Crane esta aprobada por las normas API 682 y certificada por las normas ISO 9000 y 14000.

Figura 1. Cobertura de John Crane Colombia.



-  Centros de Servicio y Fabricación
-  Sucursales y Asistencia Técnica

1.1.1. Generalidades. El diseño y fabricación de los dispositivos de sellado en bombas centrífugas y bombas rotativas, comenzaron a regularse de forma oficial en la norma API (American Petroleum Institute) 610 en su sexta edición, no hace mas de 15 años en Norte América, para los equipos que operaban en la industria petroquímica, pero sin incluir el resto de industria como el alimenticio, farmacéutico, textil, grasas y aceites, etc., que se refleja en la fabricación de equipos bajo la norma ANSI. En Europa se veía reflejado en la norma ISO pero sin que se determinara con exactitud parámetros que aseguraran la seguridad y confiabilidad que se requiere al operar productos que pueden ser peligrosos al medio ambiente.

Por tal razón a nivel mundial se esta trabajando y estableciendo requerimientos de diseño y fabricación que aseguren el funcionamiento de la industria, sin que amerite peligro, pagos de sanciones, cierres de plantas o lo mas grave, perdidas humanas o del medio ambiente, como se han dado ejemplos a través de la historia.

En nuestro país, con la experiencia laboral y específicamente sobre este tema en particular, a pesar que existen leyes locales de control de emisiones y desechos, estas no se cumplen. Muy pocas compañías se preocupan por este aspecto, solo operan pensando en la producción y solo atienden este aspecto cuando ocurre un incidente o accidente.

La industria evalúa las perdidas que se puedan generar por paro en la producción o por el incidente que ocurra en un equipo rotativo, como un reactor o agitador, cuando puedan ser ocasionadas por el dispositivo de sellado, realmente se visualiza o se presta la debida atención; a pesar de esto Colombia tiene o sigue las regulaciones por las diferentes entidades extranjeras.

La norma API 682 es la primera que se crea para la fabricación y diseño de los sellos mecánicos, es un estándar que establece requerimientos mínimos para los

sellos mecánicos de bombas centrifugas y equipos rotativos, cuyo propósito es obtener un sistema de sellado que opere ininterrumpidamente por lo menos tres años, cumpliendo con las regulaciones de emisiones; define criterios de sistemas de sellado para mejorar la confiabilidad, duración en servicio de la bomba y el sello mecánico. Sin embargo, existen muchos aspectos que afectan esta confiabilidad como mala operación, condiciones físicas del equipo, condiciones químicas de los productos, etc.

Las aplicaciones se determinan en los sellos mecánicos para diferentes dimensiones desde un rango de 1 pulgada (25.4 mm) hasta 45 pulgadas (120 mm), con condiciones de presión desde 0 bar hasta 34.5 bares, rangos de temperatura desde -40°C hasta 260°C, estas condiciones se cumplen en todos los tipos de líquidos o gases.

Fluidos No hidrocarburos, Hidrocarburos que vaporizan y no vaporizan, aquellos líquidos, donde los sellos sean lubricados por el mismo producto y/o un producto externo, sin incluir cuando trabajen en seco de caras de no contacto o lubricadas a gas.

La entidad que a nivel mundial determina cuales son los fluidos que son peligrosos por su toxicidad, corrosividad, flamabilidad, oxidación, explosión y reacción y regulan los volúmenes de emisión a la atmósfera es la EPA método 21 que determina escapes de compuestos orgánicos volátiles.

Esto debe hacerse extensible a nuestro país, pero desafortunadamente aunque esta estipulado en la ley, solo se queda en el papel. Nuestras entidades como el Invima, Ministerio del Medio Ambiente, etc., no hacen cumplir estas normas, solo se ve incipientemente en las aseguradoras que suministran las pólizas a plantas que tienen los medios para pagarlas en caso de algún accidente.

1.1.2. Aplicación. Este método 21 de la norma EPA, se aplica a la determinación de escapes de compuestos orgánicos volátiles (COV) de equipos de proceso; esta fuente norma no se limitan a válvulas, bridas y otras conexiones, bombas y compresores, dispositivos de alivio de presión, drenajes de procesos, venteos desgasificadores del sistema de sellado de bombas y compresores, e igualmente a sellos mecánicos de agitadores, mezcladores, reactores y sellos de puertas de acceso.

Ellos definen, como concentración de escape a la concentración local del compuesto orgánico volátil (COV) en las superficies de escapes que indica que hay presencia de una emisión (escape) y este escape lo determina la lectura del medidor del instrumento utilizado, tomando como base un compuesto de referencia. Las especies de compuestos orgánicos volátiles (COV) como base de calibración del instrumento para la especificación de la concentración para la definición de escape, si una concentración para la definición de escape es de 10.000 ppm (partes por millón) con metano, entonces cualquier emisión que resulte en una concentración local que produzca una lectura en el medidor de 10.000 ppm en un instrumento calibrado con metano, sería clasificado como escape.

Las emisiones, no detectables de cualquier concentración compuestos orgánicos volátiles (COV) en una fuente de escape potencial que sea menor que un valor correspondiente a la especificación de posibilidad de lectura del instrumento, indica que no hay presencia de escape.

John Crane Colombia, como suplidora de soluciones de ingeniería de sellado, debe poseer un método que garantice el grado de confiabilidad a los usuarios que requieren para sus activos y procesos. Ello abarca fabricación, diseño, distribución y logística, sistemas de recuperación y reparación, ingeniería, instalación de dispositivos de sellado y operación de equipos.

Por ser este un tema novedoso, no existe mucha información, siendo el dispositivo de sellado (sello mecánico, empaquetadura, anillos laberintos, bujes) un componente de un equipo y este, está referenciado al hecho que se requiere mantenerlo, siendo importante lograr la confiabilidad de ese elemento del equipo. Entonces los interrogantes serían ¿Cuál es el grado de fiabilidad que esperan los usuarios con los dispositivos de sellado que se recomiendan, instalan y operan en sus equipos rotativos? Para los usuarios como dueños de procesos, equipos, plantas, esperan que sea el mismo que determina la norma de fabricación para bombas API 610 o la actual en sellos mecánicos para este tipo de equipos, la norma API 682, un tiempo de vida útil de 20.000 horas de operación continua o discontinua. Cero contacto atmosférico de emisiones a la atmósfera de los líquidos o gases determinados como peligrosos.

Al interrogar a los usuarios por las causas que pueden afectar la confiabilidad de los dispositivos de sellado, pueden obtenerse las siguientes:

1. Condición Operacional
2. Condición del Proceso
3. Selección del Dispositivo de Sellado
4. Fabricación del Dispositivo de Sellado
5. Manipulación del Dispositivo de Sellado
6. Almacenaje del Dispositivo de Sellado

Las anteriores son las posibles causas raíces de fallas de los sellos mecánicos en general, instalados en cualquier tipo de equipo rotativo.

1.2. SITUACION ACTUAL DE LOS SELLOS MECANICOS PARA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES

La situación actual de los sellos mecánicos para los equipos relacionados en este numeral es muy incierta, debido a circunstancias que se presentan especialmente

en la industria colombiana, como la adquisición de estos equipos nuevos o ya usados en plantas del extranjero.

Con la adquisición de equipos nuevos, el proceso de compra se obtienen de dos formas, la primera se hace como un proyecto macro donde existen fases de ingeniería básica y en detalle, aquí por los procesos inherentes en el proyecto, los requerimientos hacen que los errores se presenten menos frecuentemente, por que hay interacción entre los procesistas y los especialistas mecánicos, sin embargo cuando se realiza los formatos con la información técnica, donde encontramos todas las condiciones de operación, no se especifica clara, concisa y específicamente los requerimientos del sello mecánico, dejando al fabricante a que a criterio de él, instale lo que mas le convenga; en estos casos el fabricante instala lo que mas económicamente para él represente. La segunda forma de adquisición de estos equipos es de forma directa, donde se le asigna a un ingeniero de proyectos o de ingeniería de la planta a que haga la selección, casi siempre esta persona especialista tiene el conocimiento en este tipo de equipos, pero no en sellos mecánicos, incurriendo en el mismo error de no especificar correctamente el sello mecánico y dejando a criterio del fabricante la selección e instalación del sello mecánico, por ende elije la solución mas económica.

Los fabricantes mas reconocidos de estos equipos, si tienen la precaución de consultar a los fabricantes de sellos, las recomendaciones que emiten los fabricantes de sello en ocasiones son aceptadas, en otras no, siguiendo tendencias a instalar sellos mecánicos que hallan tenido buen desempeño, mas no por un criterio técnico bien especifico. Cuando es un fabricante no muy reconocido a nivel internacional o que es un fabricante local, determina la adquisición es por aspecto económico, llegando en ciertas ocasiones a instalarle anillos de empaquetadura.

La compra de los agitadores, mezcladores o reactores ya usados, es la forma mas perjudicial, por que ya tienen sello mecánico instalado, seleccionado para

operar en la aplicación para el que fue adquirido y el nuevo usuario no realiza una revisión previa, si con las nuevas condiciones operacionales el sello mecánico puede operar.

Otra situación que se presenta en las plantas, que incide en los sellos mecánicos es que cuando se termina un proyecto nuevo, la información técnica del sello mecánico no es difundida a los departamentos de mantenimiento, no se hace adquisición de los repuestos para prevenir que si en los arranques de estos equipos hay daños catastróficos, se puedan reparar y nuevamente instalar. Esta falta de planificación obliga al personal de mantenimiento a realizar trabajos de poca fiabilidad que solo puede darle operabilidad a este tipo de equipo.

Todas estas condiciones son situaciones reales que se presentan continuamente en la industria en general específicamente en la adquisición o compra de agitadores, mezcladores y reactores, pero otro de los puntos que inciden especialmente en el daño de los sellos mecánicos es la operación de los mismos, la estadística de daños de los sellos mecánicos del 70% es a causa de la mala operación de estos equipos.

La primera razón es básicamente al no seguimiento de los procesos establecidos por los procesistas, ya sea por el cambio en alguna ventana operativa de la producción, o por la incorrecta operación de los sistemas de soporte para los sellos mecánicos (planes API), o por la falta de estos últimos, o por las brechas generacionales en los operadores.

La otra condición de error en el suministro de los sellos mecánicos que también se encuentra, es la del fabricante del sello mecánico, puede suministrar un sello mecánico no adecuado para la aplicación, materiales no idóneos. Estas son causas que se presentan pero que se justifican precisamente en la información técnica del proceso de producción que recibe inicialmente del usuario, no existe un

formato lo suficientemente claro, preciso y concreto que elimine este factor de riesgo.

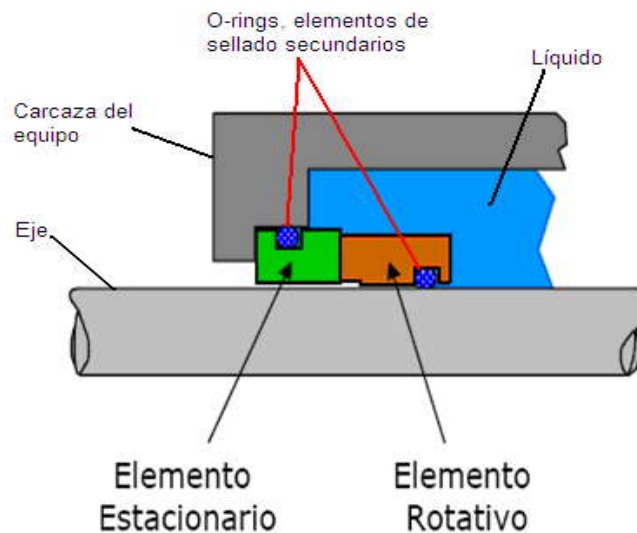
Otra razón muy inusual de fallas de los sellos mecánicos, pero que ha ocurrido es la rotura o daño por transportación, manipulación del personal como compañías transportadoras, personal de almacén al momento de enviar o recibir que tiene contacto con los sellos mecánicos, debido a que los materiales son muy delicados al tacto, son frágiles y se pueden fisurar o romper los materiales internos cuando accidentalmente se les caen.

2. TEORIA DE SELLADO

2.1. SELLO MECÁNICO.

Un sello mecánico es un dispositivo de sellado dinámico que efectúa el sellado de forma axial de una cara móvil desgastante con respecto a otra estática, donde su fuerza de cierre la obtiene de un elemento mecánico como un resorte o muelle y de la presión hidráulica producida por el líquido o gas. Sus partes son removibles y se pueden cambiar después de su tiempo de vida útil, la figura 2 es un esquema general, donde se observa los principales componentes.

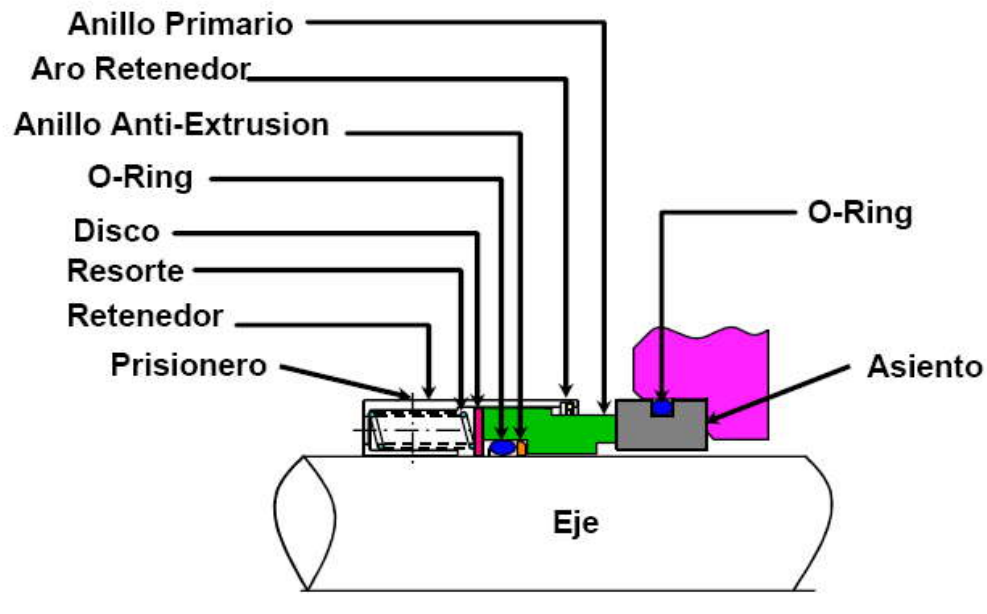
Figura 2. Sello mecánico



La figura 3 relaciona todas las partes que conforman un sello mecánico, pero tiene tres puntos principales de sellado en el equipo, el primero es de la cara rotativa (anillo primario) y la cara estacionaria (asiento), esto se conoce como sello primario; el segundo debe ser entre el elemento rotativo y el eje o la camisa del

eje, o-ring elastomérico; el tercero debe ser entre el asiento y su alojamiento en la brida o carcasa del equipo, este normalmente es un empaque o un o-ring.

Figura 3. Partes de Sello Mecánico



El primer diseño que se diseñó en sellos mecánicos fue de principio húmedo, el elemento rotativo (anillo primario) y estacionario (asiento) es la base del diseño de todos los sellos mecánicos y es el que lo hace funcionar, las superficies de las caras rotativo y estacionario que friccionan entre sí son extremadamente planas, de hecho, normalmente su planitud está dentro de dos bandas luz (método óptico de medir planitud). Esta planitud minimiza las fugas hasta el punto que para todos los propósitos e intenciones son casi inexistentes, son invisibles a simple vista, pues aparecen en forma gaseosa.

Si los componentes rotativos de un sello mecánico girasen entre sí, sin forma alguna de lubricación, se desgastarían muy pronto debido a la fricción de las caras y al calor que esto genera. Es por esto que se requiere lubricación y en esta etapa de consideración, esta lubricación se proporciona mediante una pequeña película del líquido sellado. Esta se conoce como película de lubricación y mantener su estabilidad es de primordial importancia, así el sello ha de funcionar de forma satisfactoria, esta película de fluido ha sido y sigue siendo objeto de debate e

investigación y se vuelve mas interesante según se progresa en materia de sellos mecánicos. El producto con el que se esta trabajando forma una película de fluido estable a través de las dos caras del sello, el calor generado por la fricción entre ellas puede aumentar dando como resultado un cambio de estado de líquido a gas, si se produce esto y no hubiera una película de fluido estable entre las caras, se producirá desgaste y el sello fallará.

Actualmente existe ya diseños de sellos secos de no contacto y de contacto; en el diseño de no contacto solo se han logrado éxito para bombas centrífugas y compresores, se basa en el principio de ranuras en espiral que en este trabajo no se tendrá en cuenta debido a que se requiere para sellos mecánicos instalados en agitadores, mezcladores y reactores; en el diseño de sellos secos de contacto su diseño se basa en el tipo de material de la parte móvil desgastante (anillo primario) y el material del estacionario (asiento).

2.2. CLASIFICACION DE SELLOS MECANICOS.

- Según su Diseño:
 1. Cabezal o Asiento en Rotación
 2. Balanceado o No Balanceado
 3. Montaje Interior o Exterior
 4. Empuje o No Empuje
 5. Monorresorte o Multirresorte
- Según Arreglo Posicional:
 1. Arreglo Sencillo
 2. Arreglo Dual

2.2.1. Sello Según su Diseño

El diseño y fabricación del sello mecánico esta determinado por el producto liquido o gas a sellar, condiciones de operación como la velocidad del equipo, presión de

trabajo y temperatura a la que esta el producto. Hasta el momento se ha relacionado únicamente el sello mecánico tipo sencillo, según figura 2.

Se definió el principio de operación del sello mecánico sencillo normal, este se puede clasificar en cinco formas básicas, pero un sello podría comprender dos, tres, cuatro o incluso cinco combinaciones diferentes de dichas formas básicas .

- **Sello Cabezal o Asiento en Rotación**

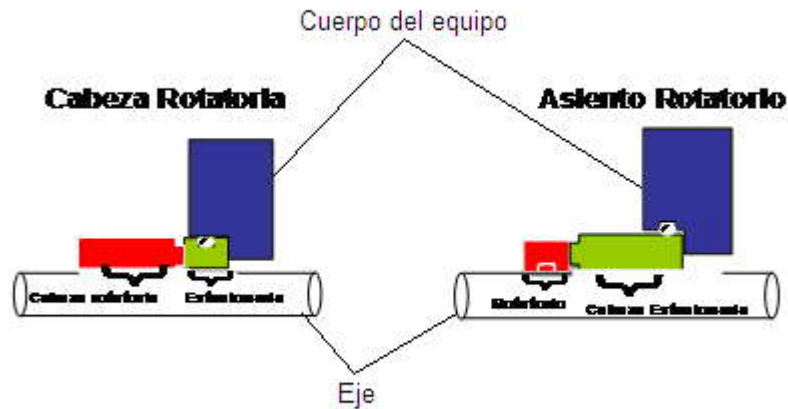
Como ya se explicó en el numeral 2.1. figura 2, el sello mecánico consta de dos componentes básicos, la parte rotatoria y la estacionaria. Se determina cabezal en rotación cuando la parte rotativa rota solidaria al eje, como se muestra en la figura 4, la parte rotatoria es movida por los tornillos tipo allen ajustados al eje; esta determinación se genera cuando la velocidad rotacional del eje llega hasta las 3600 revoluciones por minuto o 25 metros por segundo o 5.000 pies por minuto.

Cuando las velocidades de los equipos son superiores a las determinadas en el párrafo anterior, se diseña el sello mecánico de tal forma que sea la parte estacionaria (asiento) quien rote solidario con el eje; a estas velocidades, las fuerzas dinámicas superan las limitaciones de la unidad de rotación llegando a deformarla. El estacionario en rotación evita el movimiento excesivo del elemento de sellado secundario, mantiene de forma satisfactoria el recorrido del componente primario de sellado y maneja los altos momentos torsionales.

- **Sello Balanceado y No Balanceado**

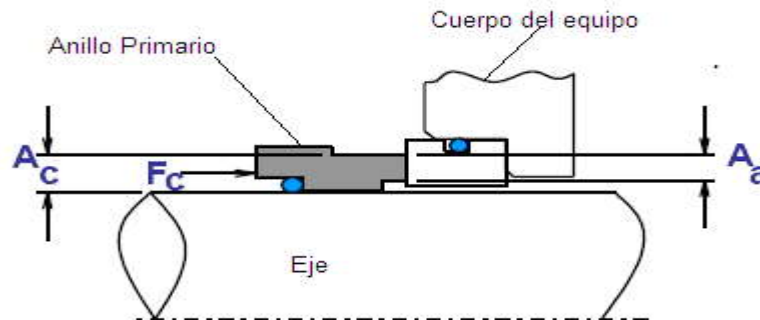
Otro modo de clasificación es por balanceado y no balanceado, y tiene que ver con la condición hidráulica. El sello No balanceado es la forma más sencilla de la unidad rotativa con asiento estacionario: el área de acción (A_c) de la fuerza de cierre (F_c) es prácticamente igual al área de contacto de las caras o área de apertura (A_a), según se observa en la figura 5.

Figura 4. Cabeza en Rotación o Asiento en Rotación



La presión de la caja de sellado mas la presión de los resortes, tienden a cerrar la cara rotativa contra la cara del asiento de la unidad hacia sí, sin embargo, la película de fluido entre caras, sujeta a un gradiente de presión hidráulica, entre la presión de la caja de sellado y la presión atmosférica. El gradiente de presión es lineal, esto genera una fuerza en forma de cuña que intenta separar las caras.

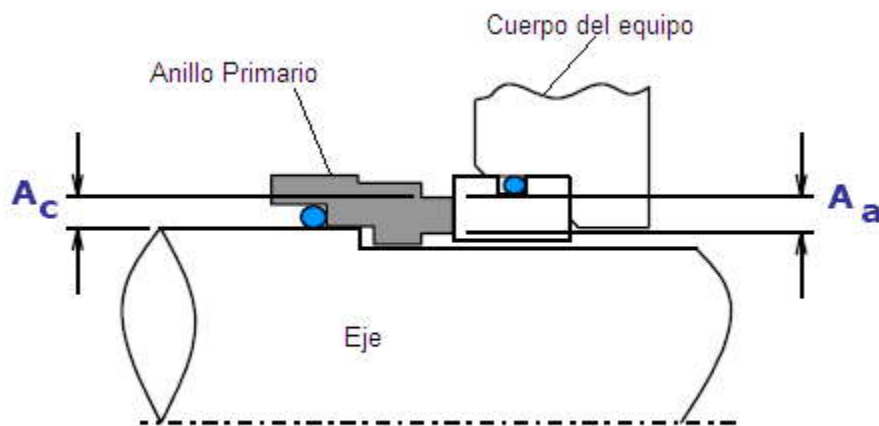
Figura 5. Sello No Balanceado



Ac: Area de cierre; **Fc:** Fuerza de cierre; **Aa:** Área de apertura

El sello mecánico balanceado se instala, cuando aumenta la presión de la caja de sellado por encima de las 200 psi o cuando la gravedad específica del fluido es menor de 0,65, esta actúa sobre el área de cierre (A_c) siendo mas pequeña que el área de apertura, ver figura 6.

Figura 6. Sello Balanceado.



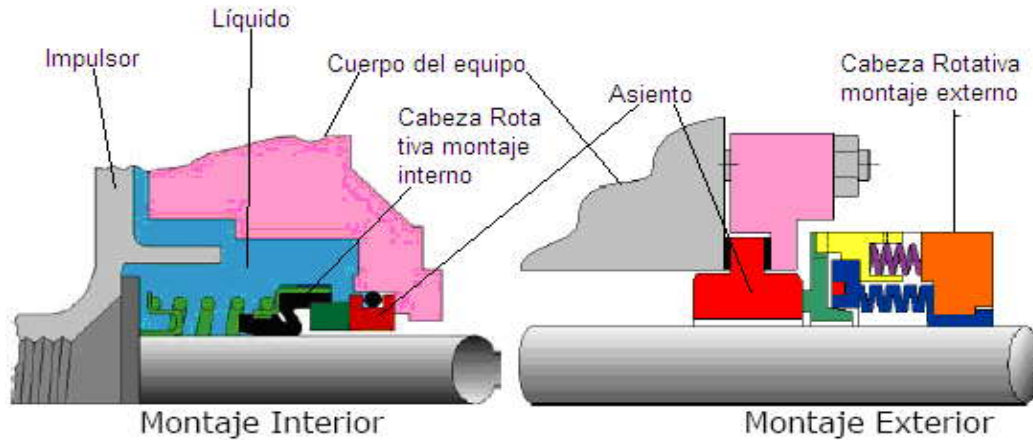
Ac: Área de cierre; Aa: Área de apertura

- **Sello de Montaje Interior y Exterior**

Sello de montaje Interior es aquel que esta dentro del equipo y se aplica cuando el fluido es de carácter general, esto quiere decir que no es corrosivo ni abrasivo, normalmente el sello esta rodeado completamente por el fluido.

El sello de montaje exterior se considera cuando la parte rotatoria esta ubicado en la parte exterior, el fluido esta en contacto con el sello por su diámetro interior, esto debido a que el fluido es corrosivo y abrasivo, ver figura 7.

Figura 7. Sello Montaje Interior y Exterior



- **Sello de Empuje y No Empuje**

Sello Mecánico de Empuje se caracteriza por que el elemento de sellado secundario tiene desplazamiento axial o deslizante sobre el eje, estos pueden ser en o-ring, cuña de teflón, anillos u otros sistemas, ver figura 8.

Figura 8. Sello de Empuje.

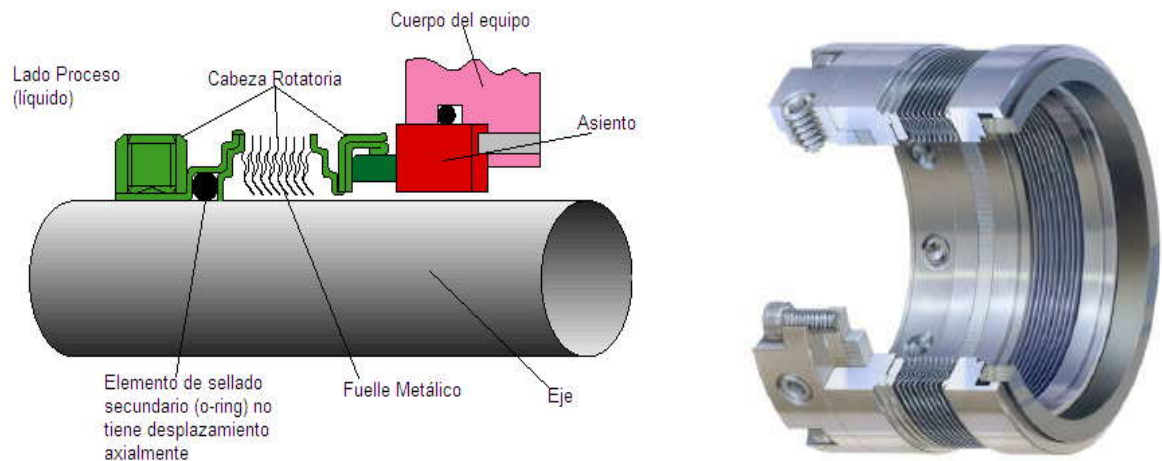


Sello Mecánico de No Empuje, el elemento de sellado secundario NO tiene desplazamiento o deslizamiento axial, pueden ser o-ring, fuelles elastoméricos, fuelles metálicos o fuelles en teflón. Se recomiendan dependiendo del tipo de fluidos, por ejemplo aquellos que tienen partículas en suspensión o son bastante viscosos, fluidos con altas temperatura se recomienda los sellos de No Empuje de Fuelle Metálico, en la figura 9 se muestra dos ejemplos de esta clase.

Figura 9. Sellos de No Empuje.



A. Sellos de Fuelle Elastomérico

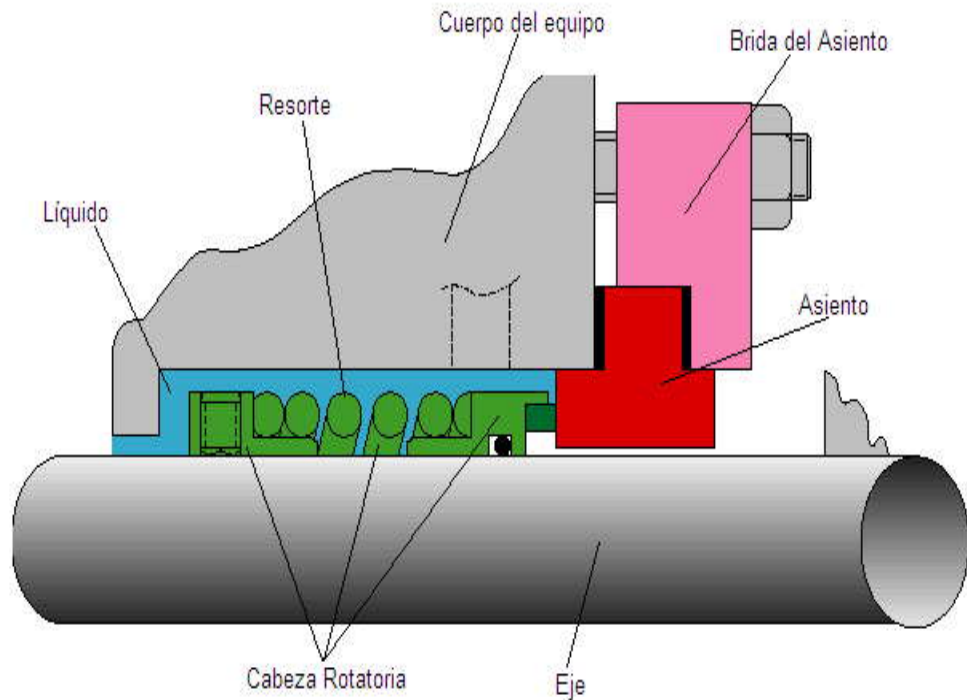


B. Sellos de Fuelle Metálico

- **Sello Monorresorte y Multiresorte**

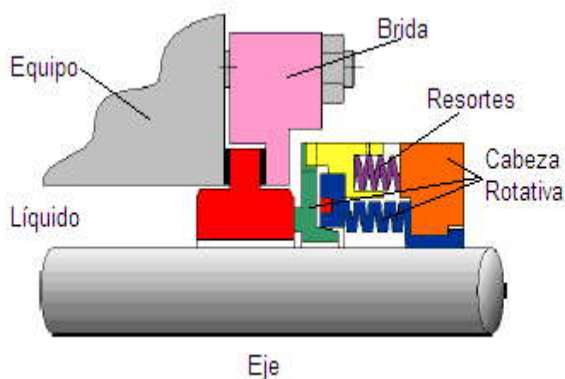
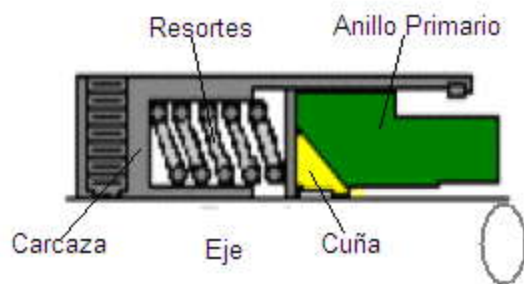
Sello Mecánico Monorresorte o resorte único posee el elemento de empuje por medio de un solo resorte en forma de espiral que no transmite el arrastre haciéndolo birrotacional, es robusto, autolimpiable, se recomienda cuando el fluido es muy viscoso, o abrasivo evitando atascamientos, la única desventaja es que no produce una presión de cierre uniforme sobre las caras de contacto del sello, ver figura 10.

Figura 10. Sello Monorresorte



El sello multiresorte o resorte múltiple se caracteriza por que el elemento de cierre del sello lo conforma varios en cantidad, pueden tolerar mayores velocidades y presiones mayores en la caja de sellado, normalmente son más fáciles de balancear hidráulicamente, los multiresorte distribuyen la carga de cierre uniformemente sobre las caras de contacto, se recomiendan en fluidos cercanos al punto de ebullición, en los que es necesario un cuidadoso control de lubricación interfacial entre caras, por eso no son recomendables en fluidos viscosos o con presencia de abrasivos, ver la figura 11.

Figura 11. Sellos Multirresortes.



2.2.2. Sello por Arreglo Posicional.

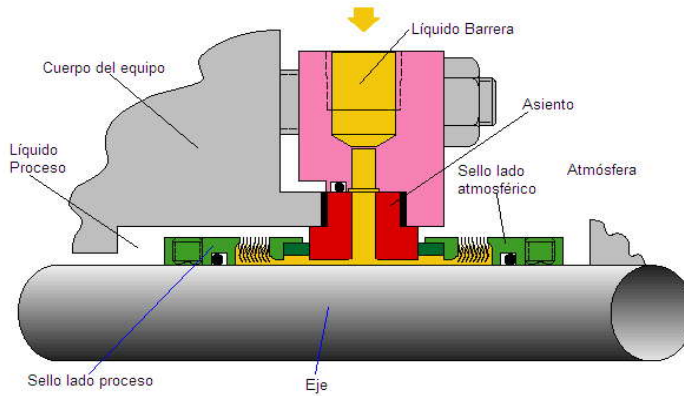
Cuando entonces el producto es considerado peligroso, por la salud, seguridad y las consideraciones ambientales, hacen que se requiera cada vez más, medidas para asegurar que no se produzcan fugas, el producto no se filtre a la atmósfera o se contenga o diluya de forma idónea. Existe varias adiciones a una disposición de sello sencillo que merecen atención, sin embargo, las disposiciones de mayor seguridad son las que están formadas por mas de un sello y básicamente existen tres disposiciones de sellos de seguridad, la figura 12, ilustra las disposiciones antes mencionadas:

- Dual espalda con espalda
- Dual cara contra cara
- Dual cara contra espalda

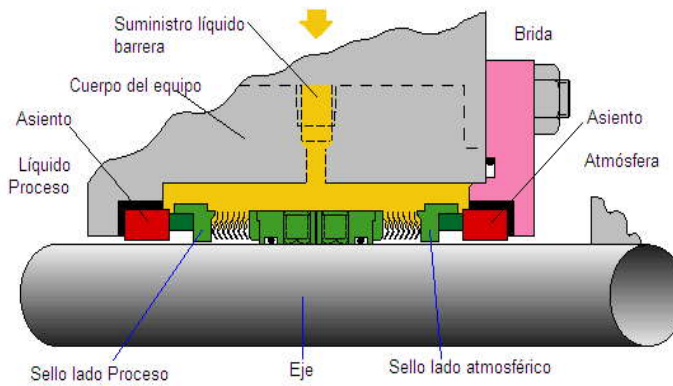
Estas disposiciones son para sello dual, denominado de seguridad y se utiliza para sellar medios tóxicos, volátiles, cancerígenos y medios similares peligrosos; elimina la formación de hielo de algunos fluidos que al contacto con la atmósfera,

expanden y se congelan, esto se logra aislando el fluido o diluyendo en medio amortiguante mediante un sello dual No Presurizado.

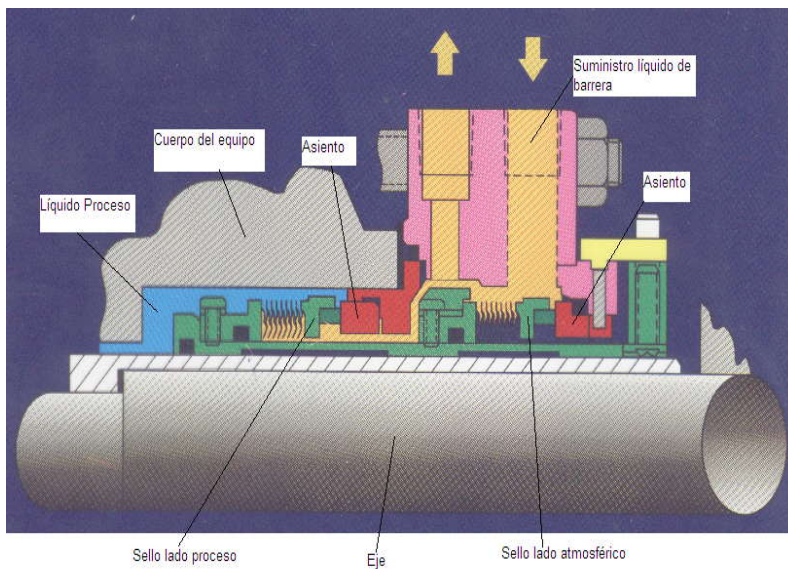
Figura 12. Disposiciones Múltiples de Sello Mecánico



Sello Dual Cara contra Cara



Sello Espalda con Espalda

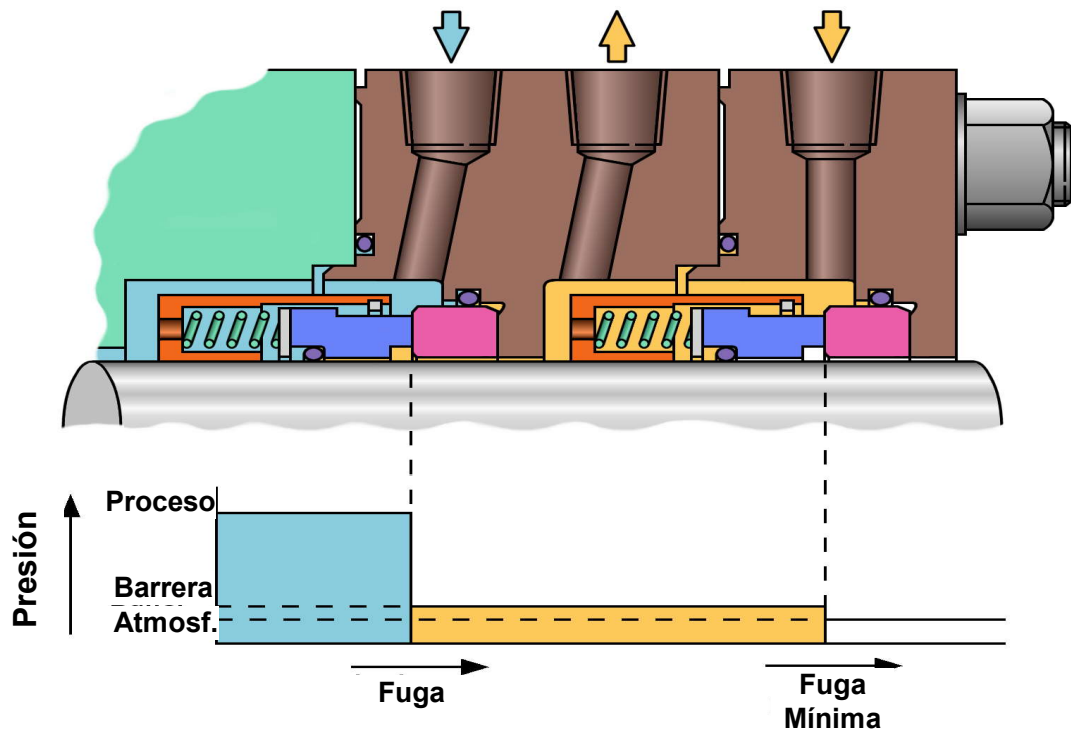


Sello Cara con Espalda

- Sello Múltiple o Dual No Presurizado

El sello dual No Presurizado se ilustra en la figura 13 cara contra espalda, esta disposición el sello interno trabaja con fluido de proceso, el sello atmosférico o segundo sello opera con un fluido amortiguante compatible con el fluido del proceso; cuando falla el sello lado proceso, el sello externo actúa como sello de respaldo hasta cuando el equipo se pueda parar para mantenimiento. Para suministrar el fluido amortiguante se requiere de un sistema auxiliar (plan API) con sistemas de alarma de presión para advertir cuando falla el sello lado proceso.

Figura 13. Sello Dual No Presurizado

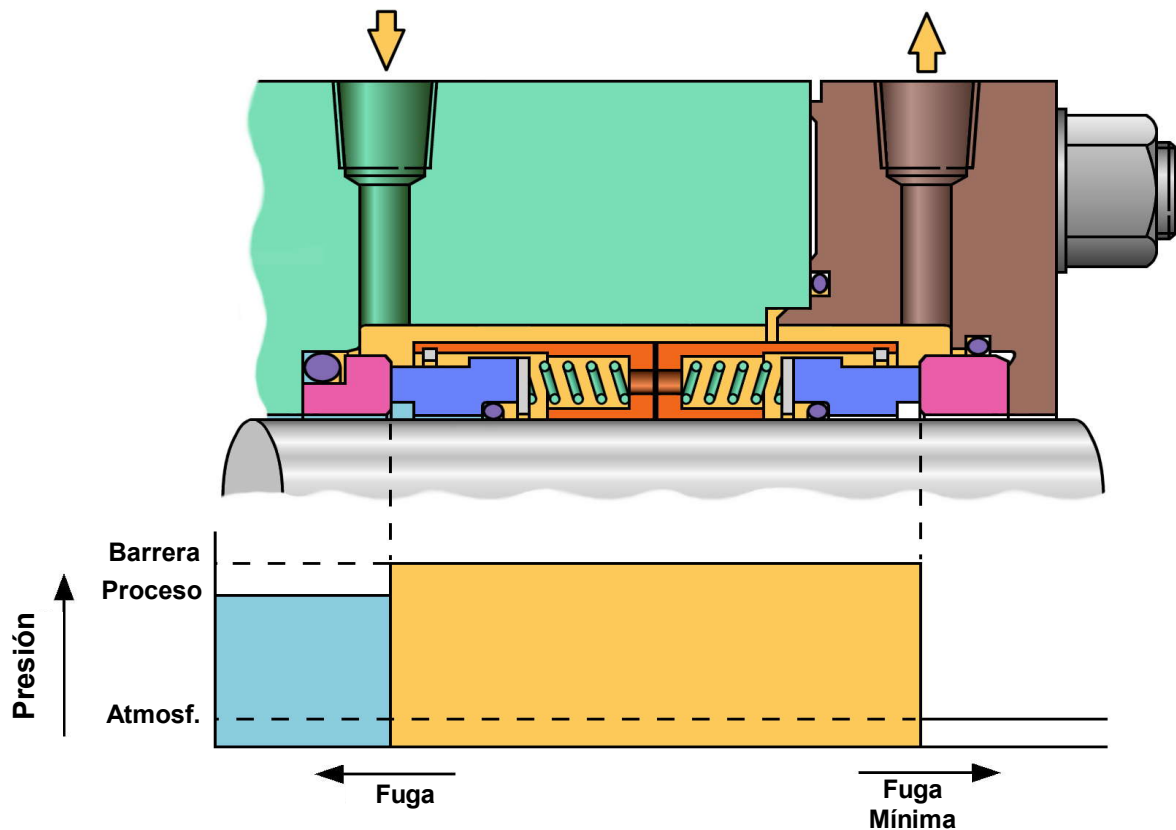


- Sello Múltiple o Dual Presurizado

El sello dual Presurizado se ilustra en la figura 14, cara contra cara y espalda contra Espalda, esta disposición el sello interno como el sello atmosférico trabajan con un fluido barrera compatible con el fluido del proceso, este líquido barrera debe operar con una presión por encima de 30 psig de la presión del proceso. Para suministrar el fluido barrera se requiere de un sistema auxiliar (plan API) con

sistemas de alarma de presión para advertir cuando falla cualquiera de los dos sellos, lado proceso o lado atmosférico, aquí la disposición obliga a parar el equipo en caso de que falle cualquiera de los dos sellos.

Figura 14. Sello Dual Presurizado



2.3. PLANES DE SOPORTE AL SELLO MECÁNICO

El contacto de las caras de los sellos mecánicos produce una fricción que debe ser minimizada para evitar recalentamiento y desgaste de las mismas, la solución es proveer una película de lubricación entre las caras que evite el contacto directo. Esta película debe ser renovada constantemente mediante circulación para poder realizar sus dos funciones primordiales: lubricación y enfriamiento.

Dependiendo del fluido operando, de sus características y de las condiciones del equipo, variará el sistema auxiliar de soporte para garantizar que se produzca la

adecuada lubricación y enfriamiento de las caras del sello mecánico. Con base en esto el American Petroleum Institute (API) ha especificado los diferentes sistemas auxiliares de soporte denominados planes API.

Tabla 1. Planes de Soporte para Sellos Principales (planes API)

FLUIDO	Acción Requerida	SELECCIÓN PLAN API
Fluidos Limpios	Circulación	PLAN 1 Circulación Integral PLAN 11 Recirculación PLAN 12 Recirculación con Filtro PLAN 13 Recirculación Inversa PLAN 14 Recirculación con Retorno
Fluidos a Temperatura	Enfriamiento	PLAN 2 Enfriamiento Integral PLAN 21 Recirculación con Enfriador PLAN 22 Recirculación con Enfriador y Filtro PLAN 23 Circuito Cerrado con Enfriador
Fluidos Abrasivos	Lubricación	PLAN 31 Recirculación con Separador PLAN 32 Inyección Fuente Externa
Fluidos Abrasivos a Temperatura	Enfriamiento y Lubricación	PLAN 41 Recirculación con Separador y Enfriador

Para los diferentes tipos de fluidos y específicamente los que se encuentran en la industria para los sellos principales se determinan como: Fluidos Limpios, Fluidos a Temperatura, Fluidos Abrasivos y Fluidos Abrasivos a Temperatura, en la tabla 1 se relaciona de acuerdo al tipo de fluido que acción se requiere en el sello mecánico y que plan API se debe instalar.

Para los sistemas de sellos auxiliares que ya estudiamos y los determinamos como sellos duales, los fluidos están clasificados como: Fluidos Peligrosos, Fluidos en General y Gases, a continuación en la tabla 2 se indica de acuerdo al tipo de fluido que plan API instalar y que acción tomar.

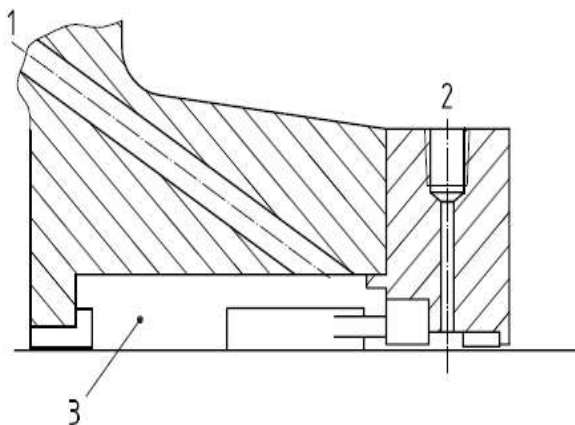
Tabla 2. Planes de Soporte para Sellos Auxiliares (planes API)

FLUIDO	Acción Requerida	SELECCIÓN PLAN API
Fluidos Peligrosos (Ácidos y Cásticos, Tóxicos y Cancerígenos, Explosivos e Inflamables)	Seguridad	PLAN 51 Sello Sencillo PLAN 52 Sello Dual No-presurizado PLAN 53 Sello Dual Presurizado PLAN 54 Sello Dual Presurizado
Fluidos en General	Manejo de Emisiones	PLAN 61 Venteo y Drenaje PLAN 62 Lavado y Drenaje PLAN 65 Venteo y Drenaje (Recolector de fuga)
Gases	Barrera de Gas	PLAN 71 Barrera de Gas Opcional PLAN 72 Barrera de Gas No Presurizada PLAN 74 Barrera de Gas Presurizada PLAN 75 Drenaje de Fuga que condensa PLAN 76 Venteo de Fuga que no condensa

2.3.1. Planes para Fluidos Limpios.

- Plan API 1 Circulación Integral. El sello es enfriado y lubricado por una circulación interna del mismo producto, en la figura 15 ilustra la función.

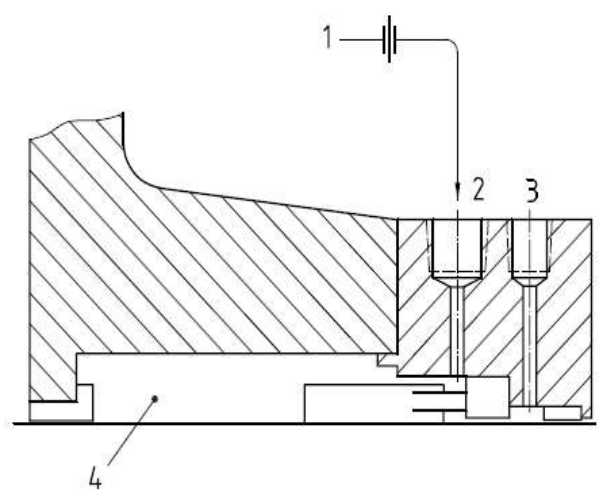
Figura 15. Plan API 1



1. Circulación Interna de la bomba
2. Brida con línea de sofoque
3. Caja estopera del equipo

- Plan API 11 Recirculación. Recirculación desde la descarga de la bomba hasta las caras de sello, pasando por una Placa Orificio¹, en la figura 16 ilustra la función.

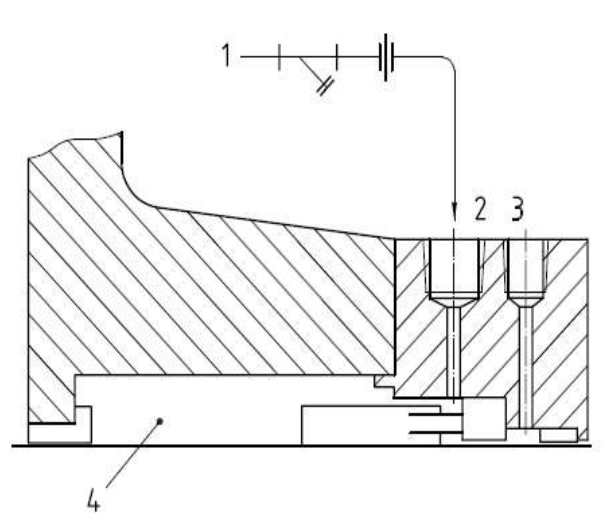
Figura 16. Plan API 11



1. Circulación desde la descarga de la bomba
 2. Brida con línea de circulación
 3. Línea de Sofoque en la brida
 4. Caja estopero del equipo
- Plan API 12 Recirculación desde la descarga de la bomba hasta las caras del sello pasando por una placa de orificio y un filtro, en la figura 17 ilustra la función.

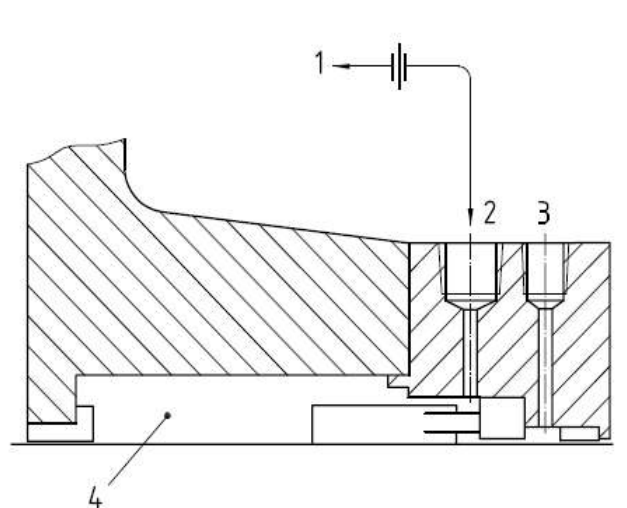
¹ Ver tabla de componentes

Figura 17. Plan API 12.



1. Circulación desde la descarga de la bomba
 2. Brida con línea de circulación
 3. Línea de Sofoque en la brida
 4. Caja estopera del equipo
- Plan API 13 Circulación desde la cavidad de sellado hasta la succión, pasando por una Placa Orificio, en la figura 18 ilustra la función.

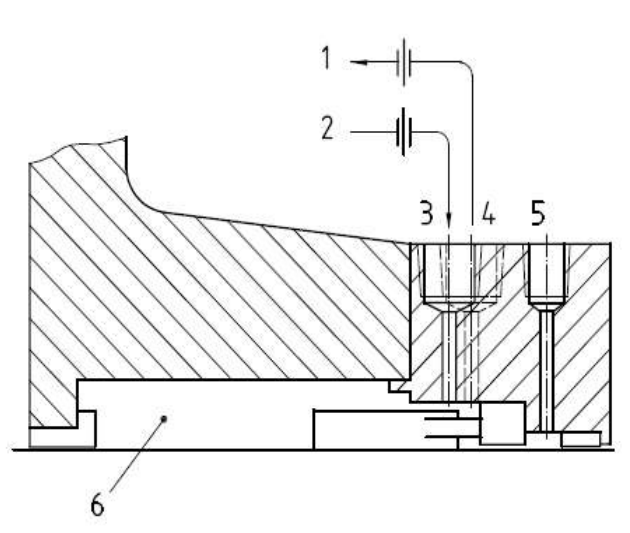
Figura 18. Plan API 13.



1. Circulación desde el sello mecánico hasta la succión de la bomba

2. Brida con línea de circulación
 3. Línea de Sofoque en la brida
 4. Caja estopera del equipo
- Plan API 14 Circulación desde la descarga de la bomba hasta la cavidad de sellado, pasando por una placa orificio, y desde la cavidad de sellado hasta la succión, en la figura 19 ilustra la función.

Figura 19. Plan API 14

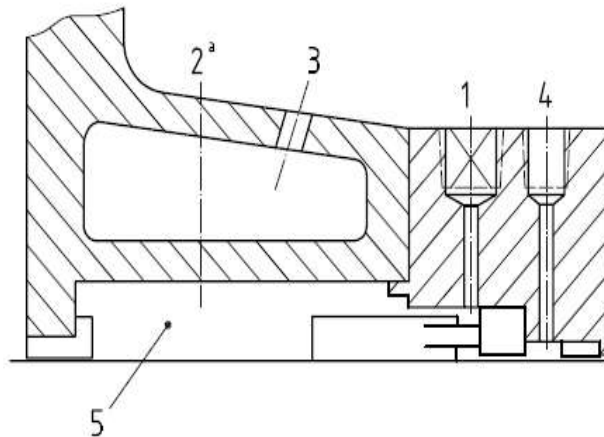


1. Circulación desde el sello mecánico hasta la succión de la bomba
2. Circulación desde la descarga de la bomba hasta el sello mecánico
3. Brida con línea de circulación
4. Línea de circulación en la brida
5. Línea de sofoque de la brida
6. Caja estopera del equipo

2.3.2. Planes para Fluidos a Temperatura.

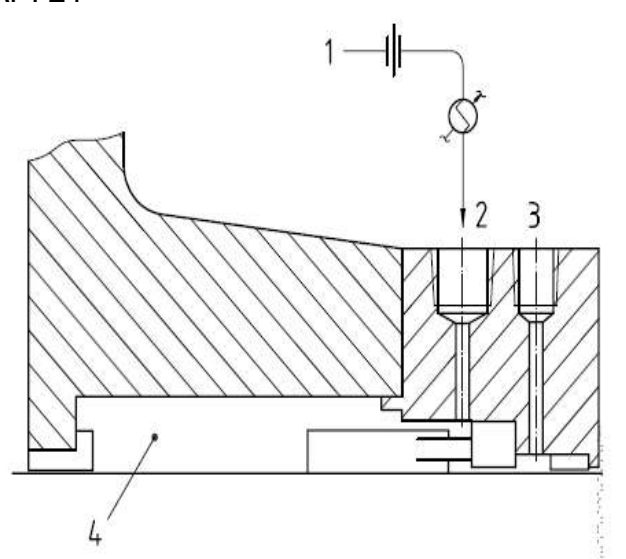
- Plan API 2 Cámara de enfriamiento o calentamiento en la cámara de sellado o brida del sello, en la figura 20 ilustra la función.

Figura 20. Plan API 2



1. Línea de circulación en la brida
 2. Línea de venteo de la chaqueta de enfriamiento, si se requiere
 3. Línea de enfriamiento o calentamiento de la chaqueta.
 4. Línea de sofoque o drenaje de la brida
- Plan 21 Circulación desde la descarga hasta la cavidad de sellado pasando por una placa orificio y un intercambiador de calor, en la figura 21 ilustra la función.

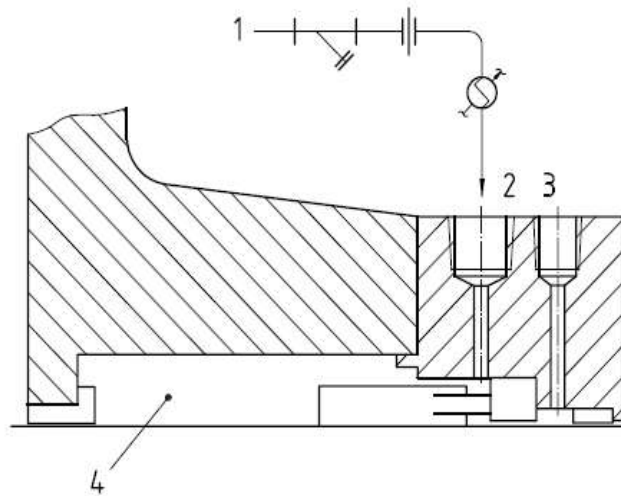
Figura 21. Plan API 21



1. Circulación desde la descarga por una platina de orificio y un intercambiador de calor hasta el sello mecánico
2. Brida con línea de circulación

3. Línea de sofoque de la brida
 4. Caja estopera del equipo
- Plan API 22. Circulación desde la descarga hasta la cavidad de sellado pasando por una placa orificio, un filtro y un intercambiador² de calor, en la figura 22 ilustra la función.

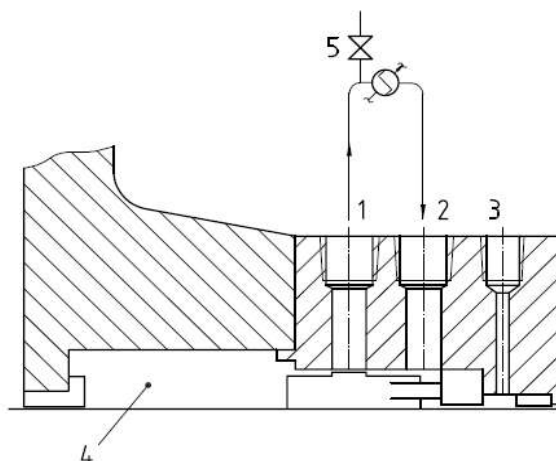
Figura 22. Plan API 22



1. Circulación desde la descarga por un filtro, una platina de orificio y un intercambiador de calor hasta el sello mecánico
 2. Brida con línea de circulación
 3. Línea de sofoque de la brida
 4. Caja estopera del equipo
- Plan API 23. Circulación forzada por un anillo de bombeo, en un circuito cerrado desde la caja de sellado, pasando por un intercambiador de calor y retornando al sello, en la figura 23 ilustra la función.

² Ver tabla de componentes

Figura 23. Plan API 23.

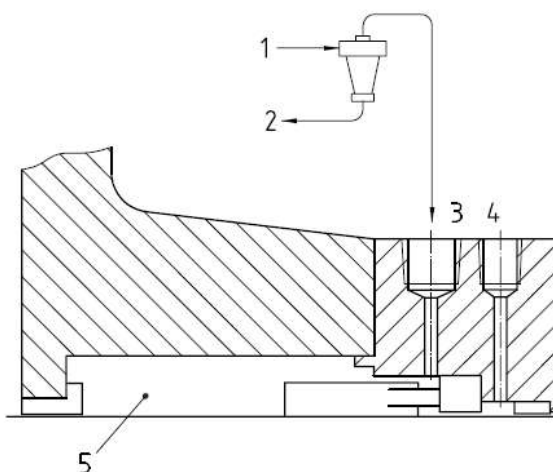


1. Línea de circulación salida de brida
2. Línea de circulación entrada de brida
3. Sofoque o drenaje de la brida.
4. Caja estopera del equipo.
5. Venteo de la línea del intercambiador.

2.3.3. Planes para Fluidos Abrasivos.

- Plan API 31 Circulación desde la descarga de la bomba hasta la caja de sellado pasando por un separador ciclónico³, el fluido con sólidos es devuelto a la succión, en la figura 24 ilustra la función.

Figura 24. Plan API 31.

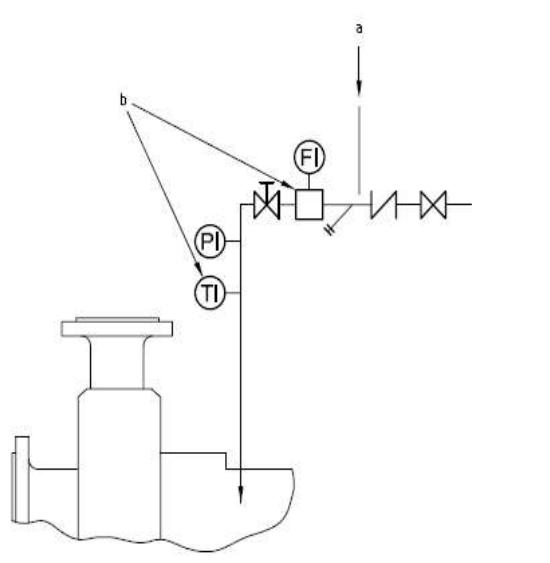


1. Línea desde la descarga de la bomba hasta separador ciclónico

³ Ver tabla de componentes

2. Línea desde el separador ciclónico hasta la succión de la bomba.
 3. Línea del separador ciclónico hasta el sello mecánico.
 4. Línea de sofoque o drenaje.
- Plan API 32. Inyección de fuente externa de líquido limpio, compatible con el producto bombeado, a una presión de 30 psi (2 bar) por encima de la presión en la cavidad de sellado, en la figura 25 ilustra la función.

Figura 25. Plan API 32.



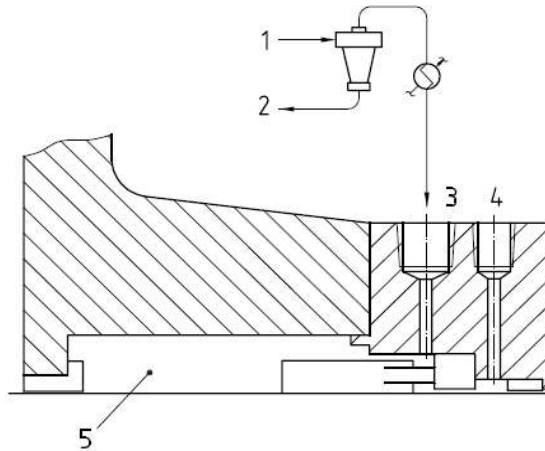
- a. Suministra vendedor
- b. Suministra comprador
- FI. Indicador de flujo⁴
- PI. Indicador de presión
- TI. Indicador de Temperatura

2.3.4. Planes para Fluidos Abrasivos a Temperatura.

- Plan API 41. Circulación desde la descarga de la bomba hasta la caja de sellado pasando por un separador ciclónico y un intercambiador de calor, en la figura 26 se ilustra la función.

⁴ Ver tabla de componentes

Figura 26. Plan API 41.

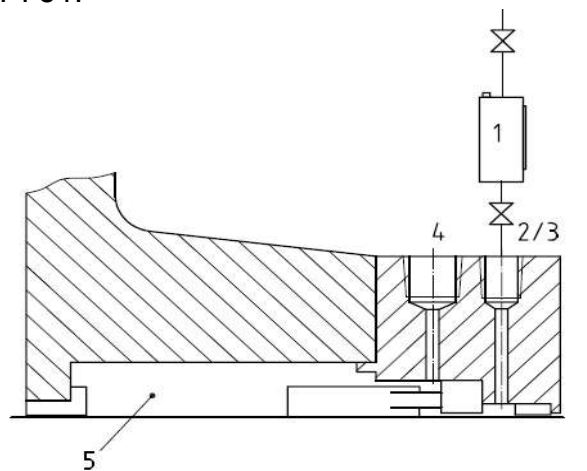


1. Línea desde la descarga de la bomba hasta separador ciclónico
2. Línea desde el separador ciclónico hasta la succión de la bomba.
3. Línea del separador ciclónico hasta el sello mecánico pasando por un intercambiador de calor.
4. Línea de sofoque o drenaje.
5. Caja estopera del equipo.

2.3.5. Planes para Fluidos Peligrosos.

- Plan API 51. Columna estática de líquido a través de la conexión en la brida, en la figura 27 se ilustra la función.

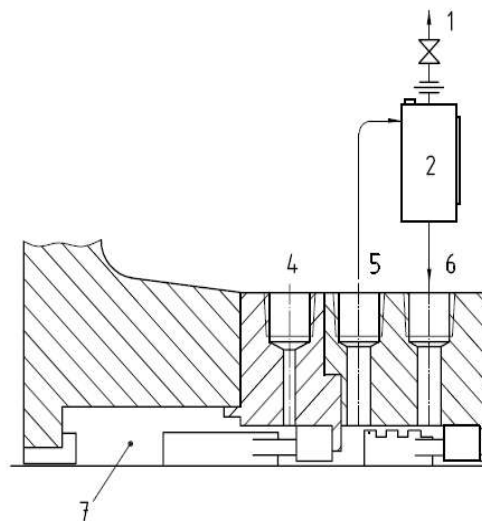
Figura 27. Plan API 51.



1. Reservorio
2. Línea de sofoco de la brida.

3. Línea de drenaje de la brida.
 4. Línea de circulación.
 5. Caja estopera del equipo.
- Plan API 52. Circulación forzada de líquido amortiguador contenido en un reservorio, por un anillo de bombeo o por efecto termosifónico, para arreglos de sellos duales no presurizados, en la figura 28 se ilustra la función.

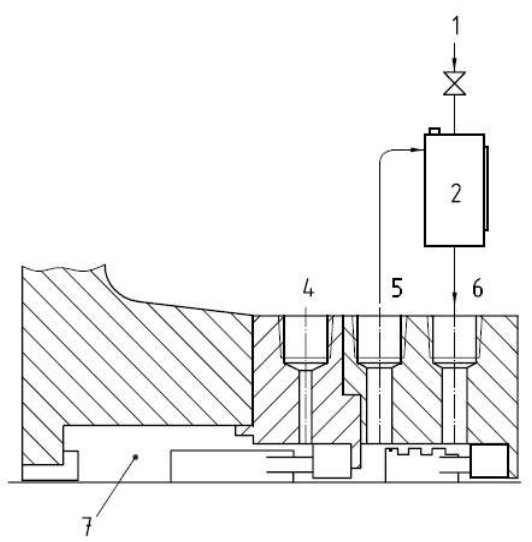
Figura 28. Plan API 52.



1. A sistema de recolección
2. Reservorio.
4. Línea de circulación.
5. Línea de salida del líquido amortiguante.
6. Línea de entrada del líquido amortiguante.
7. Caja estopera del equipo.

- Plan API 53. Circulación forzada de líquido de barrera contenido en un reservorio presurizado, por un anillo de bombeo o por efecto termosifónico, para arreglos de sellos duales, en la figura 29 se ilustra la función.

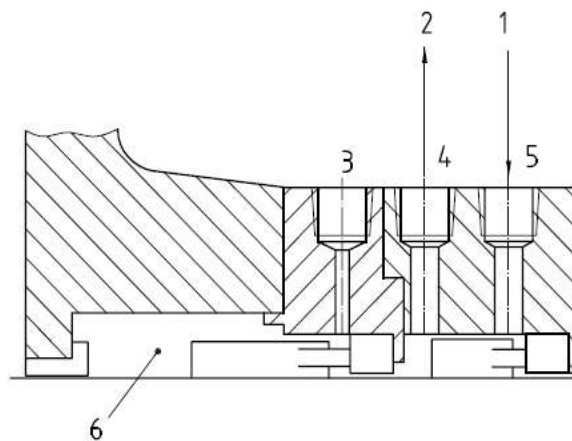
Figura 29. Plan API 53.



1. Del sistema de presurización
3. Reservorio.
4. Línea de circulación.
5. Línea de salida del líquido barrera.
6. Línea de entrada del líquido barrera.
7. Caja estopera del equipo.

- Plan API 54. Inyección de fluido de barrera, de fuente externa de líquido de barrera presurizado, retornado al sistema, en la figura 30 se ilustra la función.

Figura 30. Plan API 54.



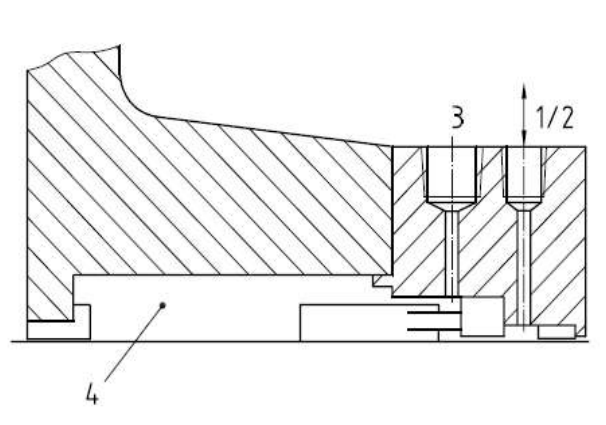
- 1 Sistema de líquido barrera.
- 2 Retorno sistema líquido barrera.
- 3 Línea de circulación.

- 4 Línea de salida del líquido barrera.
- 5 Línea de entrada del líquido barrera.
- 6 Caja estopero del equipo.

2.3.6. Planes para Fluidos en General.

- Plan API 61. Conexiones de venteo y drenaje taponadas para ser utilizadas cuando el cliente lo requiera, en la figura 31 se ilustra la función.

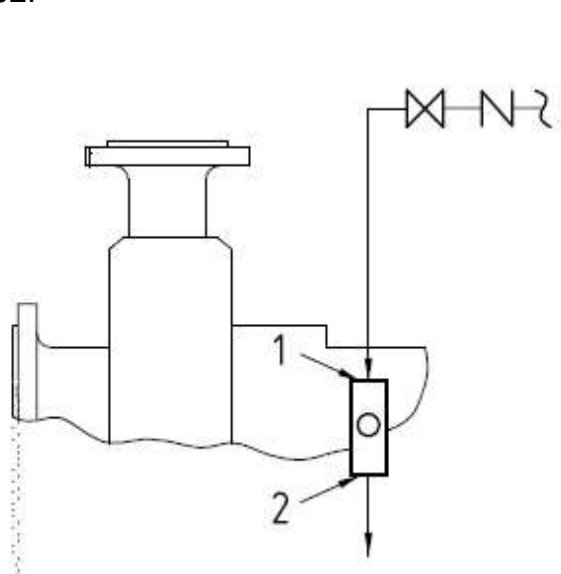
Figura 31. Plan API 61.



- 1. Línea de sofoco.
- 2. Línea de drenaje
- 3. Línea de circulación.
- 4. Caja estopero del equipo.

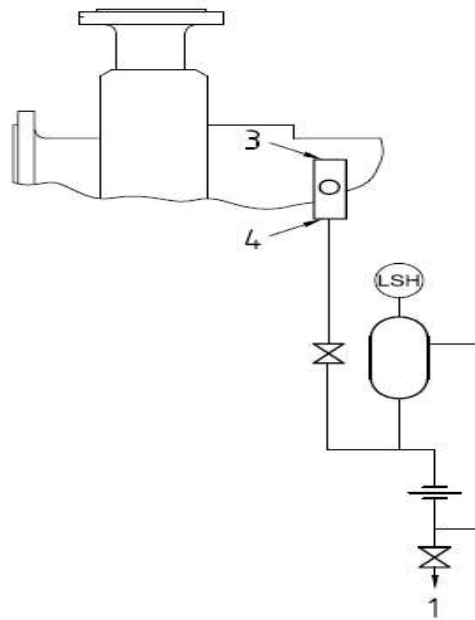
- Plan API 62. Conexiones de lavado y drenaje, para efectuar lavado con un fluido externo (vapor, agua, etc), en la figura 32 se ilustra la función.

Figura 32. Plan API 62.



1. Línea de entrada de lavado
 2. Línea de salida de lavado
- Plan API 65 Circulación desde la descarga de la bomba hasta la cavidad de sellado, pasando por una placa orificio, y desde la cavidad de sellado hasta la succión, en la figura 33 ilustra la función.

Figura 33. Plan API 65



1. Al sistema de recolección
3. Línea de sofoco.
4. Línea de salida de drenaje.

Para la aplicación de los planes API se requieren de accesorios e instrumentos que aseguran el correcto funcionamiento, en la tabla 3 se relaciona dichos accesorios e instrumentos.

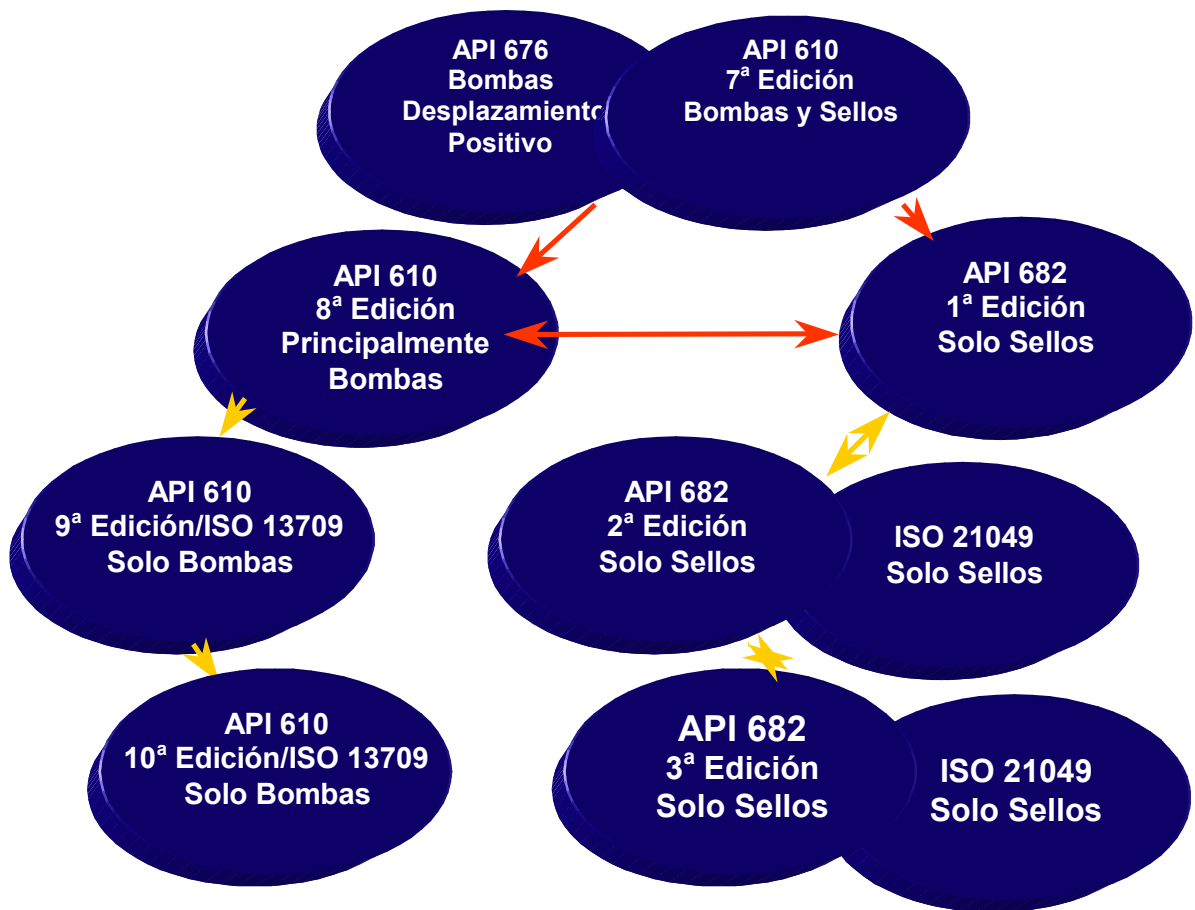
Tabla 3. Símbolos para accesorios y componentes

COMPONENTE	SIMBOLO
Platina de Orificio	
Intercambiador de Calor	
Filtro	
Válvula de bloqueo	
Separador ciclónico	
Válvula cheque	
Válvula reguladora de flujo	
Indicador de Flujo	
Indicador de Presión	
Indicador de Temperatura	
Switch de Alto Nivel	

2.4. DESARROLLO DE LA NORMA DE FABRICACIÓN DE SELLOS MECÁNICOS.

A continuación se describe la evolución de las normas de fabricación de bombas centrífugas y sellos mecánicos, según figura 34.

Figura 34. Evolución de las Normas de Fabricación de bombas y sellos mecánicos.



Cuando la industria petroquímica evoluciono y las aplicaciones comenzaron a ser más estrictos y exigir tiempos de vida útil más largos, para garantizar la producción con base a la operabilidad de los equipos, se fue propagando y exigiendo a todos los proveedores requerimientos y requisitos para la calidad en su fabricación. Nace las normas de fabricación API (American Petroleum Institute), reunidas y estipuladas por este último; específicamente en los sellos mecánicos comienza en la norma API 610 que es para bombas centrífugas en la séptima edición, cuando en su interior se especificaba la fabricación de sellos mecánicos de una forma muy superficial; al generarse la norma API 610 en su octava edición se genera la primera edición de la norma API 682 que estipula la fabricación de sellos mecánicos únicamente para bombas centrífugas.

2.5. TÉRMINOS DE LA NORMA DE FABRICACIÓN Y DISEÑO API 682.

Este es un estándar de fabricación de sellos mecánicos que está diseñado para que los equipos más comúnmente suministrados, tengan por defecto una alta probabilidad de reunir el objetivo de por lo menos tres años de servicio ininterrumpidos cumpliendo con la regulación de emisiones.

Determina tecnologías de:

1. Sellos húmedos de contacto: su principio de operación y diseño requiere de una película de fluido líquido entre caras de contacto
2. Sellos de no-contacto (húmedo o seco): su principio de operación y diseño requiere de una película de fluido líquido o no entre caras de contacto, pero no existe contacto entre caras.
3. Sellos contenedor (De contacto o no-contacto): Refiere que los sellos mecánicos deben estar ensamblados en una sola unidad (cartucho), independientemente de su diseño.

Nuevas orientaciones de sellos duales consideradas:

1. Cara con espalda: posición de sello dual, direccionados en su ensamble, área de la cara de contacto de la parte rotatoria y seguidamente la parte posterior del segundo sello de la parte rotatoria.
2. Espalda con espalda: posición de sello dual, direccionados en su ensamble, parte posterior de la parte rotatoria y seguidamente la parte posterior del segundo sello de la parte rotatoria.
3. Cara contra cara: posición de sello dual, direccionados en su ensamble, área de la cara de contacto de la parte rotatoria y seguidamente el área de contacto del segundo sello de la parte rotatoria.

Nuevos planes de soporte al sello mecánico (planes API) que se pueden requerir de la norma API 682.

El capítulo 4, relaciona los sellos mecánicos tipo 32 y 7700 con respecto a las normas API 682 en la selección para agitadores, mezcladores y reactores.

Igualmente, la selección de los planes de soporte requeridos para el sello mecánico seleccionado dependiendo de la aplicación o producto.

3. EQUIPOS AGITADORES, MEZCLADORES, REACTORES E INSTALACIÓN DE SELLOS MECÁNICOS

3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Tal como se ha mencionado, en el mundo competitivo de hoy en día, a todos los niveles se busca establecer parámetros de estandarización de los diferentes procesos. Dentro de ese marco conceptual, el problema planteado en este proyecto, atañe directamente a los departamentos de mantenimiento mas que a los departamentos de producción, ingeniería o procesos, a pesar que producción es el dueño de los activos, mantenimiento es quien se preocupa por aplicación de tecnología que brinde confiabilidad y seguridad en las plantas.

Sin embargo, es evidente que muchas empresas están buscando la estandarización en sus procesos de producción, pero no lo están haciendo de igual manera en sus procesos de mantenimiento por políticas administrativas a falta de presupuestos.

3.1.1. Visitas a Empresas. La información fue adquirida sobre el estado actual de los desempeños de procesos de operacionales y de mantenimiento de los agitadores mezcladores y reactores de las diferentes empresas de diferente naturalidad en la Costa Atlántica.

En síntesis en dichas visitas que tienen este tipo de equipos, dentro del proceso productivo, es muy similar de acuerdo al tipo de industria, pero por falta de conocimiento en la operación del sello y el sistema de apoyo a los mismos (Plan API) el riesgo de falla es bastante alto. Solo aquellas empresas donde el tipo de industria es Petroquímico es donde el nivel de conocimiento es aceptable.

3.1.2. Entrevistas personales. Las visitas a Empresas se realizaron con varios propósitos, uno de los cuales fue lograr una entrevista personal y directa con

algunos de los funcionarios relacionados con los procesos de mantenimiento y operaciones.

En la entrevista y en el intercambio de conceptos, se pudo concluir de manera inmediata que en varias Empresas se cuenta con procesos estructurados de mantenimiento y operaciones que dan buenos resultados para sus necesidades particulares en ese sentido. En algunas otras, aunque no estén muy bien estructurados, se cumple con las necesidades mínimas de mantenimiento y procesos para su Empresa. Y en otras que no se cuenta con modelos estructurados, y que el modelo aplicado es deficiente y puede (sin saberse a ciencia cierta) estar causando algunos inconvenientes y pérdidas a la Empresa, razón por la cual es susceptible de ser mejorado o cambiado totalmente.

Uno de los aspectos mas trascendentales es el relacionado con las brechas generacionales de los trabajadores, se jubilan las personas con el conocimiento y la experiencia, pero el nuevo personal no esta entrenado, ni tiene la experiencia para garantizar la confiabilidad humana.

3.1.3. Encuestas.

Varios de los aspectos mas importantes del manejo de los procedimientos de operación y mantenimiento de los sellos mecánicos para agitadores, mezcladores y reactores, no pudieron ser evaluados durante la visita ni tampoco en la entrevista, por lo cual se decidió complementar dicha información, mediante al diligenciamiento de encuestas.

En estas encuestas se indagó a cerca de información sobre temas que no son de manejo cotidiano en el Departamento de Mantenimiento, pero que son básicos para el estudio.

La información obtenida a partir de las encuestas fue clasificada y tabulada, de manera que permitiera extraer de ella la mayor cantidad de datos consolidados.

Dado que el objetivo final es promulgar una selección apropiada para todo tipo y tamaño de Empresas, la encuesta incluye información no sólo sobre el tema concreto del mantenimiento, sino también sobre aspectos relevantes de la estructura general de la Empresa y en la medida de lo posible, sobre la orientación y filosofía de esta.

3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Terminados los procesos desarrollados para la adquisición de la información, se procedió a su clasificación y análisis.

En total se obtuvo información de un total de 16 empresas de la Costa Atlántica Colombiana que tuvieran equipos rotativos como Agitadores, Mezcladores y Reactores, empresas del sector manufacturero.

La tabla 4 muestra las empresas seleccionadas.

- Según tipo de Empresa

De las empresas seleccionadas todas son de carácter privado, todas manufactureras donde su producción son productos tangibles, trece son de la industria petroquímica y tres son de la industria de grasas y aceites; generando una alta dependencia de sus máquinas o activos físicos, por lo tanto el departamento de mantenimiento debe estar bien estructurado con personal calificado.

Todas ellas están certificadas por la norma ISO 9000, pero con diferencias sustanciales entre ellas en el manejo de los procesos debido a la diferencia en los riesgos que generan las de un tipo de industria con respecto al otro.

Este proyecto también se fundamenta en aportar soluciones y beneficios a los departamentos de Mantenimiento y Producción garantizando que el

mantenimiento promedio entre fallas se alargue y que la disponibilidad de los agitadores, mezcladores y reactores sea mucho mayor al promedio real actual.

TABLA 4. Empresas Encuestadas

	EMPRESA
1	PETROQUIMICA COLOMBIANA S.A.
2	POLIPROPILENOS DEL CARIBE S.A.
3	DOW QUIMICA COLOMBIA
4	ECOPETROL CARTAGENA
5	AJOVER
6	LAMITECH
7	MONOMEROS COLOMBOVENEZOLANOS
8	GRIFFINT DUPONT
9	FAGRAVE
10	GRACETALES
11	PROFICOL
12	QUIMICA INTERNACIONAL
13	LLOREDA GRASAS
14	QUIMICA NALCO
15	ROM & HASS
16	BAYER

3.3. CONDICIÓN TÉCNICA DE AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES

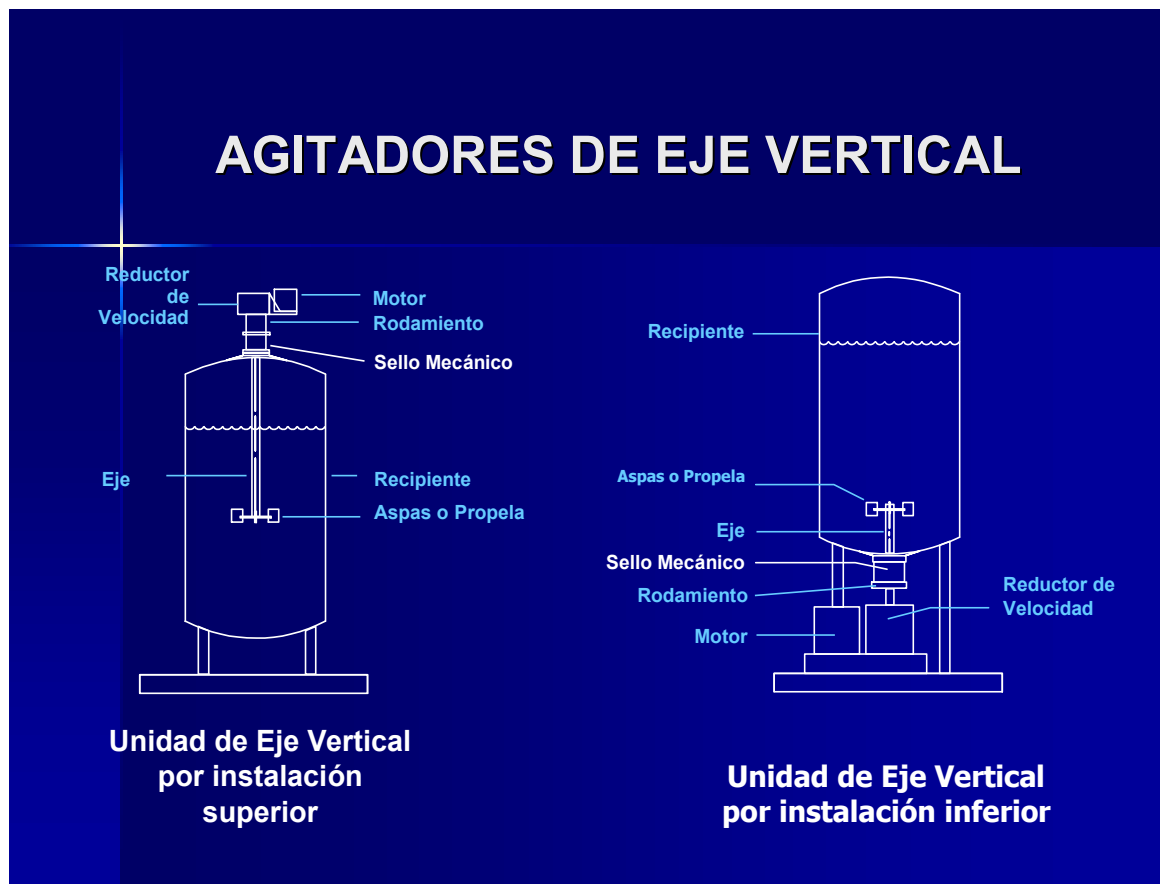
En la gama de los tipos de equipos rotativos que requieren los sellos mecánicos están los Agitadores, Mezcladores y Reactores, este último puede cumplir la función de los dos primeros, pero no así al contrario.

Su función y operación lo que interesa es analizar y entender es su condición técnica mecánica y el grado de emisiones a la atmósfera del producto que maneja.

Los agitadores y mezcladores por su principio de funcionamiento de agitado de sólidos en suspensión y mezclado de líquidos, requieren de altos torques generando desviaciones radiales; básicamente los conocemos como compactos, de baja velocidad, sumergibles y que su posición depende realmente del diseño de cada fabricante.

Dependiendo de la posición donde esta ubicado el eje en el equipo, esta directamente relacionado la instalación del sello mecánico. En las figuras 35 y 36, se muestra las diferentes alternativas que se encontraron en las empresas seleccionadas y en general.

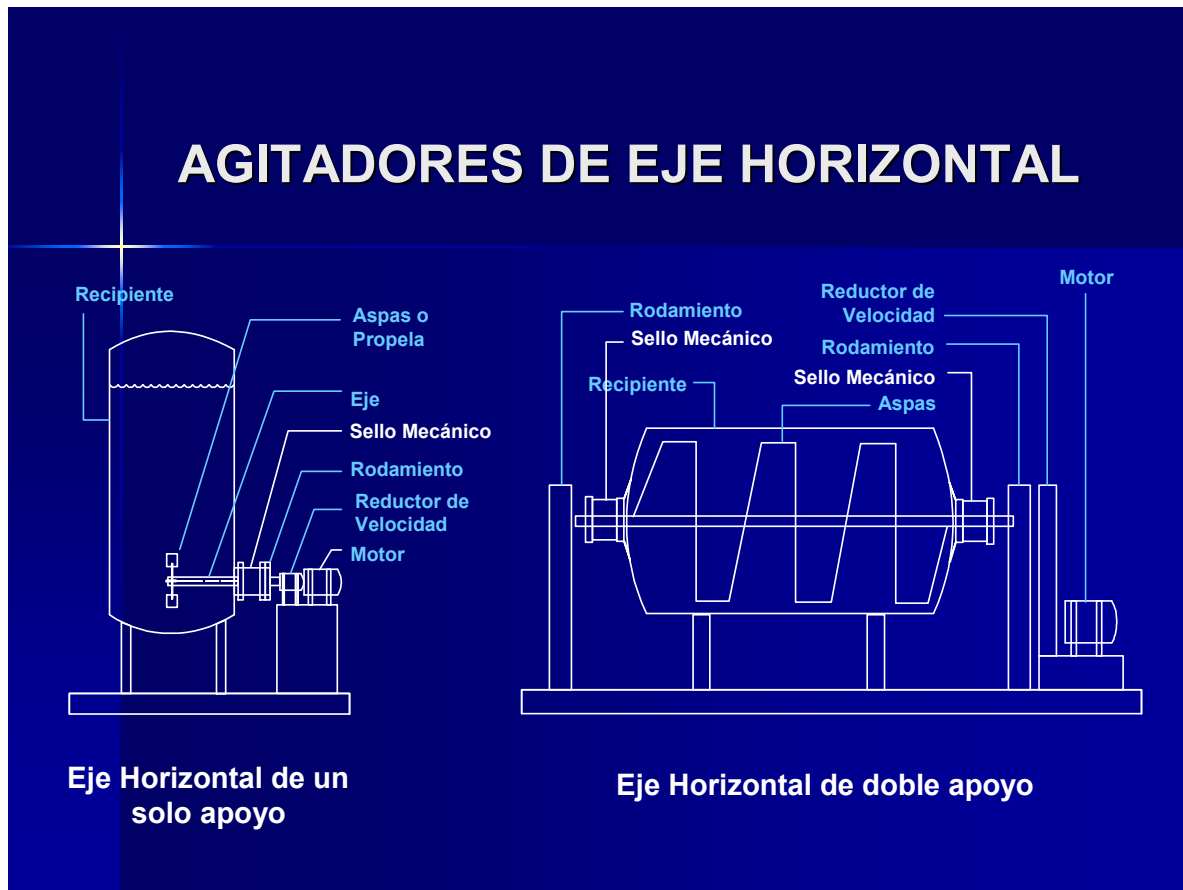
Figura 35. Esquema de Agitadores Ejes Verticales



3.3.1. Agitadores y Mezcladores.

Generalmente se fabrican de un recipiente cilíndrico, el rotor esta construido por un eje cilíndrico, aspas porta-helicoidales en forma alabeada que cumple la función de turbina, estas aspas tienen un número determinado dependiendo del diseño y de la capacidad de producto, con pasos derechos o izquierdos dependiendo del sentido de giro. Esta capacidad que puede oscilar de 3, 4, 5 hasta 8, 9, 10 o 20 toneladas, según diseño, requiere de un motor y reductor de velocidad de transmisión a piñón, corona dentada, con acople fijo rígido; requiere además de sus líneas de suministro y descarga que pueden ser válvulas de cuchilla, claveta, esférica y/o rotativa de accionamiento mecánico, manual o neumático.

Figura 36. Esquema Agitadores Ejes Horizontales



Los materiales de fabricación también se determinan de acuerdo a la aplicación y los productos a manejar, pueden ser aceros inoxidables 304, 316, acero al carbón, hastelloy C, monel, carpenter 20, etc.

En la gama podemos encontrar de diferentes tipos:

1. Propela
2. Turbina
3. Palas
4. Sierra
5. Ancla
6. Homogenizadores
7. Magnéticos
8. Especiales

La gama de agitadores se adaptan perfectamente a numerosas operaciones y aplicaciones de mezcla, entre las más corrientes se citan: disolución, precipitación, cristalización, emulsión, dispersión, homogenización, etc. Las principales aplicaciones en el tratamiento de aguas, se pueden citar: preparación de reactivos, neutralización, mantenimiento de lodos en suspensión, lechada de cal y carbón activo, polímeros.

Si el rotor esta centrado en el recipiente, los fabricantes tienen en cuenta: evitar la rotación en bloque del fluido, evita la formación de vértice peligroso para el eje, favoreciendo la introducción de aire, obtención de una calidad de mezcla satisfactoria. En la figura 37 se muestra el elemento rotatorio de agitación de aspas y Figura 38 rotatorio de propela.

Figura 37. Agitadores de Aspas

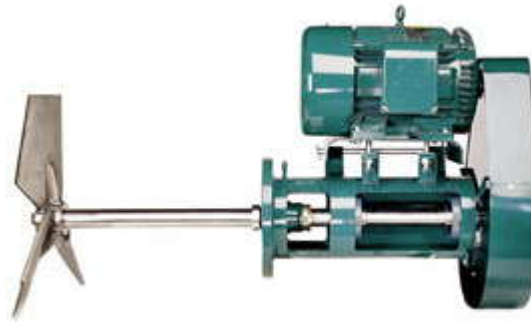


Figura 38. Agitadores Propela



Los agitadores que son de montaje lateral son usados básicamente en tanques de almacenamiento en donde se requiere que el producto no se sedimente ni se quede en el fondo, la figura 39 muestra la estructura completa de un agitador lateral con rotor tipo aspas.

Figura 39. Agitador Lateral tipo Aspas



3.3.2. Reactores.

Tienen la misma estructura y rotor de los agitadores y mezcladores, explicado en el numeral 3.3.1., pero con la única diferencia que están sometidos a presión interna y externa, también pueden estar sometidos a temperatura o enfriamiento que por lo tanto deben tener aislamiento térmico, diseñados para elaboración de líquidos, fluidos, suspensiones, emulsiones según procesos y producto.

El proceso mas crítico y de cuidado es específicamente cuando en el proceso se establece la reacción con un producto químico como el oxido de propileno o u gas como el hidrógeno dependiendo de la aplicación o producto; este momento es cuando separar el átomo de algún producto para crear otro, por lo que es muy importante la instalación de un sello mecánico que ofrezca confiabilidad y seguridad para poder realizar esta acción.

En la figura 40, se muestra la estructura de un reactor de aceites y grasas alimenticias en acero inoxidable y que reacciona con hidrógeno.

Figura 40. Reactor de Grasas y Aceites Comestibles



3.4. INSTALACIÓN DE SELLOS MECÁNICOS EN AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES.

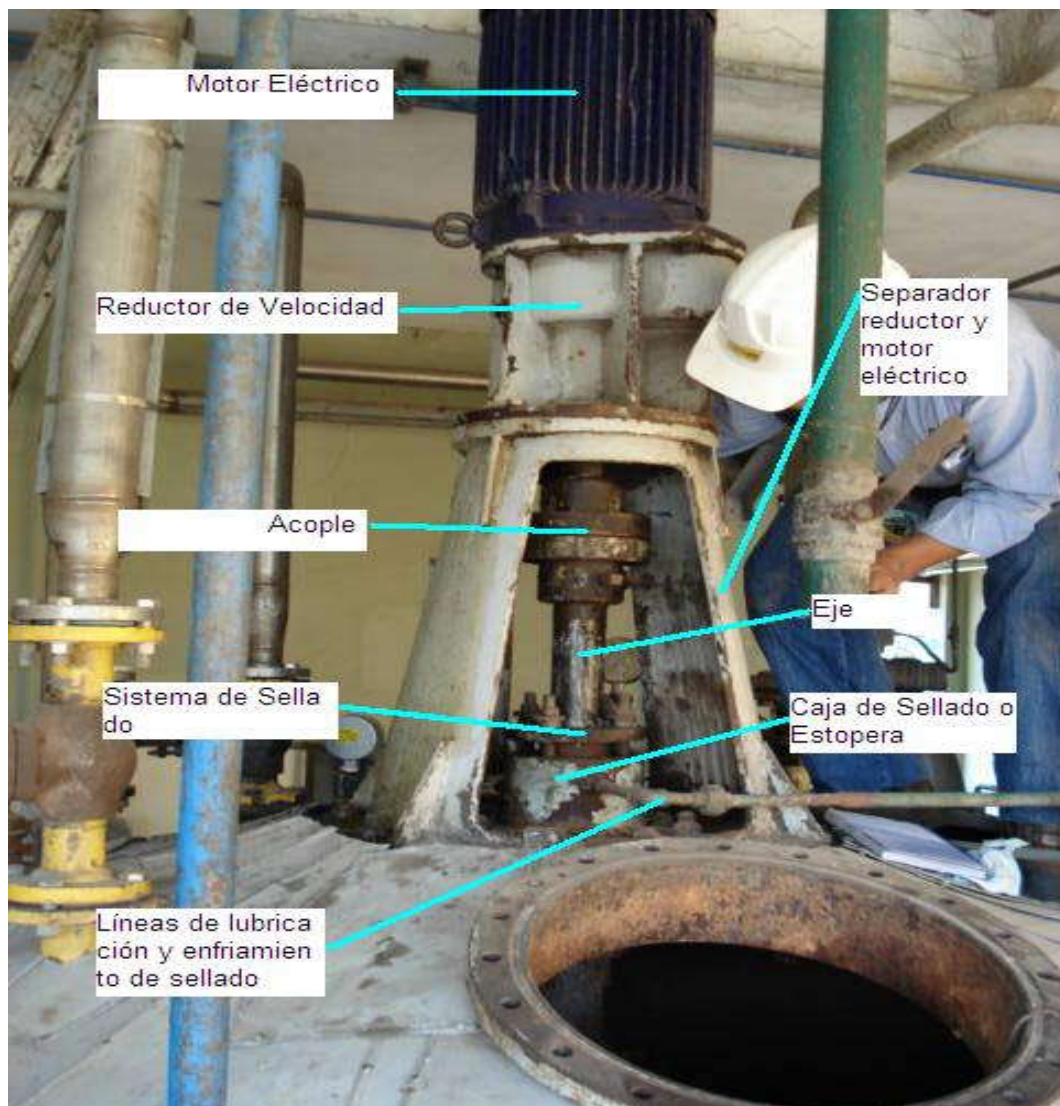
Para la correcta instalación de un sello mecánico es necesario seguir una metodología que difiere dependiendo de cada tipo de equipo y de cada sello, su diseño, su configuración, etc.; sin embargo, hay una serie de pasos que deben seguirse para instalar cualquier tipo de sello mecánico, estos son:

- Limpieza del área de montaje
- Conocer el tipo de sello
- Verificar la prueba del hidrostática del fabricante del sello
- Conocer el proceso de montaje del equipo y el sello
- Conocer el diseño de montaje del mezclador, agitador o reactor
- Conocer materiales a utilizar
- Verificar y acondicionar el equipo
- Preparar el sello
- Determinar y verificar la posición del sello

- Realizar el montaje del sello
- Verificar conexiones y tuberías
- Prueba hidrostática del equipo con el sello mecánico instalado
- Prueba hidrodinámica del equipo con el sello instalado.

Los tres primeros aspectos se explican en el capítulo 4, la verificación del equipo consiste en identificar el área de instalación del sello dependiendo del diseño de los agitadores según numeral 3.3. las figuras 35 y 36; en la figura 41 se ilustra un reactor vertical con la instalación del sello en la parte superior.

Figura 41. Área de instalación del sello mecánico en reactor vertical superior

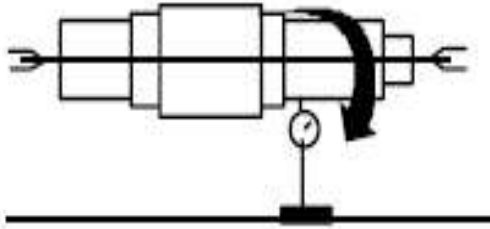


También incluye asegurar que las distintas variables mecánicas y tolerancias geométricas se encuentren entre los límites aceptables, según las normas de fabricación.

- Verificaciones en el eje:

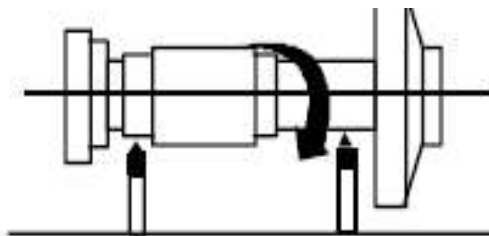
La flexión del eje no debe sobrepasar 0.002", se posiciona el eje en un torno, se coloca entre centros y que con el comparador de carátula se posiciona la punta del dial en un punto medio del eje, ver figura 42.

Figura 42. Verificación flexión del eje.



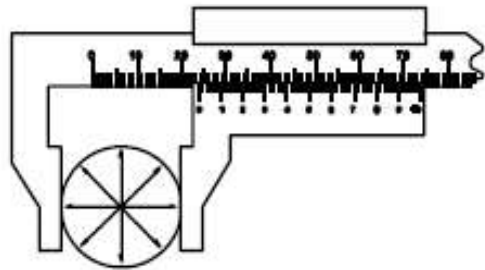
Para la alineación del eje con respecto a los diferentes acoplamientos del eje, como aspas o propelas, el límite es de 0,001"; se posiciona el eje en un torno, se coloca entre centros y que con el comparador de carátula se posiciona la punta del dial en un punto medio del eje, ver figura 43.

Figura 43. Verificación alineación del eje.



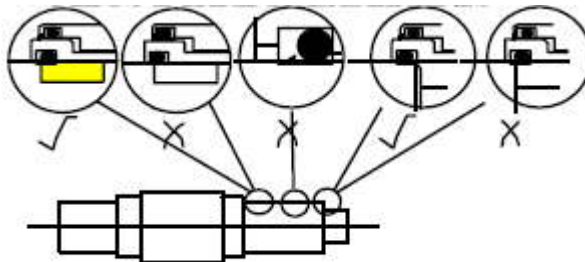
La ovalidad del eje no debe exceder 0,002", se toma el eje y se toma la medida con un instrumento de medición como el micrómetro de exteriores en tres puntos diferentes según figura 44.

Figura 44. Verificación ovalidad del eje.



Irregularidades o rebabas y cantos vivos del eje deben ser eliminados, la superficie debe tener un acabado apropiado de 16 a 32 RMS, necesario para sellos que poseen elementos de sellado secundario como o-ring; 50 a 70 RMS para sellos tipo fuelle de No Empuje, explicado en el capítulo 2 numeral 2.2.4., ver figura 45.

Figura 45. Irregularidades y rebabas del eje.

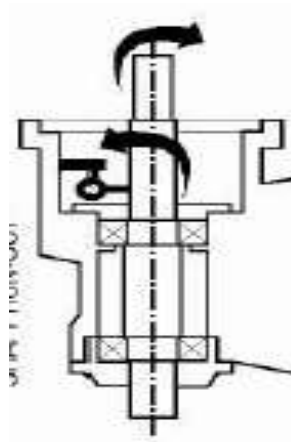


- Verificación en el Agitador:

Desviación radial del eje cuando tiene rodamiento radial no debe exceder las 0,003", cuando tiene buje de apoyo o restricción no debe sobrepasar las 0,015", se realiza, tomando el comparador de carátula con la base apoyada en el cuerpo

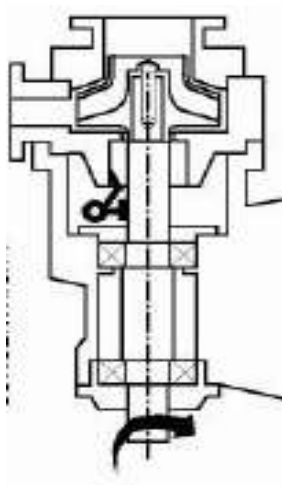
estático del equipo, la punta del dial en el área donde se instalará el sello mecánico, luego se mueve el eje radialmente y se lee en el dial, ver la figura 46.

Figura 46. Desviación radial del eje



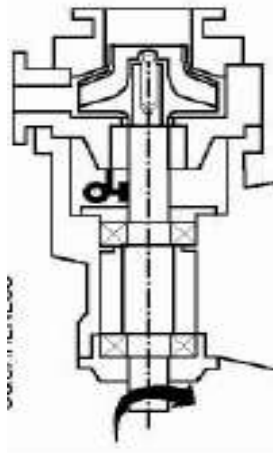
Concentricidad del eje cuando tiene rodamiento radial no debe exceder las 0,002", cuando tiene buje de apoyo o restricción no debe sobrepasar las 0,015"; se realiza tomando el comparador de carátula con la base apoyada en el eje, la punta del dial en el diámetro exterior de la caja de sellado y se mueve circularmente el eje, luego se lee el dial, ver figura 47.

Figura 47. Concentricidad del eje



Perpendicularidad del eje cuando tiene rodamiento radial no debe exceder las 0,002", cuando tiene buje de apoyo o restricción no debe sobrepasar las 0,015", se realiza, tomando el comparador de carátula con la base apoyada en el eje, la punta del dial en la parte frontal de la caja de sellado y se mueve circularmente el eje, luego se lee el dial, ver figura 48.

Figura 48. Perpendicularidad del eje



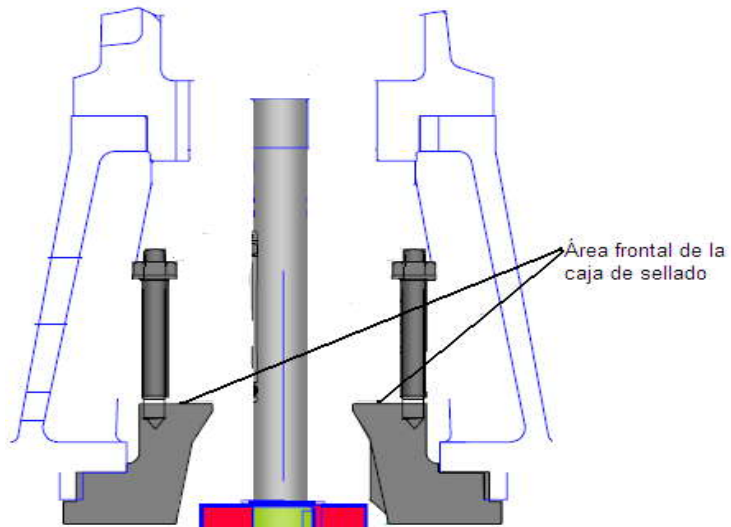
Después de verificar las condiciones mecánicas del equipo, se prepara el sello, se determina la posición y se procede a la instalación del sello mecánico.

- Instalación del sello mecánico.

Para realizar esta actividad, se debe tener el equipo sin producto en su interior, si el diseño del equipo al desmontar el motor y el reductor, el eje tiene desplazamiento axial debido a que su acoplamiento es rígido, se debe seguir el siguiente orden.

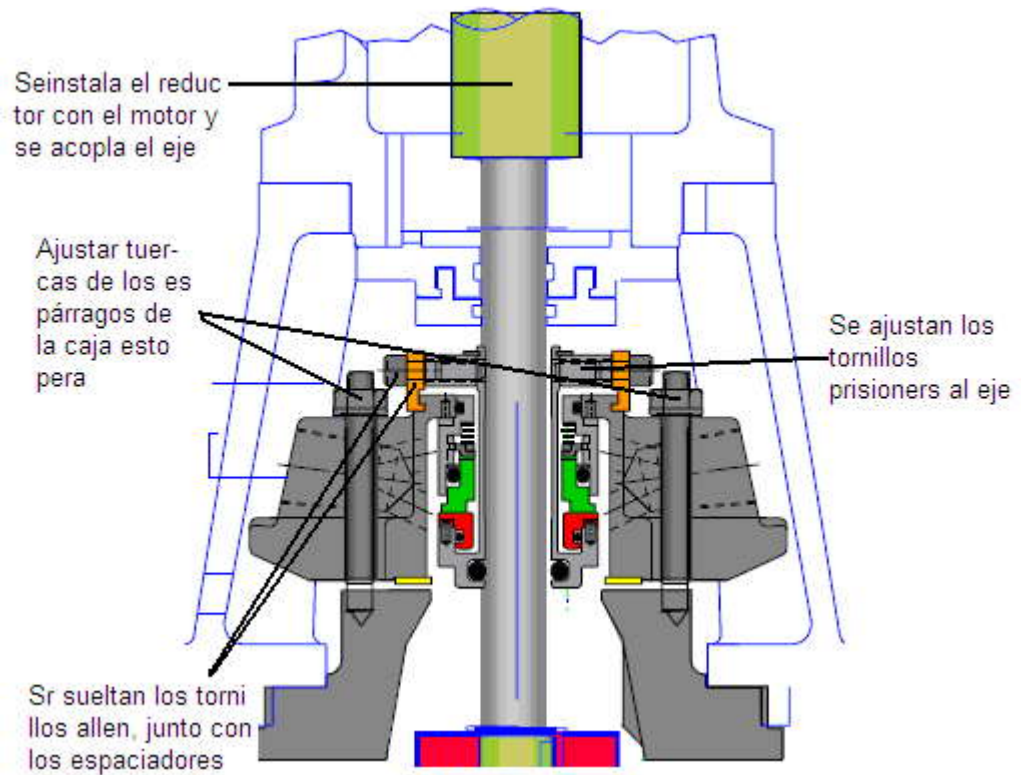
1. Se posiciona el sello sobre el área frontal de la caja estopera, ver figura 49.

Figura 49. Posicionamiento en la caja estopera.



2. Se desliza el sello por el eje hasta que llegue al área frontal de la caja de sellado y se ajustan las tuercas de los espárragos de la caja de sellado, ver figura 50.
3. Se instala el reductor de velocidad junto con el motor eléctrico, ver figura 50.
- 4 Se instala la manzana del acople sobre el eje y se acopla con la manzana del eje del reductor, ver figura 50.
5. Se ajustan los tornillos prisioneros al eje, ver figura 50.
6. Se aflojan los tornillos allen, junto con los espaciadores, ver figura 50.

Figura 50. Instalación sello mecánico en el equipo vertical.



4. SELECCIÓN FIABLE DE SELLO MECÁNICO JOHN CRANE TIPO 32 Y 7700 PARA AGITADORES, MEZCLADORES Y REACTORES BASADO EN LA NORMA API 682 (ISO 21049)

La implementación de este trabajo es la realización de un método para la selección de sello mecánico John Crane tipo 32 o 7700 para agitadores, mezcladores o reactores, se fundamenta en la norma API 682 (ISO 21049) emitida por American Petroleum Institute, emitiendo requisitos estrictos para el diseño y fabricación de sellos mecánicos, para bombas centrifugas.

La norma para sellos mecánicos es un estandar que esta diseñado para que los equipos mas comúnmente suplidos, tengan por defecto una alta probabilidad de reunir el objetivo de por lo menos tres años de servicio interrumpidos cumpliendo con la regulación de emisiones.

4.1. DESCRIPCIÓN DE SELECCIÓN.

En cuanto a la disparidad de criterios se hace necesario implementar un método de selección de sellos mecánicos para agitadores, mezcladores y reactores, teniendo como base la norma para sellos mecánicos en general, teniendo en cuenta los diferentes procesos, con diferentes materiales y fluidos que pueden ser de carácter alimenticio, farmacéutico, textil, petroquímico, etc., siendo unos inofensivos y otros bastante peligrosos y riesgosos que no permite la emisiones a la atmósfera.

En la figura 51, se sigue el diagrama de flujo determinado internamente cuando existe un requerimiento de algún usuario. Allí se determina con claridad cada uno de los puntos y pasos a tener en cuenta por cada uno de los departamentos y áreas de la compañía, asignando a las personas resp onsables y estableciendo los tiempos requeridos en cada paso.

Figura 51. Diagrama de Flujo de Manejo Interno de John Crane

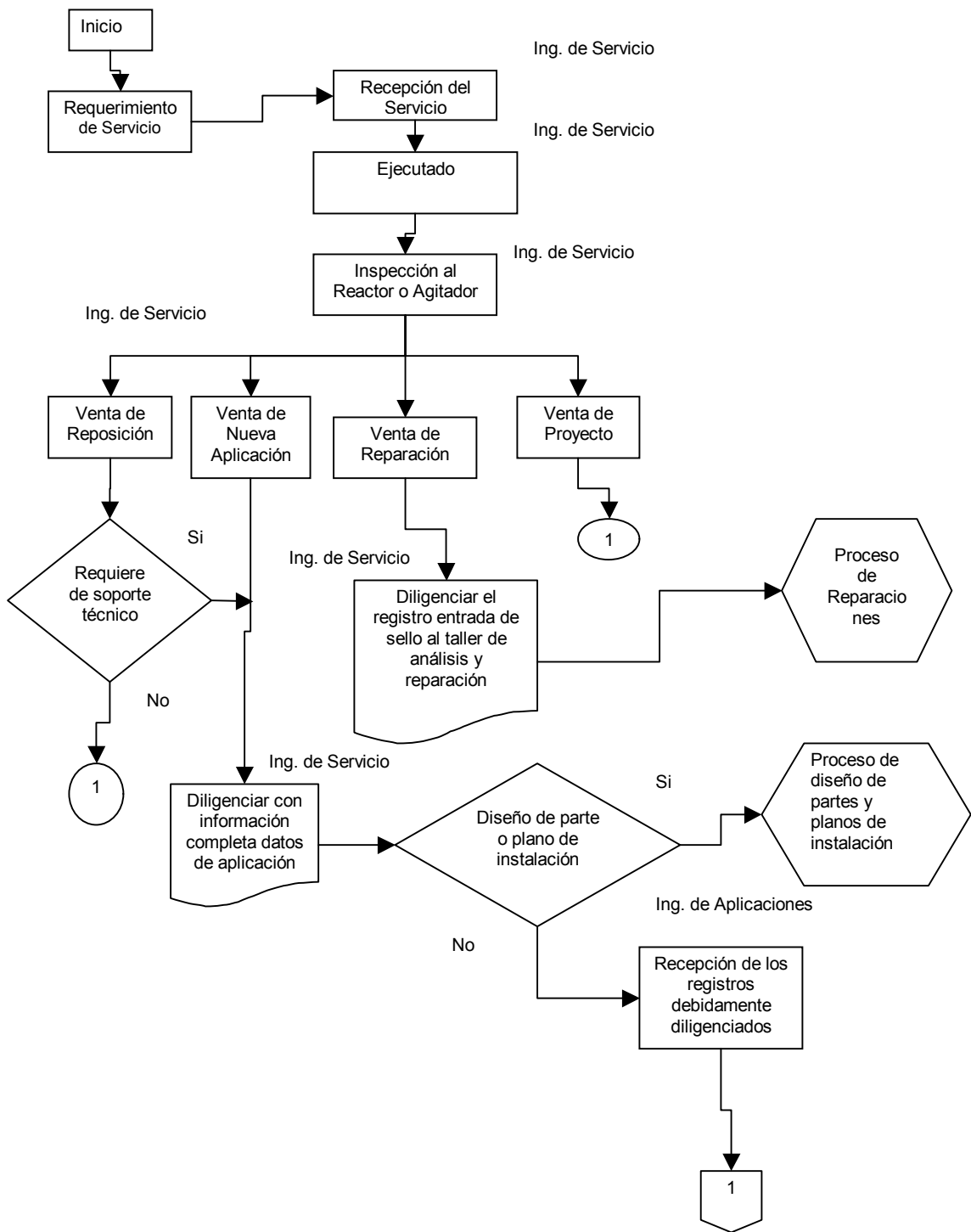
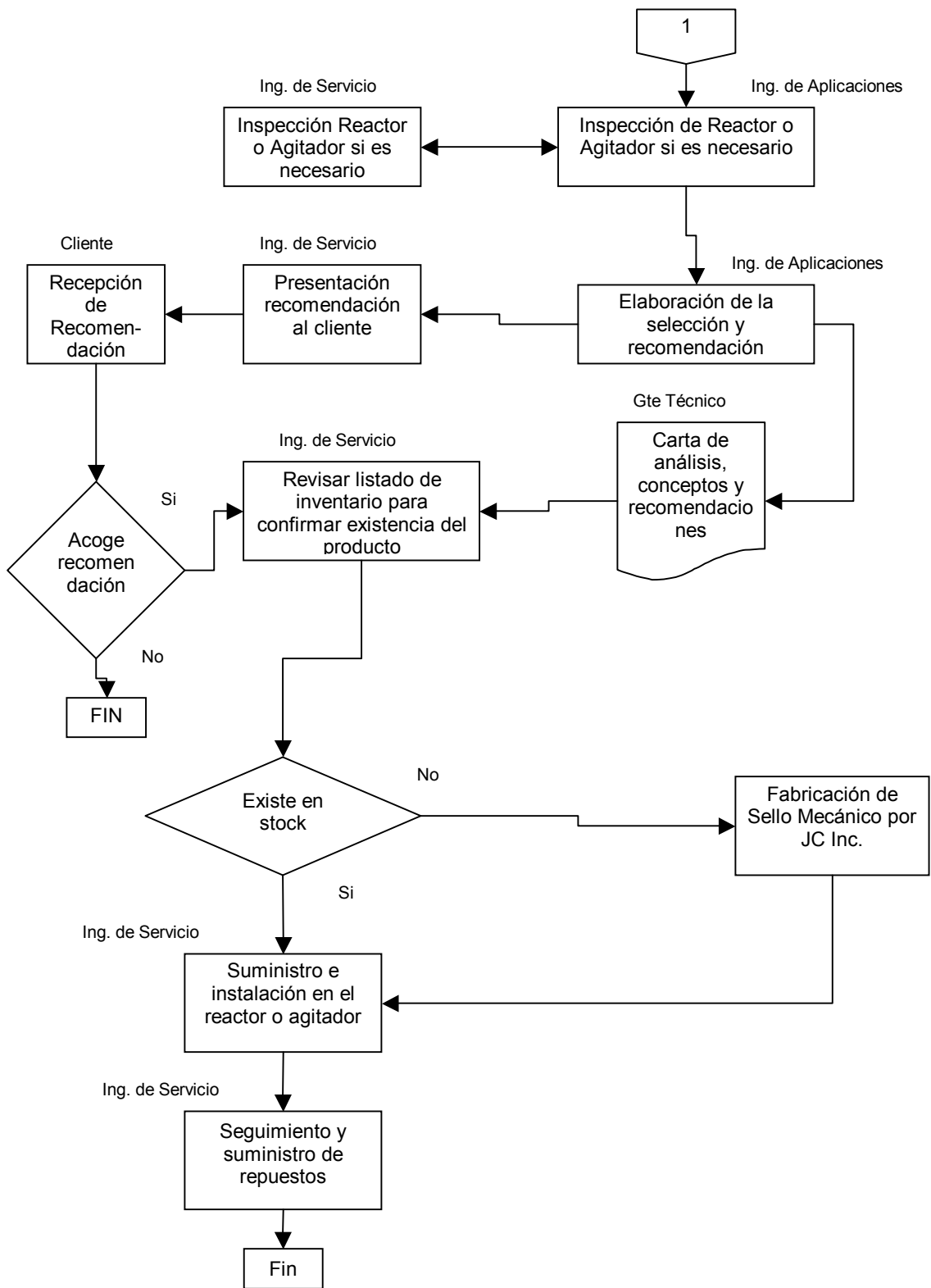


Figura 51. Continuación Diagrama de Flujo de Manejo Interno de John Crane



El objetivo principal es ofrecer la mejor selección de sello mecánico, que satisfaga en forma oportuna las necesidades de las compañías que tienen en sus plantas agitadores, mezcladores y reactores, en los tipos de sellos diseñados como son el tipo 32 y el 7700, garantizando la confiabilidad y seguridad en el proceso de operación.

4.1.1. Estructura de Selección

Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr el objetivo conforme con requisitos específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo y costos.

Dentro del método de selección se requieren ciertos entregables que el usuario debe comprometerse a unos entregables para tener éxito y dejar prece dente de la información recibida, igualmente en el proceso existen unas salidas que deben ser autorizadas por cada área responsable de dichas salidas, en la tabla 5 se relaciona lo dicho anteriormente.

Tabla 5. Entradas y salidas del proceso.

ENTRADAS	SALIDAS
Solicitud de necesidad	Formato inspección en planta
Datos técnicos del equipo	Recomendación técnica
Planos del equipo	Planos del sello
Condiciones operacionales	Plan de proyecto
Manuales de Procesos	Cronograma
	Cotización
	Propuesta Técnica
	Certificación de la norma
	Formato de pruebas hidrostática
	Formato de pruebas Hidrodinámica
	Acta de entrega del sello

Para la aplicación del método de selección del sello mecánico de deben establecer pasos metódicos que garanticen con certeza el sello mecánico requerido y el plan de soporte al sello, a continuación se establece cada uno de los pasos:

- Primer Paso

El primer documento que debe diligenciar el usuario debe ser el formato de todas las condiciones de operación, tipo de producto, tipo de servicio, características del equipo, en fin toda la información posible, la figura 52 relaciona todo lo anterior.

- Segundo Paso

Identificar exactamente la necesidad que tiene cada usuario y si no tiene el conocimiento, transmitirle e informarle el grado de requerimiento para el equipo y aplicación que posee en la planta.

- Tercer Paso

Revisar el esquema de mantenimiento que el cliente posea, normas, procedimientos y documentación generada, determinando el nivel y jerarquisación del equipo donde se instalará el sello mecánico.

- Cuarto Paso

Se debe establecer claramente el tipo de servicio para determinar el grado de peligrosidad de acuerdo al fluido y establecer el nivel que requiere de atención, inmediatamente se realiza la selección del tipo de sello, basándose en el diagrama de flujo de selección de sellos de la figura 53.

En este diagrama tenemos la selección del tipo de sello, si es sencillo o dual, pero bajo ciertos requisitos técnicos que debe suministrar el cliente por escrito que son importantes resaltar en este documento, condiciones operacionales, como son:

1. Tipo de fluido o producto: agua, amina, ácido, cáustico, hidrocarburo volátil, hidrocarburo no volátil.

2. Características del producto: nombre del fluido, si es ácido o cáustico porcentaje de concentración, si es abrasivo tamaño de partículas, tóxico, cancerígeno, volátil, explosivo, inflamable.
3. Reacción a la atmósfera: coquización, cristalización, congelamiento, ignición.
4. Temperatura: temperatura normal de trabajo, máxima, mínima.
5. Propiedades: gravedad específica a la temperatura de trabajo, calor específico a la temperatura de trabajo, viscosidad a la temperatura de trabajo, presión de vapor a la temperatura de trabajo.
6. Presión: presión de trabajo o si se presenta variación de presión en el proceso.
7. Velocidad: giro en rpm, o tangencial en fpm, sentido de giro ubicándose donde está instalado el sistema de tracción.

- Quinto Paso

Verificar las condiciones dimensionales según formato de la figura 54, como son:

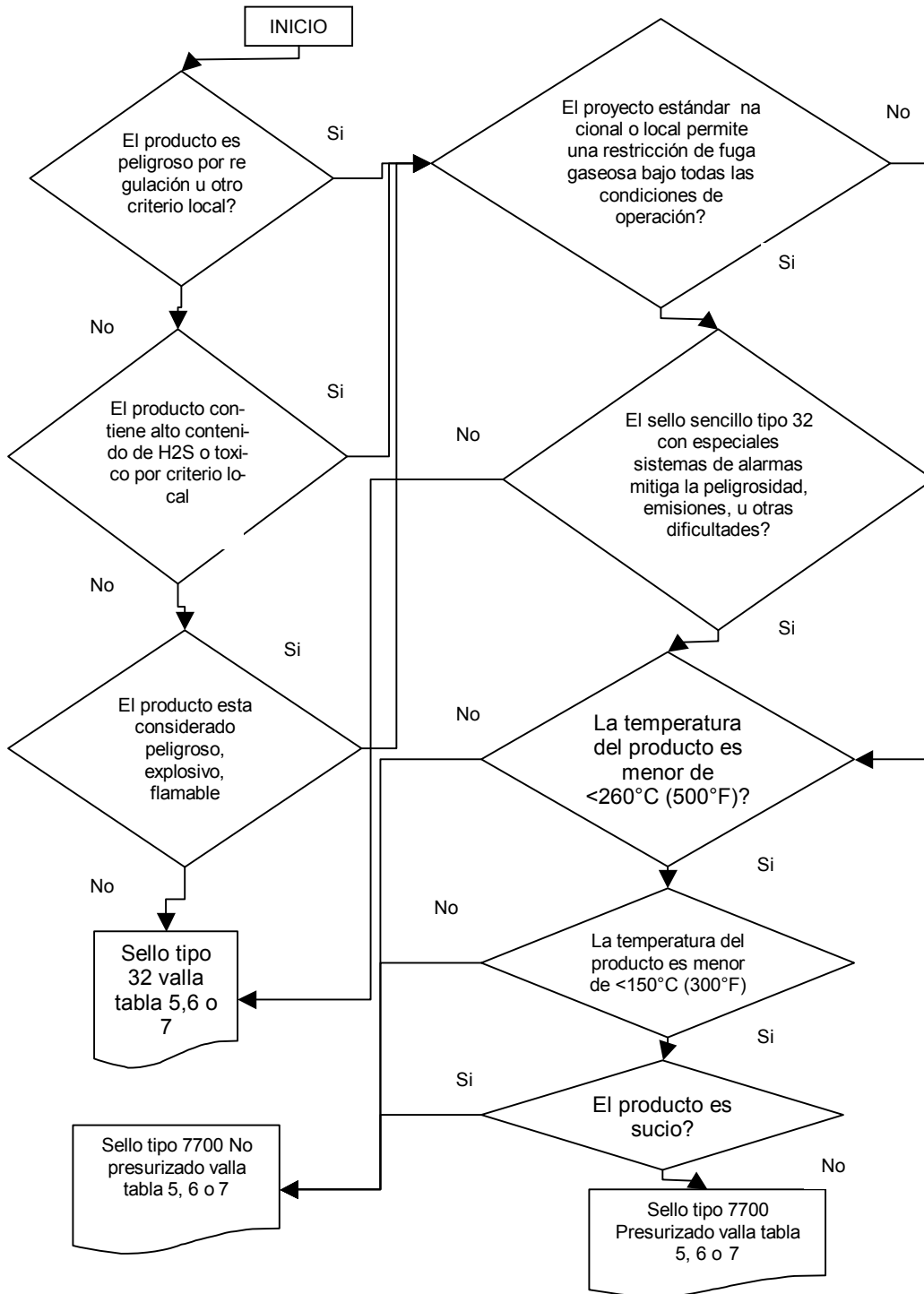
1. Diámetro eje.
2. Diámetro caja estopera.
3. Profundidad de caja estopera
4. Próxima obstrucción desde donde termina la caja estopera hasta el acople o apoyo del eje.
5. Número de tornillos o espárragos.
6. Diámetro entre centros de tornillos o espárragos.
7. Longitud de tornillos o espárragos.

Figura 52. Formato de información de sello mecánico norma API 682

Category 1 & 2 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 _____	
<input type="checkbox"/> DATA 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 type="checkbox"/> HARDWARE SUPPLIED <input type="checkbox"/> CUSTOMARY UNITS <input type="checkbox"/> SI UNITS <input checked="" type="checkbox"/> DEFAULT SELECTION	
SEAL SPECIFICATION - (REF 4.1, FIGURES 1 TO 6)			
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)		TYPE <input checked="" type="checkbox"/> TYPE A (3.72) <input type="checkbox"/> TYPE B (3.73) <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE STATIONARY (TYPE A & B)	
(CODE-CW) <input checked="" type="checkbox"/> TYPE C (3.74) <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE ROTATING (TYPE C) <input type="checkbox"/> SINGLE SPRING (TYPE A)		ARR'GT <input type="checkbox"/> DEFAULT CONFIGURATION <input type="checkbox"/> ALTERNATIVE DESIGN <input type="checkbox"/> FLUSH PLANS (SEE ANNEX G)	
1 (3.2) <input checked="" type="checkbox"/> 1CW-FX <input type="checkbox"/> 1CW-FL <input type="checkbox"/> DIST. FLUSH <input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 23 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 90 <input type="checkbox"/> 61		<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE BUSH <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 21 <input type="checkbox"/> 31 <input type="checkbox"/> 41 <input type="checkbox"/> 51 <input type="checkbox"/> 62	
2 (3.3) <input type="checkbox"/> LIQUID <input checked="" type="checkbox"/> 2CW-CW <input type="checkbox"/> FX <input type="checkbox"/> DIST. FLUSH <input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 23 <input type="checkbox"/> 41 <input type="checkbox"/> 82 <input type="checkbox"/> 75		<input type="checkbox"/> TANGENTIAL LBO CONN'N <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 31 <input type="checkbox"/> 52 <input type="checkbox"/> 71 <input type="checkbox"/> 76	
3 (3.4) <input type="checkbox"/> GAS <input checked="" type="checkbox"/> 2CW-CS <input type="checkbox"/> 2NC-CS <input type="checkbox"/> FX <input type="checkbox"/> DIST. FLUSH <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 21 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 61 <input type="checkbox"/> 72		<input type="checkbox"/> LIQUID <input checked="" type="checkbox"/> 3CW-FB <input type="checkbox"/> 3CW-BB <input type="checkbox"/> FX <input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/> 53A <input type="checkbox"/> 54 <input type="checkbox"/> 74	
<input type="checkbox"/> GAS <input checked="" type="checkbox"/> 3NC-BB <input type="checkbox"/> 3NC-FF <input type="checkbox"/> 3NC-FB <input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/> 53B <input type="checkbox"/> 61		<input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 53C <input type="checkbox"/> 62	
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)	
SECONDARY SEALS <input checked="" type="checkbox"/> FKM <input type="checkbox"/> FFKM <input type="checkbox"/> SPIRAL-W GASKET <input type="checkbox"/> NBR <input type="checkbox"/> OTHER _____		SEAL FACES <input checked="" type="checkbox"/> CARBON VS SIC <input type="checkbox"/> SIC VS SIC <input type="checkbox"/> SS-SIC <input type="checkbox"/> RB-SIC <input type="checkbox"/> VS _____	
<input type="checkbox"/> UNS N10276 (TYPE B) <input type="checkbox"/> UNS N07718 (TYPE C) <input type="checkbox"/> UNS N08020 <input type="checkbox"/> OTHER _____		METAL BELLOWS <input checked="" type="checkbox"/> UNS N10276 (TYPE B) <input type="checkbox"/> UNS N07718 (TYPE C) <input type="checkbox"/> UNS N08020 <input type="checkbox"/> OTHER _____	
<input type="checkbox"/> UNS N10276 <input type="checkbox"/> OR N06455 <input type="checkbox"/> UNS S31600 <input type="checkbox"/> UNS S31600/ S31635 <input type="checkbox"/> UNS N10276 <input type="checkbox"/> UNS S31600 <input type="checkbox"/> UNS N08020 <input type="checkbox"/> OR S31635 <input type="checkbox"/> OTHER _____		SPRINGS <input type="checkbox"/> UNS N10276 <input type="checkbox"/> OR N06455 <input type="checkbox"/> UNS S31600 <input type="checkbox"/> OR S31635 <input type="checkbox"/> OTHER _____	
METAL PARTS <input type="checkbox"/> UNS N10276 <input type="checkbox"/> UNS S31600 <input type="checkbox"/> UNS N08020 <input type="checkbox"/> OR S31635 <input type="checkbox"/> OTHER _____		MECHANICAL SEAL DATA	
<input type="checkbox"/> SEAL VENDOR _____ <input type="checkbox"/> DATA REQUIREMENTS FORM (ANNEX J) _____ <input type="checkbox"/> SIZE/TYPE _____ <input type="checkbox"/> SEAL DRAWING NUMBER _____ <input type="checkbox"/> VENDOR'S SEAL CODE _____ <input type="checkbox"/> MODIFIED FACES FOR PUMP PERFORMANCE TEST _____		<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE SEAL FOR PUMP PERFORMANCE TEST <input type="checkbox"/> DYNAMIC SEALING PRESSURE RATING (3.19) _____ kPa (bar) [psi] <input type="checkbox"/> STATIC SEALING PRESSURE RATING (3.89) _____ kPa (bar) [psi] <input type="checkbox"/> MAXIMUM ALLOWABLE TEMPERATURE (3.40) _____ °C <input type="checkbox"/> MINIMUM DESIGN METAL TEMPERATURE (6.1.6.11.1) _____ °C	
SEAL CHAMBER DATA (REFERENCE 6.1.2.4)			
<input checked="" type="checkbox"/> ASME B73.1 & 2 <input checked="" type="checkbox"/> CYLINDRICAL <input type="checkbox"/> TAPERED <input checked="" type="checkbox"/> ISO 13709 <input checked="" type="checkbox"/> ISO 3059-C <input type="checkbox"/> OTHER, SPECIFY _____		<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	
<input checked="" type="checkbox"/> FLOATING THROAT BUSH <input type="checkbox"/> FIXED THROAT BUSH <input type="checkbox"/> CHAMBER HEATING REQ'D		PUMP DATA	
PUMP DESIGN <input type="checkbox"/> MANUFACTURER _____ <input type="checkbox"/> MODEL _____ <input type="checkbox"/> FRAME/SIZE _____ <input type="checkbox"/> CASE MATERIAL _____			
PUMP OPERATING PRESSURE <input type="checkbox"/> SUCTION PRESS. (RATED) _____ kPa (bar) [psi] <input type="checkbox"/> DISCHARGE PRESSURE _____ kPa (bar) [psi]			
SEAL CHAMBER <input type="checkbox"/> NORMAL _____ kPa (bar) [psi] <input type="checkbox"/> MIN / MAX (3.42) _____ / _____ kPa (bar) [psi] <input type="checkbox"/> MBSP (3.44) _____ kPa (bar) [psi]			
SHAFT <input type="checkbox"/> HORIZONTAL <input type="checkbox"/> VERTICAL <input type="checkbox"/> DIA. _____ mm <input type="checkbox"/> SHAFT SPEED _____ r/min			
SHAFT DIRECTION (FROM DRIVER): <input type="checkbox"/> CW <input type="checkbox"/> CCW			
FLUID DATA - (FOR QUENCH, BUFFER AND BARRIER FLUID DATA, SEE PAGE 2)			
PUMPED STREAM		<input type="checkbox"/> HAZARDOUS <input type="checkbox"/> FLAMMABLE <input type="checkbox"/> _____	
<input type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ CONC'N _____ %		<input type="checkbox"/> FLUID SOLID @ AMBIENT	
<input type="checkbox"/> DISSOLVED CONTAMINANT <input type="checkbox"/> H ₂ S _____ ml/m ³ <input type="checkbox"/> WET		<input type="checkbox"/> SOLIDIFIES @ _____ °C POUR POINT _____ °C	
<input type="checkbox"/> Cl ₂ _____ ml/m ³ <input type="checkbox"/> OTHER _____ @ _____ ml/m ³		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM SOLIDIFIES UNDER SHEAR	
<input type="checkbox"/> SOLID CONTAMINANT		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM CONTAINS AGENTS THAT POLYMERIZE	
<input type="checkbox"/> CONCENTRATION (MASS FRACTION) _____		SPECIFY AGENTS _____ @ TEMP _____ °C	
<input type="checkbox"/> PUMPING TEMPERATURE		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM CAN PLATE OUT OR DECOMPOSE	
MIN _____ °C NORMAL _____ °C MAX _____ °C		SPECIFY CONDITIONS _____	
<input type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP.		<input type="checkbox"/> PUMPED STREAM IS REGULATED FOR FUGITIVE OR	
@ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____		OTHER EMISSIONS. REGULATION LEVEL _____ ml/m ³	
<input type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP.		<input type="checkbox"/> SPECIAL PUMP CLEANING PROCEDURES	
NORMAL TEMP _____ kPa MAX TEMP _____ kPa		SPECIFY: _____	
<input type="checkbox"/> NORMAL TEMP _____ kPa MAX TEMP _____ kPa		<input type="checkbox"/> ALTERNATIVE PROCESS FLUIDS & CONCENTRATION	
<input type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT. _____ °C		(INCL. COMMISSIONING)	
<input type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL PUMPING TEMP. _____ Pa.s		<input type="checkbox"/> ABSOLUTE VAPOR PRESSURE AT REFERENCE TEMP.	
FLUSH FLUID (PLAN 32) If flush fluid is pumpage, then flush fluid data is not required.		NORMAL TEMP _____ kPa MAX TEMP _____ kPa	
<input type="checkbox"/> TYPE OR NAME _____ CONC'N _____ %		<input type="checkbox"/> ATMOSPHERIC BOILING POINT. _____ °C	
<input type="checkbox"/> SEAL VENDOR REVIEW REQUIRED		<input type="checkbox"/> VISCOSITY @ NORMAL PUMPING TEMP. _____ Pa.s	
<input type="checkbox"/> FLUID TEMPERATURE		<input type="checkbox"/> FLOW RATE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ l/min	
MIN _____ °C NORMAL _____ °C MAX _____ °C		<input type="checkbox"/> PRESSURE REQ'D MAX/MIN _____ / _____ kPa (bar) [psi]	
<input type="checkbox"/> RELATIVE DENSITY (TO WATER @ 25°C) AT REF. TEMP.		<input type="checkbox"/> _____ / _____	
@ NORMAL TEMP _____ @ MAX TEMP _____		<input type="checkbox"/> _____ / _____	

Fuente: Norma API 682, tercera edición.

Figura 53. Diagrama de Flujo de Selección de Sello Mecánico John Crane para Agitadores, Mezcladores y Reactores.



Normalmente, los fabricantes de estos equipos rotativos agitadores, mezcladores y reactores suministran la información muy completa de la parte dimensional y estructural, si se hace necesario por la antigüedad del equipo o por la falta de información es muy importante establecer con una firma o compañía experta que trabaje en conjunto para que la recomendación sea la requerida, esto se relaciona con las particularidades de estos equipos, por que requieren altos torques, son generalmente grandes dimensionalmente, los ejes tienen diámetros grandes que pasan las 3" y materiales tratados, para darle rigidez, evitar al máximo deflexión plástica y desviación radial con un diseño del sistema de apoyo del mismo.

- Sexto Paso.

Se realiza selección de materiales del sello mecánico:

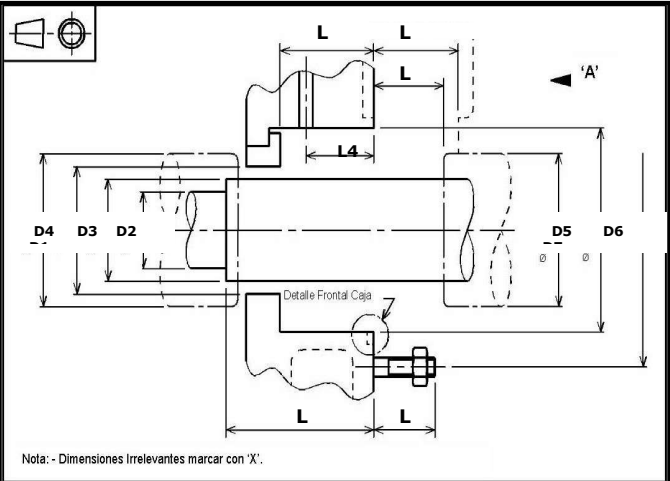
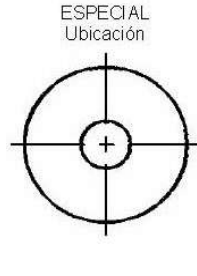
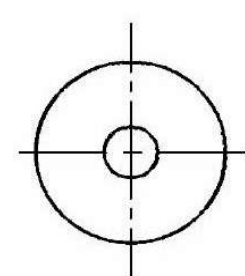
- ✓ Verificar compatibilidad química de los elementos de sellado secundario con el producto, según catálogos químicos de fabricantes de estos elastómeros, especialmente la resistencia térmica y química.
- ✓ Verificar compatibilidad del material de la cara móvil y la cara estacionaria, resistencia mecánica y química.
- ✓ Seleccionar plan API de acuerdo a tipo de fluido y de sello seleccionado⁵, planes de lubricación y enfriamiento, líquidos peligrosos, planes para control de emisiones.
- ✓ Compare todo lo anterior de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 55, tabla 6, 7 y 8.

- Séptimo Paso

Determinado todos estos pasos, incluido el tipo de sello mecánico con sus materiales, plan API de acuerdo a todas las condiciones mencionadas, debe tenerse en cuenta las características particulares de cada tipo de sello y confrontarlos con las condiciones de operación del equipo y cotejar si cumple con las necesidades.

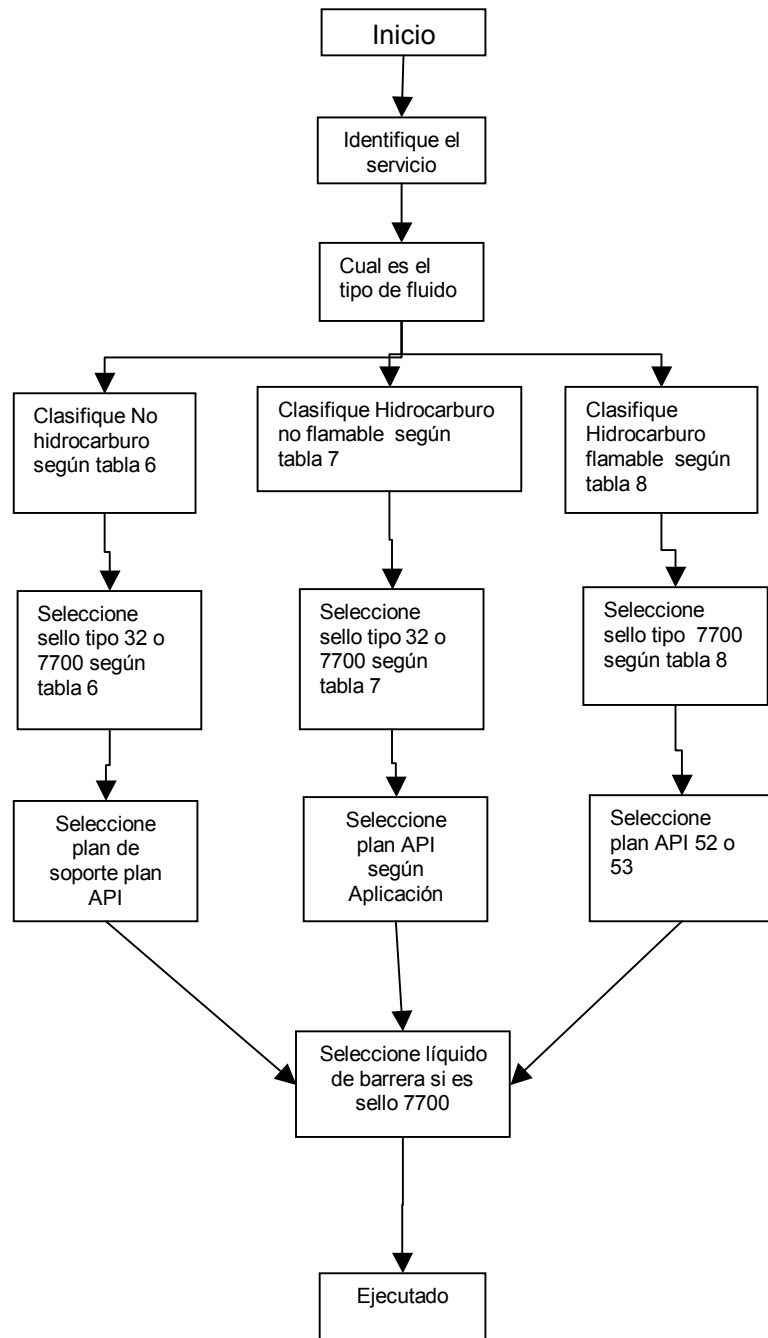
⁵ Para ampliar mas sobre este concepto, remitirse al capítulo 3, numeral 3.5.

Figura 54. Formato condiciones dimensionales y operacionales.

HOJA DE RECOMENDACIÓN DE SISTEMA DE SELLADO											
Fecha: _____				Ingeniero Ventas Y Servicio: _____							
Cliente: _____				Zona: _____							
Información del Equipo											
Tipo: _____						Marca: _____					
Modelo: _____						Tamaño: _____					
 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Nota: - Dimensiones irrelevantes marcar con 'X'.</p>						ESPECIAL Ubicación 			 Ubicacion de Conexiones C		
						PERNOS Cantidad: A Tamaño: B			Tamaño: D		
D1	D2	L5	D3	L6	D4	D5	B	D6	L6	D7	
L1	L2		L3		L4	L5		D	D	D	
A	B		C							D	D
Condiciones de Operación:											
Producto: _____											
Concent./ Temp.: _____				S.G./Visc.: _____							
Pres. Suc.: _____				Pres. Desc.: _____							
Información del Sello:											
Tipo: _____						Tamaño: _____					
Material: _____						Plan API: _____					
Comentarios											
Realizado por: _____						Revisado por: _____					

Fuente: Departamento de Ingeniería John Crane Colombia.

Figura 55. Diagrama de flujo de comprobación de selección de sello mecánico.



- **Sello mecánico tipo 32.** Sello diseñado para mezcladores, agitadores y reactores, asegurando hermetismo en aplicaciones donde se requiere vacío total, se puede instalar interior o exteriormente, posee el beneficio técnico de tolerar un desplazamiento radial hasta de 0,150”, desplazamiento axial de 0,062”, reparable completamente en campo, sus condiciones máximas de operación son: presión desde vacío total hasta 225 psig, temperaturas desde -45°C hasta 204°C dependiendo el elastómero, velocidades hasta de 400 fpm. Ver anexo A.
- **Sello mecánico tipo 7700.** Sello tipo cartucho (armado en una sola unidad) que facilita el montaje y reparación, diseñado específicamente para operar en equipos rotativos mezcladores, agitadores y reactores, para aplicaciones determinadas como peligrosas y riesgosas que no permiten emisiones a la atmósfera, asegurando hermetismo en aplicaciones donde se requiere vacío total, se puede instalar interior o exteriormente, posee el beneficio técnico de tolerar un desplazamiento radial hasta de 0,180”, desplazamiento axial de 0,062”, reparable completamente en campo, sus condiciones máximas de operación son: presión desde vacío total hasta 300 psig, temperaturas desde -45°C hasta 204°C dependiendo el elastómero, velocidades hasta de 400 fpm. Ver anexo B.

TABLA 6. SERVICIOS NO HIDROCARBUROS

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Agua	Agua	Agua	Agua Acida	Cáusticos Aminas Cristaliza	Cáusticos Aminas Cristaliza	Cáusticos Aminas Cristaliza	Ácidos	No admiten emisiones atmosféricas
Temperatura de Bombeo	°C °F	<80 <180	<80 <180	>80 >180	<80 <180	<80 <180	<80 <180	<80 <180	<80 <180	<80 <180
Presión de Caja de Sello	bar g psig	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	<34,5 <500	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	<17.25 <250	<17.25 <250
Tipo de Sello		32	32	32	32	32	32	32	32	7700
Materiales		ab	ab	da	ca	ch	ch	ch	ca, ch	ca, ci
Requerimiento especial máxima condición a continuación: $4 < \text{ph} < 11$										
Existe partículas abrasivas		h	h	h	h	h	h	h	h	h

- a Carbón VS Cerámica
- b Buna
- c Perfluoelastomero
- d Fluorocarbón
- h Carburo de Silicio VS Carburo de Tungsteno
Carbón VS Carburo de Silicio o Carburo de Tungsteno
- i Tungsteno

Fuente: NORMA API 682, tercera edición.

TABLA 7. SERVICIOS HIDROCARBUROS NO FLAMABLES

Presión de Vapor <1,0138 bar (14,7 psia) a temperatura de bombeo

		1	2	3	4	5	6	7
Temperatura de Bombeo	°C °F	<-40 a -5 <-40 a 20	<-40 a -5 <-40 a 20	>-5 a 150 >20 a 300	>-5 a 150 >20 a 300	<150 a 260 <300 a 500	<150 a 260 <300 a 500	>260 >500
Presión de Caja de Sello	bar g psig	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	todos
Tipo de Sello		32	32	32	32	32	32	7700
Materiales		ab	ab	da	ca	ch	ch	ch
Requerimiento especial máxima condición a continuación: 4<ph<11								
Cáustico/Aminas				c	c			
Existe partículas abrasivas		h	h	h	h	h	h	h
Aromáticos				d,c	d,c			

- a Carbón VS Cerámica
- b Buna
- c Perfluoelastomero
- d Fluorocarbón
- h Carburo de Silicio VS Carburo de Tungsteno
Carbón VS Carburo de Silicio o Carburo de
- i Tungsteno

Fuente: NORMA API 682, tercera edición.

TABLA 8. SERVICIOS HIDROCARBUROS FLAMABLES

Presión de Vapor <1,0138 bar (14,7 psia) a temperatura de bombeo

		1	2	3	4	5	6	7
Temperatura de Bombeo	°C °F	<-40 a -5 <-40 a 20	<-40 a -5 <-40 a 20	>-5 a 150 >20 a 300	>-5 a 150 >20 a 300	<150 a 260 <300 a 500	<150 a 260 <300 a 500	>260 >500
Presión de Caja de Sello	bar g psig	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	<17.25 <250	17,25 a 34,5 250 a 500	todos
Tipo de Sello		7700	7700	7700	7700	7700	7700	7700
Materiales		ab	ab	da	ca	ch	ch	ch
Requerimiento especial máxima condición a continuación: 4<ph<11								
Cáustico/Aminas				c	c			
Existe partículas abrasivas		h	h	h	h	h	h	h
Aromáticos				d,c	d,c			

- a Carbón VS Cerámica
- b Buna
- c Perfluoelastómero
- d Fluorocarbón
- h Carburo de Silicio VS Carburo de Tungsteno
Carbón VS Carburo de Silicio o Carburo de Tungsteno
- i Tungsteno

Fuente: NORMA API 682, tercera edición.

- Octavo Paso

Aceptación de la recomendación del sello mecánico y el plan de soporte al sello (plan API), por parte del usuario, con la generación de una orden de compra o documento que certifique la ejecución de la fabricación del sello mecánico.

- Noveno Paso

Instalación del sello mecánico y el plan API en el equipo, se realiza junto con el personal de mantenimiento de la planta, verificando las condiciones mecánicas del equipo relacionadas en el capítulo 3. Allí se dispondrá de un cronograma según planeación y programación del usuario y según coordinación entre las dos partes.

- Décimo Paso

Después de la instalación del sello mecánico y el plan API, se realizan las pruebas requeridas según la aplicación y el equipo antes del arranque oficial, tales como prueba hidrostática e hidrodinámica.

- Un décimo Paso

Arranque con carga y producción real del equipo, realización de acta de entrega a satisfacción del equipo a producción por parte de mantenimiento de la planta.

4.1.2. Pautas para la Implementación de Selección

Este modelo debe ser tomado como una herramienta funcional que sirva tanto al proveedor como al consumidor final que garantice y brinde la fiabilidad esperada en la selección del sello mecánico.

La norma determina cual es la información que certifica la implementación del modelo, las pruebas e información del proceso son proporcionadas con un alto grado de confidencialidad, tanto del producto como del sello mecánico y los sistemas de apoyo.

La evaluación del sello y su arreglo fueron determinados desde su grupo o familia están sobre una evaluación establecida por la norma o determinada por el dueño de la tecnología del proceso aplicado, puede ser configurado en tipo, diseño, materiales como fue ofrecido comercialmente; se tuvo en cuenta evaluación con producto o fluido, con unas horas determinadas a condiciones operativas establecidas por los clientes o los dueños de las tecnologías de los procesos.

Las pruebas de los sellos en fluidos fueron determinadas en tres categorías diferentes, ver tabla 9.

Tabla 9. Categorías de prueba de sellos en fluidos

No-Hidrocarburos	Hidrocarburos No Flamables	Hidrocarburos Flamables
Agua	Propano	Propano
Agua ácida	Aceite mineral frío	Aceite mineral caliente
Acido	Aceite mineral caliente	
Cáustico		

Las pruebas de los sellos en fluidos no solo dependen de las realizadas anteriormente, si es una aplicación muy específica debe hacerse un prototipo específico de la aplicación para evaluar si cumple con todas las especificaciones establecidas como requerimientos.

Otros atributos significantes de la evaluación de las pruebas son:

- Los sellos tendrán que ser determinados a un lineamiento estándar a condiciones dinámicas, estáticas y cíclicas prescritas por la norma API 682.
- Los sellos duales serán evaluados ambos como sencillo y luego como doble.
- Los sellos serán evaluados a máxima desalineación angular y radial.
- Los resultados de las pruebas serán suministradas con cada propuesta.
- En la fabricación del sello será suministrada la certificación de que la prueba fue hecha apropiadamente.

La integridad de la evaluación en la fabricación de cada sello mecánico puede ser determinado por prueba hidrostática, prueba neumática y prueba de desempeño, ver figura 56 formatos de prueba para sellos mecánicos según la norma API 682.

- Prueba hidrostática. La contención de presión por elementos como cajas de sellos, bridas, reservorios, intercambiadores de calor pueden evaluarse hidrostáticamente con un líquido a un mínimo de 1,5 tiempos de la máxima presión de trabajo, pero no puede ser menos de 1,4 bar (20 psi) por un mínimo de 30 minutos.
- Prueba neumática. Cada sello mecánico nuevo o reparado, puede ser evaluado con aire después del ensamble final. Cada sección de sellado puede ser independientemente presurizado con aire limpio a una presión de 1,7 bar (25 psi), el volumen de cada evaluación puede ser máximo de un pie cúbico. La máxima caída de presión durante la prueba en un periodo de 5 minutos es de 0,14 bares g (2 psi). Cada sección de sellado del sello dual puede ser independientemente presurizada.
- Prueba de desempeño. Esta evaluación esta a cargo de los fabricantes de equipo cuando se instala el sello mecánico por parte de ellos, si el sello es suministrado como parte del equipo. Los fabricantes tienen tres escenarios que están contemplados en la norma API 610.

La norma API ordenó en sus requerimientos establece los diferentes formatos que se necesitan para recopilar la diferente información, pero existen muchos mas que están estandarizados a un lenguaje mundial, están relacionados con las condiciones de operación, tipo de equipo, sistemas de tracción, motor, etc.

En la implantación de este modelo se adoptara determinados formatos que agilicen, sean bastante prácticos y ante todo que facilite brinde la confiabilidad del sello mecánico como entregable después de todo el proceso. Cada formato establece la persona responsable de acuerdo al cargo y las funciones asignadas, como todo formato tiene establecido fecha, numero de consecutivo, nombre del departamento responsable, logo de la compañía, nombre de quien revisó, nombre de quien elaboró, nombre de quien aprobó, documentos asociados, documentos de referencia, manual del proceso si lo amerita.

A manera de ejemplo se menciona los formatos de las cartas de información (data sheet) de los sellos mecánicos, están divididos internamente en dos.

Sección 1. Pueden ser completados por todos los sellos comprados en acuerdo con la norma API 682; este proporciona especificación básica del sello, opciones y requerimiento de pruebas.

Sección 2. Pueden ser completados por sellos comprados en acuerdo con la norma API 682 y cuando este incluido en una carta de información de la norma API 610 donde no este incluido los documentos de compra. La información de esta sección provee todo sobre el servicio del equipo.

Los formatos de información de sellos mecánicos, relacionado en la figura 52, son determinados a ser más completos y específicos, cuando las condiciones de servicio son muy extremas o particularmente peligrosas; para esta condición los parámetros a tener en cuenta en este formato son:

- Altas temperaturas que superen los 260°C (500°F)
- Bajas temperaturas cuando son menores a -40°C
- Altas presiones cuando están por encima de los 500 psi (34,5 bar)
- Superen velocidades de 5000 fpm
- Fluidos con niveles altos de corrosión
- Fluidos con altas presiones de vapor
- Líquidos con condiciones inestables
- Altas concentraciones de sólidos
- Diámetros de ejes que superen los 4,5 pulgadas
- Alta viscosidad

Durante el proceso de implementación, se deben hacer los ajustes necesarios, para garantizar que el proceso se encuentra debidamente soportado por registros, los cuales a su vez se pueden trabajar de dos maneras que son:

- Documentos controlados
- Documentos no controlados

La diferencia entre estas dos clases de documentos, radica en el manejo y función que cumplen dentro del sistema de aseguramiento de calidad, en donde los documentos controlados son de carácter obligatorio y de estricto cumplimiento, ya que cualquier incumplimiento sobre estos, genera no conformidades al momento de las auditorias. Por el contrario, los documentos no controlados sirven como herramientas de uso normal, pero no afectan el proceso de certificación.

5. SISTEMA DE INFORMACIÓN

Actualmente el área de programas y sistemas de información esta evolucionando con mucho dinamismo y comercialmente los fabricantes están creando, desarrollando y mejorando estos sistemas de información que le han dado mayor agilidad en todas las áreas de las organizaciones.

El área donde mas se requiere de estos sistemas de información es el de mantenimiento y específicamente para tener una mayor rendimiento en la nueva filosofía de la confiabilidad

Se ha llegado ya a determinar como una necesidad, se define como una herramienta que facilita el manejo de parámetros, activos, presupuestos, personal, etc. Por medio de este se puede predecir, planear, programar y tomar decisiones para ejecutar actividades propias del área.

La compañía en fabricación de sellos mecánicos esta certificada a nivel mundial por la norma API 682 (ISO 21049), a nivel local esta certificada igualmente por la norma ISO 9000. Posee programas y sistemas de información que facilitan trabajar y cumplir con los requerimientos de las normas mencionadas.

5.1. ANTECEDENTES

Los sistemas de información han sido utilizados de acuerdo al diseño de las necesidades, pero no se han dirigido hacia el área de la confiabilidad. Si bien se ha enfocado hacia que es parte de mantenimiento, pero como se relaciono en el capítulo 3, la confiabilidad no solo es parte de mantenimiento, sino que hay que visualizarlo de forma integral como confiabilidad operacional.

La información de los sellos mecánicos que están ligados con cada uno de los equipos o activos físicos de las planta, se llevan en programas de Excel o Acces

de manera artesanal. Sin embargo se debe tener en cuenta que la información alrededor de los sellos mecánicos es bastante compleja y de gran magnitud, como componentes de sellos, planos de instalación, catálogos técnicos, planes API, componentes de los planes API, planos de planes API, etc.

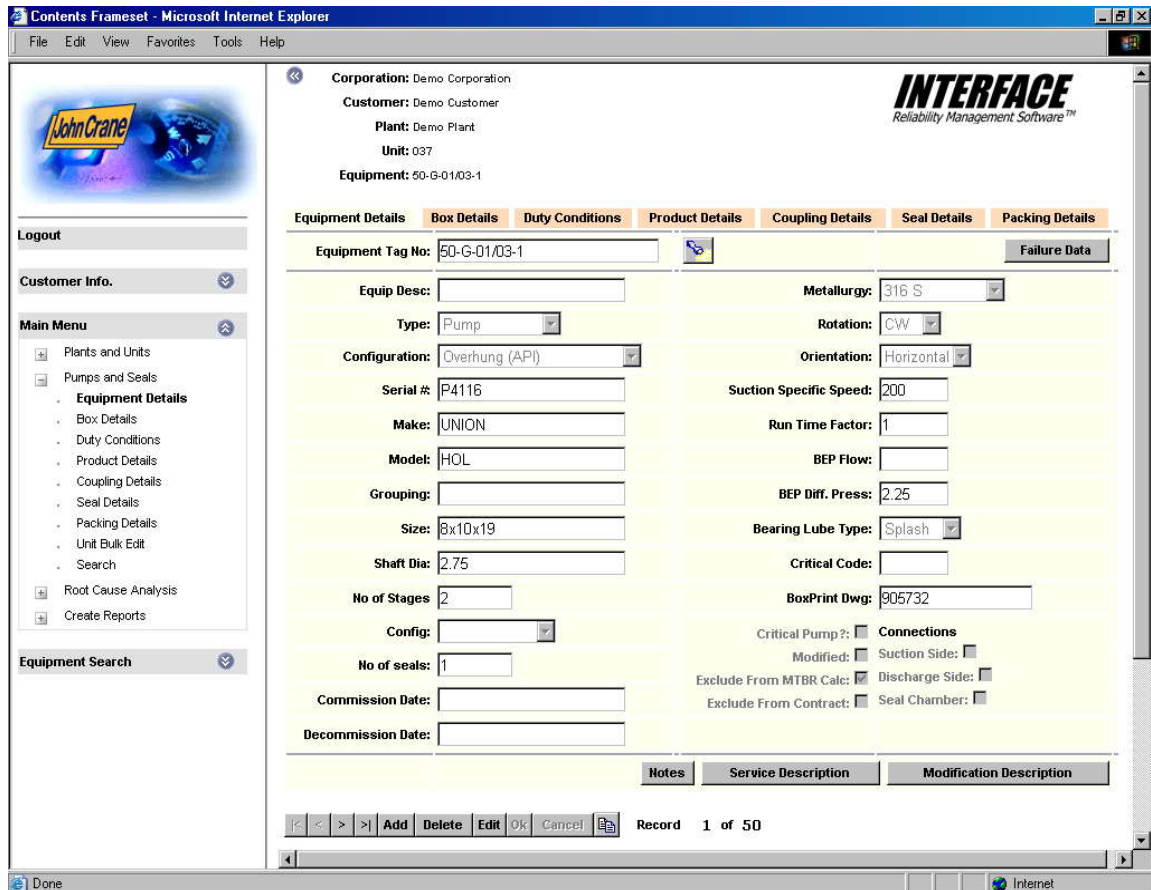
5.2. SISTEMA DE INFORMACION ACTUAL

La organización tomando como base programas y sistemas de información aplicados a las áreas de mantenimiento, productivos en el campo estadísticos para manejar reportes, mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, comenzó a desarrollar un sistema de información que recogiera las bondades de los que ya están siendo utilizados y mejorando la aplicabilidad enfocándolo hacia la confiabilidad operacional, determinando el sello mecánico como una de las variables mas importantes del mantenimiento.

Este sistema de información se llama INTERFACE (ver figura 57) y tiene unos beneficios muy tangibles que se pueden enumerar:

- Acceso y funciones controladas
- Detalles de equipos
- Información de aplicación de procesos
- Importa y exporta información para introducirla y analizarla a otros programas.
- Lista unidades o activos, plantas, fabricantes de equipos
- Captura información de reparaciones realizadas.
- Captura información de reparación de sellos mecánicos
- Captura las observaciones de cualquier reparación realizada
- Lleva metodología de análisis causa raíz
- Resume reportes
- Identifica y analiza malos actores

Figura 57. Sistema de información Interface para confiabilidad de sellos mecánicos



5.3. MENEJO DE INFORMACIÓN

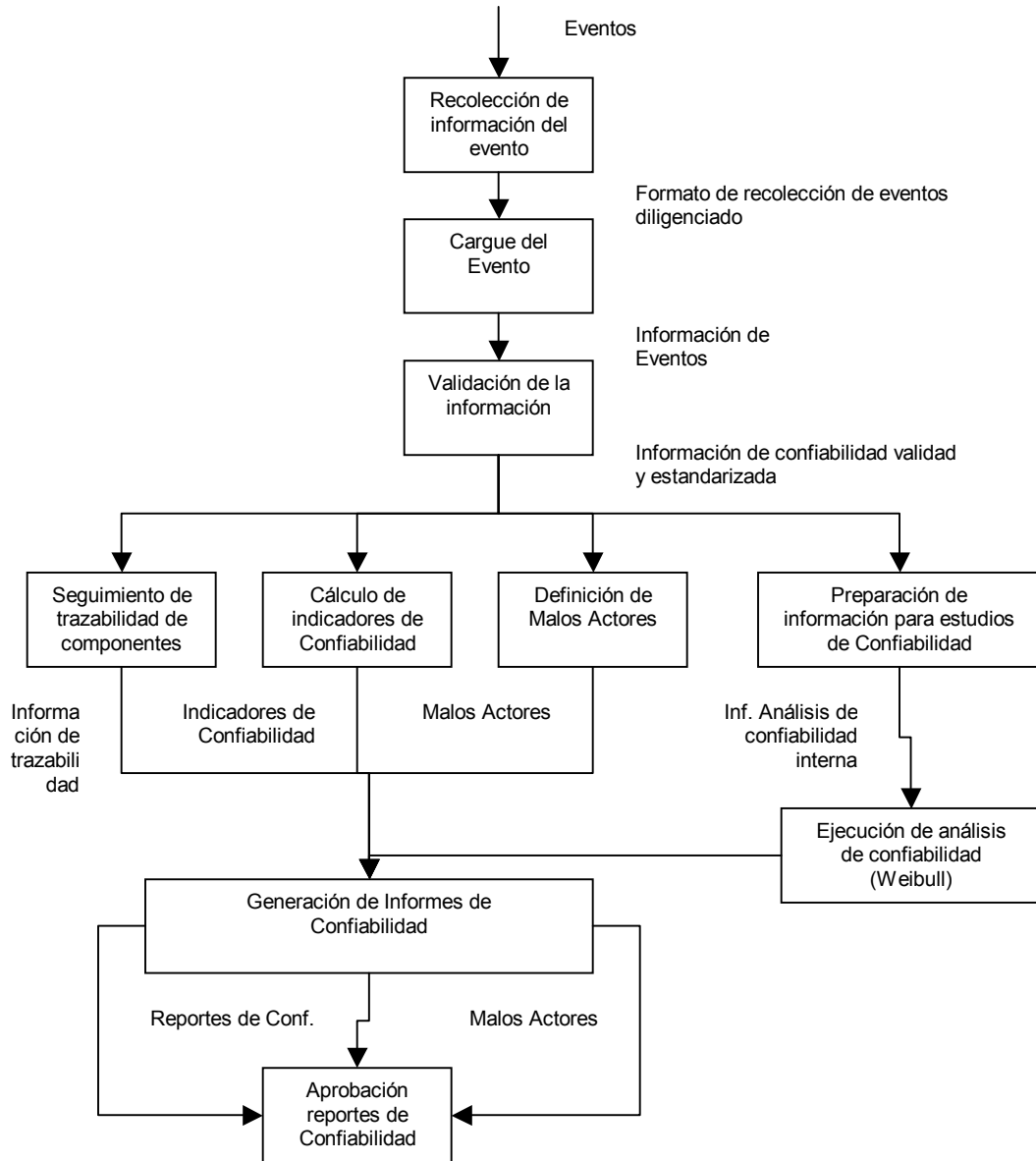
El manejo de la información para confiabilidad esta reglamentado en la norma ISO 14224 desarrollado a partir del proyecto OREDA (Offshore Reliability Data). La norma enfatiza fuertemente la seguridad, confiabilidad y mantenibilidad de equipos; tomando como parámetros el diseño, operación y mantenimiento de plantas nuevas y existentes. La información de fallas, mecanismos de fallas y mantenimiento de las plantas es supremamente importante registrarlas, como información determinante para el análisis futuro del comportamiento de las mismas y la toma de decisiones en los modelos de mantenimiento, ejemplo claro en los análisis de riesgo y desempeño.

La recolección de los datos es una inversión que genera la estandarización de la información, facilitando el intercambio entre plantas, compañías, fabricantes, etc.

Representados en beneficios económicos diseñando costos efectivos (capex), operación costo efectiva (opex), mejoramiento de rentabilidad; beneficios generales con la extensión de vida de equipos, sellos mecánicos con calidad mejorada, compras de equipos mas acertadas, mejor planeación de recursos; beneficios de seguridad y medio ambiente con el mejoramiento en la seguridad personal, reducción de fallas catastróficas en sellos mecánicos de seguridad, reducción en el impacto al medio ambiente, cumpliendo con requerimientos legales; beneficios en analítica por que puede poseer mayor calidad de información, mayor cantidad de información, toma de decisiones mas acertadas y reducción en la incertidumbre.

La confiabilidad tiene estructuralmente un manejo a la información que debe seguirse para no desordenar ni tener falsos ni errados datos estadísticos obtenidos de la información, a continuación en la figura 58, muestra el diagrama de flujo para el proceso de la información.

Figura 58. Diagrama de Flujo del Proceso de la Información



CONCLUSIONES

El método de selección de sello tipo 32, establece la garantía de seguridad y confiabilidad, en procesos únicamente de aplicaciones no riesgosas .

El método de selección de sello cartucho tipo 7700, establece la garantía de seguridad y confiabilidad, en procesos de aplicaciones riesgosas.

Al implementar una selección confiable de sellos tipo 32 y 7700 en mezcladores, agitadores y reactores, minimiza el riesgo de un accidente .

La selección confiable de sellos mecánicos para este tipo de equipos con base en Confiabilidad beneficia al departamento de mantenimiento de cualquier compañía en la toma de decisiones.

JOHN CRANE brinda mayor seguridad y confiabilidad a los usuarios de los sellos mecánicos tipo 32 y 7700 para agitadores y reactores, representa seguridad y tranquilidad realizando una selección siguiendo un método procedimental.

Se actualiza a los usuarios en cuanto a los requerimientos para la selección fiable de sellos mecánicos para agitadores, mezcladores y reactores.

La implementación de los formatos de información, pruebas y seguimientos a los sellos mecánicos, asegura el proceso de acuerdo a la norma, para la recomendación de los sellos mecánicos, según la aplicación y el proceso respectivo.

La implementación de la selección de sellos mecánicos es compatible con las tecnologías de las industrias petroquímicas e industria en general, gracias a la norma API 682.

Anexo A. Ficha Técnica sello tipo 32



32

ELASTOMER O-RING MIXER SEAL

S-32-A

Applications

Type 32 Seals are outside-mounted ID balanced seals with the seal faces in contact during operation. No auxiliary equipment is required for lubrication. These seals are excellent for operation in vacuum conditions, and meet the needs of pharmaceutical and chemical processing industries.

- For mixers, agitators and reactor vessels.
- Seal design eliminates the need for double seals with ancillary equipment in mixer applications.
- Type 32 Seals can be repaired in the field to minimize replacement costs, downtime and lost revenue.

Operating Conditions

- **Temperatures:** -45°C to 150°C/
-50°F to 300°F
depending on materials used
- **Pressures:** Full vacuum to 15 bar g/225 psig
- **Speeds:** To 2 m/s/400 fpm

32

INCH RANGE



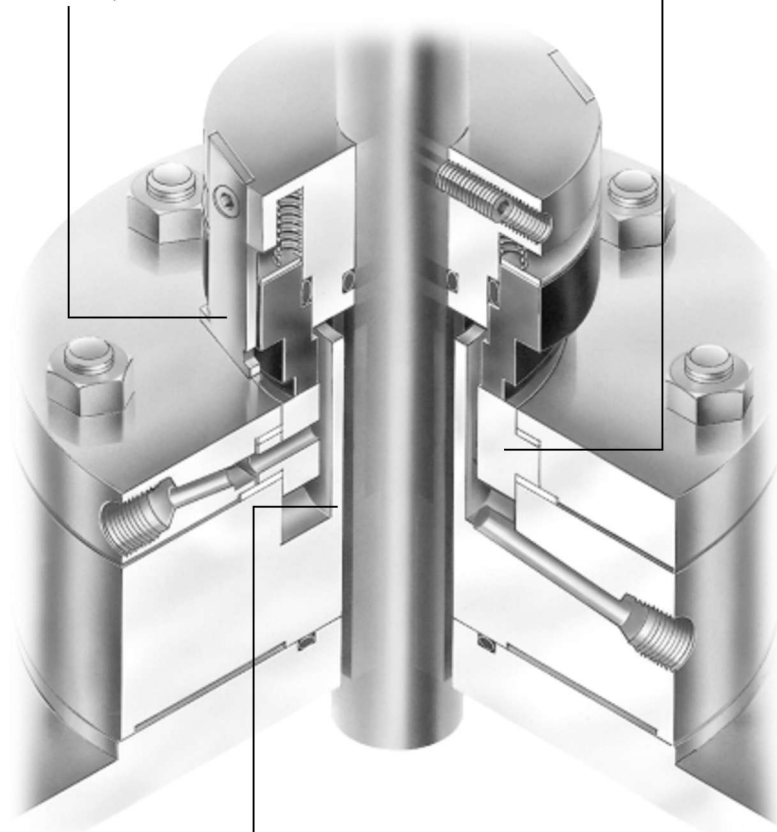
Design Features

"T" Bar Design

Simple, rugged drive design that withstands constant movement and vibrations of mixer applications. The Type 32 has been designed to accommodate up to .150" total runout.

Clamped-in Mating Ring (Standard)

Clamped-in design prevents axial movement of mating ring. Mating ring is available in tungsten carbide or ceramic.



Debris Well Option

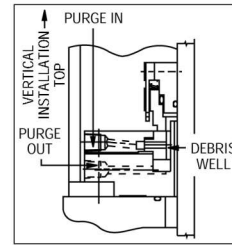
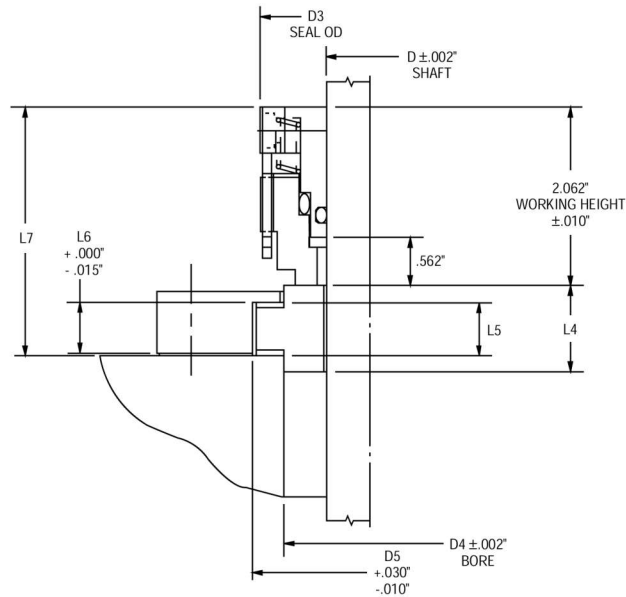
Isolates and captures face wear particles in gland cavity, preventing contamination of process liquid or gas. Pipe taps allow flushing during cleaning cycle.



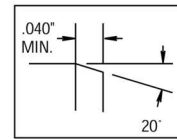
32

ELASTOMER O-RING MIXER SEAL

Type 32 Typical Arrangement/Dimensional Data



Debris Well Option
For space required use dimensions indicated in Chart 1 for seal size 1/2" larger than shaft diameter.



For ease of installation, the lead-in edge of the shaft or sleeve should be chamfered as shown.

Chart 1. Type 32 Dimensional Data

Seal Size/D (inches)	D3	D4	D5	L4	L5	L6	L7	Seal Size/D (inches)	D3	D4	D5	L4	L5	L6	L7
1.000	2.500	1.937	2.281	.812	.500	.468	2.718	4.000	5.500	5.250	5.906	1.000	.625	.593	2.875
1.125	2.625	2.000	2.406	.812	.500	.468	2.718	4.125	5.625	5.375	6.031	1.000	.625	.593	2.875
1.250	2.750	2.187	2.656	.875	.500	.468	2.750	4.250	5.750	5.500	6.156	1.000	.625	.593	2.875
1.375	2.875	2.312	2.781	.875	.500	.468	2.750	4.375	5.875	5.625	6.281	1.000	.625	.593	2.875
1.500	3.000	2.500	3.031	.875	.500	.468	2.750	4.500	6.000	5.750	6.406	1.000	.625	.593	2.875
1.625	3.125	2.625	3.156	.875	.500	.468	2.750	4.625	6.125	5.875	6.531	1.000	.625	.593	2.875
1.750	3.250	2.750	3.281	.875	.500	.468	2.750	4.750	6.250	6.000	6.656	1.000	.625	.593	2.875
1.875	3.375	2.875	3.531	1.000	.625	.593	2.875	4.875	6.375	6.125	6.781	1.000	.625	.593	2.875
2.000	3.500	3.125	3.781	1.000	.625	.593	2.875	5.000	6.500	6.250	6.906	1.000	.625	.593	2.875
2.125	3.625	3.250	3.906	1.000	.625	.593	2.875	5.125	6.625	6.625	7.281	1.000	.625	.593	2.875
2.250	3.750	3.375	4.031	1.000	.625	.593	2.875	5.250	6.750	6.750	7.406	1.000	.625	.593	2.875
2.375	3.875	3.500	4.156	1.000	.625	.593	2.875	5.275	6.875	6.875	7.531	1.000	.625	.593	2.875
2.500	4.000	3.625	4.281	1.000	.625	.593	2.875	5.500	7.000	7.000	7.656	1.000	.625	.593	2.875
2.625	4.125	3.750	4.406	1.000	.625	.593	2.875	5.625	7.125	7.125	7.781	1.000	.625	.593	2.875
2.750	4.250	3.875	4.531	1.000	.625	.593	2.875	5.750	7.250	7.250	7.906	1.000	.625	.593	2.875
2.875	4.375	4.000	4.656	1.000	.625	.593	2.875	5.875	7.375	7.375	8.031	1.000	.625	.593	2.875
3.000	4.500	4.062	4.718	1.000	.625	.593	2.875	6.000	7.500	7.500	8.156	1.000	.625	.593	2.875
3.125	4.625	4.250	4.906	1.000	.625	.593	2.875	6.125	7.625	7.625	8.281	1.000	.625	.593	2.875
3.250	4.750	4.375	5.031	1.000	.625	.593	2.875	6.250	7.750	7.750	8.406	1.000	.625	.593	2.875
3.375	4.875	4.500	5.156	1.000	.625	.593	2.875	6.375	7.875	7.875	8.531	1.000	.625	.593	2.875
3.500	5.000	4.625	5.281	1.000	.625	.593	2.875	6.500	8.000	8.000	8.656	1.000	.625	.593	2.875
3.625	5.125	4.750	5.406	1.000	.625	.593	2.875	6.625	8.125	8.125	8.781	1.000	.625	.593	2.875
3.750	5.250	4.875	5.531	1.000	.625	.593	2.875	6.750	8.250	8.250	8.906	1.000	.625	.593	2.875
3.875	5.375	5.000	5.656	1.000	.625	.593	2.875	6.875	8.375	8.375	9.031	1.000	.625	.593	2.875
								7.000	8.500	8.500	9.156	1.000	.625	.593	2.875

Note: For larger sizes, contact your John Crane Sales/Service Engineer.



32

ELASTOMER O-RING MIXER SEAL

Chart 2. Type 32 Metric Dimensional Data

Seal Size/D (mm)	Seal Size Code	D3	D4	D5	L4	L5	L6	L7	Seal Size/D (mm)	Seal Size Code	D3	D4	D5	L4	L5	L6	L7
25	0250	63.5	47.6	57.9	20.6	12.7	11.9	69.0	80	0800	120.6	111.1	127.8	25.4	15.9	15.1	73.0
28	0280	66.6	50.8	61.1	20.6	12.7	11.9	69.0	85	0850	123.8	114.3	131.0	25.4	15.9	15.1	73.0
30	0300	69.8	53.9	67.5	20.6	12.7	11.9	69.9	90	0900	130.2	120.6	137.3	25.4	15.9	15.1	73.0
32	0320	69.8	53.9	67.5	20.6	12.7	11.9	69.9	95	0950	133.3	123.8	140.5	25.4	15.9	15.1	73.0
33	0330	73.0	57.1	70.6	22.2	12.7	11.9	69.9	100	1000	139.7	133.3	150.0	25.4	15.9	15.1	73.0
35	0350	73.0	57.1	70.6	22.2	12.7	11.9	69.9	105	1050	142.9	136.5	153.2	25.4	15.9	15.1	73.0
38	0380	76.2	63.5	77.0	22.2	12.7	11.9	69.9	110	1100	149.2	142.8	159.5	25.4	15.9	15.1	73.0
40	0400	79.3	66.6	80.2	22.2	12.7	11.9	69.9	115	1150	155.5	149.2	165.9	25.4	15.9	15.1	73.0
43	0430	82.5	69.8	83.3	22.2	12.7	11.9	69.9	120	1200	158.7	152.4	169.1	25.4	15.9	15.1	73.0
45	0450	85.7	73.0	89.7	22.2	12.7	11.9	69.9	125	1250	165.1	158.7	175.4	25.4	15.9	15.1	73.0
50	0500	88.9	79.3	96.0	25.4	15.9	15.1	73.0	130	1300	168.2	168.2	184.9	25.4	15.9	15.1	73.0
53	0530	92.0	82.5	99.2	25.4	15.9	15.1	73.0	135	1350	174.6	174.6	191.3	25.4	15.9	15.1	73.0
55	0550	95.2	85.7	102.4	25.4	15.9	15.1	73.0	140	1400	180.9	180.9	197.6	25.4	15.9	15.1	73.0
58	0580	98.4	88.9	105.6	25.4	15.9	15.1	73.0	145	1450	184.1	184.1	200.8	25.4	15.9	15.1	73.0
60	0600	98.4	88.9	105.6	25.4	15.9	15.1	73.0	150	1500	190.5	190.5	207.2	25.4	15.9	15.1	73.0
63	0630	101.6	92.0	108.7	25.4	15.9	15.1	73.0	155	1550	193.6	193.6	210.3	25.4	15.9	15.1	73.0
65	0650	104.7	95.2	111.9	25.4	15.9	15.1	73.0	160	1600	200.0	200.0	216.7	25.4	15.9	15.1	73.0
68	0680	107.9	98.4	115.1	25.4	15.9	15.1	73.0	165	1650	203.2	203.2	219.9	25.4	15.9	15.1	73.0
70	0700	107.9	98.4	115.1	25.4	15.9	15.1	73.0	170	1700	209.5	209.5	226.2	25.4	15.9	15.1	73.0
75	0750	114.3	103.2	119.8	25.4	15.9	15.1	73.0	175	1750	215.9	215.9	232.6	25.4	15.9	15.1	73.0

Note: For larger sizes, contact your John Crane Sales/Service Engineer.

Chart 3. Pressure/Velocity (PV) Limits

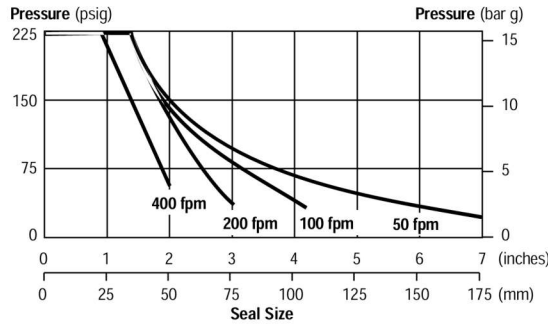


Chart 4. Multiplier Factors

To determine the maximum pressure for the size Type 32 Seal required, multiply the maximum pressure from Chart 3 by the following factors to obtain the maximum operating pressure.

	Selection Considerations	Multiplier
Sealed Fluid Temperature	Below 79°C/175°F	x 1.00
	Above 79°C to 121°C/175°F to 250°F	x .90
	Above 121°C to 177°C/250°F to 350°F	x .80
	Above 177°C/350°F	x .65

Example for Determining PV Limits:

Seal: 76 mm/3 inch diameter Type 32
 Product: Air
 Face Material: Carbon vs. Ceramic
 Temperature: 65°C/150°F
 Speed: 1 m/s/200 fpm

Using Chart 3, the maximum pressure would be 3 bar g/50 psig.

From Chart 4, apply the multipliers for the specific service requirements to determine the maximum operating pressure for the application.

3 bar g/50 psig x 1 = 3 bar g/50 psig

The maximum operating pressure for this 3 inch diameter Type 32 Seal is 3 bar g/50 psig.

Chart 5. Elastomer Temperature Limits

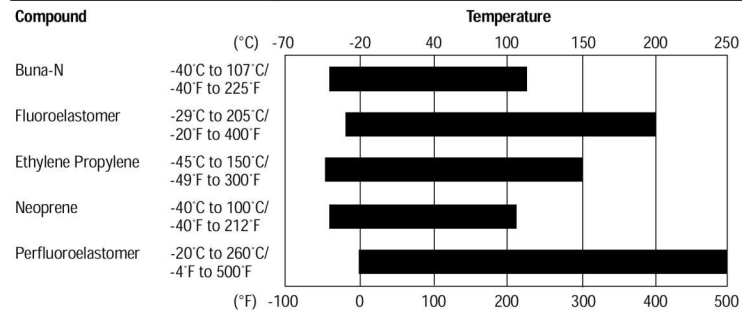


Chart 6. Materials of Construction

Seal Component Materials	Secondary Sealing Elements O-Ring	Primary Ring	Hardware Retainer, Disc, T-Bar, Set Screws, Cap Screws	Mating Ring	Mechanical Loading Device Springs
Material Standard	Buna-N	Carbon	316 Stainless Steel	Tungsten Carbide Nickel Binder	316 Stainless Steel
	Fluoroelastomer			High Purity Ceramic	
	Ethylene Propylene				
	Neoprene				
Options	Perfluoroelastomer		Alloy C-276 (UNS N10276) Hastelloy B*	Hard Face Coatings	Alloy C-276 (UNS N10276) Hastelloy B

* Hastelloy B is a registered trademark of Haynes International.

Chart 7. Criteria for Installation

Shaft/Sleeve	Limits
Surface Finish	63 Ra
Ovality/Out of Roundness (Shaft)	0.051 mm/0.002"
End Play/Axial Float Allowance	± 1.57 mm/0.062"
Shaft Runout	3.81 mm/0.150" T.I.R. max.
Squareness of Seal Housing Face to Shaft	0.78 mm/0.031" T.I.R. max.

Anexo B. Ficha Técnica sello tipo 7700



TYPE 7700

Dry-Running/Wet-Running Double Opposed
Top-Entering Cartridge Mixer Seal

- A – Seat/Mating Ring
- B – Face/Primary Ring
- C – Retainer
- D – Sleeve
- E – Collar
- F – Gland Plate



7700

Product Description

The heavy-duty Type 7700 is design-specific to serve critically important vessels in batch or continuous processes. It guards the batch from contamination, greatly reduces leakage, and extends Mean Time Between Planned Maintenance (MTBPM). For performance and durability, this dry-running or wet-running double opposed cartridge seal is in a class by itself.

- For heavy-duty mixer, agitator, and reactor applications.

Design Features

- Double Opposed Cartridge Arrangement
- Tolerates High Levels of Shaft Displacement, Radial Deflection, and Eccentricity
- Dry or Wet Operation
- Debris Well Option and Adapter Plate Option
- Radial Bearing Option

Performance Capabilities

- Temperature:
Up to 150°C/300°F
- Pressure:
Full Vacuum to 21 bar g/300 psig
- Speed:
Up to 2 m/s/400 fpm
- End Play/Axial Float Allowance:
±0.76mm/0.030" TIR
- Shaft Runout:
4.57mm/0.180" TIR

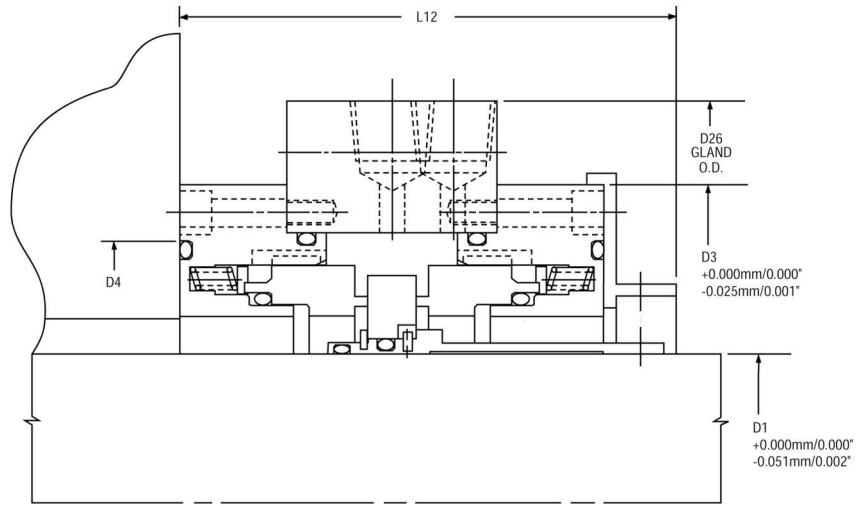
7700



TYPE 7700

Dry-Running/Wet-Running Double Opposed Top-Entering Cartridge Mixer Seal

Typical Arrangement/Dimensional Data



Typical Arrangement/Dimensional Data (inches)

Seal Size/D1 (inches)	D3	D4	D26	L12
0.750	4.281	3.375	6.312	4.656
1.000	4.531	3.375	6.312	4.656
1.250	4.781	3.625	6.562	4.656
1.500	5.031	3.875	6.812	4.656
1.750	5.281	4.125	7.062	4.906
2.000	5.531	4.375	7.312	4.906
2.250	5.781	4.625	7.562	4.906
2.500	6.031	4.875	7.812	4.906
2.750	6.281	5.125	8.062	5.156
3.000	6.531	5.375	8.312	5.156
3.250	6.781	5.625	8.562	5.156
3.500	7.031	5.875	8.812	5.156
3.750	7.281	6.125	9.062	5.406
4.000	7.531	6.375	9.312	5.406
4.250	7.781	6.625	9.562	5.406
4.500	8.031	6.875	9.812	5.406
4.750	—	—	—	—
5.000	8.531	7.375	10.312	5.531
5.250	8.781	6.625	10.562	5.531
5.750	9.281	8.125	11.062	5.859
6.000	9.656	8.500	11.437	5.859
6.250	9.906	8.750	11.687	5.859
7.000	10.656	9.500	12.437	6.296

Typical Arrangement/Dimensional Data (mm)

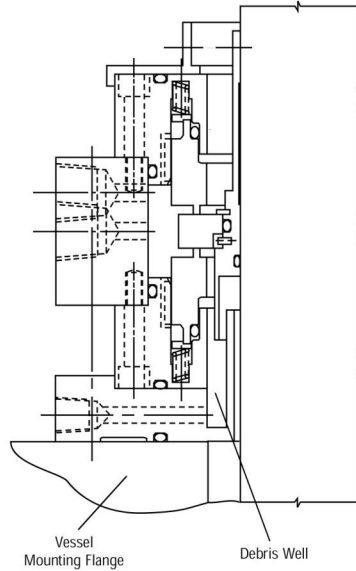
Seal Size/D1 (mm)	Seal Code	D3	D4	D26	L12
19	0190	108.7	85.7	160.3	118.3
25	0250	115.1	85.7	160.3	118.3
32	0320	121.4	92.1	166.7	118.3
38	0380	127.8	98.4	173.0	118.3
44	0440	134.1	104.8	179.4	125.0
51	0510	140.4	111.1	185.7	125.0
57	0570	146.8	117.5	192.1	125.0
63	0630	153.2	123.8	198.4	125.0
70	0700	159.5	130.2	205.8	131.0
76	0760	165.9	136.5	211.1	131.0
82	0820	172.2	142.9	217.5	131.0
89	0900	178.6	149.2	223.8	131.0
95	0950	184.9	155.6	230.2	137.3
102	0102	191.3	161.9	236.5	137.3
108	0108	197.6	168.3	242.9	137.3
114	0114	204.0	174.6	249.2	137.3
121	0121	—	—	—	—
127	0127	216.7	187.3	261.9	140.5
133	0133	223.0	193.7	268.2	140.5
146	0146	235.7	206.4	281.0	148.8
152	0152	245.3	215.9	290.5	148.8
159	0159	251.6	222.2	296.8	148.8
178	0178	270.7	241.3	315.9	160.0



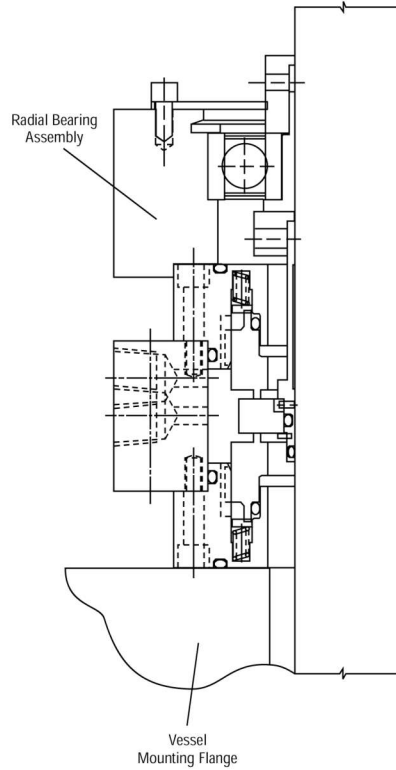
TYPE 7700

Dry-Running/Wet-Running Double Opposed
Top-Entering Cartridge Mixer Seal

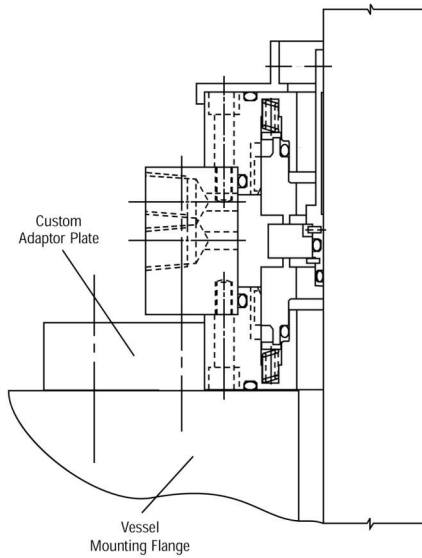
Type 7700 with Debris Well Option



Type 7700 with Bearing Option



Type 7700 with Adapter Plate Option





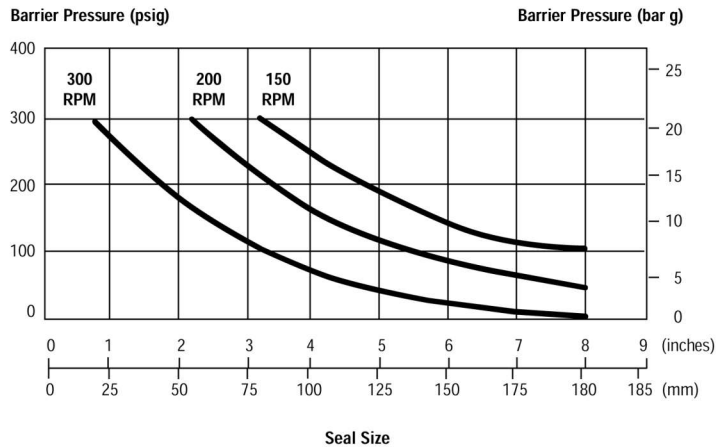
TYPE 7700

Dry-Running/Wet-Running Double Opposed Top-Entering Cartridge Mixer Seal

Materials of Construction

SEAL COMPONENTS	MATERIALS	
	Standard	Options
Description		
Face/Primary Ring	Carbon (Dry-Running) Carbon (Wet-Running)	Carbon (Dry-Running Food & Beverage)
Seat/Mating Ring	Nickel Binder Tungsten Carbide	Sintered Silicon Carbide
Hardware	316 Stainless Steel	—
O-Ring	Fluoroelastomer	Perfluoroelastomer
Spring	316 Stainless Steel	—

Basic Pressure Rating



North and Latin Americas
Morton Grove, Illinois USA
Tel: 1-847-967-2400
Fax: 1-847-967-3915
1-800-SEALING

Europe, Middle East, Africa
Slough, UK
Tel: 44-1753-224000
Fax: 44-1753-224224

Asia Pacific
Singapore
Tel: 65-222-9161
Fax: 65-223-5035



For your nearest John Crane facility, please contact one of the locations above.

If the products featured will be used in a potentially dangerous and/or hazardous process, your John Crane representative should be consulted prior to their selection and use. In the interest of continuous development, John Crane Companies reserve the right to alter designs and specifications without prior notice. It is dangerous to smoke while handling products made from PTFE. Old and new PTFE products must not be incinerated.

©1999 John Crane Print 10/99

www.johncrane.com

ISO Certified

S-7700

BIBLIOGRAFÍA

ACIEM, Memorias Curso Fundamentos de la Ingeniería de Confiabilidad para la Gestión de Mantenimiento, 2007.

ALBARRACÍN, Aguillón Pedro. Mantenimiento Predictivo Análisis de Aceites, Universidad Industrial de Santander, 2006.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Norma de Fabricación de Sellos Mecánicos API 682, Tercera Edición 2004.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Norma de Seguridad para la Inspección de Calderas y Envases a Presión API 510, 2004.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, Norma de Inspección Basada en Riesgos API 580 / 581, 2000.

ARCINIEGAS, Carlos. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

ELNASHAIE, S.S.E.H. and ELSHISHINI S.S. Modelling Simulation and Optimization of Industrial Fixed-Bed Catalytic Reactors. Gordon and Breach Sci Publication, Switzerland, 1993.

FROMENT, G. F. and BISCHOFF, K.B. Chemical Reactor Análisis and Desing. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc., New Cork, 1990.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2005.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Seminario IV: Evaluación de la Investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario I: Monografía de Especialización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Monografía de Especialización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario III: Monografía de Especialización. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006.

MOBLEY, Keith. Manual del Ingeniero de Planta. 2001

MORA, Gutiérrez Luis Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicio. Editorial AMG, Medellín Colombia. 2005.

PINILLA CELIS, Pablo. Sistemas de Información en Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006.

SANTAMARÍA de la CRUZ, Aleck. Sistemas de Información – MCC. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

SATTERFIELD, C.N. Heterogeneous Catálisis in Industrial Practice. 2nd Edition, McGraw-Hill Inc., New York, 1991.

TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Organizaciones del Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006.

TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2002.

TONA, Heriberto. Manual General de Sellos Mecánicos. Bogotá Colombia, 2005.

WIREMAN, Terry. Desarrollo de indicadores de desempeño para administración de mantenimiento. Editorial Rojas Eberhand Editores Ltda.. Bogotá Colombia, 2001.

WESTERTERP, K.R. SWAAIJ, Van and BEENACKERS A.A. Chemical Reactor Design and Operation. John Wiley & Sons, Inc., Chichester, 1987.

PAGINAS CONSULTADAS EN INTERNET

www.performance-plus.co.uk

www.johncraneinterface.com

www.johncrane.com

www.agitadores.com

www.spxprocessequipment.com/sites/lightnin/product.asp

www.flygt.es

www.chemineer.com

www.pancanal.com

www.mantemin.cl

www.confiableidad.com