

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI.  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



DISEÑO DE UN ANILLO DE PRESURIZACIÓN PARA PRUEBAS  
NEUMÁTICAS ESTÁTICAS EN SELLOS MECÁNICOS DE BOMBAS  
CENTRÍFUGAS

REALIZADO POR:  
FIGUEROA TOVAR, RAMSEG  
C.I. 15.288.203

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO

PUERTO LA CRUZ, JUNIO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI.  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



DISEÑO DE UN ANILLO DE PRESURIZACIÓN PARA PRUEBAS  
NEUMÁTICAS ESTÁTICAS EN SELLOS MECÁNICOS DE BOMBAS  
CENTRÍFUGAS

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO

ASESORES:

---

**Ing. Richard Estaba**  
**Asesor Académico**

---

**Ing. José Chávez**  
**Asesor Industrial**

PUERTO LA CRUZ, JUNIO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI.  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



EL JURADO CALIFICADOR HACE CONSTAR QUE HA SIDO ASIGNADA A  
ESTA TESIS LA CALIFICACIÓN DE

---

**Ing. Richard Estaba**  
**Asesor Académico**

---

**Ing. Félix Payares**  
**JURADO PRINCIPAL**

---

**Ing. Lino Camargo**  
**JURADO PRINCIPAL**

PUERTO LA CRUZ, JUNIO DE 2010.



## RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de Grado de la Universidad de Oriente:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON EXCLUSIVAMENTE PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER UTILIZADOS PARA OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN DEBERA PARTICIPARLO AL CONSEJO UNIVERSITARIO, PARA SU AUTORIZACIÓN”



## **DEDICATORIA**

A DIOS y a mis SANTOS por ser mis protectores incondicionales.

A BELEN, mi MADRE, gracias por tu apoyo incondicional y tus comentarios tan particulares pero oportunos (si no estudias, ahí está Tadeo al frente). Siempre fuiste un modelo a seguir y una persona a la cual admiro demasiado, y te debo todo, tantas palabras para sólo decir, que TE ADORO BELEN.

A NUNO, mi PADRE, aunque no estás aquí en forma física, sé que te tengo en forma espiritual y en estos momentos estas aquí a mi lado, siempre serás mi protector desde el cielo, TE QUIERO MUCHO NUNO y no sabes cómo te extraño.

A MI NIÑA, YANIRET, mi compañera de dificultades, amiga, mi reacción antes las acciones, jamás olvidaré tus peleas con razón, gracias, de verdad gracias por no alejarme de ti. Mi apoyo en todo. TE AMO y tú lo sabes. Estoy en deuda contigo. GRACIAS MAMI...

A TODOS MIS HERMANOS, especialmente a mis hermanos mayores, JAVIER Y MONICA, en cierto modo fueron mi inspiración. LOS QUIERO MUCHO. GRACIAS...

A MIS SOBRINOS, para que este trabajo les sirva de ejemplo y sepan que las metas que se tracen se pueden cumplir si le ponen empeño y dedicación.



A MIS FAMILIARES, especialmente a mis tíos, SIMÓN FRANCO (tío Cheito), VICTOR FIGUEROA (tío Negro) y CESAR ACUÑA, siempre fueron mis ejemplos a seguir desde el punto de vista profesional, ya que quería ser como ustedes y esa era la luz que veía en el final del túnel, a la cual he llegado. GRACIAS...

Ramseg Alejandro Figueroa Tovar



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a mis Santos por guiarme y protegerme en mi camino hacia el final del túnel, donde está la claridad y felicidad.

A mis Padres Belén y Nuno por ser complacientes y por su esfuerzo incondicional.

A mi niña Yaniret, gracias por tu ayuda, tu comprensión y por todo, de verdad gracias.

A mis hermanos, Javier y Mónica, por las consideraciones y apoyo que siempre me dieron.

A mis suegros, especialmente a mi suegra por su apoyo y su ayuda, y por confiar en mí.

A mi ti Reina y tío Moncho por abrirme las puertas de su casa y hacerme sentir como en mi propia casa... muchas gracias.

A mis amigos, Esthela Hernández, María Chauran, Alexandra Guaregua, Ernesto Fernández, Adriana Corona, Carlos Caraballo, Héctor Mariño, Denismar Zabala, Yeglis Elmerida, Nelson Silva, Arnaldo Orzero. Mis respetos.

Al Ing. Luis López, y a todo el personal de FLOWSERVE por su excelente disposición y el apoyo incondicional que me brindaron en la empresa.



A los profesores de la Universidad de Oriente que me enseñaron lecciones académicas, de vida, disciplina y sobre todo me enseñaron a pensar como ingeniero, cuando en su momento no lo entendía.

A todas aquellas personas que estuvieron a mi lado y dieron su colaboración para que de alguna manera esto fuera posible. Mil Gracias.

Ramseg Alejandro Figueroa Tovar





## **RESUMEN**

El objetivo principal de la investigación se centró en el diseño de un anillo de presurización, motivado por la problemática existente con los sellos mecánicos modelo UHT de la empresa Flowserve, lo que hizo necesario estudiar en profundidad las condiciones actuales para la realización de pruebas neumáticas estáticas a los sellos utilizados en bombas centrífugas, tomando como herramienta entrevistas semiestructuradas realizadas al personal del taller de sellos. Con la información obtenida en dichas entrevistas, se elaboró el diseño de la geometría del acople, para la cual se investigó el sistema de acoplamiento rígido y se observó el funcionamiento del banco de prueba para realizar pruebas neumáticas a sellos mecánicos, se propuso dos modelos de acople de geometría diferentes, ambas cumplían la misma función, seleccionando una, la cual cumplía con sus expectativas desde el punto de vista de diseño, ya que el mismo va a formar parte del banco de prueba a futuro. Se seleccionó como material del acople el acero AISI 316, a través del método tradicional. Se aplicó la norma Asme Sección VIII División I al diseño del acople. Se seleccionó un tornillo de medidas 1/2"X2" de acero inoxidable AISI 304 y un O-Ring de dimensiones 568216, cumpliendo de esta manera con las exigencias críticas del diseño, como son el tamaño del alojamiento donde vaya a trabajar y las condiciones de operación a que va a ser sometido. Se realizaron los planos pertinentes al diseño y un procedimiento para ejecutar la prueba neumática.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
RESUMEN.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
CAPÍTULO 1 .....	18
1.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.....	18
1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	18
1.3 TRANSFORMACIÓN Y ÉXITO.....	20
1.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA .....	21
1.5 POLÍTICA DE LA CALIDAD.....	21
1.6 MOTIVACIÓN.....	22
1.7 CLIMA ORGANIZACIONAL.....	22
1.8 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA .....	23
1.9 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	24
1.10 OBJETIVOS .....	26
1.10.1 OBJETIVO GENERAL.....	26
1.10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
CAPÍTULO 2 .....	27
2.1 ANTECEDENTES.....	27
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	28
2.2.1 Generalidades:.....	28
2.2.2 Componentes de un Sello Mecánico.....	28



2.2.2.1	Cara Rotatoria.....	29
2.2.2.2	Cara Estacionaria.....	29
2.2.2.3	Sellos Secundarios o Empacaduras .....	30
2.2.2.4	Medios de Compresión.....	31
2.2.2.5	Accesorios .....	32
2.2.3	Clasificación de los Sellos Mecánicos.....	34
2.2.3.1	Por arreglo Sencillo .....	36
2.2.3.2	Por arreglo: Múltiple. ....	37
2.2.3.3	Por diseño: .....	39
2.2.4	Tipos de acoplamientos.....	40
2.2.4.1	Acoplamientos Rígidos: .....	40
2.2.4.2	Acoplamientos Flexibles .....	41
2.2.5	Prueba Neumática. ....	49
2.2.6	Manual de Procedimientos.....	50
2.2.7	Tornillos.....	51
2.2.7.1	Definición.....	51
2.2.7.2	Tipos de Tornillos.....	51
2.2.8	Sujetadores Roscados.....	52
2.2.9	Esfuerzos.....	53
2.2.10	Concentradores de Esfuerzos .....	55
2.2.11	Esfuerzo Cortante.....	56
2.2.12	Acero inoxidable.....	57
2.2.13	Características del Acero AISI 316.....	58
2.2.13.1	Descripción general .....	58
2.2.13.2	Tratamientos .....	58
2.2.13.3	Propiedades Mecánicas.....	58
2.2.13.4	Composición Química .....	58
2.2.14	O- Ring. (Empaque secundario).....	59
2.2.14.1	Sus principales ventajas son: .....	59



2.2.14.2 Diseño del Alojamiento.....	60
2.2.14.3 Normas de Montaje (diseñador Flowserve).....	60
CAPÍTULO 3 .....	62
3.1 Enfoque de la investigación.....	62
3.2 Población y Muestra.....	63
3.2.1 Población.....	63
3.2.2 Muestra.....	63
3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	64
3.3.1 Técnica de Investigación.....	64
3.3.2 Instrumento de Investigación.....	64
CAPÍTULO 4 .....	65
4.1. Diagnóstico de la situación actual.....	65
4.2. Diseño de la geometría.....	66
4.2.1. Observación del funcionamiento del banco de prueba para realizar pruebas neumáticas a sellos mecánicos.....	66
4.2.2. Definición de la geometría del anillo de presurización.....	66
4.2.3. Selección del material.....	68
4.2.4. Cálculos de Esfuerzos.....	69
4.2.4.1. Boquillas.....	69
4.2.4.2 Esfuerzos de Contacto.....	71
4.2.4.3 Esfuerzos en la zona arqueada.....	73
4.3 Aplicación de la Norma ASME Sección VIII División I.....	76
4.3.1 Espesor de pared de las boquillas (UG-16 Anexo 2).....	76
4.4 Selección del O-Ring.....	77
4.5 Selección de Tornillo.....	78
4.6 Plano del Diseño.....	82
CAPÍTULO 5 .....	83
5.1 Procedimiento para Ejecutar Prueba Neumática.....	83
CONCLUSIONES .....	91



RECOMENDACIONES .....	93
BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	94
ANEXOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Tamaño del alojamiento y condiciones de operaciones.....	78
--	----



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Historia de la compañía Flowserve [1].....	20
Figura 2.1. Cara Rotativa. ....	29
Figura 2.2. Cara Estacionaria. ....	30
Figura 2.3. Sellos Secundarios o Empacaduras [5]. ....	31
Figura 2.4. Medios de Compresión. ....	32
Figura 2.5. Medios de Compresión ....	32
Figura 2.6. Camisa del Sello Mecánico. ....	33
Figura 2.7. Buje del Sello Mecánico. ....	33
Figura 2.8. Collar de Arrastre del Sello Mecánico. ....	34
Figura 2.9. Clasificación de los Sellos Mecánicos por Arreglo [5]. ....	35
Fig. 2.10. Clasificación de los Sellos Mecánicos por Diseño [5]. ....	35
Figura 2.11. Sello mecánico sencillo interno [1]. ....	36
Figura 2.12. Sello mecánico sencillo externo [1]. ....	37
Figura 2.13. Sello mecánico múltiple espalda contra espalda [1]. ....	37
Figura 2.14. Sello mecánico múltiple cara contra cara [1]. ....	38
Figura 2.15. Sello mecánico múltiple tándem [1]. ....	38
Figura 2.16. Sello mecánico no balanceado [1]. ....	39
Figura 2.17. Sello mecánico balanceado [1]. ....	40
Figuras 2.18. a) Acoplamientos Rígidos de Manguito con Prisionero. b) Acoplamientos Rígidos de Platillos. c) Acoplamientos Rígidos por Sujeción o Cónica [6]. ....	41
Figura 2.19. Acoplamientos flexibles de engranaje [6]. ....	43
Figura 2.20. Acoplamientos flexibles de cadenas. [6]. ....	44
Figura 2.21. Acoplamiento de Rejilla de Acero. [6]. ....	44
Figura 2.22. Acoplamiento Flexible .....	46
Figura 2.23 Acoplamiento de .....	46



fuelle helicoidal [6].	flexible direccional [6].....	46
Figura 2.24 Acoplamiento flexible flexibles.....	Figura 2.25 Acoplamientos de manguitos de goma [6].....	47
de disco Flexible [6].		47
Figura 2.26 Junta Cardan [6].		48
Figura 2.27 Juntas homocinética [6].....		49
Figura 2.28 Junta Oldham [6].....		49
Figura 2.29 Tipos de Sujetadores Roscados. a) Tornillo y tuerca; b) Tornillo de cabeza; c) Birlo [9].....		52
Figura 2.30 Perno de cabeza cuadrada para Maquina [9].		53
Figura 2.31 Espárrago-rosca basta [9].....		53
Figura 2.32 Esquema en tres dimensiones de una barra de área constante aplicada con carga a tensión [4].		54
Figura 2.33 Distribución de los esfuerzos: (a) una barra de sección transversal constante sometida a tensión y (b) una barra con agujero también sometida a tensión [4].		56
Figura 2.34 Alojamiento del O-Ring [11].....		60
Figura 3.1 Esquema del desarrollo metodológico utilizado para la realización del trabajo de grado.		63
Figura 4.1 Banco para Realizar Pruebas Neumáticas a Sellos Mecánicos.....		66
Figura 4.3 Modelo de anillo 2 (seleccionado).		68
Figura 4.4 Área donde se aplica la fuerza en la boquilla.....		70
Figura 4.6 Fuerza distribuida actuante.		73
Figura 4.7 Representación gráfica del esfuerzo máximo de la zona arqueada.		74
Figura 4.8 Representación gráfica del factor de seguridad.....		75
Fig. 4.9 Representación gráfica de la deformación total.		76
Figura 4.10 Alojamiento del O-Ring en el acople.		78
Figura 4.11 Representación gráfica del esfuerzo máximo en el tornillo.....		79
Figura 4.12 Representación gráfica del factor de seguridad.....		80





Figura 4.13 Representación gráfica de la deformación total. ....	81
Figura 5.1 Tapa superior del banco de prueba.....	84
Figura 5.3 O-Ring en el banco de prueba. ....	85
Figura 5.4 Sello Mecánico en el banco de prueba.....	86
Figura 5.5.A Acople con sus respectivos O-Ring. ....	87
Figura 5.6 Tapón $\frac{3}{4}$ " en el Acople.....	88
Figura 5.8 Acople en el sello mecánico montado en el banco de prueba...	89
Figura 5.9 Mangueras que conectan al acople con los manómetros. ....	90



## **CAPÍTULO 1**

### **1.1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA**

Flowserve Corporation es líder mundial en el desarrollo, producción y servicio a bombas, sellos mecánicos, válvulas de control, automatización y sistemas inteligentes para el control de fluidos en la industria.

La misión de **Flowserve FSD (Flow Sealing Division)** es el proveedor mundial de soluciones para el sellado mecánico de fluidos y procurarles un programa bien equilibrado de cierres mecánicos de alta calidad.

Operando independientemente durante 8 décadas, BW Seals, Durametallic, Pacific-Wietz y Pac Seal tienen una gran reputación en el suministro de productos para el sellado de fluidos.

Actualmente Flowserve de Venezuela, S.A., se dedica a la Fabricación y distribución de repuestos importados y nacionales, además de la reparación de Bombas Centrífugas, Sellos Mecánicos y Válvulas.

Flowserve da empleo a 7.000 personas alrededor del mundo con oficinas y centros de servicio en Venezuela, Argentina, Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, México, Holanda y Estados Unidos. [1]

### **1.2 RESEÑA HISTÓRICA**

En julio del año 1997, Flowserve surgió de la fusión de dos empresas líderes en gestión de fluidos, BW/IP y Durco International. Las marcas de cierres de estas dos compañías que se fusionaron son:



### **BW Seals**

BW/IP tiene sus raíces en la Compañía Byron Jackson fundada en 1872. Byron Jackson construyó la primera bomba centrífuga para oleoductos en 1923. Con una sección de cierres, Byron Jackson Co. empezó a ser una división de Borg-Warner Industrial Corporation en 1955. En 1987, por una adquisición por parte de los directivos de la Compañía, se formó de esta división la BW/IP, la misma empezó a ser una sociedad por acciones en 1991 y se cotiza en la bolsa de New York desde 1996, en 1994, Pacific Wietz fue adquirida por BW/IP.

### **Pacific Wietz**

En el año 1919 se fundó la compañía por Julios Hund y Kart Wietz en Hattingen, originalmente para la producción de cierres de vástagos de émbolos. En 1930, se vendieron los primeros cierres mecánicos. En los años 60, nuevos materiales hicieron posibles una calidad mejorada de construcción y el crecimiento de la empresa. Por lo tanto a principios de los años 70, fueron necesarios con los cambios fundamentales en la organización. Los primeros cierres de Gaspar se vendieron en el año 1986.

### **Durametallic**

Después de su fundación en el año 1901 por Henry P. White, la nueva era de compañías manufactureras produjo empaquetaduras de metal tejido autolubrificantes para prensa estopas, que se vendieron a partir de 1917 bajo el nombre de empaquetaduras Durametallic. En 1923, la empresa cambió su nombre a “Durametallic Corporation”. El primer cierre mecánico Durametallic fue desarrollado en 1930. A partir de 1950, la gama de productos se amplió y se abrieron oficinas internacionales. En septiembre de 1995, Durametallic adquirió a Pac-Seal. Durametallic fue adquirida por Durco en octubre de 1995 (Ver fig. 1.1) [1].

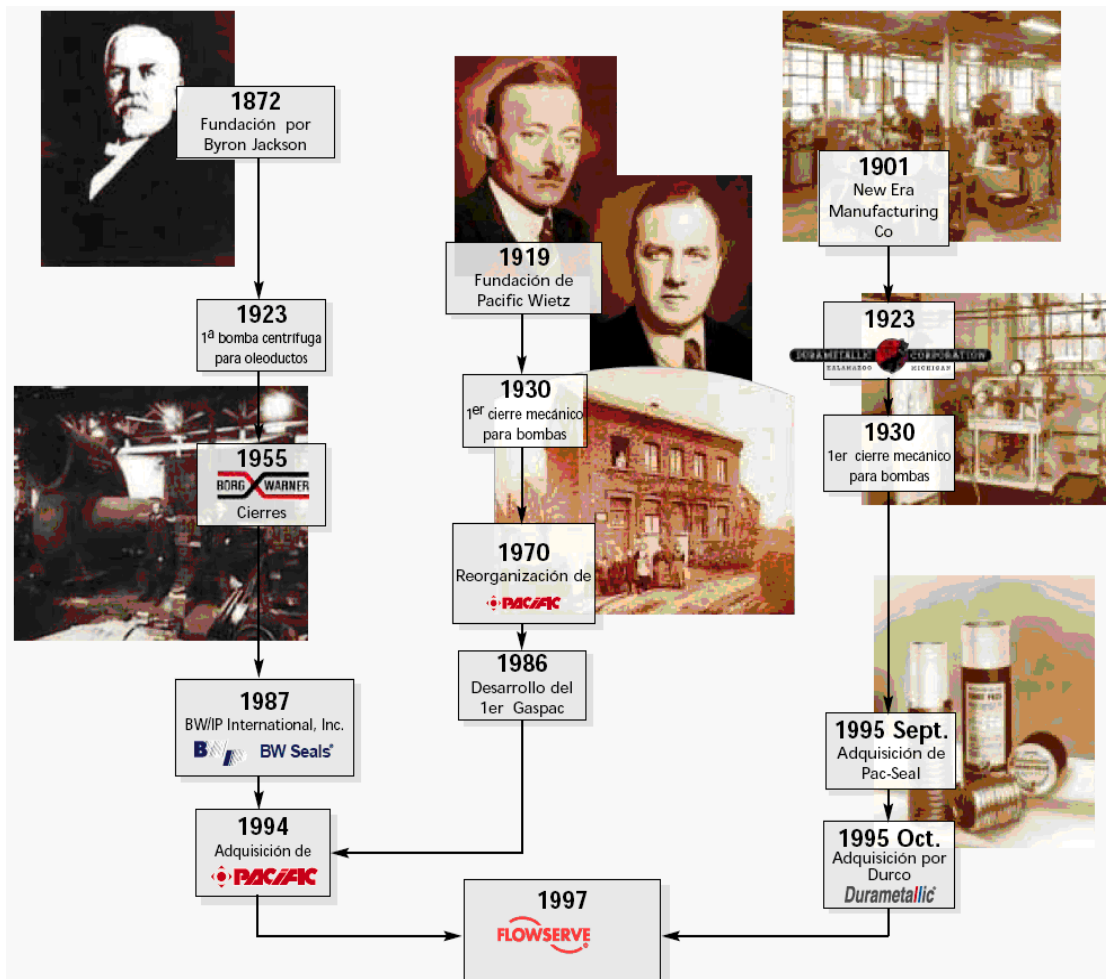


Figura 1.1. Historia de la compañía Flowserve [1].

### 1.3 TRANSFORMACIÓN Y ÉXITO

Flowserve FSD es el líder mundial en alianzas con los titulares de instalaciones y fabricantes de equipos rotativos. Las diversidades de opciones que ofrece permiten a los clientes seleccionar el nivel de participación y responsabilidad que satisfacen sus necesidades. Dependiendo del contrato, Flowserve FSD puede asignar personal propio en planta para optimizar el funcionamiento de los cierres mecánicos y alcanzar mejoras importantes en la vida de estos, reduciendo de esta manera los costos de mantenimiento.



La formación del personal de empresa y de mantenimiento tiene gran influencia sobre la duración de vida de cierres mecánicos. Flowserve FSD posee centros modernos de formación para la instrucción teórica y práctica.

#### **1.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA**

Flowserve de Venezuela, S.A. lleva adelante actividades en materia de manufactura y reparación de sellos mecánicos, pruebas estáticas en los sellos, aplicación de ingeniería, control de inventario, centro de entrenamiento, todo tipo de servicios y pruebas para bombas y válvulas, donde el cliente se sienta identificado con ellos y se encuentre en toda confianza de adquirir sus productos.

Por esta razón la empresa se encuentra ubicada en el sector de las actividades económicas secundarias, el cual por definición es aquel donde se ubican todas aquellas personas que laboran en actividades que corresponden al ramo industrial y la minería en general o dicho de otra forma, pertenece al segundo sector de la población económicamente activa, porque es una empresa que involucra actividades de transformación de materias primas en productos industriales de equipo básico o de consumo, que exigen un alto grado de organización y presentan un gran proceso técnico. Flowserve FSD, posee la segunda posición en el mercado a nivel mundial, tiene alrededor de 3000 empleados distribuidos en 56 países y un dividendo de \$500 millones en lo que a venta se refiere [1].

#### **1.5 POLÍTICA DE LA CALIDAD**

El Compromiso de Flowserve de Venezuela S.A., es proveer los mejores servicios y productos para el manejo de fluidos que satisfagan plenamente las expectativas de los clientes, soportados en la mejora continua de los procesos y el cumplimiento de los objetivos de la calidad.



## **1.6 MOTIVACIÓN**

La motivación causa, canaliza y sostiene el comportamiento del ser humano, este es y será siempre un concepto de gran importancia para quienes tienen la responsabilidad de dirigir las organizaciones.

Flowserve de Venezuela, S.A. considera, que el personal es su recurso más valioso y su administración se fundamenta en los más sanos principios de respeto y equidad, procurándole condiciones óptimas para el desarrollo integral y el reconocimiento a su labor, basado en la contribución al logro de los resultados de la empresa, a la vez espera del personal dedicación, responsabilidad, lealtad y disciplina en el cumplimiento de sus asignaciones.

La empresa ofrece a sus empleados oportunidad de crecimiento y auto-realización, tanto en lo personal como en lo profesional. Igualmente respeta la dignidad de los socios, clientes, proveedores, contratistas y relacionados de la corporación; garantizándoles el cumplimiento de las condiciones convenidas y ofreciéndoles los servicios y productos de mejor calidad, para que de esta forma ellos se motiven y ofrezcan lo mejor de sí para el crecimiento de la empresa [1].

## **1.7 CLIMA ORGANIZACIONAL**

El clima organizacional, es el grado en que el entorno es favorable o desfavorable para las personas que integran la organización.

Flowserve de Venezuela, S.A. cree firmemente en un clima organizacional abierto y que los resultados finales de la gestión sean producto del esfuerzo y contribución de todos. Esto hace que el entorno de trabajo sea más agradable, debido a que todos tienen la oportunidad de participar y contribuir en determinada actividad, lo cual enriquece el proceso de toma de decisiones, estimula el trabajo en equipo y asegura el compromiso del personal.



## **1.8 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA**

Flowserve Coporation, se subdivide (está conformada) por tres (3) divisiones comerciales

- División de Bombas (Flow Pump Division, FPD).
- División de Sellos (Flow Sealing Division, FSD).
- División de Válvulas (Flow Control Division, FCD).

Entre los principales centros de investigación y desarrollo se encuentran:

- Kalamazoo, USA.
- Temecula, USA.
- Roosendaal, Holanda.
- Dortmund, Alemania.

En estos centros se obtiene un personal altamente calificado y diversidad en área de investigación e ingeniería:

- Ingenieros, Diseñadores, Técnicos.
- Finite Element Analysis (FEA).
- Computer Aided Seal Analysis (CASA).
- Dura FEM.
- Afiliada con Universidades de Renombre.
- Bancos de Prueba para Simular las Condiciones Reales de Operación.

Flowserve de Venezuela, S.A., centro de servicios Barcelona cuenta actualmente con:



- Reparación de Sellos Mecánicos.
- Pruebas Estáticas.
- Inventario.
- Centro de Entrenamiento.
- Todo tipo de servicios y pruebas para bombas y válvulas.

### **1.9 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La empresa FLOWSERVE C.A., está constituida por tres (3) divisiones comerciales encargadas de la instalación y fabricación de equipos rotativos, las cuales son División de Bombas, División de Válvulas y la División de Sellos de Fluidos; ésta última se encarga de diseñar sellos mecánicos y equipos auxiliares, para dar solución al sellado mecánico de fluidos utilizados por las diferentes industrias del país. Esta empresa cuenta con una diversidad de equipos dinámicos y estáticos, uno de ellos son las bombas centrífugas, llamadas así, porque el nivel de presión que éstas crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga, las mismas son utilizadas en el flujo de líquidos en los procesos industriales que se realizan en empresas petroleras, siderúrgicas, farmacéuticas, entre otras.

Actualmente la empresa FLOWSERVE BARCELONA, cuenta con un taller de sellos llamado Centro de Respuesta Rápida (QRC), el cual tiene entre sus funciones realizar pruebas neumáticas estática a los sellos según la norma API 682 (tests de calidad para sellos mecánicos) y así, poder dar el certificado de calidad a las empresas que adquieren los mismos.

El problema radica en que en el taller no se puede realizar la prueba neumática estática en los sellos modelo U.H.T. (Sellos Balanceados y Multiresorte, de Alta Velocidad y Presión), debido a que las entradas de la brida de este sello son lisas, lo que no permite conectar correctamente las mangueras que provienen del banco de





prueba existente en dicha empresa. Esto trae como consecuencia que se originen fugas de aire en la conexión brida-manguera y en función a esta anomalía en la ejecución de la prueba no se garantiza el buen funcionamiento del sello mecánico al momento de su uso. Siendo esto responsabilidad directa de la empresa (FLOWSERVE).

La utilización de los sellos mecánicos U.H.T. en el ámbito industrial, básicamente para bombas centrífugas, representa uno de los componentes vitales para el funcionamiento de dichos equipos rotativos. De esta forma la verificación de la buena operación de los sellos U.H.T. reviste de gran importancia tanto en el aspecto operacional como en el de calidad del producto que sale de planta.

En función de lo anteriormente expuesto, y en la búsqueda de solución al problema planteado, se propone el “Diseño de un Anillo presurizado para pruebas neumáticas estáticas en sellos mecánicos de bombas centrífugas”, para verificar el buen funcionamiento de los mismos, y así garantizar la calidad del producto, dicho diseño será realizado según las normas ASME (American Society of Mechanical Engineers) Sección VIII, División I (Diseño, Construcción e Inspección de Recipientes a Presión). El problema es tan grave que han ocurrido casos de devolución de los sellos a la empresa, acarreado incremento de costo en su gran mayoría.

La incertidumbre que existe en la empresa FLOWSERVE BARCELONA, después de la instalación de un sello mecánico modelo U.H.T. en una bomba centrífuga, sin antes realizarle una prueba neumática estática, es lo que lleva a la elaboración del diseño de un anillo de presurización que permita realizar la prueba, con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento de los mismos.



## **1.10 OBJETIVOS**

### **1.10.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un acople rígido para la realización de pruebas neumáticas estáticas a sellos mecánicos modelo U.H.T. utilizados en bombas centrífugas en la empresa FLOWSERVE BARCELONA.

### **1.10.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar la situación actual de las pruebas neumáticas estáticas a los sellos tipo U.H.T.
2. Diseñar la geometría del acople de acuerdo a las características del banco de prueba, tomando en cuenta las cargas a las cuales estará sometido su estructura.
3. Aplicar las normas ASME Sección VIII División I al diseño del acople para la prueba neumática.
4. Describir el procedimiento para la ejecución de la Prueba Neumática a los Sellos Mecánicos tipo U.H.T.
5. Elaborar los planos del diseño del acople.



## **CAPÍTULO 2**

### **2.1 ANTECEDENTES**

A continuación se presenta un breve resumen de las investigaciones realizadas en el área de estudio que servirán de base, ya sea por su contenido o metodología, para el desarrollo del trabajo de grado.

En el año 2005, Chávez, J. [1], realizó un proyecto tuvo como finalidad actualizar mediante un proceso de estandarización y un registro computarizado del mismo, todos los sellos mecánicos instalados en las bombas que operan en la Refinería El Palito. Para así crear un procedimiento que permita la continua actualización de la información recopilada, en auxilio del necesario e imprescindible registro, de innumerables equipos, establecidos en el proceso productivo de las instalaciones a su cargo, las cuales se encuentran ubicadas en la Refinería El Palito Edo. Carabobo perteneciente a la empresa PDVSA.

En el año 2005, Fuentes Cumana, R. [2], Este proyecto tuvo como finalidad disminuir el tiempo de mantenimiento a equipos en el momento de ejecutar la prueba hidrostática. Los cálculos fueron adaptados al caso particular de bridas tipo suelta, siguiendo las recomendaciones del código ASME Sección VIII División I, ASME B.165 y las Normas TEMA.

En el año 2007, Zambrano Meza, J. (2007). [3], realizó una verificación de los estados de los bancos de pruebas para válvulas con los que cuenta la Refinería de Puerto la Cruz, los cuales presentan una serie de inconvenientes que generan que no se cumplieran la norma establecida para la prueba de válvulas (API 598).



## **2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1 Generalidades:**

a) Diseño: “Es formular para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan propicia la creación de algo que tiene una realidad física, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar” [4].

b) Sello mecánico: Es un dispositivo de sellado que previene el escape de fluido de un recipiente, al cual atraviesa un eje rotativo, realizando el sellado por el contacto axial de sus caras y el uso de sellos secundarios en partes específicas del mismo.

c) Sello Mecánico UHT: Es un dispositivo de sellado doble, con un arreglo de dos sellos orientados en sentido opuesto o encontrado o en serie, para operar con un fluido buffer a mayor presión que la del producto. Con los siguientes límites de operaciones: presión hasta 2500psi, temperatura hasta 400 °F, velocidad de eje máxima de 75 m/s y diámetro del eje de la bomba mínimo 41mm y máximo 305mm.

d) Principio de Funcionamiento de un sello mecánico: Poseen dos caras en contacto muy pulidas y planas, una en rotación con el eje (cara rotativa) y la otra estacionaria con la carcasa (cara estacionaria), las cuales tienen elementos que les permite ponerse en contacto y en movimiento, sin dejar que el fluido pueda salir al ambiente.

### **2.2.2 Componentes de un Sello Mecánico**

Los sellos mecánicos están conformados por una variedad de piezas tanto externamente como internamente como lo son:



### 2.2.2.1 Cara Rotatoria

Como su nombre lo indica, ésta rota con el eje de la bomba. Está normalmente conectada al eje a través del ensamblaje de los fuelles o resorte(s) por medio de los prisioneros. Con los sellos U y BX (sello balanceado de fuelle) la cara rotativa es encapsulada (Shrink Fit). Con el sello QS (sello no balanceado monoresorte) y QBS (sello balanceado monoresorte), la cara rotativa se mantiene en el aro retenedor sosteniendo el(los) resorte(s) dentro de la jaula de resortes. Algunos materiales comunes para la cara rotativa son carburo de tungsteno, carburo de silicio y varios tipos de carbón (Ver fig. 2.1) [5].

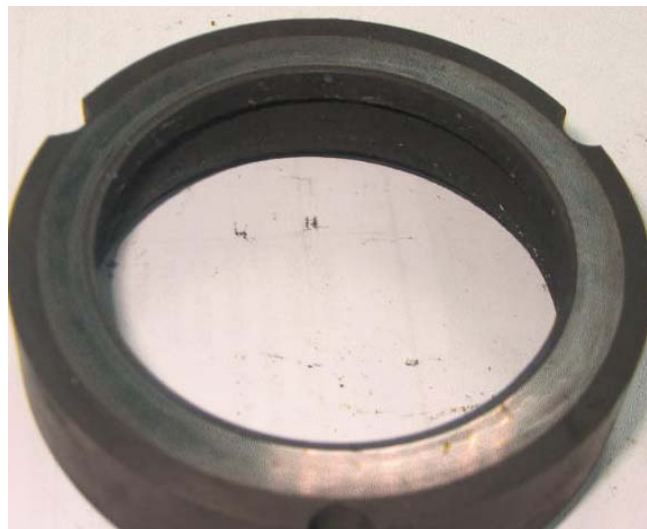


Figura 2.1. Cara Rotativa.

### 2.2.2.2 Cara Estacionaria

Igual que su nombre lo indica, ésta no se mueve. Su rotación es impedida por medio de una cuña anti-rotativa. La empaadura es montada en el agujero perimetral (en el diámetro externo) especialmente diseñado para tal fin. Algunos ejemplos de materiales utilizados son carburo de tungsteno, carburo de silicio y varios tipos de carbón. Los cuales se utilizan de acuerdo a varios parámetros de operación (Ver fig. 2.2) [5].



### 2.2.2.3 Sellos Secundarios o Empacaduras

Las empacaduras pueden ser divididas en dinámicas y estáticas. Una empacadura estática es aquella que una vez colocada en el lugar correspondiente, no se mueve de dicho lugar. El O-ring de la cara estacionaria es un ejemplo de ello, el cual impide que la misma quede ajustada y no tenga fuga por sus entornos periféricos. Una empacadura dinámica, por el contrario, es aquella que no conserva su lugar de diseño y se mueve axialmente sobre la camisa. Las empacaduras del cuerpo rotativo de los sellos de resorte es un excelente ejemplo de ello (Ver fig. 2.3) [5].

Las empacaduras en un sello mecánico tienen dos funciones principales. En el caso de la cara estacionaria, es usada para mantener su posición en la brida. La otra función es la de proveer un sellado secundario al sello mecánico. La empacadura entre la cara estacionaria y la brida evita la fuga por la parte trasera de la brida. La empacadura de la brida previene las emisiones a través de la unión entre la cara del stuffingbox y la brida.



Figura 2.2. Cara Estacionaria.



#### 2.2.2.4 Medios de Compresión

Su función es proporcionar una fuerza de cierre para mantener las caras del sello juntas, con la finalidad de asegurar que al aplicar la presión del fluido, estas posean una correcta posición, para sellar la presión que proporcionará el fluido. Estos elementos pueden ser resortes o fuelles, los cuales consisten en una serie de diafragmas soldados en serie, los cuales actúan como un resorte, son de auto limpieza no se afectan por una cantidad de residuos a los lados y tienen más tolerancias a los fluidos sucios y acumulaciones en el lado atmosférico, y los resortes están dentro del spring holder (sostenedor de resorte) y se mantienen en su lugar gracias al aro retenedor, contra el cual se apoya la cara rotativa. Cuando los medios de compresión están en el cuerpo rotativo, éstos son fijados al eje o camisa a través de los prisioneros, lo cual permite a la unidad rotativa, ejercer su movimiento junto al eje de la bomba (Ver fig. 2.4) [5].

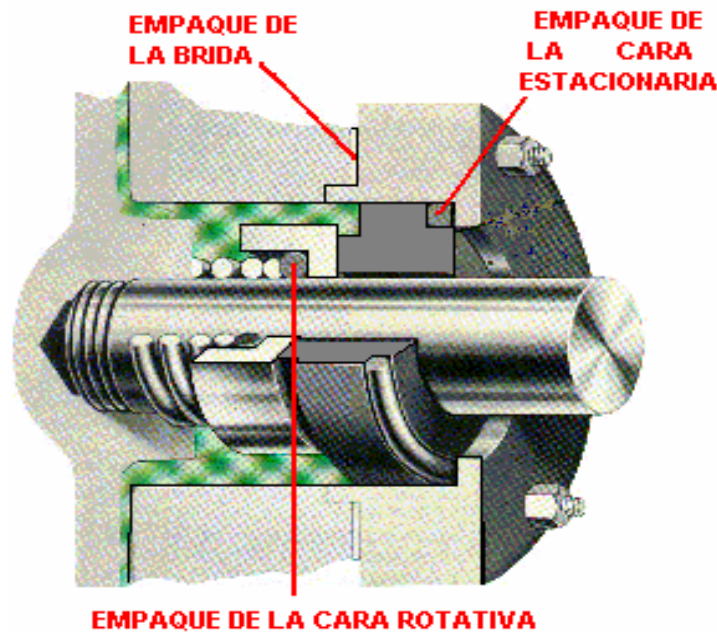


Figura 2.3. Sellos Secundarios o Empacaduras [5].



Figura 2.4. Medios de Compresión.

### 2.2.2.5 Accesorios

Los accesorios son los componentes de un sello mecánico que no forman parte del sello básico. Estos son la brida, la camisa, los bujes o el collar de arrastre.

a) La brida: va apernada a la cara de la caja de sellado (stuffingbox), por lo tanto es estacionaria, lo que implica que sea ésta quien aloje a la cara estacionaria. Es quien le brinda protección a todos los componentes internos del sello mecánico en especial la cara estacionaria, para garantizar una calidad de sellado eficiente (Ver fig. 2.5).



Figura 2.5. Medios de Compresión





b) La camisa: envuelve al eje de la bomba para protegerlo y para facilitar la instalación del sello mecánico, en caso de ser tipo cartucho. Un sello tipo cartucho, es aquel que se encuentra ensamblado en su totalidad sobre la camisa en su estado de compresión (Ver fig. 2.6).

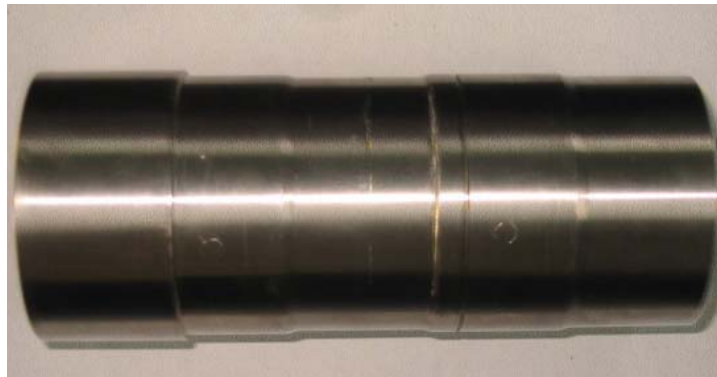


Figura 2.6. Camisa del Sello Mecánico.

c) El buje: es un anillo con poca luz. El buje de desastre o buje de brida actúa como un sello secundario y como medio de protección de las caras en caso de una falla de la bomba (movimiento del eje). Este dirige la poca fuga existente hacia el orificio de drenaje y absorbe las deflexiones del eje en caso de falla de los cojinetes (Ver fig. 2.7) [5].



Figura 2.7. Bujes del Sello Mecánico.



d) El collar de arrastre: es importante para los sellos tipo cartucho. Es colocado al final de la camisa, detrás de la brida. Cuando el sello es instalado directamente sobre el eje, es mantenido en su sitio por medios de tornillos (prisioneros). El collar de arrastre conecta la camisa con el eje, por medio de tornillos (prisioneros) que pasan a través de unos orificios que tiene el mismo y se ajustan contra el eje fijándolo al mismo. De esta manera el eje hace rotar al collar de arrastre, y por consiguiente al sello (cara rotativa) (Ver fig. 2.8).



Figura 2.8. Collar de Arrastre del Sello Mecánico.

### 2.2.3 Clasificación de los Sellos Mecánicos.

Los sellos mecánicos se pueden clasificar según muchos factores, como su uso, material de diseño, ambiente de trabajo, parámetros a los cuales va a trabajar (presión, temperatura, fluido), entre otros. En la figs. 2.9 y 2.10 se ilustran de manera general y completa la clasificación de los sellos mecánicos según su arreglo y su diseño.



Figura 2.9. Clasificación de los Sellos Mecánicos por Arreglo [5].

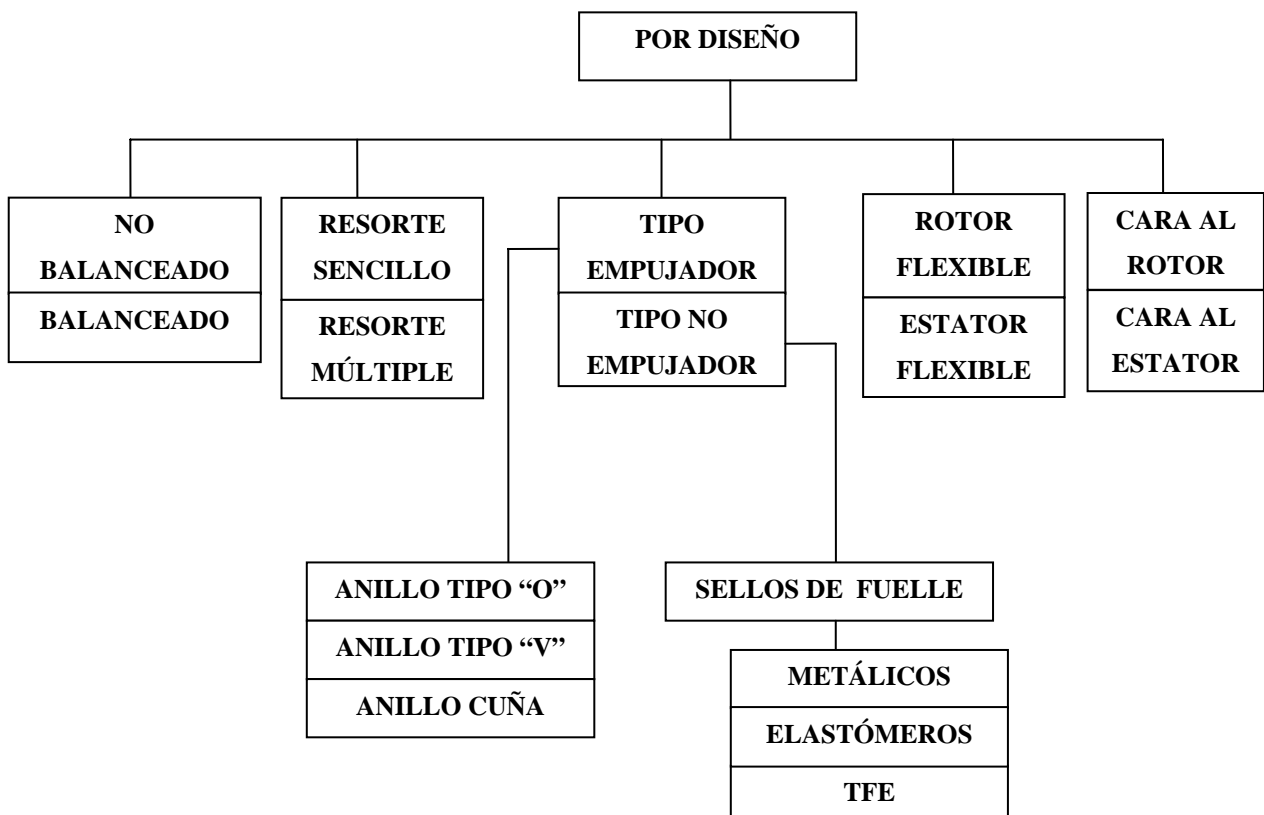


Fig. 2.10. Clasificación de los Sellos Mecánicos por Diseño [5].



### 2.2.3.1 Por arreglo Sencillo

a) Interno: Los materiales de construcción del sello interior son seleccionados para resistir líquidos corrosivos en la caja de empaquetadura de la bomba. Estos sellos pueden modificarse fácilmente para acomodar controles ambientales y pueden ser balanceados para resistir altas presiones en la caja de empaquetadura (Ver fig. 2.11).

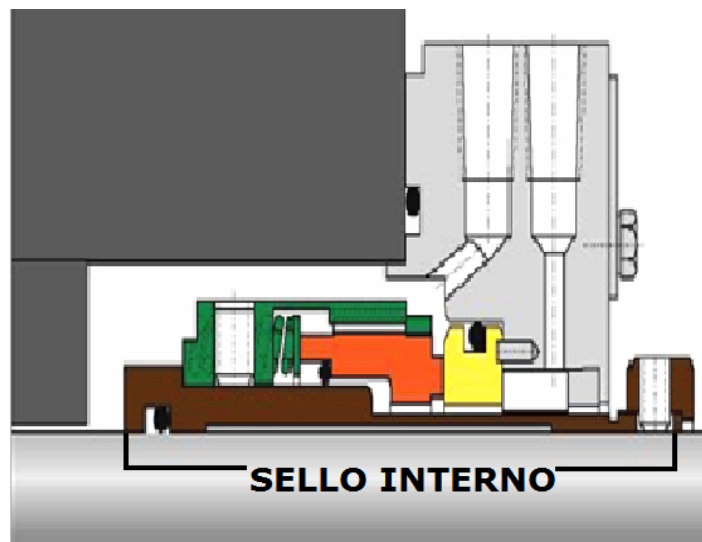


Figura 2.11. Sello mecánico sencillo interno [1].

b) Externo: Si el líquido corrosivo tiene propiedades lubricantes satisfactorias, un sello exterior ofrece una alternativa económica a las costosas metalurgias requeridas para que un sello interior resista la corrosión. La fig. 2.12 ilustra un arreglo típico de sello exterior no cartucho (el sello mecánico no tiene camisa) en el cual solamente el inserto, el anillo del sello y el sello secundario están expuestos al producto. Todos estos componentes pueden ser no metálicos. Las partes rotatorias metálicas están expuestas a la atmósfera.

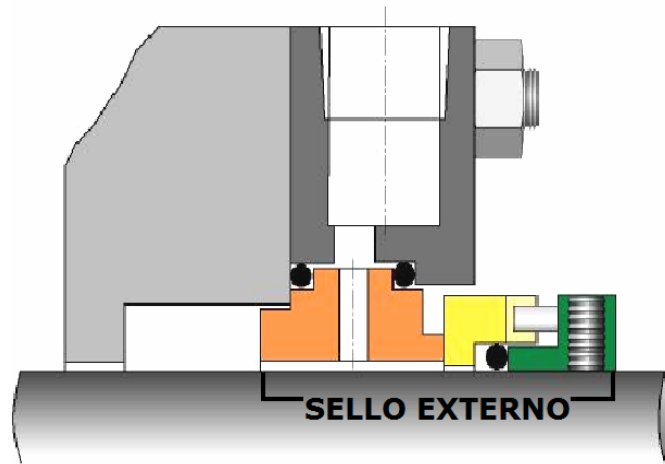


Figura 2.12. Sello mecánico sencillo externo [1].

### 2.2.3.2 Por arreglo: Múltiple.

a) Espalda contra espalda: la fig. 2.13 ilustra una instalación típica de un sello doble de espaldas contra espalda. Un líquido compatible, usualmente agua se inyecta en la cámara de sellado. Este líquido llamado líquido amortiguador, debe mantenerse entre los sellos a una presión más alta que la del producto detrás del rotor.

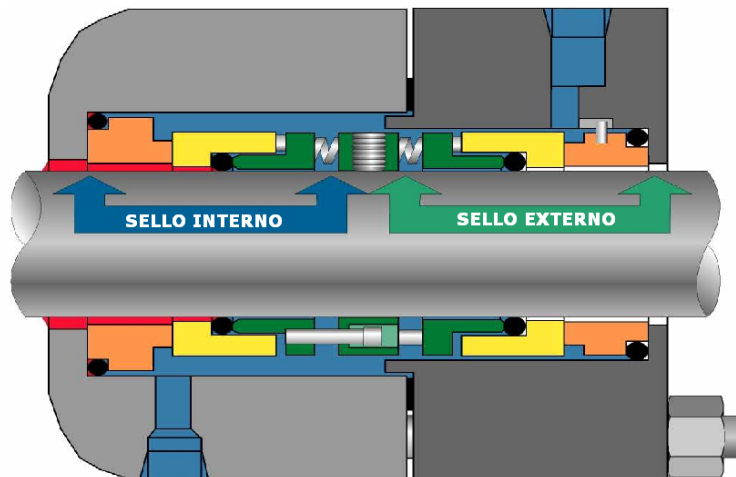


Figura 2.13. Sello mecánico múltiple espalda contra espalda [1].

b) Caras contra cara: a veces la caja de empaquetadura es demasiado pequeña para acomodar sellos dobles de espaldas. Un arreglo alternativo para utilizarse en tales



casos, es el sello doble de cara contra cara. Este sello se monta usualmente en cartucho con un sello dentro de la caja de empaquetadura y un sello en la parte de afuera. Ambos sellos giran contra un inserto estacionario común o separado. La fig. 2.14 ilustra el ensamble de un sello doble cara contra cara.

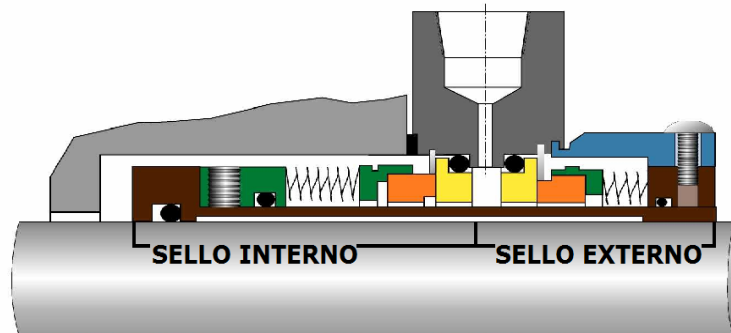


Figura 2.14. Sello mecánico múltiple cara contra cara [1].

c) Tandem: debido a consideraciones de salud, seguridad y ambiente, hay una tendencia creciente hacia el uso de arreglos de sellos conocidos como arreglos tandem. Un sello tandem típico se ilustra en la fig. 2.15 bajo condiciones normales de operación, el sello de la parte interior, o primario, está diseñado para resistir la presión total del producto. El sello de la parte exterior, opera en un líquido amortiguador apropiado a una presión atmosférica o muy baja. Si el calor generado por el sello de la parte exterior es alto, usualmente se agrega un dispositivo de bombeo para crear flujo desde la cavidad del sello de la parte exterior y a través del tanque de suministro del fluido amortiguador en circuito cerrado.

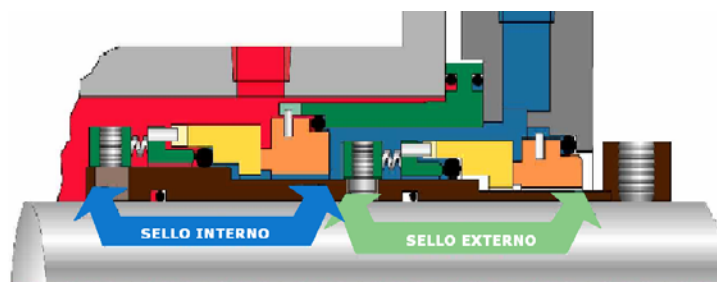


Figura 2.15. Sello mecánico múltiple tándem [1].



### 2.2.3.3 Por diseño:

a) No balanceado: los sellos no balanceados son a menudo el diseño seleccionado para sellos interiores. La cantidad de escape a través de la cara del sello es inversamente proporcional a la cantidad de carga sobre la cara del sello; entre más alta la carga, mas bajo el escape de la cara. Los sellos no balanceados a diferencia de los balanceados se caracterizan por tener cargas más altas sobre la cara, lo que proporcionan menos escape y más estabilidad cuando se someten a vibración, desalineamiento o cavitación. Son a menudo menos costosos y más adaptables a las cajas de empaquetaduras estándar, sin necesidad de modificaciones en la manga del eje o en la caja de empaquetadura. Generalmente se instalan directamente al eje, ya que la mayoría de estos sellos no contienen camisas (Ver fig. 2.16).

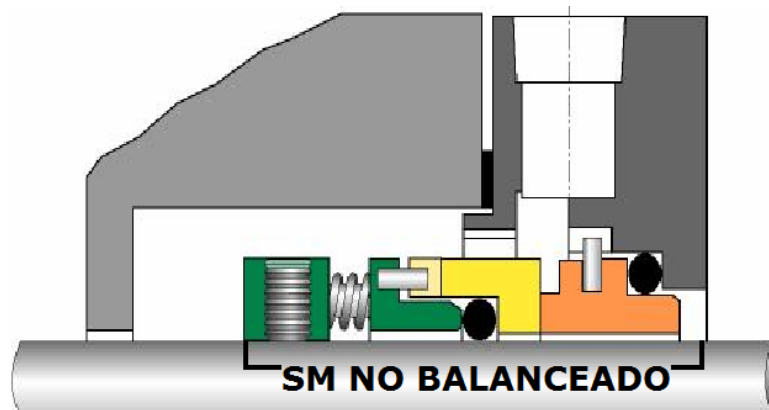


Figura 2.16. Sello mecánico no balanceado [1].

b) Balanceado: el balancear un sello requiere un cambio sencillo de diseño que reduce las fuerzas hidráulicas que cierran las caras del sello. No tiene nada que ver con el balanceo dinámico hecho a la rueda de un automóvil o al rotor de una bomba centrífuga. Al refregarse las caras del sello, la cantidad de calor que generan se determina por la cantidad de calor ejercida, la película lubricante entre las superficies y la velocidad relativa del movimiento. Presiones y velocidades altas pueden producir calor excesivo. Cuando se genera calor en exceso, puede quitarse aumentando la



lubricación entre las caras. La lubricación puede aumentarse reduciendo el efecto de la presión hidráulica en la cavidad del sello sobre las caras del sello.

Las caras se mantienen separadas por una película del líquido sellante. La carga del resorte y la presión hidráulica en la caja de empaquetadura actúan juntas sobre la superficie expuesta del anillo del sello, para conservar las caras centradas, restringiendo así, el escape a un nivel aceptable, usualmente indetectable (Ver fig. 2.17).



Figura 2.17. Sello mecánico balanceado [1].

#### 2.2.4 Tipos de acoplamientos.

Básicamente los acoplamientos se clasifican en dos tipos, los rígidos y los flexibles:

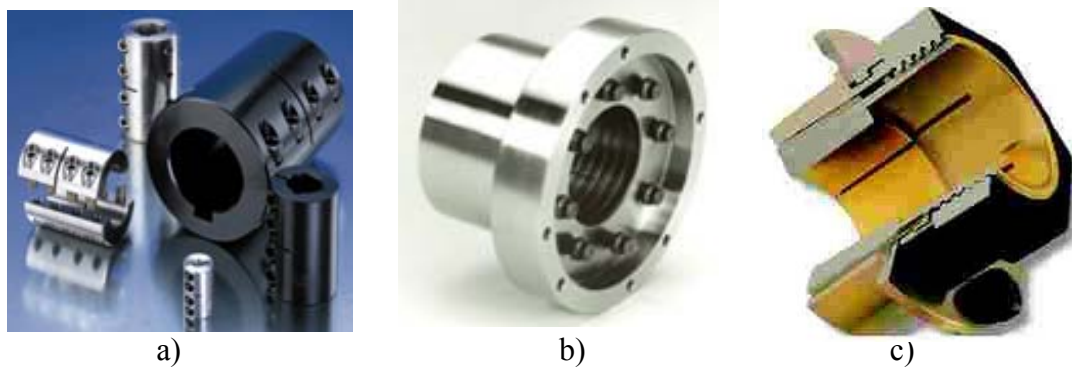
##### 2.2.4.1 Acoplamientos Rígidos:

Los acoplamientos rígidos se diseñan para unir dos ejes en forma apretada, de manera que no se genere movimiento relativo entre ellos en lo posible. Este diseño es deseable para ciertos tipos de equipos en los cuales se requiere una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse; en tales casos el acople debe diseñarse de tal forma que sea capaz de transmitir el torque en los ejes [6].





Los acoplamientos rígidos deben emplearse sólo cuando la alineación de los dos ejes puede mantenerse con mucha precisión, no sólo en elemento en que se instalan, sino también durante la operación de las máquinas. Si surge desalineación angular, radial o axial significativa, aquellas tensiones que son difíciles de predecir y pueden conducir a una falla temprana del eje debida a fatiga, pueden ser inducidas sobre los ejes. Dificultades como las anteriores son susceptibles de evitarse utilizando acoplamientos flexibles (Ver figs. 2.18).



Figuras 2.18. a) Acoplamientos Rígidos de Manguito con Prisionero. b) Acoplamientos Rígidos de Platillos. c) Acoplamientos Rígidos por Sujeción o Cónica [6].

#### 2.2.4.2 Acoplamientos Flexibles

Los acoplamientos flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten cierta desalineación axial, radial o angular.

Dependiendo del método utilizado para absorber la desalineación, los acoplamientos flexibles pueden dividirse en:

- a)- Acoplamientos de elementos deslizantes.
- b)- Acoplamientos de elementos flexionantes.
- c)- Acoplamientos deslizantes y flexionantes (especiales).



### a)- Acoplamiento de Elementos Deslizantes

Estos tipos de acoplamiento absorben la desalineación o por deslizamiento entre dos o más de sus componentes. Este deslizamiento y las fuerzas generadas por el momento de torsión transmitido generan desgaste. Para dar lugar a una vida adecuada, estos acoplamientos se lubrican, o se emplean elementos hechos de plástico de baja fricción. Los acoplamientos de este tipo tienen dos mitades en virtud de que cada par deslizante de elementos puede absorber solo desalineación angular; se necesitan dos de estos pares para acomodar la desalineación paralela. Se puede comprender mejor este hecho, si se supone que cada par de elementos deslizante es una junta articulada [6].

Estos acoplamientos se subdividen en:

#### · Acoplamiento del Tipo de Engranaje

Estos acoplamientos constituyen el diseño más universal; pueden fabricarse casi para cualquier aplicación desde unos cuantos caballos de potencia hasta miles de ellos (desde menos de 1 rpm. hasta más de 20.000 rpm). Para una aplicación determinada un acoplamiento de engranaje suele ser más pequeño y más ligero que el de otro tipo. Estos acoplamientos pueden utilizarse en máquinas con árboles acoplados cerrados, o para grandes separaciones entre los árboles conectados. Por otra parte requieren lubricación periódica (cada seis meses), debido a que el lubricante es sometido a grandes fuerzas centrífugas, son rígidos respecto a la tracción y son más caros que otros tipos de acoplamientos. Un acoplamiento de engranaje para árboles acoplados cerrados tiene dos mitades unidas con tornillos, cada mitad solo tiene tres componentes: Un cubo, un manguito y un sello. El cubo tiene un juego de dientes externos y se asemeja bastante a un piñón. El manguito tiene un juego de dientes internos para acoplar, cortados en tal forma que, cuando se desliza sobre el cubo se tiene un juego (marca muerta) entre los dientes que se engranan. Las bridas



se conectan con ocho o más tornillos, y se instala entre ellas un empaque de papel o anillo para sellar la punta (Ver fig. 2.19) [6].

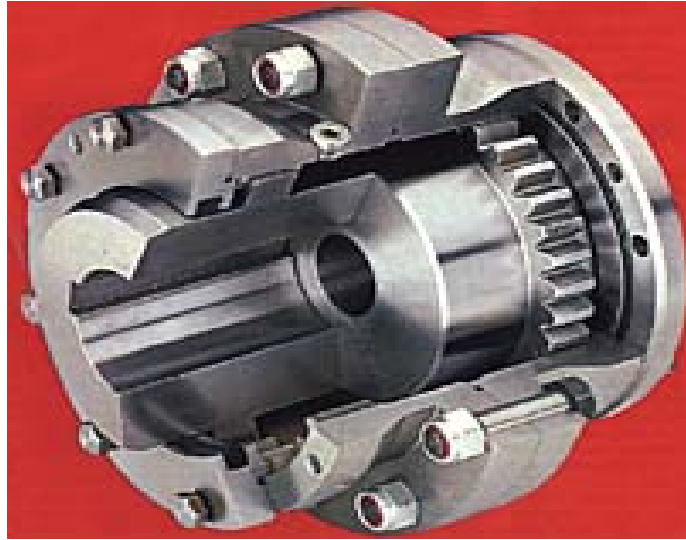


Figura 2.19. Acoplamientos flexibles de engranaje [6].

· Acoplamientos de cadena

Los acoplamientos de cadena sobresalen por su sencillez. Todo lo que se necesita son dos ruedas dentadas y un trozo de cadena doble. Por lo general se utiliza a baja velocidades, excepto cuando se le agrega una cubierta especial metálica o de plástico, para contener el lubricante, de lo contrario sería expulsado por la acción de las fuerzas centrífugas. Este tipo se utiliza en aplicaciones acopladas cerradas (Ver fig. 2.20) [6].

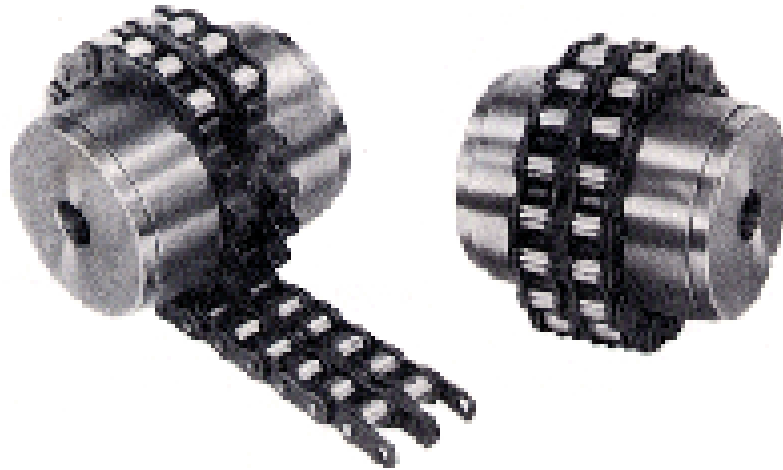


Figura 2.20. Acoplamiento flexible de cadenas. [6].

· Acoplamiento de Rejilla de Acero

Este tipo de acoplamiento se asemeja, en muchos aspectos al de engranaje. Tiene dos cubos con dientes externos, pero con un perfil especial. En vez de manguitos con dientes internos, tiene una rejilla de acero que pasa por todos los dientes. Debido a que la rejilla se flexiona un poco bajo la acción del momento de torsión, este tipo es menos rígido respecto a la torsión que el de engranaje (Ver fig. 2.21) [6].



Figura 2.21. Acoplamiento de Rejilla de Acero. [6].



b)- Acoplamientos de Elementos Flexionantes

Estos acoplamientos absorben la desalineación por la flexión de uno o más de sus componentes. Con el tiempo esta flexión puede hacer que falle el elemento el cual deberá remplazarse. Resulta evidente que cuanto menor sea la desalineación que deba absorber el acoplamiento, menor será la flexión que deben sufrir los elementos, pudiendo así obtenerse un servicio más largo sin problemas [6].

Dependiendo del material utilizado del elemento flexionante, los acoplamientos se puede dividir en dos tipos:

- Con elemento metálico
- Con elemento elastómero

Aquellos con elemento metálico sólo pueden absorber desalineación en cada punto de flexión. Para absorber desalineación paralela (no alineación), un acoplamiento necesita dos elementos flexionantes. Cuanto mayor sea la distancia entre los elementos mayores será la no alineación que pueda absorber el acoplamiento. Aquellos con elemento elastómero, sólo pueden absorber la no alineación de uno de los elementos. Están diseñados para máquinas acopladas que estén próximas entre sí; sin embargo si se utilizan con un buje especial para centrar, pueden aplicarse en los casos en que existen separaciones grandes entre ejes.

· Acoplamientos con Elementos Metálicos.

El elemento flexible no es de una sola pieza, se trata más bien de un paquete de muchos discos estampados, normalmente hechos con acero inoxidable. Los tamaños de un acoplamiento varían desde muy pequeñas hasta muy grandes [6].

Con unas cuantas excepciones no se puede utilizar a altas velocidades. El paquete de discos múltiples ofrece la ventaja de un sistema redundante, y el acoplamiento puede



funcionar incluso después de que han fallado uno o más discos. Sin embargo, el remplazar discos debe hacerse con el paquete como un todo, en vez de remplazar sólo los discos quebrados.

Una desventaja de este tipo, es que toleran muy poco error en el espaciado axial de las máquinas. Por otra parte esta desventaja se convierte en ventaja cuando se requiere un acoplamiento con flotación limitada en los extremos, como es el caso con los motores con cojinete de manguito, cuyo funcionamiento se apoya en su centrado magnético y no tienen cojinetes de empuje (Ver figs. 2.22 y 2.23).



Figura 2.22. Acoplamiento Flexible fuelle helicoidal [6].

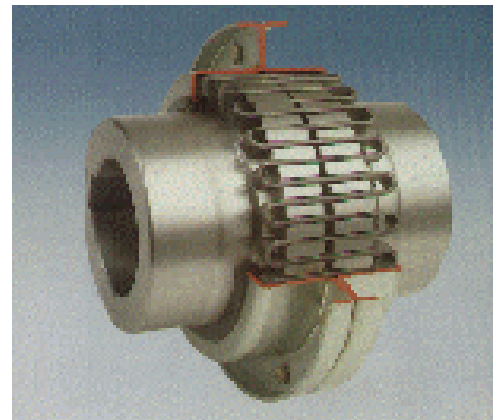


Figura 2.23 Acoplamiento de flexible direccional [6].

· Acoplamiento con Elemento Elastómero.

Existen muy pocos diseños que utilizan elementos elastómeros: en algunos se tiene caucho, con o sin pliegues, y en otros se tienen plásticos. Cada modelo posee sus ventajas y desventajas propias, muchas veces la disponibilidad en algunas zonas es particular (determina cual se utilizará). Son muy buenos a la hora de absorben movimientos radiales y longitudinales (son muy tenaz) y sus componentes



son similares a los de un acoplamiento de acero, se encuentran en una variedad de tamaños. Ver figs. 2.24 y 2.25. Se analizarán los tipos más populares:



Figura 2.24 Acoplamiento flexible de disco Flexible [6].



Figura 2.25 Acoplamientos flexibles de manguitos de goma [6].

- Llantas de caucho: La llanta de caucho está sujeta mediante mordazas a cada cubo, y se desliza axialmente para poder remplazarlas sin mover las máquinas conectadas [6].
- Rosquilla de caucho: La rosquilla está atornillada por sujetadores a los cubos y en el proceso también se precomprime para que nunca trabaje con tensión. Se desliza axialmente en uno de los insertos para facilitar su instalación sin perturbar las máquinas conectadas [6].
- Elemento rasurado: Este elemento resbala axialmente hacia adentro de los cubos y es de caucho o de plástico. Con el fin de remplazar el elemento, uno de los cubos debe empujarse hacia atrás axialmente. Para máquinas con acoplamientos muy cerrados, el elemento se desliza axialmente para que las máquinas no tengan que moverse en la instalación del mismo [6].



· Quijada: Este acoplamiento también se conoce como de estrella, debido a la forma del elemento elastómero. Este tipo tal vez sea el más sencillo, pero tiene las siguientes desventajas: Puede absorber muy poca desalineación y por lo común puede transmitir menos de 100 HP (74.6 Kw.) y de manera semejante al que tiene elemento ranurado, tiene que moverse axialmente uno de los cubos para poder remplazarlo [6].

### c)- Acoplamientos Especiales o Articulados

Junta Cardan: Permiten elevados desalineamientos, tanto angulares como radiales. De hecho, se suelen usar para transmitir movimiento entre ejes paralelos. El problema que presentan es que hay oscilación en la velocidad de salida. Para evitarlo se recurre al sistema con doble junta Cardan, que consta de un eje intermedio (Ver fig. 2.26) [6].



Figura 2.26 Junta Cardan [6].

Juntas homocinéticas: Poseen una pieza intermedia con bolas, lo cual permite elevadas desalineaciones. Son típicas en automoción (caja de cambios-rueda). Se adjuntan imágenes de dos tipos de jaulas para alojar las bolas (Ver fig. 2.27) [6].





Figura 2.27 Juntas homocinética [6].

Junta Oldham: Como en el caso anterior, presenta una pieza intermedia. En este caso se trata de una pieza cilíndrica con dos salientes prismáticos perpendiculares. Admite desalineaciones radiales (Ver fig. 2.28) [6].



Figura 2.28 Junta Oldham [6].

### 2.2.5 Prueba Neumática.

Consiste en inyectarle aire al sello mecánico a una presión de 25 a 30 psi por cinco (5) minutos, según la norma API 682 [7], por una de las entradas de la brida, verificando que las demás (si las tiene) estén bien selladas, de tal forma de probar si el mismo fuga o no fuga, lo cual se verifica observando un manómetro y notar si esta baja. De acuerdo a la norma antes mencionadas existe un rango de aceptación de fuga



del sello mecánico, el cual es de dos (2) psi si el sello es sencillo y de cuatro (4) psi si el sello es doble en los cinco (5) minutos de prueba, para así garantizar las condiciones optimas a la cual el sello mecánico va a estar en operación.

### **2.2.6 Manual de Procedimientos.**

Un manual de procedimientos es el documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de un determinado trabajo. El manual incluye además los puestos o unidades de trabajo que intervienen precisando su responsabilidad y participación. Suelen contener información y ejemplos de formularios, autorizaciones o documentos necesarios, máquinas o equipos de oficina a utilizar y cualquier otro dato que pueda auxiliar al correcto desarrollo de las actividades dentro de la empresa. En él se encuentra registrada y transmitida sin distorsión la información básica referente al funcionamiento de todas las unidades de trabajo, la evaluación y control interno y su vigilancia, la conciencia en los empleados y en sus jefes de que el trabajo se está realizando o no adecuadamente [8].

Permite conocer el funcionamiento interno, por lo que respecta a descripción de tareas, ubicación, requerimientos y a los puestos responsables de su ejecución. Auxilian en la inducción del puesto y al adiestramiento y capacitación del personal, ya que describen en forma detallada las actividades de cada puesto. Sirve para el análisis o revisión de los procedimientos de un sistema. Interviene en la consulta de todo el personal que desee emprender tareas de simplificación de trabajo como análisis de tiempos, delegación de autoridad, entre otras. Para establecer un sistema de información o bien modificar el ya existente. Para uniformar y controlar el cumplimiento de las rutinas de trabajo y evitar su alteración arbitraria. Determina en forma más sencilla las responsabilidades por fallas o errores. Facilita las labores de auditoría, evaluación del control interno y su evaluación. Aumenta la eficiencia de los



empleados, indicándoles lo que deben hacer y cómo deben hacerlo. Ayuda a la coordinación de actividades y evitar duplicidades [8].

## **2.2.7 Tornillos.**

### **2.2.7.1 Definición.**

Pieza cilíndrica de metal cuya superficie tiene un resalte en espiral de separación constante; este se emplea como elemento de unión, suele enroscarse en una tuerca y el mismo puede terminar en punta, planos o cualquier otra forma estandarizada [9].

### **2.2.7.2 Tipos de Tornillos**

**Tornillo de Unión:** Se utiliza para la unión de dos piezas y se hace a través de un agujero pasante (sin rosca) de una de ellas y roscando en la otra, como la tuerca.

**Tornillo Pasante:** Es un tornillo que atraviesa las piezas a unir sin roscar en ninguna de ellas. Se usan para piezas de fundición o aleaciones ligeras

**Espárragos:** Es una varilla roscada en los dos extremos sin variación de diámetro. Un extremo va roscado en la pieza mientras que el otro tiene rosca exterior, no tiene cabeza y la sujeción se logra por medio de una tuerca.

**Tornillo Autorroscantes:** Estos se usan para uniones que deban saltarse raramente, se recomienda para metales blandos o aceros de menos 50 Kg. de resistencia, en carrocerías, en mecánica fina y electrónica.

**Tornillo Prisionero:** Es una varilla roscada por uno o dos extremos, su colocación se realiza entre la tuerca y el tornillo, taladrado previamente.



### 2.2.8 Sujetadores Roscados.

Un sujetador es un elemento que sirve para sujetar o unir dos o más miembros. La denominación que se da a los sujetadores roscados depende de la función para la que fueron hechos y no de cómo se emplean realmente en casos específicos. Si se recuerda este hecho básico, no será difícil distinguir entre un tornillo y un perno. Si un elemento está diseñado de tal modo que su función primaria sea quedar instalado dentro de un agujero roscado, recibe el nombre de tornillo. Por tanto, un tornillo se aprieta aplicando un par torsor en su cabeza (Ver fig. 2.29) [9].

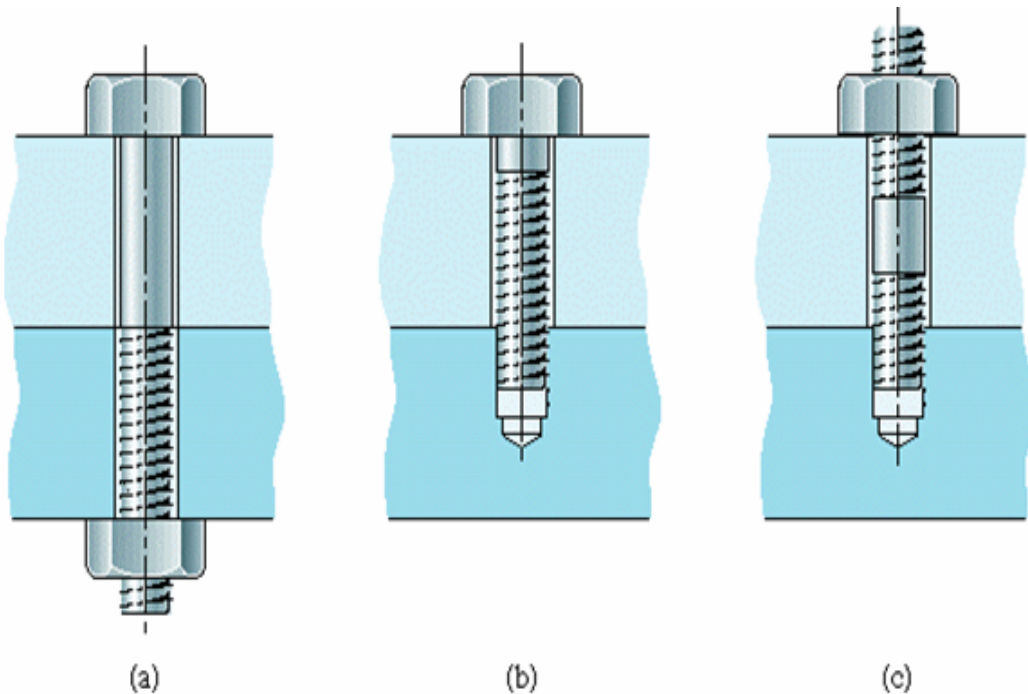


Figura 2.29 Tipos de Sujetadores Roscados. a) Tornillo y tuerca; b) Tornillo de cabeza; c) Birlo [9].

Si un elemento está diseñado para ser instalado con una tuerca, se denomina perno. Así, los pernos se aprietan aplicando una par torsor a la tuerca (Ver fig. 2.30).

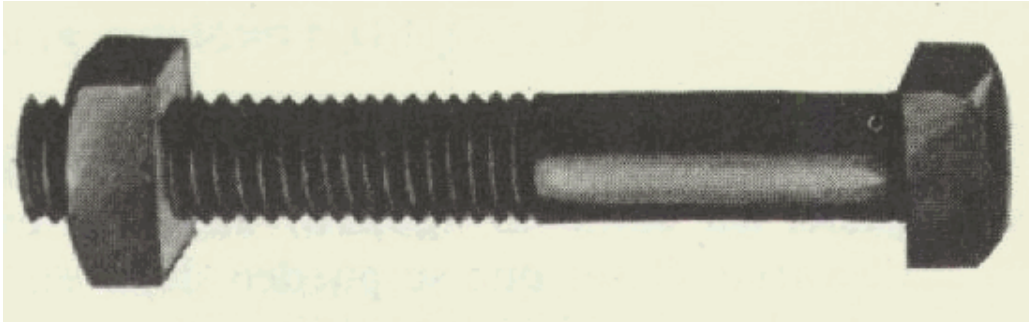


Figura 2.30 Perno de cabeza cuadrada para Maquina [9].

Un espárrago (o perno con doble rosca, birlo) es una varilla con rosca en sus dos extremos; uno entra en un agujero roscado y el otro recibe una tuerca (Ver fig. 2.31).

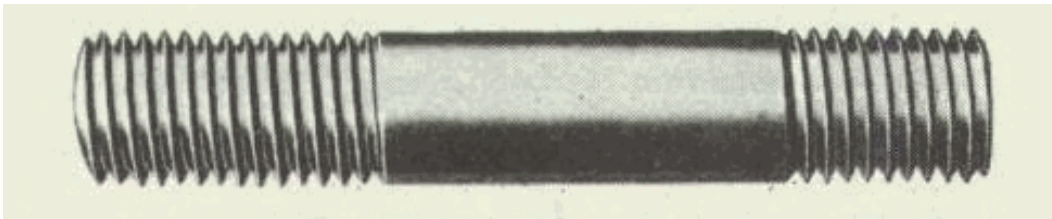


Figura 2.31 Espárrago-rosca basta [9].

Los sujetadores roscados incluyen pernos pasantes, tornillos de cabeza, tornillos de máquina, tornillos prisioneros y una variedad de implementos especiales que utilizan el principio del tornillo.

### 2.2.9 Esfuerzos.

“El esfuerzo es la fuerza aplicada por unidad de área, o intensidad de las fuerzas distribuidas sobre una sección dada” [4]. El esfuerzo normal es la intensidad de la fuerza que actúa perpendicular al área de sección transversal y se designa con la letra griega  $\sigma$ . El esfuerzo de tensión puede ser el resultado de cargas aplicadas, presión



interna en el sistema, o esfuerzos residuales provenientes de soldaduras anteriores o combadura. Para soluciones más detalladas se puede referir a una pequeña sección de área  $\Delta A$ , dividiendo la fuerza actuante  $\Delta F$  entre esa pequeña área, por medio de una expresión límite.

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (2.1)$$

Donde,

$\sigma$ : Esfuerzo.

$\Delta F$ : Delta de fuerza actuante.

$\Delta A$ : Delta de área.

Para una barra con sección transversal constante como la muestra la fig. 2.32, la Ec. 2.1 se reduce al esfuerzo normal medio.

$$\sigma_n = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Donde,

$\sigma_n$ : Esfuerzo normal medio.

$P$  : Presión.

$A$  : Área.

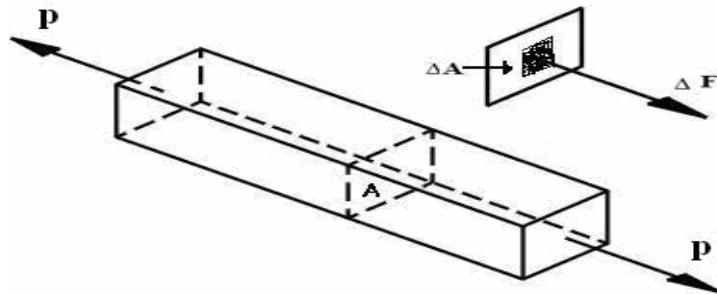


Figura 2.32 Esquema en tres dimensiones de una barra de área constante aplicada con carga a tensión [4].



### 2.2.10 Concentradores de Esfuerzos

La concentración de esfuerzos se define como un pico en la intensidad del esfuerzo que ocurre en un punto de discontinuidad geométrica de un elemento sometido a carga. Los concentradores de esfuerzo no son más que los cambios en la geometría de cualquier elemento al cual se le va a realizar los cálculos respectivos de esfuerzo, entre los cambios más comunes de los elementos se tienen los agujeros, cuñeros, filetes, variaciones en la sección transversal (dimensiones), grietas, discontinuidades, entre otras [4].

El concepto de un factor teórico o geométrico de concentración de esfuerzos se basa en la prueba de tensión de una barra isotrópica homogénea de sección transversal constante (área  $A$ ), el esfuerzo  $\sigma$  se distribuye uniformemente sobre la sección transversal maciza, con tal que la sección sea suficientemente lejana de los extremos de la barra, donde la carga se puede aplicar de una manera no uniforme (Ver fig. 2.33 a).

En las secciones del extremo, la distribución ordinaria del esfuerzo no es uniforme. No uniformidad del esfuerzo puede también ocurrir debido a cambios geométricos (los agujeros o las muescas) en la sección transversal de un espécimen (Ver fig. 2.33 b) [4], la Ec. 2.3 da el factor de concentración de esfuerzo  $K_t$ .

$$K_t = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n} \quad (2.3)$$

Donde,

$K_t$  : Factor de concentración de esfuerzo.

$\sigma_{\max}$ : Esfuerzo máximo.

$\sigma_n$  : Esfuerzo normal medio.

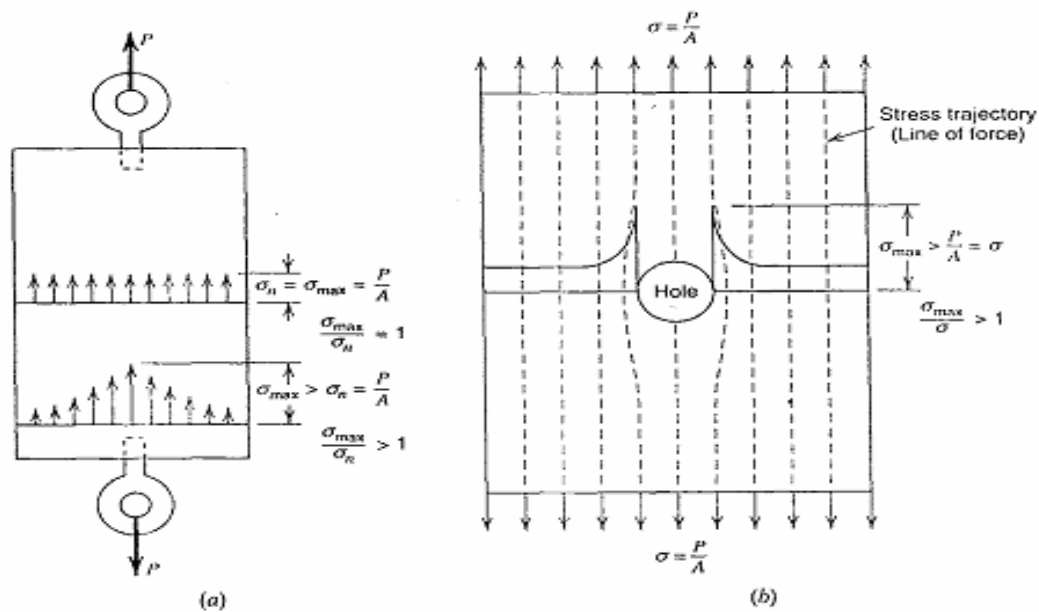


Figura 2.33 Distribución de los esfuerzos: (a) una barra de sección transversal constante sometida a tensión y (b) una barra con agujero también sometida a tensión [4].

### 2.2.11 Esfuerzo Cortante

El esfuerzo cortante es donde la intensidad de la fuerza actúa paralelamente al plano de la sección. Designando el esfuerzo cortante con la letra griega tau ( $\tau$ ), dividiendo la fuerza cortante  $V$  entre el área  $A$  de la sección transversal se obtiene el esfuerzo cortante medio de la sección:

$$\tau_{Medio} = \frac{V}{A} \tag{2.4}$$

Donde,

- $\tau_{Medio}$ : Esfuerzo cortante.
- $A$  : Área de la sección transversal.
- $V$  : Fuerza cortante.





Debe destacarse que la magnitud obtenida es un valor medio del esfuerzo cortante sobre la sección completa, dado que comúnmente dichos esfuerzos están distribuidos uniformemente en el área de la sección transversal; en ciertas aplicaciones se deben considerar en la práctica una distribución uniforme de esfuerzo cortante [4].

### **2.2.12 Acero inoxidable.**

El acero inoxidable fue inventado por Harry Brearley (1871-1948), quien había comenzado a edad muy temprana, 12 años, a trabajar como operario en la acería de su pueblo natal, Sheffield (Inglaterra). En 1912, Brearley comenzó a investigar, a petición de los fabricantes de armas, en una aleación que presentara mayor resistencia al desgaste que la experimentada hasta el momento por el interior de los cañones de las pequeñas armas de fuego como resultado del calor despedido por los gases [10].

Buscando un metal que resistiera la erosión, Brearley encontró un metal resistente a la corrosión. Su invento no tuvo mayor interés inmediato y fue destinado a la fabricación de cuberterías.

El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono que contiene por definición un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes. Los principales son el níquel y el molibdeno. Es un tipo de acero resistente a la corrosión, el cromo que contiene posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él, formando una capa pasivadora que evita la corrosión del hierro contenido en la aleación. Sin embargo, esta película puede ser afectada por algunos ácidos dando lugar a un ataque y oxidación del hierro por mecanismos intergranulares o picaduras generalizadas [10].



### 2.2.13 Características del Acero AISI 316

#### 2.2.13.1 Descripción general

Acero inoxidable austenítico al molibdeno. Se suelda fácilmente, pero en las zonas recalentadas si no se realizó hipertemple puede presentar corrosión intergranular. No es templable. Se puede endurecer por deformación en frío (alambres). En estado recocido (hipertemplado) no es ferromagnético. A medida que se deforma en frío, adquiere ferromagnetismo. En estado blando es apto para estampar en frío. Se añade molibdeno para aumentar la resistencia a la corrosión, prácticamente frente a cualquier agente corrosivo de concentración elevada y hasta temperaturas de aproximadamente 300°C. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 316 es un acero inoxidable de uso general con una estructura cúbica de caras centradas [10].

#### 2.2.13.2 Tratamientos

Forja: 1.100/900°C

Recocido (hipertemple)

Calentamiento a 1.100°C

Enfriamiento al agua. Endurecimiento por trafilación en frío.

#### 2.2.13.3 Propiedades Mecánicas

Módulo Elástico (GPa) = 190-210

Resistencia a la tracción (MPa) = 480

Elongación (%) = 40

Alargamiento (%) = 50

Dureza (HRB) = 83

#### 2.2.13.4 Composición Química

Carbono (C) máx. : 0.08 %



Manganeso (Mn) máx.:	2.0 %
Fosforo (P) máx.	: 0.04 %
Azufre (S) máx.	: 0.03 %
Silicio (Si) máx.	: 0.75 %
Cromo (Cr) máx.	: 16.0 a 18.0 %
Níquel (Ni)	: 10.0 a 14.0 %
Molibdeno (Mo)	: 2.0 a 3.0 %
Hierro (Fe)	: 66.0 a 68.0 %

#### **2.2.14 O- Ring. (Empaque secundario)**

Un O-Ring es el elemento más accesible y eficaz para prevenir la fuga de fluidos bajo distintas condiciones de servicio [11].

##### **2.2.14.1 Sus principales ventajas son:**

- Puede ser utilizado como sello estático, cuando las piezas no tienen movimiento y también en uso dinámico de vaivén, oscilante o rotativo.
- Permite el sellado en todas las direcciones, radial, axial u oblicua.
- El fluido puede ser líquido o gaseoso.
- Disponible en medidas y tolerancias normalizadas internacionalmente.
- Se dispone de una amplia variedad de dimensiones y compuestos.
- Son de bajo precio relativo.
- En muchos casos permiten su desarme y reutilización.
- Cierran en un amplio rango de presiones, temperaturas y tolerancias.
- Una vez instalados no requieren de ajustes durante su tiempo de vida útil.
- Son de peso reducido y requieren muy poco espacio, permitiendo un diseño muy compacto.



### 2.2.14.2 Diseño del Alojamiento.

La acción de sellado del O-Ring se materializa mediante la deformación de su sección "W" (diámetro del o-ring), obtenida a través de un correcto diseño de su alojamiento. Las dimensiones de ranura "L" y "G" pueden obtenerse de la tabla de diseño. Para uso estático, el aplastamiento varía del 12% al 25%. En uso dinámico la deformación debe ser del 8% al 20%. En alojamientos existentes, la cota "L" debe garantizar una deformación de la sección "W", no inferior a 0.25 mm en valor absoluto. La terminación superficial del alojamiento debe ser de 32" para superficies estáticas y de 16" para superficies dinámicas (Ver fig. 2.34).

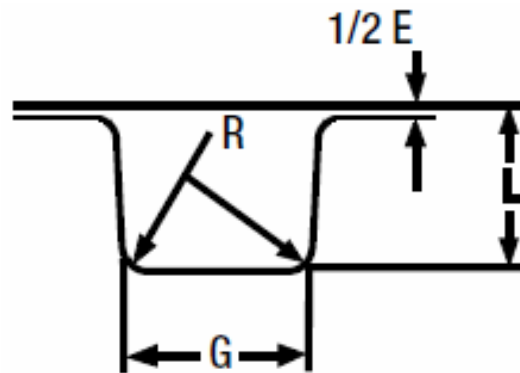


Figura 2.34 Alojamiento del O-Ring [11].

### 2.2.14.3 Normas de Montaje (diseñador Flowserve).

- Verificar que las dimensiones del O-Ring y el compuesto sean las correctas.
- Eliminar toda arista viva.
- Facilitar la deformación e introducción del O-Ring mediante un chaflán de 15/20°
- Asegurar una correcta limpieza del alojamiento y de los útiles de montaje.
- Proveer una adecuada lubricación inicial.
- El O-Ring puede ser estirado hasta un 50% de su diámetro interior para facilitar su colocación.



## *Capítulo 2. Marco Teórico*

---

- En el caso de los O-Rings de menor diámetro pueden requerirse estiramientos aún mayores.
- Se deberá evitar el clásico retorcimiento del O-Ring que generalmente se produce al finalizar su montaje dentro de la ranura.
- Nunca deberá forzarse su colocación sin haber observado todas las recomendaciones anteriores.



## **CAPÍTULO 3**

### **3.1 Enfoque de la investigación.**

El trabajo realizado se enmarcó en la modalidad de proyecto factible, el cual consiste, según la Universidad Experimental Libertador, “en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable, para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos” [12].

En este caso, se propone el diseño de un acople rígido que permita realizar pruebas neumáticas estáticas a sellos mecánicos modelo UHT utilizados en bombas centrifugas, con el cual se aspira verificar el buen funcionamiento de los mismos y así garantizar la calidad del producto. Dicho estudio se apoyó en una investigación de campo, entendiéndose por ésta, el tipo de investigación que “se refiere a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador” [13].

El estudio determinó, la necesidad que tiene la empresa FLOWSERVE en la implementación de un acople bipartido para la realización de pruebas neumáticas estáticas a sellos mecánicos modelos UHT, que permita el buen funcionamiento de los mismos, garantizando la calidad del producto y satisfaciendo de esta manera, los requerimientos de sus clientes.

El desarrollo metodológico de esta investigación se llevó a cabo, cumpliendo cada una de las etapas establecidas para la realización del proyecto, las cuales se muestran en el diagrama de bloque de la fig. 3.1.

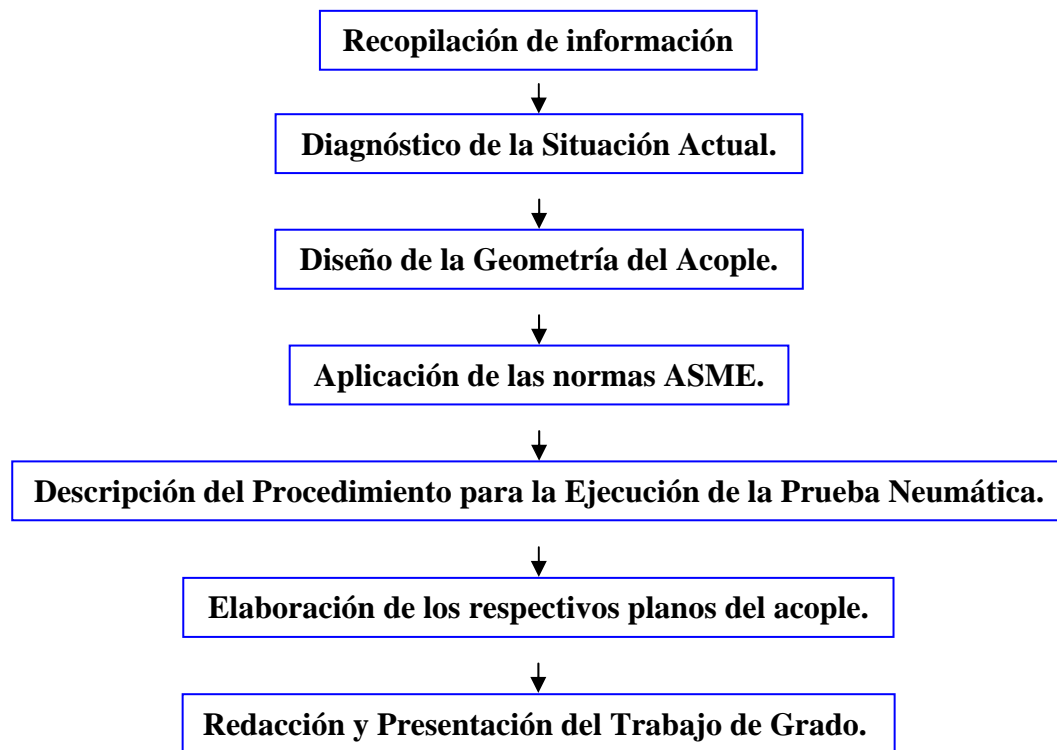


Figura 3.1 Esquema del desarrollo metodológico utilizado para la realización del trabajo de grado.

## 3.2 Población y Muestra.

### 3.2.1 Población.

Con la finalidad de realizar una investigación minuciosa, se seleccionó la totalidad de la población de empleados de la Gerencia de Sellos Mecánicos de la empresa FLOWSERVE Barcelona, la cual quedó constituida por ocho (8) empleados de la misma.

### 3.2.2 Muestra.

Se tomó como muestra, el total de la población en estudio, representada por los ocho (8) empleados de la empresa FLOWSERVE Barcelona (unidad de análisis). Se aplicó esta técnica considerando que la población estuvo constituida por un número pequeño



de individuos, por lo que se recomienda no tomar como primera decisión trabajar con muestra, sino que se debe evaluar la posibilidad de trabajar con toda la población, cuya ventaja es la posibilidad de sacar conclusiones sin riesgos de generalizaciones que puedan ser probablemente ciertas [14].

### **3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

#### **3.3.1 Técnica de Investigación.**

Las técnicas utilizadas en la investigación fueron la entrevista y la observación directa. En cuanto a la observación directa se dice: “es en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación.” con respecto a la entrevista la define como: “la relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos o grupos con el fin de obtener testimonios orales.” [15], la misma se justifica, porque permitió obtener una información real, detallada; aplicando un (1) cuestionarios para la situación planteada.

#### **3.3.2 Instrumento de Investigación**

Para recabar la información se utilizó un (1) cuestionario semiestructurado, dirigido a los empleados de la empresa FLOWSERVE Barcelona, (anexo 1). El cuestionario consta de seis (6) ítems, los cuales están orientados a obtener información acerca de la situación actual de cómo se realiza la prueba neumática estática a los sellos modelos UHT en la empresa FLOWSERVE Barcelona.





## **CAPÍTULO 4**

### **4.1. Diagnóstico de la situación actual**

En el departamento de mecánica de la empresa Flowserve, específicamente en el Taller de Sellos Mecánicos se realizan los chequeos y reparaciones de los sellos tipo U.H.T, que van a ser enviados a las industrias; sin embargo este control no certifica la calidad de los mismos, ya que no se le realizan pruebas neumáticas a los mismos. Una vez instalado el sello en su destino, el equipo de profesionales de la empresa observa el funcionamiento del mismo en el arranque de la bomba para detectar posibles fallas que hayan quedado después de su reparación, y de manifestarse alguna es regresado a la empresa para volver a ser reparado; formándose un ciclo de reparación, instalación y devolución del sello, hasta que éste funcione correctamente, sin garantía de que no existan fallas, ya que en este proceso no se emite un certificado de calidad que garantice que el trabajo realizado sobre el sello, pudiera alcanzar un nivel óptimo de eficiencia durante su implementación.

Esta información se obtuvo a través de entrevistas semiestructuradas realizada al personal del taller de sellos, Center o Centro de Respuesta Rápida (QRC), la cual evidenció la situación actual de las pruebas neumáticas estáticas a los sellos mecánicos tipo U.H.T, arrojando que la misma no se ejecutaba debido a la inexistencia de un elemento conector entre el sello mecánicos tipo U.H.T y el banco de prueba, por lo que se plantea un diseño de acople como un elemento conector entre este tipo de sello y el banco de prueba.



## 4.2. Diseño de la geometría

### 4.2.1. Observación del funcionamiento del banco de prueba para realizar pruebas neumáticas a sellos mecánicos

Se observaron los detalles de funcionamiento del banco de prueba y las limitaciones que se presentan en cuanto a espacio (distancia radial, ver fig. 4.1) para la elección de la geometría más conveniente del sistema de anillo de presurización y se realizó una inspección al banco de prueba.



Figura 4.1 Banco para Realizar Pruebas Neumáticas a Sellos Mecánicos.

### 4.2.2. Definición de la geometría del anillo de presurización

La geometría del anillo de presurización está limitada por el banco de prueba neumática de sellos mecánicos, debido a que éste limita al mismo en cuanto a su diámetro exterior (distancia radial no mayor a 12,652”) (Ver fig. 4.1). Se propusieron dos (2) modelos de acople de geometría diferentes, los cuales cumplían la misma



función (Ver figs. 4.2 y 4.3). De los cuales se seleccionó el modelo dos (2) (fig. 4.3) debido a que éste cumplía con sus expectativas desde el punto de vista de diseño ya que el mismo va a formar parte del banco de prueba a futuro. A continuación se mencionan algunos aspectos de la geometría seleccionada:

- El modelo seleccionado tiene mayor similitud a la geometría del banco de prueba neumática.
- Es muy rápido y fácil de instalar, ya que no requiere de mano calificada ni equipos.
- Contiene menos elementos para la sujeción y por ende menos herramientas para la misma.

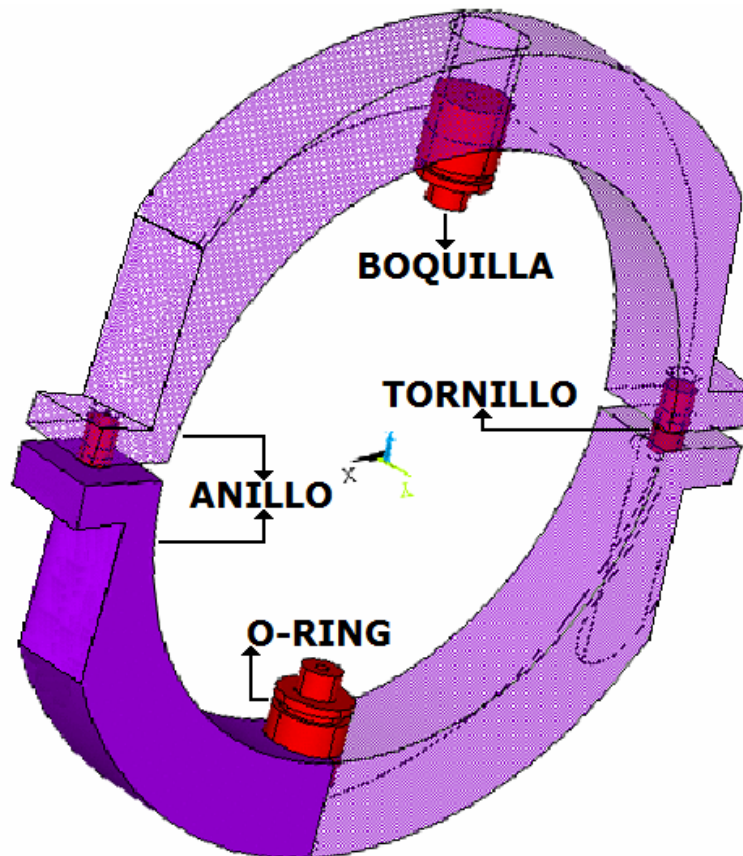


Figura 4.2 Modelo de anillo 1(no seleccionado).

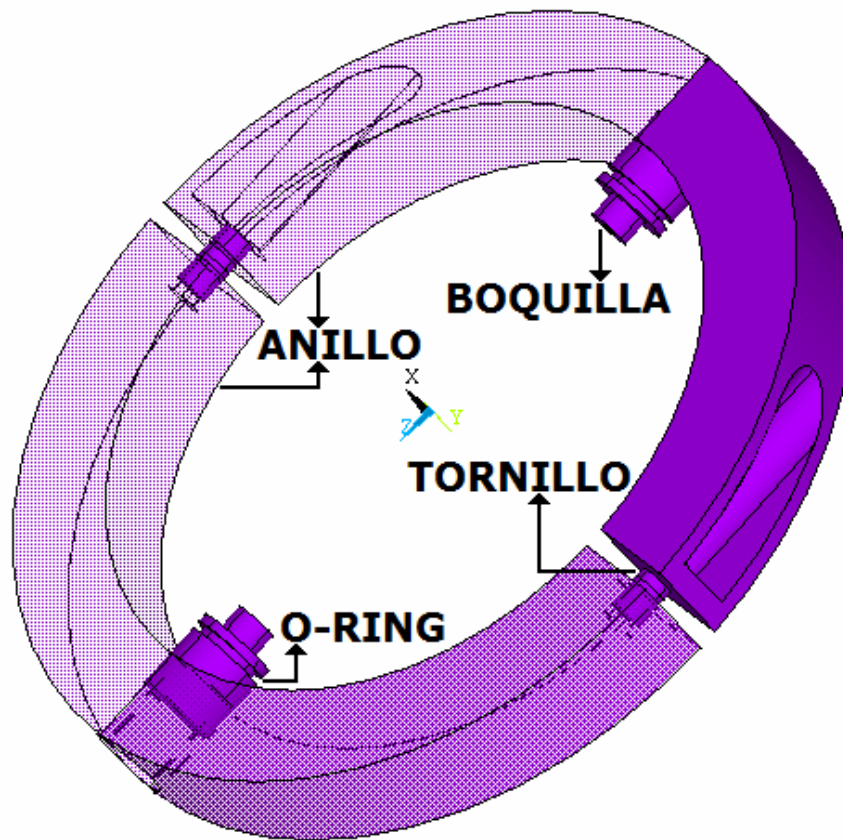


Figura 4.3 Modelo de anillo 2 (seleccionado).

#### 4.2.3. Selección del material

Para la selección del material adecuado del diseño se procedió de la siguiente manera:

- Se buscó la función del objeto.
- Se definió el objetivo que el problema lleva implícito.
- Se estableció las limitaciones del diseño.
- Mediante unos diagramas de propiedades de los materiales se seleccionó el material que cumple con los puntos descritos anteriormente.

Para la selección de materiales existe el método tradicional, el cual consiste en que el ingeniero de materiales escoge el material que cree más adecuado, con base en la experiencia de partes que tiene un funcionamiento similar y que han mostrado buenos



resultados. Este método es también conocido como materiales de ingeniería de partes similares. El mismo mantiene buena aceptación debido a lo siguiente:

- El ingeniero se siente seguro con un material usado y ensayado.
- En algunos casos esto contribuye a la estandarización del stock.
- Las características de proceso del acero son bien conocidas.
- La disponibilidad del acero está asegurada.
- Generalmente en un gran porcentaje de partes se usan aceros baratos, sin tratamiento térmico, evitando pérdida de tiempo en ensayos y procesos.

En este caso se utilizó este método como exigencia de la empresa. Seleccionando para el acople el acero AISI 316, ya que del mismo esta hecho el banco para pruebas neumáticas y el diseño va a formar parte de este a futuro, y muchos de los componentes de sus sellos mecánicos se realizan con este material cumpliendo con las exigencias del diseño.

#### 4.2.4. Cálculos de Esfuerzos

Para el diseño del anillo, se toman en cuenta varios detalles dimensionales y parámetros de funcionamiento como sus efectos secundarios sobre el material de estos acoples y sobre todo, la presión de trabajo de los fluidos. A continuación se determinan los esfuerzos generados en las paredes de los acoples y los esfuerzos producidos a partir de la presión del fluido o fluidos en operación.

##### 4.2.4.1. Boquillas

Para el cálculo de la fuerza actuante de las boquillas se utiliza la Ec. 4.1

$$P = \frac{F}{A} \quad \longrightarrow \quad F = P \cdot A \quad (4.1)$$



Donde,

**F:** Fuerza actuante.

**P:** Presión que va a soportar cada una de las boquillas

**A:** Área de la boquilla.

De la Ec. 4.1, se conoce los siguientes valores:

$P = 30$  psi Es la presión que ejerce la prueba neumática estática a las boquillas y el área de la boquilla (Ver fig. 4.4).

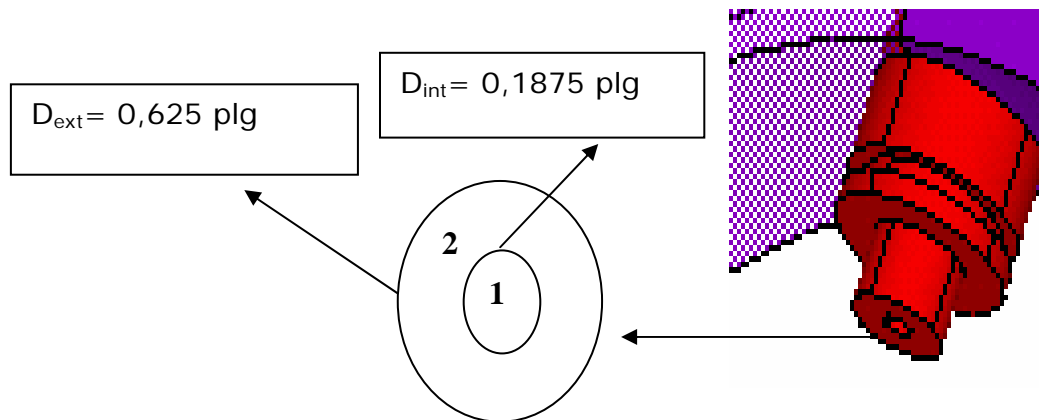


Figura 4.4 Área donde se aplica la fuerza en la boquilla.

Área donde se aplica la fuerza en la boquilla Ec. 4.2

$$\text{Área de aplicación de la fuerza} = \text{Área 2} - \text{Área 1} \quad (4.2)$$

$$\text{Área}_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} = \frac{\pi(0,625\text{plg})^2}{4} = 0,307 \text{plg}^2$$

$$\text{Área}_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi(0,187\text{plg})^2}{4} = 0,028 \text{plg}^2$$



Área de aplicación de la fuerza =  $(0,307 - 0,028) \text{ plg}^2$

Área de aplicación de la fuerza =  $0,279 \text{ plg}^2$

$$F = 30 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} \times 0,279 \text{ plg}^2 \quad \longrightarrow \quad F = 8,37 \text{ lb}$$

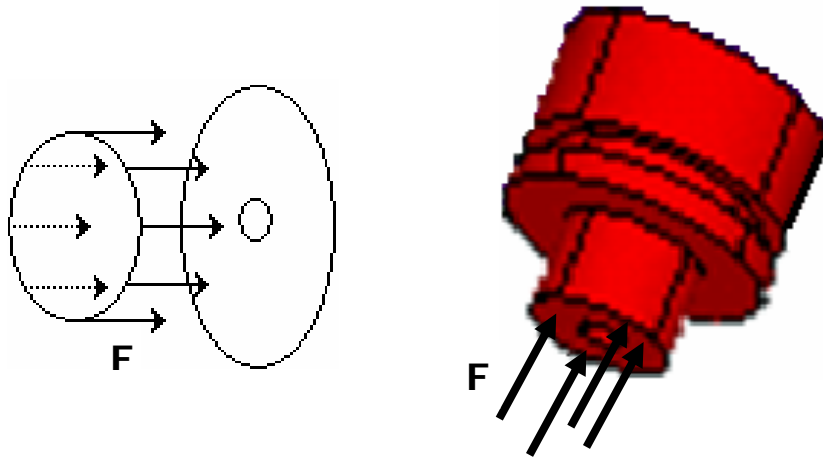


Figura 4.5 Fuerza distribuida actuante en la boquilla.

Para el cálculo de esfuerzo en las boquillas se utiliza la Ec. 4.3

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.3)$$

$$\sigma = \frac{8,37 \text{ lb}}{\frac{\pi}{4} (1,230 \text{ plg})^2} \quad \longrightarrow \quad \sigma = 7,052 \text{ psi}$$

#### 4.2.4.2 Esfuerzos de Contacto

Para el cálculo del esfuerzo de contacto primero se calcula lo siguiente:

$$2t = \phi_{EXT} - \phi_{INT} \quad \longrightarrow \quad t = \frac{\phi_{EXT} - \phi_{INT}}{2} \quad (4.4)$$



Donde,

$\phi_{EXT}$  : Diámetro externo del acople.

$\phi_{INT}$  : Diámetro interno del acople.

De la Ec 4.4, se conoce los siguientes valores:

$\phi_{EXT} = 12,652\text{plg}$  y  $\phi_{INT} = 9,652\text{plg}$  del acople.

$$t = \frac{12,652\text{plg} - 9,652\text{plg}}{2} \quad \longrightarrow \quad t = 1,5\text{plg}$$

Se calcula la fuerza de apriete con la Ec. 4.5

$$F_e = \frac{S_y}{6} \cdot A_s^{3/2} \quad (4.5)$$

Donde,

$F_e$ : fuerza de apriete.

$S_y$ : esfuerzo de fluencia del material.

$A_s$ : área para esfuerzo (de tabla).

$$F_e = \frac{29732,638}{6} \cdot (0.170)^{3/2} \quad \longrightarrow \quad F_e = 347,341\text{lb}$$

Con la Ec. N° 4.3 y el resultado de la fuerza de apriete se tiene:

$$\sigma_{CONTACTO} = \frac{F}{A}$$





$$\sigma_{\text{CONTACTO}} = \frac{347,341\text{lb}}{1,5\text{plg} \times 1,5\text{plg}}$$

$$\sigma_{\text{CONTACTO}} = 154,374\text{psi}$$

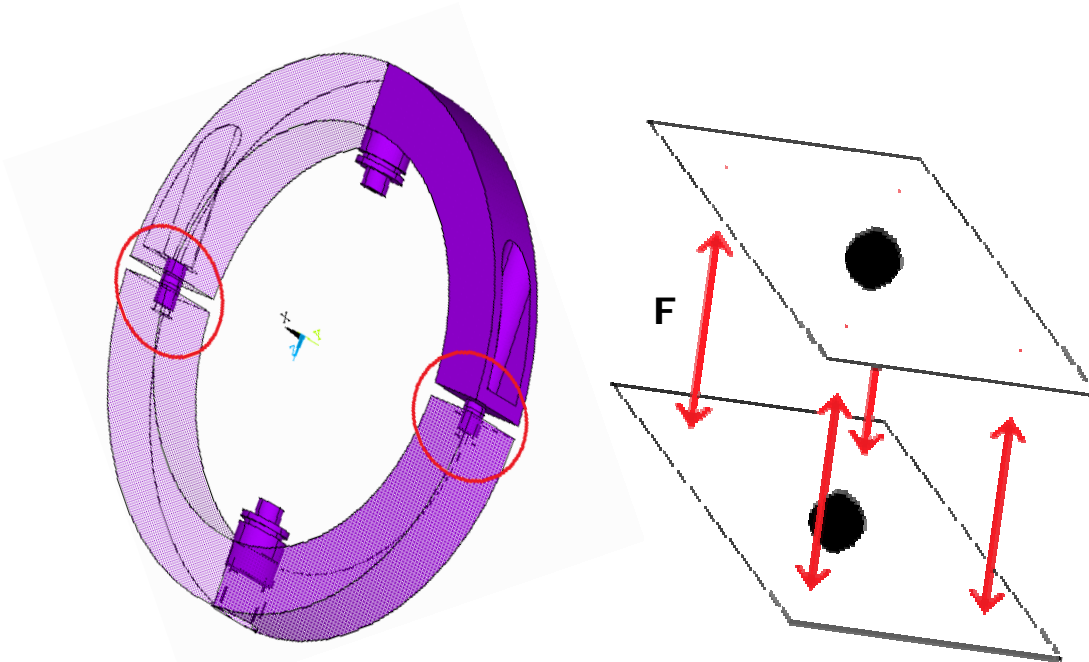


Figura 4.6 Fuerza distribuida actuante.

#### 4.2.4.3 Esfuerzos en la zona arqueada

Se realizó el modelado de la resistencia de las zonas arqueadas con el software computacional ANSYS10.0. Este se ejecutó con las dimensiones del diseño propio del acople y se hizo con el fin de obtener las magnitudes de los esfuerzos máximos a la cual estará sometida la pieza y el factor de seguridad el cual es el que garantiza de que el diseño no fallará.

Para el estudio de esta zona del acople se tomó como referencia el esfuerzo de fluencia, ya que es mucho mayor que los esfuerzos arrojados por la simulación, cuyos resultados se muestran en las figs. 4.7, 4.8 y 4.9.



Se debe resaltar que el criterio de análisis de falla utilizado por el software es el criterio de falla de Von Mises. Para el estudio de esta zona de la pieza se tomó como crítico la zona arqueada donde está la sujeción. Los datos de entrada al software son:

- El tipo de material, el cual se generó en el programa con sus propiedades mecánicas debido que este programa no contiene este material (AISI 316).
- La fuerza de la prueba neumática ( $F_p$ , 8,37 lb).
- La fuerza de apriete del tornillo ( $F_a$ , 347, 341 lb)

En la fig. 4.7 se observa que los esfuerzos que se genera en la pieza son relativamente bajos comparados con el esfuerzo de fluencia del material a utilizar (2532 Kg/cm<sup>2</sup> – 248,304MPa). Lo cual es un signo irrefutable de que el diseño soportará las cargas a las que será sometido.

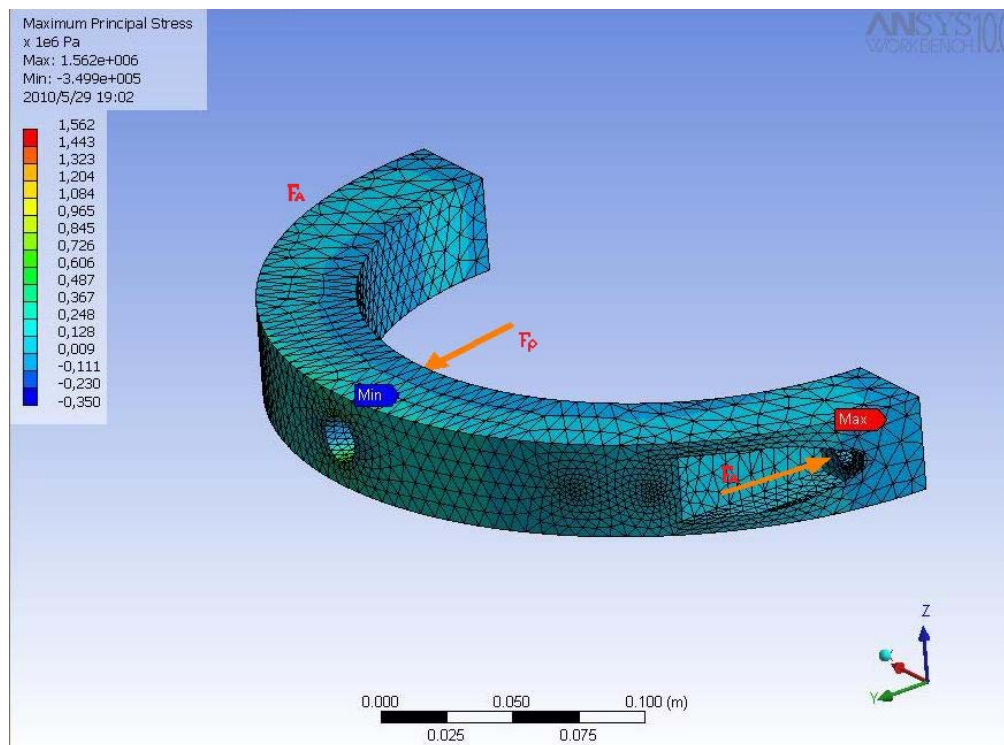


Figura 4.7 Representación gráfica del esfuerzo máximo de la zona arqueada.



En la fig. 4.8 se puede observar la representación gráfica del factor de seguridad del acople, el cual arroja un valor elevado (mín: 10), esto define el diseño como seguro, debido que el material utilizado en el diseño tiene propiedades mecánicas muy resistente, comparado con el esfuerzos a los cuales va ser sometido; esto se debe a que la empresa exigió este material para el diseño, el cual va a formar parte a futuro del banco de prueba para realizar pruebas neumáticas estáticas a sellos mecánicos y el mismo está fabricado con este material.

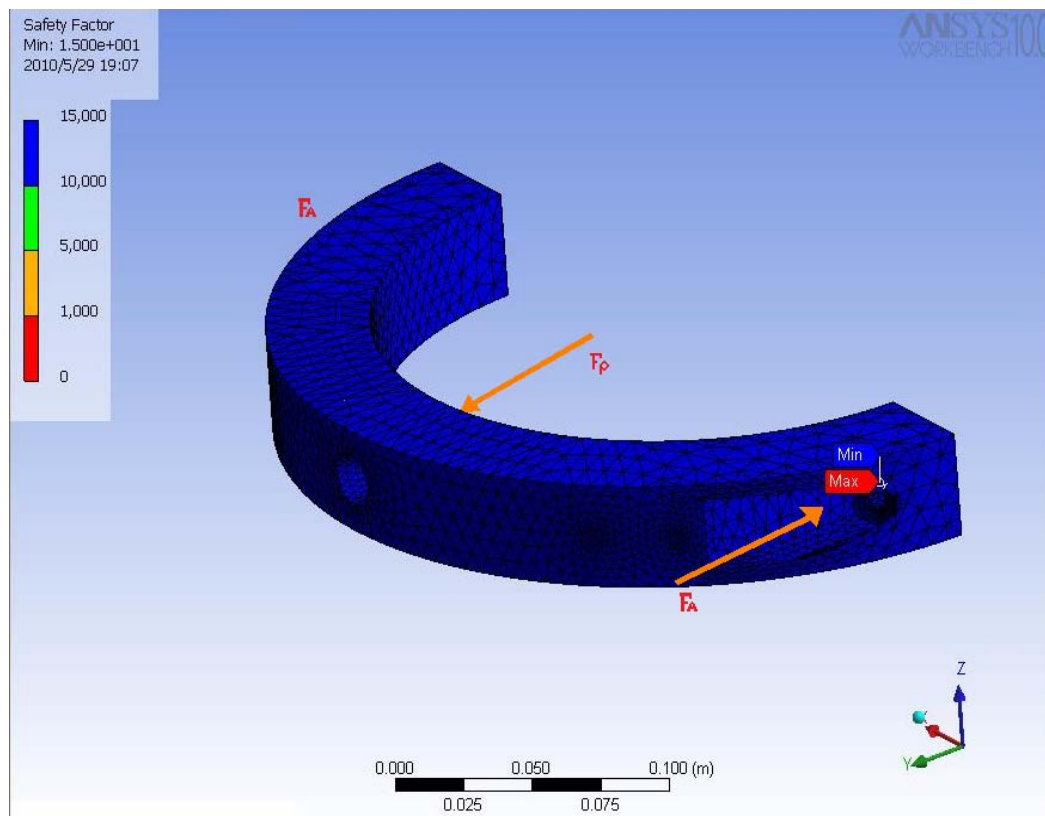


Figura 4.8 Representación gráfica del factor de seguridad.

En la fig. 4.9 se observa que la deformación que se genera en la pieza es microscópica ( $0,7\mu\text{m}$ ), lo que da por entendido que el diseño a la presión que fue sometida no se deformará significativamente, esto debido a la resistencia del material.

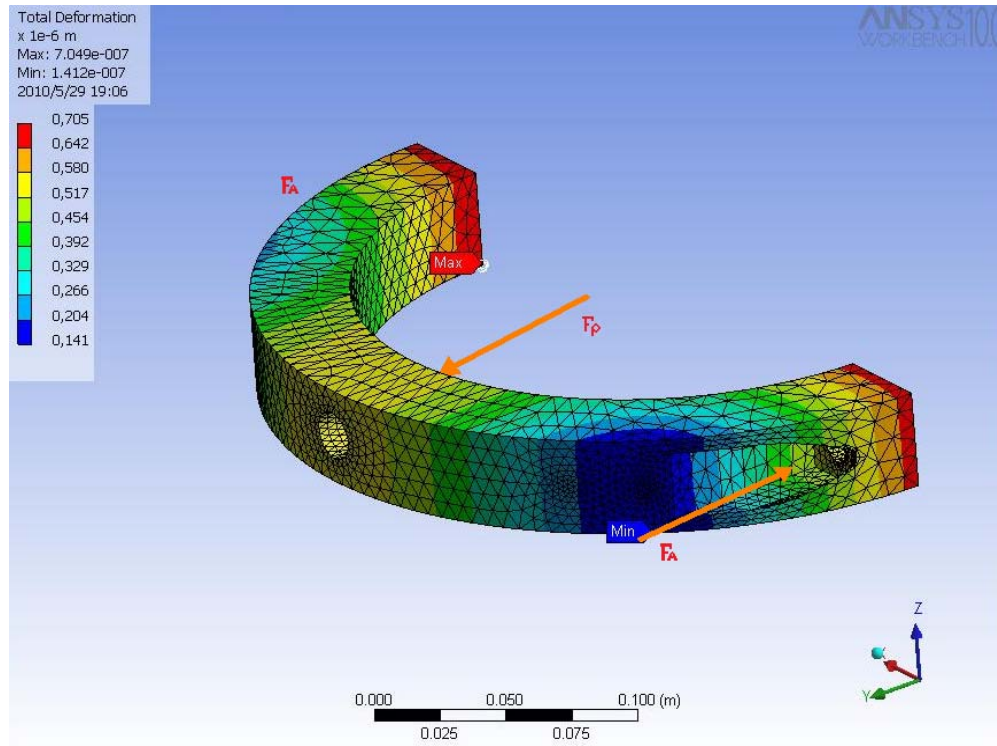


Fig. 4.9 Representación gráfica de la deformación total.

### 4.3 Aplicación de la Norma ASME Sección VIII División I

#### 4.3.1 Espesor de pared de las boquillas (UG-16 Anexo 2)

Se tomó como similitud de las boquillas el espesor de pared para tuberías sujetas a presión internas.

Es calculado con la Ec. 4.6.

$$t_{\text{calculado}} = r_i \left[ \left( \frac{1}{1 - \frac{\sqrt{3} P_i}{St_i}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] \quad 4.6)$$



Donde,

$t$  = espesor de pared mínimo requerido en las boquillas, pulg.

$P_i$  = presión interna, lb/pulg<sup>2</sup> man.

$St_i = 0.577x$  valor del esfuerzo del material.

$r_i$  = radio interior de la tubería, pulg.

$$St_i = 0,577xS_y$$

$$St_i = 0,577x36013330,901\text{psi} = 20779691,929\text{psi}$$

Con la Ec. N° 4.6 y el resultado de  $St_i$  se tiene:

$$t_{\text{calculo}} = 0,09375 \left[ \left( \frac{1}{1 - \frac{\sqrt{3}x30}{20779691,929}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]$$
$$t_{\text{calculo}} = 1,1722x10^{-7}$$

Este es el espesor de pared mínimo requerido en las boquillas el cual es relativamente pequeño comparado con el espesor de las boquillas a utilizar en el acople.

Nota: aunque la expresión no corresponde para el cálculo de pared grueso se tomo como referencia.

#### 4.4 Selección del O-Ring

La selección del O-Ring se lleva acabo tomando en cuenta varios parámetros como lo son: el tamaño del alojamiento donde vaya a trabajar y las condiciones de operación a la cual va a ser sometido. (Ver Tabla 4.1).



Tabla 4.1 Tamaño del alojamiento y condiciones de operaciones.

ALTO	ANCHO	DIÁMETRO	PRESIÓN	TEMPERATURA	FLUIDO
0,108"	0,125"	1,014"	30psi	23 °C	AIRE

Bajo estas condiciones se pudo seleccionar como material para el O-ring buna o nitrilo (GS), el cual tiene muy buena resistencia al fluido con el cual se va a trabajar (temp. Min:-40 °C, max:149°C, presión hasta 140 psi, fluido: gases). Con las dimensiones del alojamiento (Ver fig. 4.10), se ubica en el anexo 3 y se seleccionó un O-ring de dimensiones 568216, el cual cumple con las exigencias del diseño.

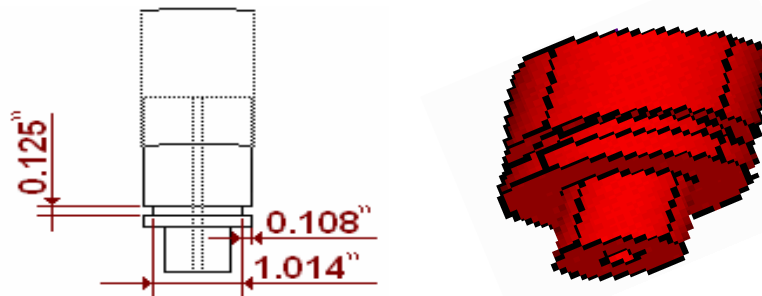


Figura 4.10 Alojamiento del O-Ring en el acople.

#### 4.5 Selección de Tornillo

Para la selección del tornillo se tomó como patrón o norma el esfuerzo de fluencia, debido que los esfuerzos arrojados por la simulación son muchos menores, cuyos resultados se muestran en las figs. 4.11, 4.12 y 4.13.

Al realizar el modelado de la resistencia de los tornillos con el software computacional ANSYS10.0. Se consideró un cilindro con dimensiones semejantes a la del diseño propio del tornillo, para suponer un modelo con uniones mediante tornillos. Se toma esta consideración con el fin de obtener los perfiles de esfuerzos



máximos, deformación y factor de seguridad que serán patrones para la selección óptima de un tornillo.

Las figs. 4.11, 4.12 y 4.13, muestran los perfiles de esfuerzos máximo, factor de seguridad y deformación total de forma consecutiva, detallándose en forma de colores el rango o intervalo promedio de dichos esfuerzos, en donde el color rojo representa el máximo de los promedios de esfuerzos en la barra de colores en la parte izquierda de la imagen, y de la parte superior a la inferior hasta llegar al color azul se disminuye el valor representando, el color azul que es el mínimo producido o el rango donde no ha pasado el límite elástico del material (no muestran esfuerzos críticos cortantes elevados).

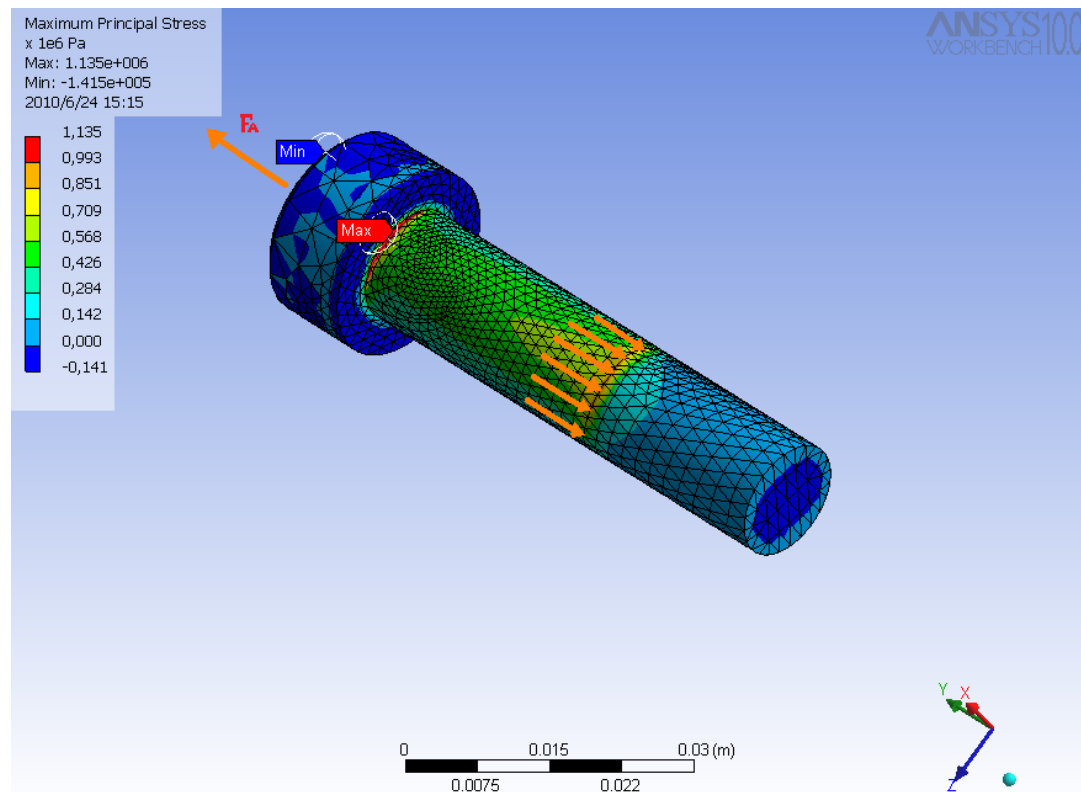


Figura 4.11 Representación gráfica del esfuerzo máximo en el tornillo.



En la fig. 4.11 se visualiza que los esfuerzos que se originan al cilindro con dimensiones semejantes a la del diseño propio del tornillo son relativamente bajos comparados con el esfuerzo de fluencia del material a utilizar (205 MPa). Lo cual es un signo incuestionable de que el tornillo soportará las cargas a las que será sometido.

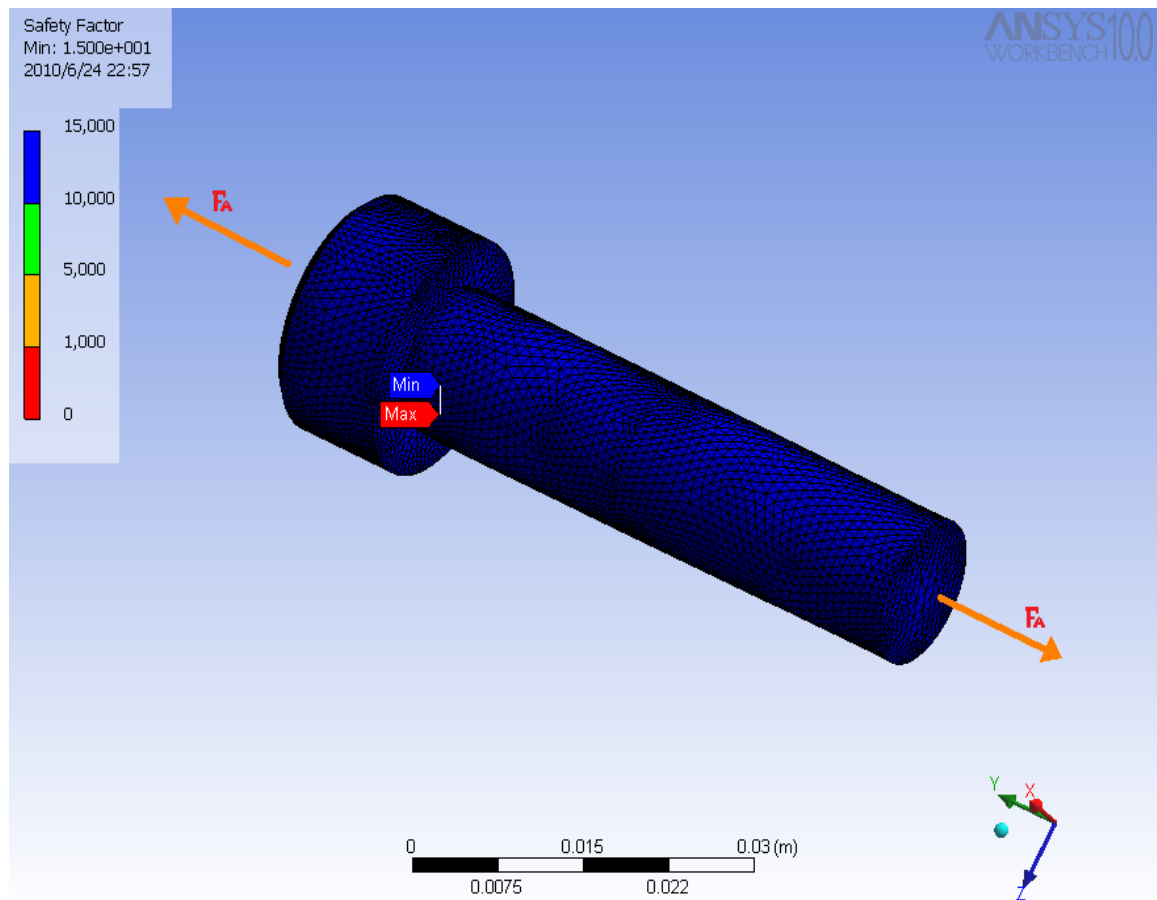


Figura 4.12 Representación gráfica del factor de seguridad.

En la fig. 4.12 se puede observar el factor de seguridad del tornillo, el cual arrojo un valor elevado (mín: 10), esto define al tornillo como seguro, debido que el material utilizado en el diseño tiene propiedades mecánicas muy resistente, comparado con la esfuerzos a los cuales va ser sometido



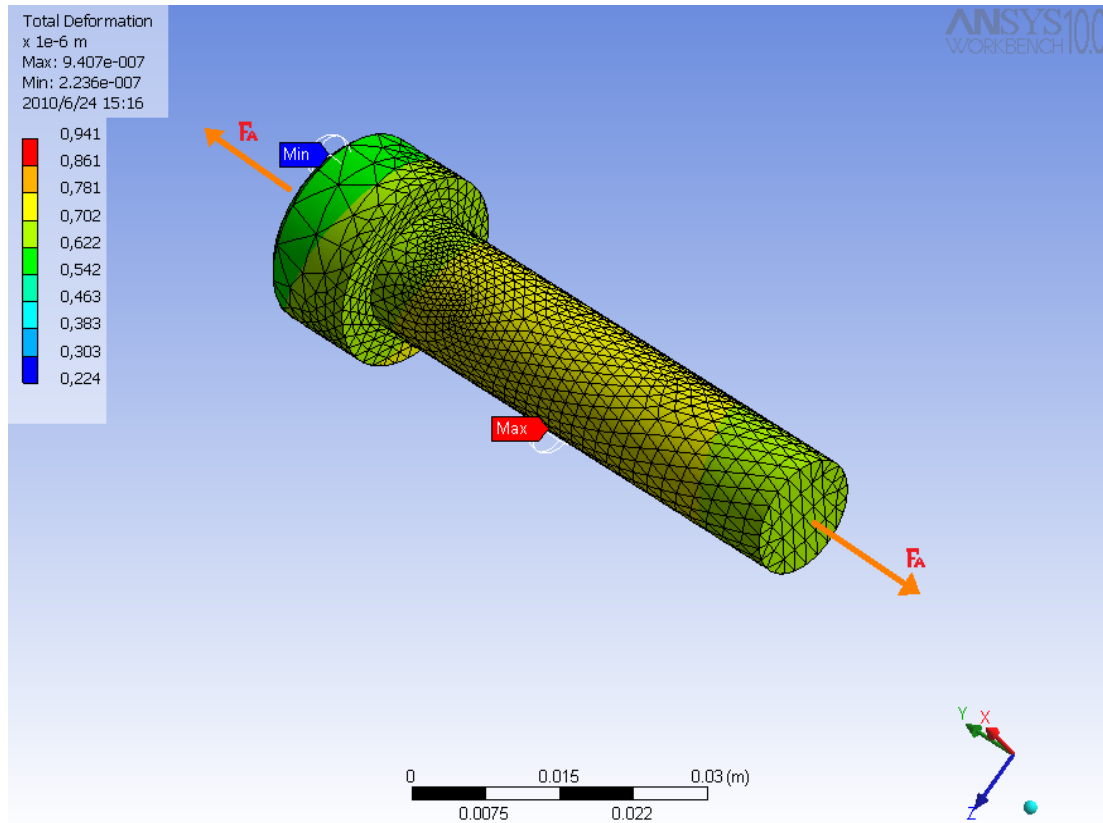


Figura 4.13 Representación gráfica de la deformación total.

En la fig. 4.13 se observa que la deformación que se genera en el tornillo es microscópica ( $0,6\mu\text{m}$ ), lo que da por entendido que el tornillo a la presión que fue sometido no se deformará significativamente.

En las figs. 4.11, 4.12 y 4.13 se evidenció que el diseño del tornillo soporta la presión a la cual se va a someter, por consiguiente se tomó esto, como referencia para la selección de un tornillo de cabeza para llave allen, mediante las especificaciones en una tabla (anexo N° 4), adecuado para las pruebas neumáticas basados en las condiciones prescritas en la simulación. El cual es un tornillo de medidas 1/2”X2” de acero inoxidable AISI 304.



## *Capítulo 4. Desarrollo del Proyecto*

---

Por otra parte la profundidad de la rosca fue seleccionada tomando en cuenta el tamaño nominal del diámetro del tornillo. Ver anexo 5.

### **4.6 Plano del Diseño**

En el anexo N° 6 están especificados todos los detalles del diseño del acople rígido el cual es la base fundamental de este trabajo de grado.



## **CAPÍTULO 5**

### **5.1 Procedimiento para Ejecutar Prueba Neumática**

Según lo especificado en la sección 2.2.6 de este trabajo, la prueba neumática se ejecuta con un valor de presión de 25 a 30 psi por cinco (5) minutos, según la norma API 682. Para la ejecución de la prueba neumática se establece el siguiente procedimiento adaptado a sellos mecánicos tipo UHT que necesitan el acople bipartido.

Dicho procedimiento se presenta a continuación:

5.1.1. Verificar que el compresor este encendido y cargado a la presión correcta (100 psi).

5.1.2. Instalar la tapa superior correspondiente del banco de prueba que simula el tamaño de la caja de sellado de la bomba (stuffingbox) acorde al tamaño del sello mecánico UHT y verificar que los tornillos queden lo suficientemente apretados como para evitar fugas (Ver fig. 5.1).

5.1.3. Colocar el respectivo accesorio del banco de prueba que simula el eje de la bomba de acuerdo al tamaño del sello mecánico, el cual se instala manualmente enroscándolo en el interior del banco de prueba (Ver fig. 5.2).

5.1.4. Colocar el respectivo O-Ring en el banco de prueba, que realizará el sellado entre el sello mecánico y la caja de sellado (Ver fig. 5.3). Ir a lo especificado en la sección 2.2.15.3 de este trabajo.



Figura 5.1 Tapa superior del banco de prueba.



Figura 5.2 Accesorio del banco de prueba que simula el eje de la bomba.



Figura 5.3 O-Ring en el banco de prueba.

5.1.5. Colocar el sello mecánico modelo UHT en el banco de prueba, teniendo como consideración que el O-Ring quede en el lugar correcto y realice un buen funcionamiento. Utilizar los equipos de seguridad y maquinaria correspondiente para el levantamiento y colocación del mismo, ya que es muy pesado (Ver fig. 5.4).

5.1.6. Colocar los respectivos O-Ring en las puntas del acople (sección A y B), de acuerdo a lo especificado en la sección 2.2.15.3 de este trabajo, los cuales realizarán el sellado entre las puntas del acople y el sello mecánico (Ver figs. 5.5.A y 5.5.B).



Figura 5.4 Sello Mecánico en el banco de prueba.

5.1.7. Colocar el respectivo tapón  $\frac{3}{4}$ " en una de las secciones externas de las boquillas. Colocar teflón para que no tenga fuga (Ver fig. 5.6).

5.1.8. Colocar una unión rápida para mangueras en la sección externa de la boquilla que quedó libre. Colocar teflón para que no fugue (Ver fig. 5.7).

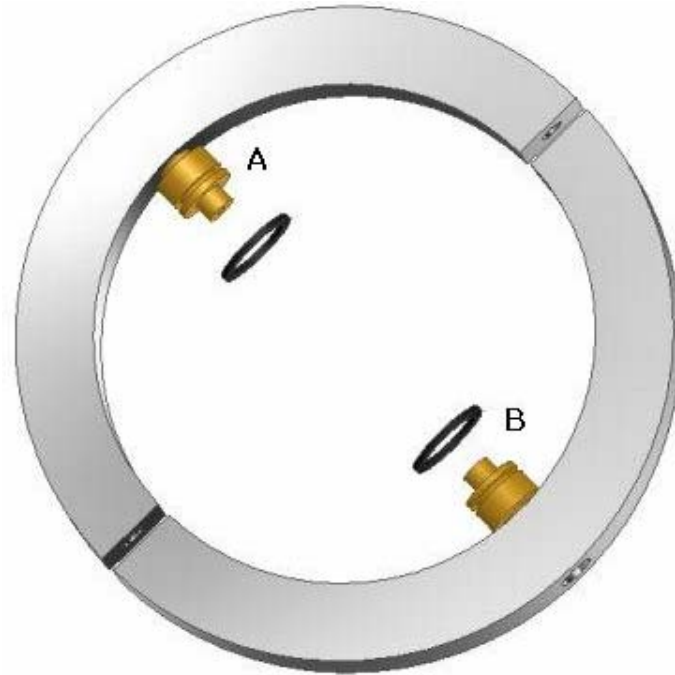


Figura 5.5.A Acople con sus respectivos O-Ring.

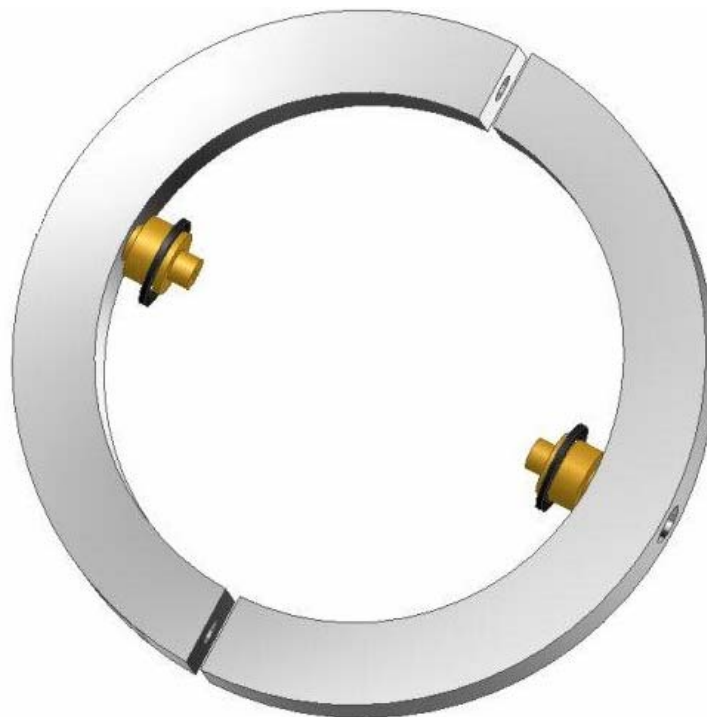


Figura 5.5.B Acople con sus respectivos O-Ring.



## Capítulo 5. Procedimiento para Ejecutar Prueba Neumática

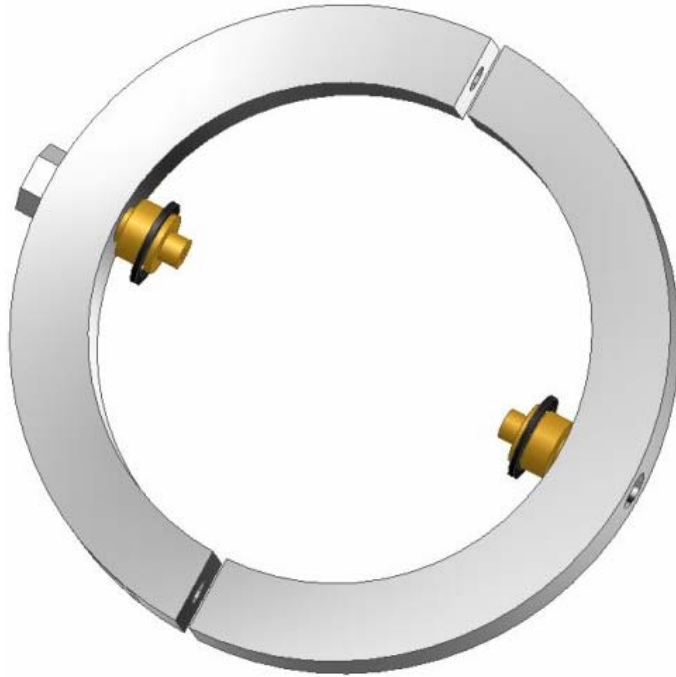


Figura 5.6 Tapón  $\frac{3}{4}$ " en el Acople.

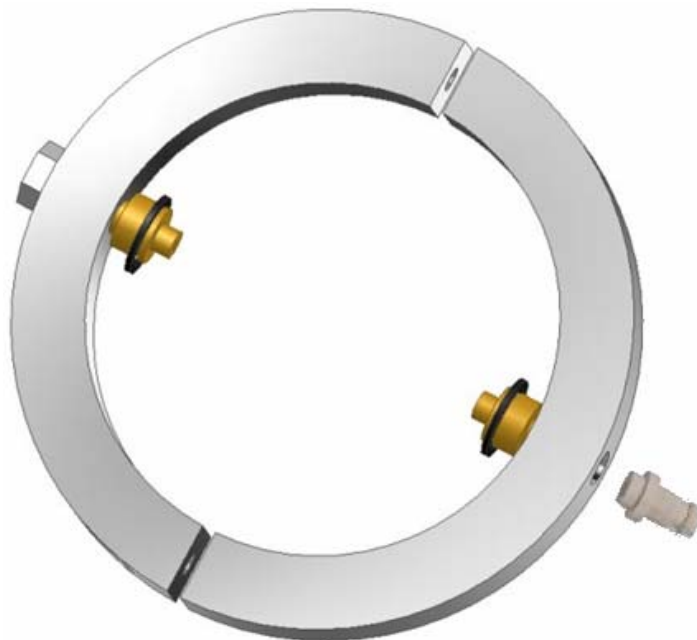


Figura 5.7 Punta para conectar la manguera del manómetro con el Acople.





## Capítulo 5. Procedimiento para Ejecutar Prueba Neumática

5.1.9. Colocar el acople en el sello mecánico montado en el banco de prueba. Ver figura 5.8.



Figura 5.8 Acople en el sello mecánico montado en el banco de prueba.

5.1.10. Colocar las mangueras que conectan los manómetros con el acople. Ver figura 5.9.

5.1.11. Verificar que las llaves de las drain valve (válvulas de drenaje) estén totalmente cerradas.

5.1.12. Realizar la prueba neumática al sello mecánico, de acuerdo a lo especificado en la sección 2.2.6 de este trabajo.



## Capítulo 5. Procedimiento para Ejecutar Prueba Neumática

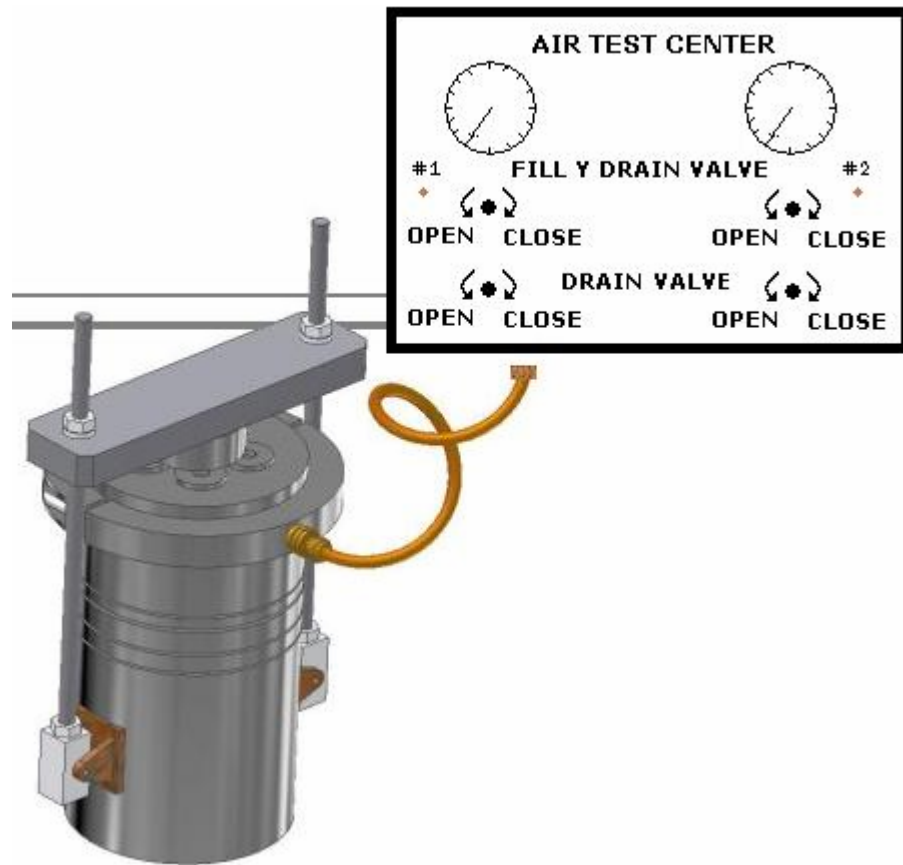


Figura 5.9 Mangueras que conectan al acople con los manómetros.

Siguiendo los pasos anteriores se puede realizar la prueba neumática estática a los sellos mecánicos modelos U.H.T, y así facilitar la realización de la misma.



## CONCLUSIONES

Una vez finalizado el proyecto que permitió diseñar un acople rígido para la realización de pruebas neumáticas estáticas a sellos mecánicos modelo U.H.T. utilizados en bombas centrífugas se concluye lo siguiente:

- La geometría del anillo de presurización seleccionado se basó en la similitud a la geometría del banco de prueba neumática, en que no requiere de mano calificada ni equipos para su instalación, y por ende menos herramientas para la misma.
- La metodología para el diseño del anillo de presurización para pruebas neumáticas estática a sellos mecánicos modelo UHT, se basó en la norma ASME Sección VIII División I, cuya principal variable de análisis fue la presión de la prueba neumática, con un valor de 30 psi.
- Se comprobó que los valores obtenidos en el diseño propuesto, no sobrepasan el esfuerzo de fluencia del material seleccionado para la manufactura.
- Conociendo las dimensiones del alojamiento y las condiciones de operaciones, el O-Ring recomendado a usar según el catálogo es: MG568216, ya que cumple con las exigencias del diseño.
- El tornillo sugerido para el sistema de anillo de presurización tiene por medidas 1/2"X2" y es de acero inoxidable, según catálogo recomendado.



## *Conclusiones*

---

- El diseño del anillo de presurización para la realización de pruebas neumáticas, mejorara el funcionamiento a los sellos mecánicos modelo UHT, además de ahorrar recursos y tiempo.
- Se elaboró un procedimiento para realizar prueba neumática estática a los sellos mecánicos modelo UHT, cuya finalidad principal es facilitar la realización de la misma.



## **RECOMENDACIONES**

Una vez finalizado el proyecto que permitió diseñar un acople rígido para la realización de pruebas neumáticas estáticas a sellos mecánicos modelo U.H.T. utilizados en bombas centrífugas en la empresa FLOWSERVE BARCELONA se recomienda lo siguiente:

- La puesta en marcha del proyecto, basándose en la necesidad que presenta la empresa.
- Antes de su construcción hacer público el diseño propuesto, con el fin, de que se realicen ajustes si es necesario, ya que dicha empresa posee un conjunto de normas para construcciones de piezas.
- Se debe cumplir y mantener el procedimiento de la prueba neumática y de ser necesario ajustarlo a las necesidades.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

[1] Chávez, J. “Elaboración de un Proceso de Estandarización de las Unidades de Bombeo que operan en la Refinería El Palito ubicada en el Edo. Carabobo perteneciente a la empresa PDVSA (09/05/05-30/06/05)”. Tesis de grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, (LUZ) Universidad del Zulia, Zulia, Venezuela. Año 2005.

[2] Fuente, R. “Diseño de anillos para pruebas hidrostática en los intercambiadores de calor de la unidad de la unidad de alquilación refinería Puerto la Cruz.” Tesis de grado. (UDO) Universidad de Oriente. Puerto la Cruz, Anzoátegui, Venezuela, 2005.

[3] Zambrano, J. “Diseño de un Banco de Pruebas Hidrostáticas para Válvulas de Compuertas, Bolas y Retención, de acuerdo a los Requerimientos de la Refinería de PDVSA. Puerto la Cruz”. Trabajo de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, (UDO) Universidad de Oriente. Puerto la Cruz, Venezuela. Año 2007

[4] Shigley C, M. “Diseño en Ingeniería Mecánica”. Editorial Mc. Graw Hill. 5ta Edición. México. Año 1990.

[5] Durametalllic Corparation. “Manual Dura Seal”. Editorial Copyright. 8va Edición en Español. Año 1.987.

[6] [Página Web en línea]. Revisada en la fecha: 18/02/08. Disponible en: [http://www.carr.cl/download/Comunidad\\_Em\\_agister\\_44744\\_44743.pdf](http://www.carr.cl/download/Comunidad_Em_agister_44744_44743.pdf).

[7] FLOWSERVE de Venezuela, S.A. “Norma para Bombas y Sellos Mecánicos API-682”. Año 2002.

[8] [Página Web en línea]. Revisada en la fecha: 25/03/08. Disponible en: [http://www.pucpr.edu/cci/Manual\\_procedimientos\\_formas\\_2009/Manual%20version1.pdf](http://www.pucpr.edu/cci/Manual_procedimientos_formas_2009/Manual%20version1.pdf)

[9] [Página Web en línea]. Revisada en la fecha: 16/03/08. Disponible en: <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/uniones/roscas.html>

[10] [Página Web en línea]. Revisada en la fecha: 03/04/08. Disponible en: <http://www.aceroinoxidable.net/>

[11] [Página Web en línea]. Revisada en la fecha: 09/03/08. Disponible en: [http://www.winner-pak.com.ar/prod\\_Cast/oring1.htm](http://www.winner-pak.com.ar/prod_Cast/oring1.htm)

[12] UPEL. “Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales”. 3ra Edición. Caracas. Venezuela. Año 2005.

[13] SABINO, C. “El Proyecto de Investigación”. 2da Edición. Caracas, Venezuela. Año 1980.

[14] RAMÍREZ, T. “Cómo hacer un Proyecto de Investigación”. 1ra Edición. Caracas, Venezuela. Año 1999.

[15] TAMAYO, M. “El Proceso de la Investigación Científica. Fundamentos de Investigación con Manual de Evaluación de Proyectos”. 2da Edición. México. Año 1991.

[16] MEGYESY, E. “Manual de Recipiente a Presión”. 1ra reimpresión. México. Año 1992.

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

<b>TÍTULO</b>	<b>DISEÑO DE UN ANILLO DE PRESURIZACIÓN PARA PRUEBAS NEUMÁTICAS ESTÁTICAS EN SELLOS MECÁNICOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

### AUTOR (ES):

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
Figueroa T. Ramseg A.	<b>CVLAC:</b> 15.288.203 <b>E MAIL:</b> ramseg.a.f.t@hotmail.com
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>

### PALABRAS O FRASES CLAVES:

---

Sello Mecánico

---

Anillo de Presurización

---

Prueba Neumática

---

Esfuerzo

---

---

---

---

---



## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Mecánica

### **RESUMEN (ABSTRACT):**

El objetivo principal de la investigación se centró en el diseño de un anillo de presurización, motivado por la problemática existente con los sellos mecánicos modelo UHT de la empresa Flowserve, lo que hizo necesario estudiar en profundidad las condiciones actuales para la realización de pruebas neumáticas estáticas a estos sellos utilizados en bombas centrífugas, tomando como herramienta entrevistas semiestructuradas realizadas al personal del taller de sellos. Con la información obtenida en dichas entrevistas, se elaboró el diseño de la geometría del acople, para la cual se investigó el sistema de acoplamiento rígido y se observó el funcionamiento del banco de prueba para realizar pruebas neumáticas a sellos mecánicos, se propuso dos modelos de acople de geometría diferentes, ambas cumplían la misma función, seleccionando una, la cual cumplía con sus expectativas desde el punto de vista de diseño, ya que el mismo va a formar parte del banco de prueba a futuro. Se seleccionó como material del acople el acero AISI 316, a través del método tradicional. Se aplicó la norma Asme Sección VIII División I al diseño del acople. Se seleccionó un tornillo de medidas 1/2"X2" de acero inoxidable AISI 304 y un O-Ring de dimensiones 568216, cumpliendo de esta manera con las exigencias críticas del diseño, como son el tamaño del alojamiento donde vaya a trabajar y las condiciones de operación a que va a ser sometido. Se realizaron los planos pertinentes al diseño y un procedimiento para ejecutar la prueba neumática.

---

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	U X	JU
Estaba, Richard	CVLAC:	12.576.266			
	E_MAIL	ricahardruiz@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	U X	JU
Payares, Félix	CVLAC:	5.976.608			
	E_MAIL	Payaresf_@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Camargo, Lino	CVLAC:	11.496.426			
	E_MAIL	Linocamargo_@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

AÑO	MES	DÍA
2010	06	18

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
DiseñodeAnillodePresurización.doc	Aplicación/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H I J  
K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1 2  
3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ **(OPCIONAL)**

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ **(OPCIONAL)**

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Mecánico  
\_\_\_\_\_

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pre-grado  
\_\_\_\_\_

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Mecánica  
\_\_\_\_\_

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui  
\_\_\_\_\_

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajo de grado:

“Los trabajos de grado son de exclusivamente propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo al Consejo Universitario, para su autorización”.

\_\_\_\_\_  
Figuroa T. Ramseg A.  
**AUTOR**

\_\_\_\_\_  
Estaba. Richard  
**TUTOR**

\_\_\_\_\_  
Pavares. Félix  
**JURADO**

\_\_\_\_\_  
Camargo, Lino  
**JURADO**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS**

\_\_\_\_\_  
Suarez, Diógenes