



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN.

**DESARROLLO DEL DISEÑO DE UNA VÁLVULA DE ACERO
TIPO MACHO BAJO EL ESTÁNDAR API 599.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MÉCANICO ELECTRICISTA.**

P R E S E N T A :

CHRISTIAN HERNÁNDEZ SANTIAGO.

ASESOR: ING. MARCOS BELISARIO GONZÁLEZ LORIA.

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES - CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

“DESARROLLO DEL DISEÑO DE UNA VÁLVULA DE ACERO TIPO MACHO, BAJO EL ESTÁNDAR API 599”

Que presenta el pasante: **CHRISTIAN HERNÁNDEZ SANTIAGO**

Con número de cuenta: **40909813-6** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 08 de agosto de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

| | NOMBRE | FIRMA |
|--------------|--------------------------------------|-------|
| PRESIDENTE | Ing. Emilio Juárez Martínez | |
| VOCAL | Ing. Gabriel Vázquez Castillo | |
| SECRETARIO | Ing. Marcos Belisario González Loria | |
| 1er SUPLENTE | Ing. Fernando Fierro Téllez | |
| 2do SUPLENTE | Ing. Ernesto Alfonso Ramírez Orozco | |

NOTA: Los sindonales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.

(Art 127 REP)

HHA/Vc

ÍNDICE.

| | Pág. |
|----------------------------|----------|
| Introducción | 1 |
| Problemática | 2 |
| Objetivo | 3 |
| Justificación | 4 |
| Alcance | 5 |
| Limitantes | 6 |

CAPÍTULO 1.

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1.1 Concepto de válvula | 7 |
| 1.2 Tipos de válvula | 7 |
| 1.2.1 Válvula de bola..... | 9 |
| 1.2.2 Válvula de compuerta..... | 10 |
| 1.2.3 Válvula globo..... | 11 |
| 1.2.4 Válvula de retención..... | 12 |
| 1.2.5 Válvula macho..... | 13 |

CAPÍTULO 2.

BASES PARA EL DISEÑO DE UNA VÁLVULA MACHO DE ACERO.

| | |
|--|-----------|
| 2.1 Válvula macho de acero | 14 |
| 2.2 Bases para el desarrollo del diseño de una válvula macho de acero | 15 |
| 2.2.1 Norma o estándar..... | 16 |
| 2.2.2 API..... | 16 |
| 2.2.3 ASME..... | 17 |
| 2.2.4 Recipiente..... | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.5 Obturador..... | 17 |
| 2.2.6 Accionamiento..... | 17 |
| 2.2.7 Materiales..... | 18 |
| 2.3 Estándar API 599..... | 18 |
| 2.3.1 Clase..... | 18 |
| 2.3.2 Rangos de presión-temperatura..... | 20 |
| 2.3.3 Diseño..... | 20 |
| 2.3.3.1 Cuerpo..... | 21 |
| 2.3.3.2 Tapas..... | 22 |
| 2.3.3.3 Vástago y tapón..... | 22 |
| 2.3.3.4 Prensa-estopa..... | 23 |
| 2.3.3.5 Tornillería..... | 23 |
| 2.3.3.6 Operación..... | 24 |
| 2.3.3.7 Conductividad eléctrica..... | 26 |
| 2.3.4 Materiales..... | 26 |
| 2.3.4.1 Sellos..... | 26 |
| 2.3.4.2 Cuerpo, tapa, sellos, diafragma y juntas..... | 26 |
| 2.3.4.3 Vástago y tapón..... | 27 |
| 2.3.4.4 Mecanismos de operación..... | 27 |
| 2.3.4.5 Bridas..... | 28 |
| 2.3.4.6 Sellos de vástago y empaque..... | 28 |
| 2.3.4.7 Tornillería..... | 28 |
| 2.3.4.8 Placa de identificación..... | 28 |
| 2.3.4.9 Reparación de defectos..... | 29 |
| 2.3.5 Sistema de sellado..... | 29 |
| 2.3.5.1 Válvulas macho lubricada..... | 29 |

| | |
|--|----|
| 2.3.5.2 Válvulas macho no lubricada..... | 30 |
| 2.3.6 Inspección, examen y pruebas..... | 30 |
| 2.3.6.1 Inspección y examen..... | 31 |
| 2.3.6.2 Examinado..... | 31 |
| 2.3.7 Marcado..... | 31 |
| 2.3.8 Envío..... | 32 |
| 2.3.8.1 Recubrimientos..... | 32 |
| 2.3.8.2 Apertura de la válvula..... | 32 |
| 2.3.8.3 Posición del tapón..... | 33 |
| 2.3.8.4 Empaques..... | 33 |
| 2.3.8.5 Empacado..... | 33 |
| 2.3.9 Partes de repuesto recomendadas..... | 33 |

CAPÍTULO 3.

DESARROLLO DEL DISEÑO DE UNA VÁLVULA MACHO DE ACERO.

| | |
|--|-----------|
| 3.1 Metodología para el diseño..... | 34 |
| 3.2 Análisis de la información..... | 34 |
| 3.2.1 Información específica acerca del diseño..... | 34 |
| 3.2.2 Nomenclatura básica..... | 36 |
| 3.3 Diseño de las partes que componen a la válvula..... | 40 |
| 3.3.1 Cuerpo..... | 40 |
| 3.3.2 Partes del cuerpo..... | 40 |
| 3.3.3 Espesor mínimo de pared..... | 42 |
| 3.3.4 Dimensiones del cuerpo..... | 42 |
| 3.3.5 Extremos bridados..... | 42 |
| 3.3.5.1 Bridas..... | 42 |
| 3.3.5.2 Distancia entre caras para extremos bridados..... | 43 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.5.3 Extremos soldables..... | 43 |
| 3.3.5.4 Distancia entre extremos para extremos soldables..... | 43 |
| 3.3.5.5 Asientos del cuerpo..... | 43 |
| 3.3.6 Tapón..... | 45 |
| 3.3.6.1 Tipos de tapones..... | 46 |
| 3.3.7 Tapa..... | 46 |
| 3.3.8 Prensa-estopa..... | 47 |
| 3.3.9 Porta empaques..... | 47 |
| 3.3.10 Empaques tipo anillo..... | 47 |
| 3.3.11 Empaque labio..... | 47 |
| 3.3.12 Indicador de posición..... | 48 |
| 3.3.13 Perno tope..... | 48 |
| 3.3.14 Seguro reten..... | 48 |
| 3.3.15 Válvula de retención..... | 48 |
| 3.3.16 Tornillería..... | 49 |
| 3.3.17 Accionamiento..... | 49 |
| 3.3.18 Maneral..... | 49 |
| 3.4 Memoria de cálculo..... | 49 |
| 3.4.1 Normas de referencia..... | 51 |
| 3.4.2 Diseño preliminar..... | 52 |
| 3.4.3 Dimensiones de la válvula en base a la norma API 599..... | 53 |
| 3.4.4 Sistema de balance dinámico..... | 58 |
| 3.4.5 Ingeniería..... | 63 |

CAPÍTULO 4.

ANÁLISIS DEL ESTUDIO Y EXAMEN DE LA VÁLVULA PARA SU APROBACIÓN.

| | |
|---|-----------|
| 4.1 Estudio del flujo de fluido en la válvula..... | 64 |
| 4.2 Estudio de esfuerzos en la válvula..... | 66 |
| 4.2.1 Método experimental..... | 68 |
| 4.2.2 Simulación asistida por computadora..... | 68 |
| 4.2.3 Resultados de la simulación..... | 72 |
| 4.2.4 Análisis de resultados en la simulación..... | 74 |
| 4.3 Pruebas hidráulicas..... | 74 |
| 4.3.1 Requerimientos generales..... | 75 |
| 4.3.2 Requisitos del agua de prueba..... | 76 |
| 4.3.3 Criterios de aceptación..... | 78 |
| 4.3.4 Preparación de la válvula para la prueba..... | 78 |
| 4.3.4.1 Secuencia de la prueba..... | 79 |
| 4.3.4.2 Prueba hidrostática del cuerpo de la válvula..... | 79 |
| 4.3.4.3 Prueba hidrostática de sellos..... | 80 |
| 4.3.4.4 Proceso posterior a la válvula..... | 82 |

CAPÍTULO 5.

MANTENIMIENTO DE LA VALVULA PARA SU ÓPTIMO DESEMPEÑO.

| | |
|--|-----------|
| 5.1 Mantenimiento preventivo..... | 83 |
| 5.1.1 Manejo de la válvula..... | 83 |
| 5.1.2 Almacenaje de la válvula..... | 84 |
| 5.2 Recomendaciones antes de instalar la válvula..... | 84 |
| 5.3 Mantenimiento en operación..... | 85 |
| 5.4 Mantenimiento correctivo..... | 86 |

| | |
|---|------------|
| RESUMEN | 88 |
| CONCLUSIONES | 89 |
| GLOSARIO DE TERMINOS | 90 |
| APENDICE A | 91 |
| Figura A-1 Ensamble general de válvula..... | 91 |
| Figura A-2 Tornillo hexagonal..... | 92 |
| Figura A-3 Válvula de retención..... | 93 |
| Figura A-4 Grasea..... | 94 |
| Figura A-5 Tapón..... | 95 |
| Figura A-6 Maneral..... | 96 |
| Figura A-7 Perno tope..... | 97 |
| Figura A-8 Empaque labio..... | 98 |
| Figura A-9 Prensa empaque..... | 99 |
| Figura A-10 Tapa..... | 100 |
| Figura A-11 Cuerpo..... | 101 |
| Figura A-12 Resorte..... | 102 |
| Figura A-13 Porta-empaques..... | 103 |
| Figura A-14 Empaque tipo anillo..... | 104 |
| Figura A-15 Junta..... | 105 |
| Figura A-16 Diafragma..... | 106 |
| APENDICE B | 107 |
| Figura B-1 Espesor mínimo de pared..... | 107 |
| Figura B-2 Distancia entre extremos..... | 108 |
| Figura B-3 Dimensiones de brida..... | 109 |
| BIBLIOGRAFÍA | 110 |

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS:

Por haberme iluminado cuando más lo necesite, por brindarme la fuerza necesaria para seguir en esta vida, y sobre todo porque sin la presencia de dios mi vida es oscuridad, le agradezco el haberme permitido tener esta segunda oportunidad de vida, para seguir descubriendo lo maravillosa que es en cada porción de aire que respiro, rodeado de mi familia y amigos.

A MIS PADRES:

Por darme la vida, por ayudarme cuando los necesito, por brindarme su cariño, su amor, su comprensión, su tiempo, sus ilusiones y sobre todo por esforzarse en darme una educación, herramienta que me servirá toda la vida, agradezco a dios el brindarme unos excelentes padres, yo soy el reflejo de sus esfuerzos.

A MIS HERMANOS

Por estar conmigo en las buenas y malas, porque ellos me conocen muy bien, porque tengo el privilegio de tenerlos y de haber vivido mi infancia, adolescencia y etapa adulta a su lado, son el mejor vínculo que me han dado mis padres y tendré hasta el día que nos tengamos que despedir.

A MIS AMIGOS

Por apoyarme en todo lo que está a su alcance, por animarme cuando no me siento del todo bien, por esos momentos inolvidables de risa, de llanto, de tristeza, de nostalgia, de complicidad y sobre todo porque son parte de mí, y llevaré en mi mente esos momentos tan maravillosos hasta el último día que respire.

A MI ASESOR

Por haberme guiado y brindado su apoyo en el transcurso de la realización de este trabajo.

A LA UNIVERSIDAD

Por brindarme una educación de calidad con profesores comprometidos en la enseñanza, con excelentes habilidades y virtudes para que los alumnos comprendan de la manera más adecuada, por sus diversas actividades que ofrece, porque es la única universidad que ofrece mucho, agradezco haber pertenecido a una facultad tan completa gracias "UNAM".

DEDICATORIA.

Deseo que este trabajo sea de gran utilidad para aquellas personas que se interesen en el desarrollo del diseño de una válvula macho de acero.

El presente trabajo representa para mí un logro más en mi vida, como también un paso más cerca a la titularme y el reflejo de todas aquellas personas involucradas que me orientaron, apoyaron y animaron para poder verla concluida.

Este trabajo está dedicado a:

MI FAMILIA

Mis padres (Heriberta Santiago García y Amador Hernández Catarina).

Hermanos (Israel Hernández Santiago y Kevin Hernández Santiago).

ASESOR

Ingeniero Marcos Belisario Loria.

AMIGOS

Karina Cruz Cordero.

Bertha Delia Rodríguez Rodríguez.

INTRODUCCIÓN.

El origen de la válvula tipo macho se remonta a los antiguos fenicios del siglo XV antes de Cristo, quienes la utilizaron en toneles de madera para poder transportar agua o vino en sus excursiones mercantiles, posteriormente se usaron válvulas con un tapón de vidrio para líquidos de laboratorio siendo hasta el renacimiento en los siglos XV y XVI después de Cristo cuando se utilizaron válvulas metálicas.

En 1918 en las minas de Pachuca Hidalgo el ingeniero Sven Nordstrom incorporo a las válvulas macho el principio de Pascal con lo cual fijo las bases para el desarrollo de la moderna tecnología con que las válvulas macho funcionan hoy en día.

En la actualidad poder transportar, distribuir, almacenar, calcular, aprovechar y controlar el fluido (líquido, semisólido o gas) que circula por los sistemas de tuberías en la industria resulta de gran importancia y representa una gran ventaja al momento de fabricar los productos.

La válvula es un elemento esencial y uno de los dispositivos más común para el control del flujo de fluidos, gracias a sus distintos diseños este dispositivo puede ser completamente abierto o cerrado, semiabierto o instalado de manera que no exista la necesidad de operar manualmente.

Existe una gran variedad de válvulas, entre estas se encuentran las de: globo, retención, bola, compuerta y macho. Las válvulas tienen características particulares que definen su funcionamiento.

El diseño de la Válvula nos ofrece grandes ventajas dentro de la industria porque nos señala que toda la presión ejercida sobre un flujo contenido en un recipiente cerrado, se transmite uniformemente en todas las áreas confinantes del flujo, incrementando la fuerza proporcionalmente aumento de su área.

PROBLEMÁTICA.

Dentro de la industria es importante contar con productos de alta calidad y es por eso que antes de su fabricación debemos verificar que su diseño es el correcto.

El desarrollo adecuado en el diseño de cada uno de los componentes de la válvula es esencial para su fabricación, ensamble, operación y examinado.

La calidad en el producto depende en gran medida del análisis de su prototipo, es por eso resulta esencial contar con una metodología de diseño confiable basada en programas de simulación e instrucciones de procedimiento actualizadas y regidas bajo estándares certificados.

OBJETIVO.

Existe una gran variedad de válvulas, entre estas se encuentran las de: globo, retención, bola, compuerta y macho entre otras. Las válvulas tienen características particulares que definen su funcionamiento este trabajo describe el desarrollo del diseño de una válvula macho de acero con base al estándar API 599¹.

¹ Norma N° STD 599-2007, API.

JUSTIFICACIÓN.

Dentro del sector industrial es importante ganar la confianza y reconocimiento por parte de los clientes con productos de alta calidad, para esto se especificará el desarrollo en el diseño práctico de una válvula macho de acero cubierta por el estándar internacional API 599.

Gracias a la metodología del diseño podemos lograr la adaptación al proceso de fabricación, ensamble y examinado de cada uno de los componentes de la válvula para asegurar su correcto funcionamiento.

ALCANCE.

El presente estudio tiene como objetivo demostrar el desarrollo del diseño funcional en base al estándar internacional API 599 de una válvula macho acero con un diámetro nominal de dos pulgadas y una clase ANSI de 150.

LIMITANTES.

Se tomará en cuenta la metodología y criterios para la elaboración del diseño funcional de una válvula macho regida bajo el estándar internacional API 599.

Los elementos aquí citados sirven como referencia para el desarrollo en el diseño funcionamiento y evaluación de la válvula.

CAPÍTULO 1.

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.

1.1 Concepto de válvula.

Una válvula es un mecanismo que regula el flujo del fluido en una máquina o un sistema.

De este modo, podría definirse una válvula como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre y cierra en forma parcial uno o más conductos.

La válvula es uno de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir, cerrar, conectar, desconectar, regular, modular y aislar una enorme serie de líquidos o gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde unos cuantos milímetros hasta varios metros de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta más de ciento cuarenta mega Pascales y temperaturas desde las criogénicas hasta mil cien grados Kelvin. En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen tanta importancia y son permisibles.

1.2 Tipos de válvula.

Las válvulas de control son el regulador básico en cualquier proceso en que se manejen corrientes de fluidos. Por ello, hay que conocer a fondo los diferentes tipos de estas válvulas y sus características de flujo. Esto permite satisfacer las condiciones del proceso y tener la instalación correcta en el sistema de fluidos.

El tipo de válvula dependerá de las funciones que debe efectuar. Estas funciones se deben determinar después de un estudio cuidadoso de las necesidades de la unidad y el sistema para los cuales se destina la válvula.

Dado que hay diversos tipos de válvulas disponibles para cada función, también es necesario determinar las condiciones del servicio en que se emplearán las válvulas. Es primordial conocer las características químicas y físicas de los fluidos, entre los más comunes tenemos:

- Líquidos.
- Gases.
- Líquidos con gases.
- Líquidos con sólidos.
- Gases con sólidos.
- Vapores generados por la reducción en la presión del sistema.
- Con corrosión o sin corrosión.
- Con erosión o sin erosión.

Se debe prestar atención a la función que deberá cumplir, como lo son:

- Válvulas de bloqueo total.
- Válvulas de bloqueo parcial.
- Válvulas de retención.

Una vez determinado el tipo de servicio y la función, se puede seleccionar el tipo de válvula según su construcción con la clasificación de válvulas antes descrita.

En esa lista, las funciones generales de la válvula son solo guías del uso más adecuado o más común de determinado tipo de construcción. A menudo hay más de un tipo de diseño apto para una función específica.

Las características principales y los usos más comunes de los diversos tipos de válvulas para un funcionamiento son:

- Válvula de bola: Es comúnmente utilizada para la obstrucción al flujo de fluidos viscosos y pastas aguadas. Solamente funciona totalmente abierta o cerrada.

- Válvula de compuerta: Presenta una resistencia mínima al flujo de la tubería. Solamente funciona totalmente abierta o cerrada. El accionamiento de este tipo de válvula es poco frecuente.
- Válvula de globo: Es utilizada para la regulación de fluidos, es capaz de realizar un cierre hermético cuando esta cuenta con un asiento hermético.
- Válvula de retención: Restringe el paso del fluido en un sentido y lo deja pasar libre en el contrario.
- Válvula macho: Ofrece un cierre hermético y cuando se encuentra instalada en la tubería debe utilizarse completamente abierta o cerrada.

1.2.1 Válvula de bola.

Una válvula de bola es un mecanismo que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza por su mecanismo regulador situado en el interior el cual tiene forma de esfera perforada.

Se abre mediante el giro del eje unido a la esfera o bola perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada a la perforación con la entrada y salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero estará perpendicular a la entrada y a la salida. La posición del maneral con el cual se opera indica el estado de la válvula (abierta o cerrada).

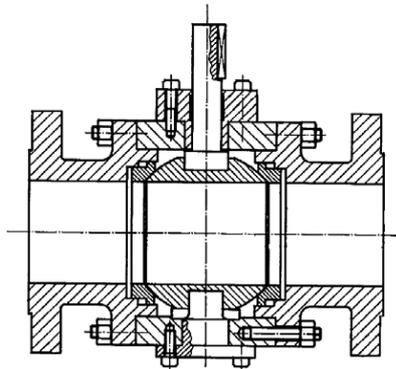


Figura. 1.1 Válvula de bola (WALWORTH).

Este tipo de válvulas no ofrecen una regulación precisa al ser de un cuarto de vuelta.

Su ventaja es que la bola perforada permite la circulación directa en la posición abierta con una pérdida de carga bastante reducida, además de cortar completamente el paso del fluido en el ducto cuando la esfera gira noventa en su eje vertical.

Las válvulas de bola manuales pueden cerrarse rápidamente, lo que puede producir un golpe de ariete. Por ello y para evitar la acción humana pueden estar equipadas con un servomotor ya sea neumático, hidráulico o motorizado.

Atendiendo al número de conexiones que posee la válvula, puede ser de dos o tres vías. Las válvulas con cuerpo de una sola pieza son siempre de pequeña dimensión y paso reducido.

Las válvulas de tres piezas permiten desmontar fácilmente la bola, el asiento o el vástago ya que están situados en la pieza central. Esto facilita la limpieza de sedimento y remplazo de partes deterioradas sin tener que desmontar los elementos que conectan con la válvula.

1.2.2 Válvula de compuerta.

La válvula de compuerta es una válvula que abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuña la cuál puede ser redonda o rectangular permitiendo así el paso del fluido.

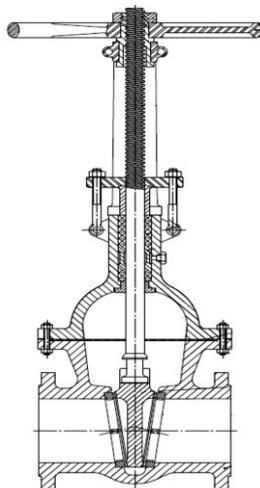


Figura. 1.2 Válvula de compuerta (WALWORTH).

1.2.3 Válvula globo.

Es una válvula con un agujero en el cuerpo, generalmente redondo u ovalado, y un tapón cónico, por lo general en forma de disco, colocado en el extremo de una varilla, también llamado "vástago". El vástago guía al obturador hacia arriba y sirve tanto para regular el paso del fluido como para bloquear o permitir completamente el flujo del mismo.

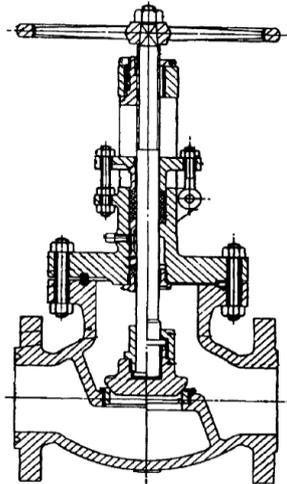


Figura. 1.3 Válvula de globo (WALWORTH).

Ventajas:

- Alta capacidad.
- Cierre hermético.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

Desventajas:

- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.
- Debe estar cubierta o cerrada por completo.

El elemento de cierre se apoya sobre un anillo de asiento, de sección circular. A medida que el elemento de cierre se aproxima al asiento, la sección de paso se reduce y por tanto aumenta la pérdida de carga disminuyendo el caudal. En algunas aplicaciones, la diferencia de presión ayuda a cerrar la válvula, y en otra ayuda a abrirla.

1.2.4 Válvula de retención.

La función esencial de una válvula de retención es impedir el paso del fluido en una dirección determinada, y permitirlo en la opuesta mientras el sentido del fluido es el correcto, la válvula de retención se mantiene abierta, cuando el fluido pierde velocidad o presión, la válvula de retención tiende a cerrarse, evitando así el retroceso del fluido. La diferencia de presiones entre la entrada y salida hace que la válvula esté abierta o cerrada.

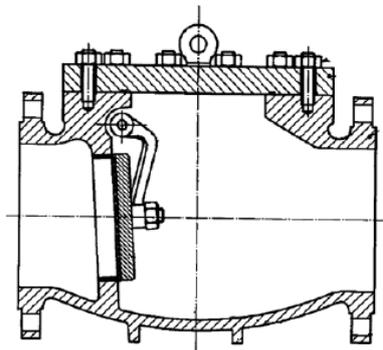


Figura. 1.4 Válvula de retención (WALWORTH).

También se denominan válvulas anti-retorno o válvulas uní-direccionales y tienen la ventaja de un recorrido mínimo del disco u obturador a la posición de apertura total. Se utilizan cuando se pretende mantener a presión una tubería en servicio y poner en descarga la alimentación. El flujo del fluido que se dirige desde el orificio de entrada hacia el de utilización tiene el paso libre, mientras que en el sentido opuesto se muestra bloqueado.

Las válvulas anti-retorno son ampliamente utilizadas en tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete, principalmente en la línea de descarga de la bomba.

1.2.5 Válvula macho.

Estas válvulas consisten en un cilindro normal o cónico también llamado tapón el cual se encuentra introducido en una cavidad correlativa en el cuerpo de la válvula.

Este tipo de válvula se ha utilizado desde hace muchos siglos en distintos servicios, en la actualidad el macho es de uso común para paso y cierre sin embargo también se utilizan algunas variantes en muchos tipos de sistemas.

El tipo más utilizado de esta válvula es el que tiene macho cónico. Los orificios transversales en el macho se alinean contra aberturas similares en el cuerpo. Basta un cuarto de vuelta para su apertura o cierre total. Cuando la válvula está completamente abierta no presenta obstrucciones a la circulación y su caída de presión es mínima.

Las válvulas macho lubricadas se utilizan mucho en la industria petrolera. Para las válvulas macho lubricadas es necesario aplicar el sellante a presión con una pistola por medio de una válvula de retención y los conductos en el macho hasta la superficie de asentamiento, lo cual ayuda a tener cierre hermético con asientos metálicos e inhibe la corrosión. Cuando no se puede permitir la contaminación de los productos se utilizan válvulas sin lubricación.

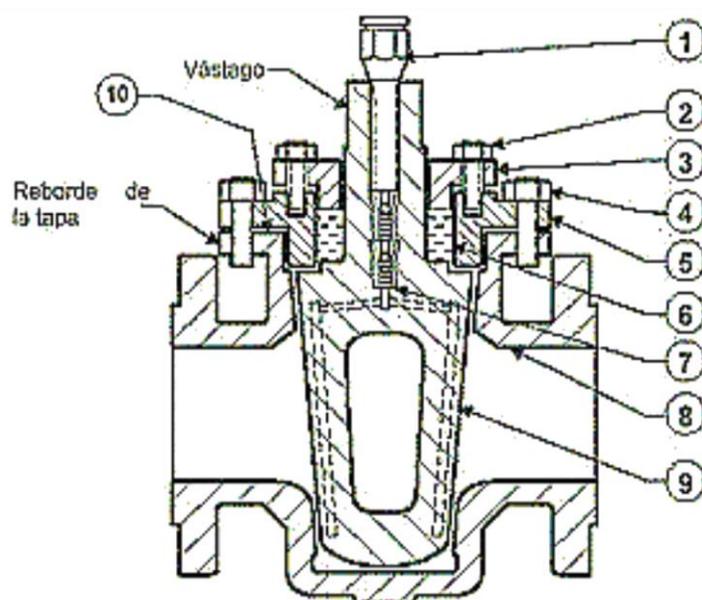


Figura. 1.5 Partes de una válvula macho (WALWORTH).

CAPÍTULO 2.

BASES PARA EL DISEÑO DE UNA VÁLVULA MACHO DE ACERO.

2.1 Válvula macho de acero.

Este tipo de válvula únicamente funciona abierta o cerrada totalmente. Dado que el flujo en la válvula es suave e ininterrumpido, hay poca turbulencia dentro de ella y, por tanto, la caída de presión es relativamente baja. Las ventajas principales en la válvula macho son: acción rápida, operación sencilla, espacio mínimo para la instalación y cierre hermético cuando estas tienen un macho o tapón cónico.

Hay tres tipos principales de válvula macho:

- **Lubricadas:** Gracias a su sellante evitan la fuga entre la superficie de contacto del macho y el asiento en el cuerpo además de reducir la fricción entre ambos durante la rotación.
- **Semilubricadas:** En donde el macho o el cuerpo tiene un revestimiento de elastómero que elimina la necesidad de usar sellante ya que este recubrimiento actúa como un factor de sello.
- **No lubricadas:** En donde ni el macho ni el cuerpo tienen recubrimientos o sellante para generar hermeticidad, es decir la que válvula tendrá superficies de contacto metal-metal para producir su sello.

Los componentes básicos de estos tres tipos de válvulas son: cuerpo, macho y tapa, además se tienen tres modelos principales para el paso del fluido los cuales dependerán de la configuración de su puerto interior.

- **Orificio de paso completo:** Tiene una configuración que reduce su área entre un cinco y veinte por ciento con respecto al valor del diámetro nominal del puerto de la válvula.

- Orificio de paso regular: Tiene una configuración que reduce su área entre un veintiuno y cuarenta por ciento con respecto al valor del diámetro nominal del puerto de la válvula.
- Orificio tipo Venturi: Tiene una configuración que reduce su área entre un cuarenta y uno a un sesenta por ciento con respecto al valor del diámetro nominal del puerto de la válvula.

En la válvula con sistema de lubricación, se debe inyectar sellante a presión para evitar fugas de líquidos en las áreas de sello entre el cuerpo y el tapón, con esto también se reduce la fricción al operar la válvula.

El tapón tiene ranuras que permiten que el lubricante se distribuya y forme un sello.

El diseño de la válvula nos permite considerar dos tipos principales de tapas:

- Tapa roscada para tamaños pequeños, servicios a bajas presiones y temperaturas, en los cuales no hay choques ni vibraciones.
- Tapa con brida atornillada para tamaños grandes y servicios a altas temperaturas y presiones.

Las válvulas macho se diseñan con diversos materiales como. Hierro fundido, hierro dúctil, acero inoxidable, bronce, níquel, latón, PVC y aleaciones resistentes a la corrosión además sus tamaños nominales van desde un cuarto hasta treinta pulgadas.

2.2 Bases para el desarrollo del diseño de una válvula macho de acero.

En los siguientes puntos se describe lo requerido para realizar el diseño de la válvula y sus requerimientos.

2.2.1 Norma o Estándar.

Es una especificación que reglamenta procesos y productos para garantizar su interoperabilidad.

2.2.2 API.

Instituto Americano del Petróleo (por sus siglas en inglés: *American Petroleum Institute*). Es la principal asociación comercial de los Estados Unidos de Norteamérica, representando cerca de cuatrocientas corporaciones implicadas en la producción, refinamiento, la distribución y muchos otros aspectos de la industria del petróleo y del gas natural. Esta asociación se refiere a menudo como AOI por sus siglas en inglés: *The American Oil Industry* o Industria de Petróleo Americana.

Las principales funciones de la asociación a nombre de la industria incluyen la defensa, negociación con las agencias gubernamentales, asuntos legales, y negociación con organismos reguladores; investigación de efectos económicos, toxicológicos, ambientales, establecimiento y certificación de los estándares de la industria, además de programas de acercamiento a la comunidad a través de la educación.

API traza su origen desde la primera guerra mundial, cuando el congreso, la industria del petróleo nacional y del gas natural trabajaron juntos para ayudar al esfuerzo de la guerra, fue creado el veinte de Marzo de mil novecientos diecinueve para proporcionar un medio de cooperación con el gobierno en todos los asuntos de interés nacional, fomentar el comercio exterior e interior de productos petrolíferos de América, promover la industria del petróleo en todas sus ramas, y la mejora con la industria del petróleo y el gas natural.

Hoy en día, API mantiene más de quinientas normas y prácticas recomendadas que cubren todos los segmentos de la industria del petróleo.

2.2.3 ASME.

Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos por sus siglas en inglés, *American Society of Mechanical Engineers*. Es una organización de membresía sin fines de lucro que permite la colaboración, el intercambio de conocimientos, el enriquecimiento profesional, y desarrollo de habilidades en todas las disciplinas de ingeniería, hacia una meta de ayudar a la comunidad global de ingeniería. Fundada en mil ochocientos ochenta por un pequeño grupo de los principales industriales, ASME ha crecido a través de las décadas para incluir a más de ciento veinte mil miembros en más de ciento cincuenta países en todo el mundo.

ASME sirve a esta comunidad a través de programas de calidad en la educación continua con investigaciones, conferencias y publicaciones.

2.2.4 Recipiente.

Parte de la válvula, capaz de contener o dejar transcurrir el flujo del fluido.

2.2.5 Obturador.

Elemento que hace que la sección de paso varíe, regulando el caudal y la pérdida de presión.

2.2.6 Accionamiento.

Es la parte de la válvula que permite al obturador situarse en una posición concreta abierta o cerrada por medio de un vástago y un volante.

2.2.7 Materiales.

De acuerdo al material empleado en el cuerpo de la válvula, se denomina como válvula de:

- Acero al carbono (fundido o forjado).
- Acero inoxidable (fundido o forjado).
- Acero aleado.
- Hierro.
- Bronce.

2.3 Estándar API 599.

El estándar internacional API 599, cubre el diseño, los materiales, las dimensiones de cara a cara, rangos de presión-temperatura, examen, inspección y los requerimientos para aprobar la válvula macho de acero.

2.3.1 Clase.

La clase es la designación alfanumérica que se emplea como referencia y relaciona la capacidad de presión con la temperatura de una válvula, tomando en cuenta las propiedades mecánicas del material y el valor de las dimensiones que definen su forma.

Se incluyen válvulas macho bridadas con los extremos soldables de acero, hierro dúctil y aleaciones de acero con níquel como base en su estructura química, en tamaños mayores o iguales a 0.500 pulgadas (2.70 milímetros) y menores o iguales a 24.000 pulgadas (609.60 milímetros) además de válvulas con extremos de conexión roscable para tamaños mayores o iguales a 0.500 pulgadas (12.70 milímetros) y menores o iguales a 2.000 pulgadas (50.80 milímetros).

El cuerpo de la válvula podrá tener un extremo bridado y el otro soldable, ambos extremos soldables o un extremo roscable y el otro extremo soldable siempre y cuando estos cumplan con las características indicadas en ASME B16.34

Las válvulas de dos, tres y cuatro vías lubricadas o no lubricadas con un puerto coaxial no son cubiertas por API 599.

Este estándar incluye los requerimientos para válvulas con algún recubrimiento interno en el cuerpo y tapón, además de su acabado superficial. El grado de recubrimiento no se especifica en este estándar.

API 599 provee requerimientos adicionales para válvula macho en total acuerdo con ASME B16.34, para clases de 150 hasta 2500. Las válvulas de hierro dúctil deberán seguir los requerimientos adicionales de ASME B16.42, para rangos de presión temperatura, espesor de pared, dimensiones en las bridas y el grado del material.

Las válvulas macho en este estándar deberán pertenecer a uno de los cuatro grupos de diseño que en algunos casos son de diferente valor en la distancia de cara a cara y de extremo a extremo. Los cuatro grupos de diseño son descritos a continuación:

- Patrón corto: Se encuentra por lo regular en las clases 150 y 300 donde se tienen las mismas dimensiones de cara a cara para válvulas macho con bridadas.
- Patrón regular: El diseño en el área del puerto del tapón es más grande que en el patrón tipo Venturi.
- Patrón Venturi: Su configuración sirve para disminuir la presión y consiste en reducir el área del puerto en la válvula. Las válvulas tipo Venturi tienen una configuración en el área de paso del tapón semejante a una cavidad Venturi.
- Patrón de paso completo: En este patrón el cuerpo y el tapón no son más pequeños que lo especificado en el apéndice A de ASME B16.34 para las válvulas aplicadas respectivamente a su diámetro nominal y clases de presión.

Lo patrones mencionados cubren los siguientes tamaños de diámetros nominales de tubería en pulgadas: 1/2, 3/4, 1, 1 1/4, 1 1/2, 2, 2 1/2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 y 24.

Correspondientes a los siguientes tamaños de diámetros nominales de tubería en milímetros: 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 y 600.

Aquella información que puede ser especificada por el usuario final se indica en el punto 3.2.1.

La nomenclatura estándar para las partes de las válvulas es vista en el punto 3.2.2 como ilustración típica de diseños de válvulas macho y no será excluido otro diseño que cumpla con los requerimientos de este estándar. El único propósito de esta nomenclatura es identificar los nombres de cada parte. La construcción de una válvula es aceptable solo cuando esta cumple con todos los estándares respectivos.

2.3.2 Rangos de presión-temperatura.

Los rangos de presión-temperatura deberán ser de acuerdo con las clases del estándar ASME B16.34 y el estándar ASME B16.42 como corresponde para el material en los componentes de la válvula. Este estándar también toma en cuenta que los sellos, tapas, recubrimientos, diafragmas, asientos y sellantes pueden limitar las aplicaciones de las válvulas.

2.3.3 Diseño.

Las válvulas que están en acuerdo con este estándar, deberán tener los requerimientos de ASME B16.34 para clases estándar.

En el caso de válvulas de hierro dúctil clases:

150 y 300, los requerimientos para rangos de presión-temperatura, espesor de pared, dimensiones de brida y materiales que puedan sustituir el hierro dúctil se podrán ver en ASME B16.42.

2.3.3.1 Cuerpo.

El espesor mínimo de pared en el cuerpo de la válvula es diseñado en base a la norma ASME B16.34 la cual indica su valor correspondiente conforme al tamaño del cuerpo de la válvula o diámetro nominal. La tabla uno y dos de ASME B.16.34 presenta las características de los materiales.

La distancia de cara a cara para válvulas con cara realizada o bridas junta anillo y las dimensiones de extremo a extremo para válvulas con ambos extremos soldables deberán ser conforme a ASME B16.10 a menos que otra cosa sea especificada por el usuario final.

Las aleaciones de acero con níquel como base en su estructura química y otros tipos de aleaciones para válvulas macho con extremos bridados deberán examinar y calificar sus bridas de forma integral. Excepto en el caso de calificar bridas que están indicadas con una penetración total o con inercia de soldadura en ambos extremos soldables. Cuando una brida tenga soldadura, el procedimiento del soldador deberá estar calificado en acuerdo con ASME BPVC, Sección IX. Las dimensiones finales y acabados superficiales de los extremos bridados de acero o aleaciones de acero con níquel como base en su estructura química deberán ser especificadas en ASME B16.5.

Las dimensiones y el acabado de los extremos bridados de hierro dúctil deberá ser especificado en ASME B16.42, dependiendo del tipo de cara especificado por el usuario final.

El diseño de los extremos soldables deberá ser conforme a ASME B16.11, el fondo de la conexión deberá ser cuadrada y plana con el espesor de pared en acuerdo con la tabla cuatro de ASME B16.34.

Cuando la válvula tiene ambos extremos soldables de acero o aleaciones de acero con níquel como base en su estructura química las dimensiones de estos deberán ser conforme a ASME16.25.

Las válvulas con extremos roscables deberán ser como se especifica en ASME B.1.20.1 y todas las roscas internas deberán tener un chaflán a una distancia de una y media veces el paso de la rosca con cuarenta o cincuenta grados de inclinación con respecto al eje de longitudinal de la válvula.

Cuando se especifica una conexión de drenado esta deberá ser conforme a ASME B16.34.

2.3.3.2 Tapa.

Las tapas deberán tener cojinetes de tuerca paralelos a la cara de la tapa dentro del rango de un grado además deberán ser acomodados a las dimensiones de las tuercas estándar de cabeza hexagonal, cabeza interna hexagonal o tornillos de cabeza hexagonal.

2.3.3.3 Vástago y tapón.

La retención de vástago y la fuerza del vástago deberán cubrir los requerimientos del párrafo 6.5.1 de ASME B16.34 el diseño no confía en la actuación de componentes como: operador de engranes, actuadores o palancas para evitar la eyección o fuga.

Las conexiones de vástago a tapón y todas las partes del vástago con presión limite deberán ser diseñadas bajo carga torsional, la presión permitida cuando se exceda la carga en el vástago será del diez por ciento de la carga total. Esto deberá ser verificado de examinado destructivo o con métodos de cálculo verificados que hagan referencia a la configuración geométrica de la pieza.

El vástago y las conexiones entre vástago y tapón deberán ser diseñadas para resistir una deformación permanente o fractura en cualquier zona cuando una fuerza aplicada al maneral u operador de engranes produzca un torque igual o más grande a veinte Newton/metro (quince libras/pie) también cuando sea dos veces más el valor del torque o máxima presión diferencial a una temperatura de veintiún grados Celsius (setenta grados Fahrenheit). Esto deberá ser verificado con examinado destructivo o con métodos de cálculo en donde se pueda ver la configuración geométrica de la pieza.

Si las superficies del tapón que rotan a través del cono son de elastómero, plástico o con algún otro tipo de recubrimiento, deberán tener un acabado superficial no más áspero que 0.40 *mm* en acuerdo con ASME B.46.1, esto con el fin de asegurar una máxima adhesión.

La superficie del vástago y el área en contacto con el empaque de vástago no deberá ser más espeso que 0.80 *mm* en acuerdo con ASME B46.1.

2.3.3.4 Prensa estopa.

La prensa estopa puede ser de tipo roscable o para ser ensamblada con tornillos

2.3.3.5 Tornillería.

Las tapas deberán ser barrenadas y roscadas para usar tornillos o espárragos, estos últimos deberán ser semi-terminados para tuercas hexagonales conforma a ASME B18.2.4.6M.

La tornillería de 1.000 pulgada (25.40 milímetros) o menores deberán tener roscas tipo UNC o el más parecido correspondiente al roscado milimétrico. Tornillos más grandes que 1.000 pulgada (25.40 milímetros) deberá ser de una de las ocho series de cuerdas estándar UN o la cuerda métrica más parecida correspondiente.

Los barrenos roscados deberá ser clase 2A y la tuercas clase 2B en acuerdo con ASME B.1.1.

Cuando el diseño cuente con un perno de ajuste para el maneral el enganche deberá tener la interferencia especificada en ASME B.1.12.

Los empaques de pernos prensa-estopa deberán ser diseñados de tal forma que la presión del perno no exceda una tercera parte del mínimo de presión tensible del perno, esto debido a la compresión esperada del empaque y requerida para soportar el máximo daño del trabajo de presión de la válvula conforme a su rango CWP.

2.3.3.6 Operación.

Las válvulas macho deberán ser diseñadas para operarse empleando un maneral o algún otro dispositivo mecánico como un operador de engranes. El usuario final deberá especificar el tipo de operación requerida. La longitud del maneral no deberá exceder el valor de dos veces la distancia de cara a cara o extremo a extremo de la válvula, además este deberá ser diseñado de tal forma que la fuerza requerida para operar la válvula no exceda la capacidad de fuerza límite indicado en MSS-SP91. Nota se emplea la palabra “fuerza” para definir el torque máximo de operación este no deberá exceder 360 Newton u 80 Libras-fuerza.

El maneral puede tener un diseño integro o puede estar constituido por una cabeza llave ensamblada al vástago y que provea una conexión soldable o algún otro orificio sustituible donde se pueda conectar un tubo o alguna extensión de maneral.

Esta cabeza llave deberá ser diseñada de tal forma que pueda permanecer unida consistentemente, además deberá ser asegurar al vástago mediante un tornillo opresor, set de tornillos o algún otro perno útil.

Se debe suministrar un volante junto con el operador de engranes, los volantes de disco solido no deberán usarse pero los volantes hechos a base de tubos si pueden ser utilizados.

El mecanismo con operador de engranes podrá ser operador manual, eléctrica, con motor o algún otro dispositivo de energía similar. Deberán ser usadas llaves para asegurar el ensamble como engranes o piñones para separar los ejes. Para válvulas con operador energizado deberán contar con un ensamble de engranes adecuado.

Las válvulas deberán ser provistas con un dispositivo indicador de abierto y cerrado cuando esto sea especificado por el usuario final, no se permite usar dispositivos del tipo cerrojo automático. El dispositivo bloqueador deberá ser diseñado tal que el tope tenga 0.313 pulgadas (7.93 milímetros) de diámetro y como eje su longitud no debe ser más grande que 4.000 pulgadas (101.60 milímetros), este podrá ser insertado directamente a través del orificio apropiado para el bloqueo.

El diseño de la válvula deberá contar con un tope que permita girar el tapón solamente un cuarto de vuelta para abrir y cerrar la válvula, cada posición del tapón en el cuerpo deberá ser visible mediante un indicador de posición.

El maneral deberá ser ensamblado en forma paralela al paso del fluido a través del tapón, si una palanca sustituye al maneral el diseño de esta deberá permitir el mismo ensamble

Las válvulas que se les monta un operador de engranes o un actuador deberán ser capaces de operar sin ningún problema aun cuando estas tenga partes en contacto directo con la presión (tornillos, espárragos de la tapa, empaques de brida, vástagos, tuercas o empaques).

2.3.3.7 Conductividad eléctrica.

Las válvulas deberán tener incorporadas piezas antiestáticas que recubran una conductividad eléctrica junto con el tapón y el cuerpo.

La válvula deberá tener una conductividad eléctrica a través de un camino de descarga, con una resistencia no mayor de diez Ohms de una fuente de poder no mayor a doce volts de corriente directa. Las válvulas deberán ser examinadas bajo presión y cicladas como mínimo cinco veces.

2.3.4 Materiales.

Cuando la válvula se encuentra bajo condiciones ambientales o en servicio tales como son temperaturas bajas o una atmosfera corrosiva, será necesario hacer consideraciones especiales al seleccionar los materiales para el diseño.

2.3.4.1 Sellos.

Los sellos que se comprimen entre el cuerpo y la tapa deberán ser de un material listado en ASME B16.34 o para hierro dúctil en ASME B16.42.

El examen metalográfico no puede sustituir el examen de tensión indicado en ASTM A 395.

2.3.4.2 Cuerpo a tapa, sellos, diafragmas y juntas.

Entre el cuerpo y la tapa se deben colocar juntas, diafragmas o sellos ya sean metálicos o no metálicos dependiendo las condiciones del servicio y los rangos presión-temperatura a los cuales trabajaran las válvulas.

La compresión de los sellos, diafragmas o juntas deberá ser controlada y considerada bajo el diseño de compresión generado por el contacto entre el cuerpo y la tapa. La resistencia a la corrosión de cualquier componente en contacto con el fluido en servicio deberá ser como mínimo igual a la del cuerpo.

El sello o la junta podrá estar constituido de un material listado en la tabla C1 de ASME B16.5, el sello y la junta podrá ser plástica o elastómera de resistencia hidrocarbonada.

2.3.4.3 Vástago y tapón.

El tapón deberá ser de uno de los materiales especificados en ASME B16.34 o en ASME B16.42 para válvulas macho de hierro dúctil, otros materiales podrán ser usados solo si son especificados por el usuario final. La resistencia a la corrosión deberá ser como mínimo igual que la del cuerpo. La superficie del tapón deberá contener propiedades que sean resistentes al desbaste por condiciones atmosféricas. Cuando se trata de tapones de hierro dúctil con superficie dura a estos no se les podrá aplicar soldadura.

2.3.4.4 Mecanismos de operación.

Los volantes o el conjunto de volantes deberán ser hechos de acero al carbón, hierro dúctil o hierro maleable, a menos que otra cosa sea especificada por el usuario final, los volantes o juego de volantes deberán provenir de un proceso de fundición o forjado.

Todos los volantes deberán venir libres de rebaba en cada una de sus orillas. Los manuales y palancas deberán ser fabricadas de acero, hierro dúctil, hierro maleable, bronce o algún otro tipo de metal dúctil, las cadenas deberán ser hechas de acero.

2.3.4.5 Bridas.

Las bridas o adaptaciones deberán ser de tipo forjado, fundido, acero rolado o de hierro dúctil. El hierro dúctil no puede ser usado para servicio de fluido que opere a temperaturas arriba de trescientos cuarenta y tres grados Celsius (seiscientos cincuenta grados Fahrenheit).

2.3.4.6 Sellos de vástago y empaque.

La configuración y el diseño de los sellos en el vástago y empaques deberá ser la adecuada, y para los rangos máximos de temperatura en la válvula.

2.3.4.7 Tornillería.

El material de los tornillos en la tapa deberá ser conforme a ASME B16.34², grupo cuatro de materiales, excepto en ASTM A 307, grado B, la tornillería de acero al carbón no debe ser usada.

El material de las bridas deberá ser conforme a ASME B16.34 grupo cuatro de materiales.

El material de la tornillería empleada para válvulas está sujeta a limitantes de temperatura descritos en ASME B31.34.

2.3.4.8 Placa de identificación.

El material de las placas de identificación debe ser 18Cr–8Ni o de acero inoxidable.

² Norma N° B 16.34-2009, Valves – flanged, Threaded, and welding end (Válvulas bridadas, roscadas y extremos soldables), ASME.

Las placas de identificación pueden ser adjuntas o colocadas a la válvula con soldadura excepto para válvulas de hierro dúctil, también pueden usarse remaches hechos de material similar a la placa de identificación.

2.3.4.9 Reparación de defectos.

Cuando se examinan, inspeccionan o se prueban defectos relevantes en el cuerpo de acero o acero aleado, el defecto podrá ser reparado como indica el estándar del material especificado en la tabla uno de ASME B16.34. Se recomienda no reparar defectos encontrados en hierro dúctil de fundición. La soldadura de hierro dúctil no será permitida.

2.3.5 Sistema de sellado.

El sistema de sellado se realiza con la finalidad de que la válvula se encuentre herméticamente sellada, con la ayuda de la grasa que se desplaza por las ranuras del tapón o macho.

2.3.5.1 Válvula macho lubricada.

Las válvulas macho lubricadas deberán ser provistas con un sistema interno de lubricación que sea capaz de inyectar sellante en las superficies de contacto o áreas de sello entre el cuerpo y el tapón.

Unas ranuras deberán ser provistas en las superficies del cuerpo de la válvula, estas ranuras deberán ser acomodadas de tal forma que el lubricante bajo presión pueda ser transmitido a todas las áreas de sello cuando la válvula se encuentre en posición abierta o cerrada, este sellante facilitara la operación de la válvula.

El diseño de la grasera deberá tener una cuerda para ser ensamblada en el tapón y pueda inyectar el sellante–lubricante, además la grasera deberá ser de acero.

Para válvulas que son provistas con una grasería, un tornillo lubricante o una combinación entre ambos podrán usar si son requeridas como mínimo dos válvulas de retención hechas de acero.

El material para las válvulas de retención y cualquier elemento de retención deberán tener como mínimo la resistencia a la corrosión que tiene el cuerpo de la válvula.

A menos que otra cosa se especifique por el usuario final, las válvulas macho lubricadas deberán ser provistas con un sellante lubricante resistente a la hidrocarbonación que sea adecuado a los rangos máximos de temperatura de la válvula. Este sellante deberá tener ambas propiedades para sellar herméticamente y lubricar para una fácil operación.

2.3.5.2 Válvula macho no lubricada.

Las válvulas macho no lubricadas podrán usar asientos metálicos, plásticos o elastoméricos con resistencia hidrocarbonada. Los recubrimientos del tapón deberán ser los adecuados para las condiciones de servicio requeridas. Los recubrimientos en los componentes que generan sello deberán también ser considerados para condiciones de bloqueo mecánico cuidando que la rigidez del recubrimiento pueda soportar la presión y así evitar alguna fractura o dislocamiento en la válvula cuando esta se encuentra en servicio.

2.3.6 Inspección, examen y pruebas.

Este procedimiento se debe realizar con el fin de determinar las condiciones físicas y su adecuación de la válvula macho

2.3.6.1 Inspección y examen.

Si la inspección y el examen no se especifican por el usuario final la válvula deberá tener los requerimientos descritos en API 598.

2.3.6.2 Examen.

La válvula deberá ser examinada bajo presión de acuerdo con la norma API 598. Las válvulas deberán ser evaluadas en su condición completamente ensamblada, incluyendo componentes auxiliares, graseras y empaques, antes del recubrimiento o pintado. Durante el examen bajo presión el cuerpo de la válvula deberá estar libre de contaminantes externos. Las válvulas que tengan un tratamiento en su superficie pueden ser examinadas con el tratamiento ya aplicado.

Cuando la prueba de fuego sea especificada por el usuario final, los requerimientos de la norma API 607 deberán ser aplicados.

2.3.7 Marcado.

Las Válvulas que no sean de hierro dúctil deberán ser marcadas en acuerdo con ASME B16.34.

Las válvulas de hierro dúctil serán marcadas en acuerdo con MSS SP-25.

El marcado de placas de identificación para las válvulas deberá incluir rangos de presión hasta los treinta y ocho grados Celsius (cien grados Fahrenheit) y el número de figura correspondiente.

El marcado de placas para válvulas deberá incluir el máximo límite de temperatura correspondiente al límite de presión en cuerpo, el recubrimiento, diafragma o asientos pueden ocasionar en la válvula una limitante para rangos altos de presión.

(Rangos de temperatura listados en el estándar aplicable ASME B15.34 o ASME B16.42.).

2.3.8 Envío.

Características y especificaciones que demanda el cliente, con la finalidad de que su producto que compra llegue a su destino en condiciones óptimas para su perfecta funcionalidad a la hora de ponerse en servicio.

2.3.8.1 Recubrimientos.

A menos que otra cosa sea especificada por el usuario final se deberán pintar las superficies externas del cuerpo y de la tapa, excepto aceros no ferrosos e inoxidable austeníticos.

Las superficies maquinadas de extremos bridados y extremos soldables deberán tener recubrimiento para evitar la corrosión y todas las pinturas y recubrimientos deben de estar libres de contaminantes.

2.3.8.2 Apertura de la válvula.

Los extremos bridados o extremos soldables deben tener un protector o cubierta para cuidar las superficies y elementos internos durante el envío, además las válvulas deberán tener un almacenamiento correcto y un empaquete individual para asegurar su protección. Los protectores de bridas deberán ser de madera, fibra de madera, plástico o metal y deberán asegurarse a los extremos de la válvula por medio de broches o correas de acero junto con un correcto dispositivo antifricción.

2.3.8.3 Posición del tapón.

Las válvulas deberán ser enviadas en posición abierta.

2.3.8.4 Empaques.

Si la válvula se envía con un empaque de vástago ajustable esta deberá ser utilizada solo con este empaqué instalado.

2.3.8.5 Empacado.

El empackado para la exportación es especificado por el usuario final, las válvulas pueden ser enviadas de la siguiente forma: paletizadas, empackadas en cartón, cajas o canastas de embalaje.

También el empackado para la exportación será especificado por el usuario final, para que las válvulas puedan ser enviadas en forma individual o colectiva en cajas de madera.

2.3.9 Partes de repuesto recomendadas.

Cuando sea especificado por el usuario final, se deberá proveer un listado de partes recomendadas como repuesto. La lista deberá incluir secciones transversales o dibujos que sirvan como identificación de partes de la válvula.

CAPÍTULO 3.

DESARROLLO EN EL DISEÑO DE UNA VÁLVULA MACHO DE ACERO.

En este capítulo se dará a conocer la metodología empleada para lograr el desarrollo en el diseño de la válvula.

3.1 Metodología para el diseño.

A continuación se describen los pasos a seguir para el desarrollo en el diseño de una válvula macho de acero diseñada bajo los lineamientos establecidos en API 599.

3.2 Análisis de la información.

Aquella información que el usuario final podrá especificar se encuentra indicada en el punto 3.2.1 y aquella nomenclatura básica con propósitos de referencia se encuentra en el punto 3.2.2.

3.2.1 Información específica acerca del diseño.

A continuación se muestra la información que puede ser especificada por el usuario final.

- a) Si el usuario final requiere un tapón distinto a los de este estándar, los requerimientos de dicha desviación deberán estar establecidos en el diseño requerido.
- b) Si no existen excepciones este estándar será tomado y el diseño requerido solo necesita referirse a API 599 para especificar los términos incluidos en el punto c).
- c) Los términos requeridos en el diseño son los siguientes:

- Tamaño de válvulas.
- Clase.
- Tipo (lubricada o no lubricada), patrón (corto, regular y Venturi) o tapón (normal o invertido).
- Conexiones de extremos tipo: cara realzada, junta anillo, cara plana, roscadas, con conexión soldable o soldable–roscada, bridada–soldable.
- Espesor de pared grueso para válvulas de acero inoxidable y de acero al carbón.
- Tipo de operador requerido (maneral, con palanca, con volante o con operador de engranes).
- Requerimientos de prueba de fuego.
- Material del tapón.

d) Los términos opcionales son los siguientes:

- Extremos bridados soldados.
- Conexiones de drenado y bypass.
- Dispositivo tope usado para asegurar la válvula en posición abierta o cerrada.
- Piezas antiestáticas examinadas.
- Materiales para los mecanismos de operación.
- Sellos de vástago o materiales para empaques.
- Materiales para tornillería más allá del límite especificado en ASME B31.3 o para incrementar la resistencia a ambientes corrosivos.
- Sellante–lubricante y temperatura de operación si esta se encuentra fuera del rango del diseño de la válvula.
- Inspección.
- Recubrimientos para válvulas.
- Empacado para exportación.
- Cavidades de venteo en el cuerpo.
- Partes de repuesto.

- 1) Grasea.
- 2) Tornillo de la prensa-estopa.
- 3) Prensa-estopa.
- 4) Tornillo de la tapa.
- 5) Tapa.
- 6) Empaque de vástago.
- 7) Válvula de retención.
- 8) Cuerpo.
- 9) Tapón.
- 10) Junta de tapa.

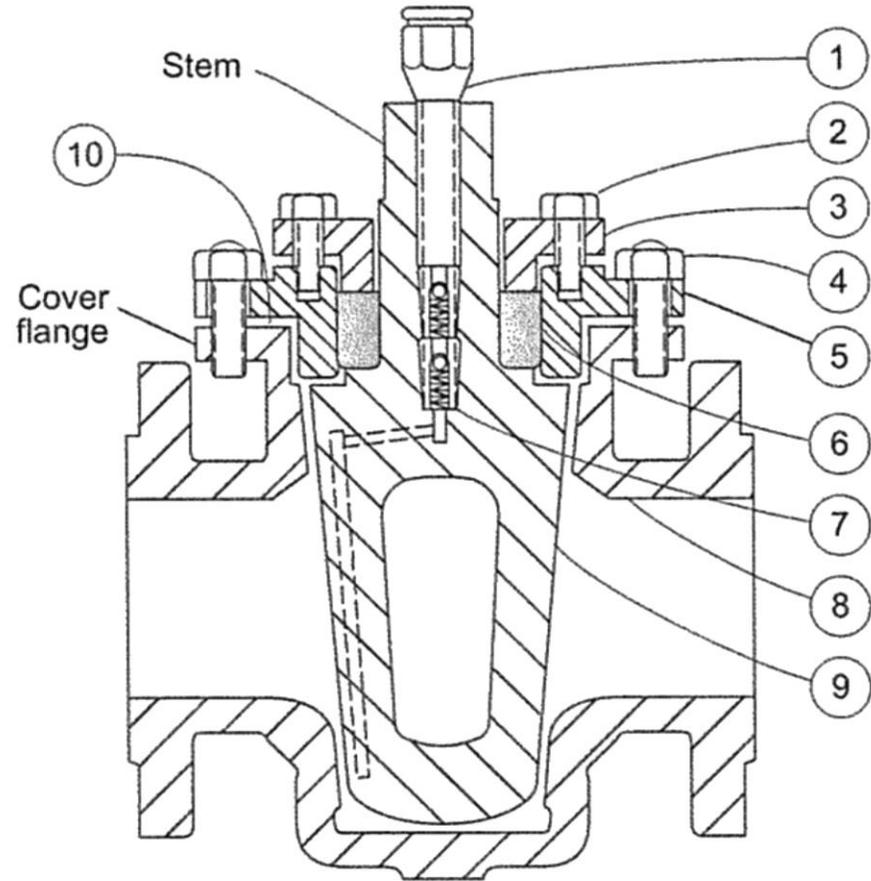


Figura 3.1 Identificación de las partes de una válvula macho lubricada (WALWORTH).

1) Tornillo de prensa-estopa.

2) Tornillo de tapa.

3) Resorte de empuje.

4) Anillo soporte

5) Copa de sello.

6) Recubrimiento.

7) Cuerpo.

8) Tapa.

9) Tapón.

10) Prensa-estopa.

11) Sello de vástago.

12) Empaque anillo.

13) Dispositivo antiestático.

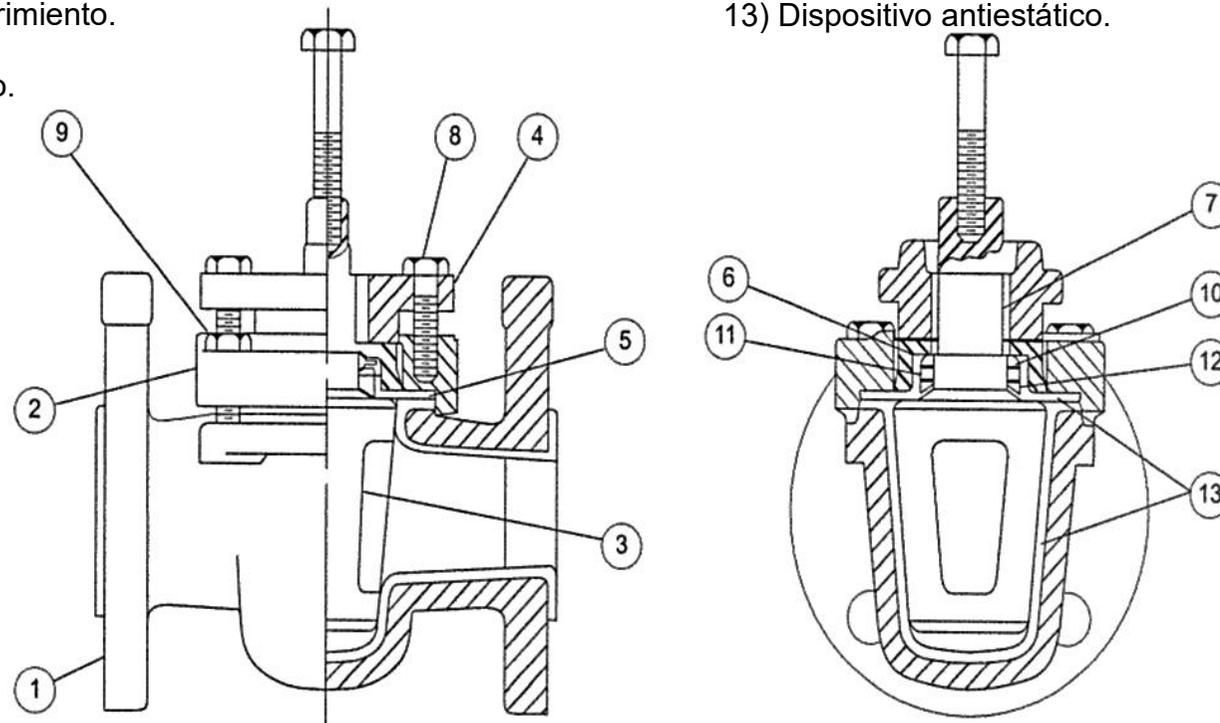
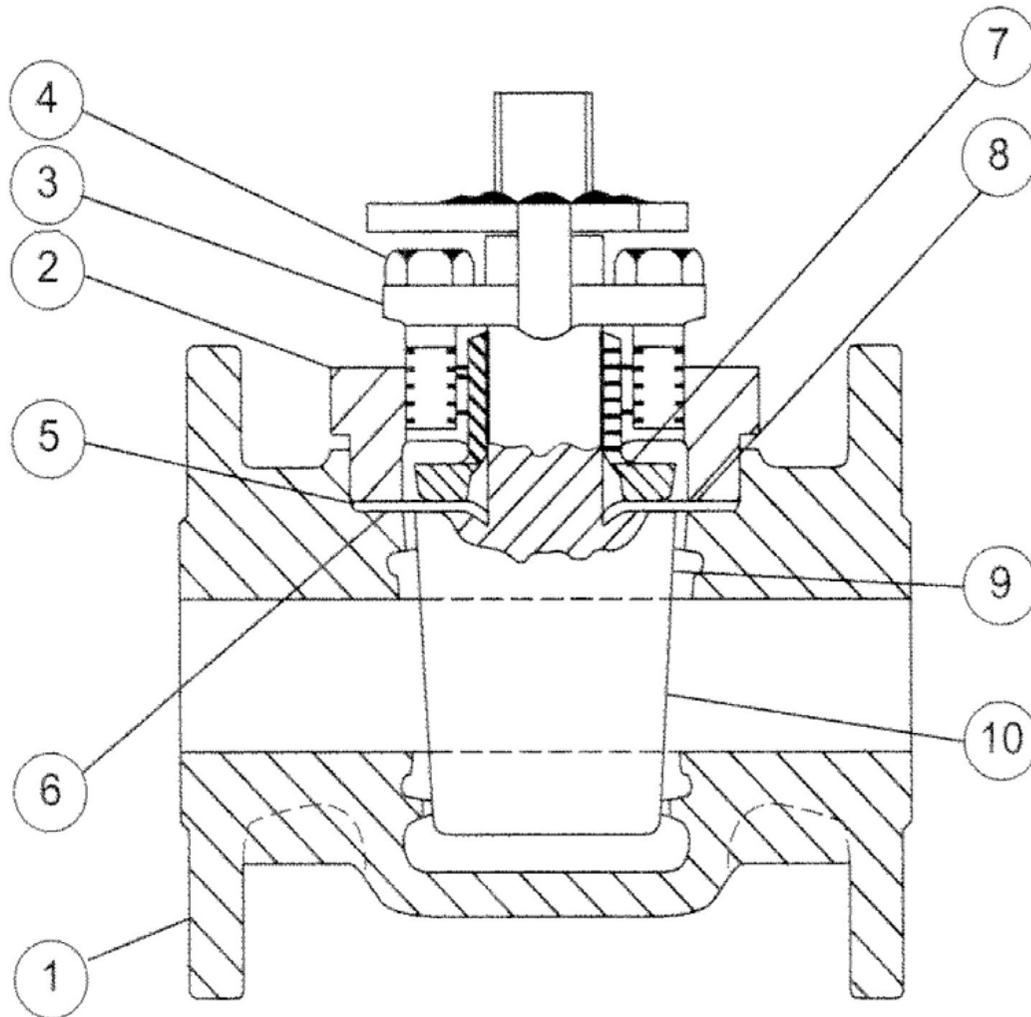


Figura 3.2 Identificación de las partes de una válvula macho completamente recubiertas o semi-lubricada (WALWORTH).



- 1) Cuerpo.
- 2) Tapa.
- 3) Centrador.
- 4) Tornillo de centrador.
- 5) Sello o junta de tapa.
- 6) Diafragma no metálico.
- 7) Sello de vástago o empaque.
- 8) Diafragma metálico.
- 9) Cono.
- 10) Tapón.

Figura 3.3 Identificación de partes de una válvula macho lubricada (WALWORTH).

- 1) Cuerpo.
- 2) Tapón.
- 3) Bonete o tapa.
- 4) Junta de bonete.
- 5) Tornillo de bonete.
- 6) Prensa-estopa.
- 7) Empaque de brida prensa-estopa.
- 8) Empaque de tornillo para prensa estopa.
- 9) Vástago.
- 10) Empaque.

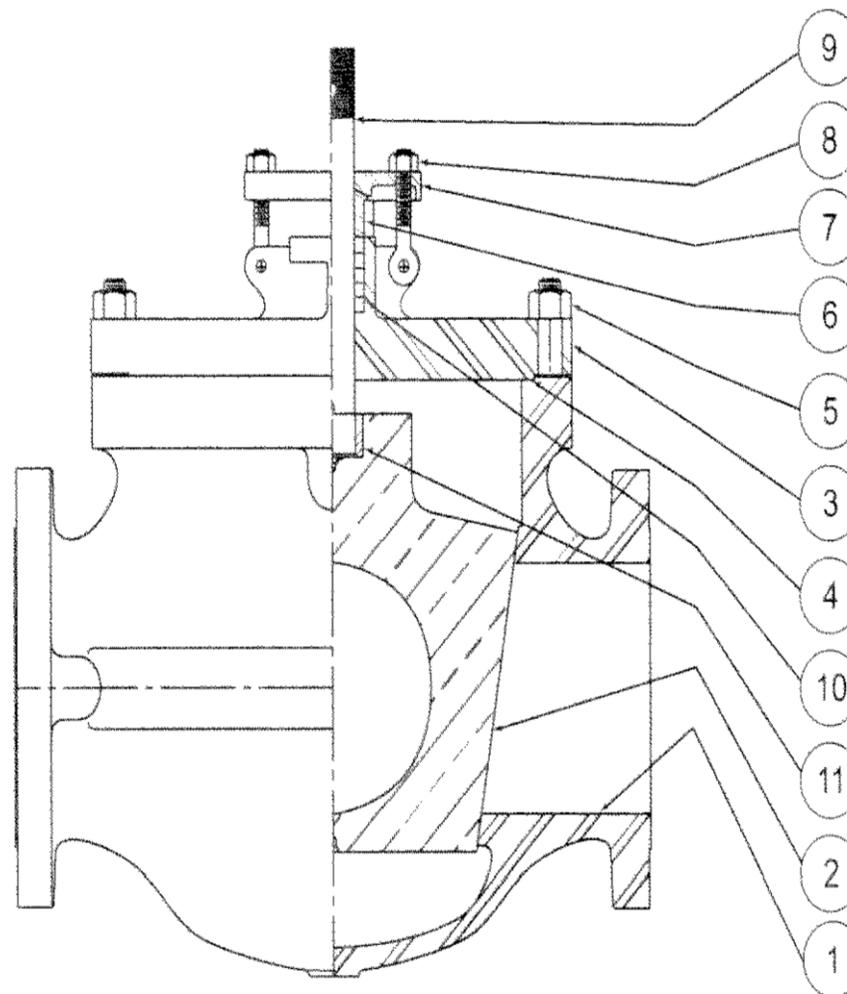


Figura 3.4 Identificación de las partes de una válvula macho no lubricada. (WALWORTH).

3.3 Diseño de las partes que componen a la válvula.

En este apartado se describen los componentes esenciales de una válvula macho de acero, que se requieren para su correcta funcionalidad.

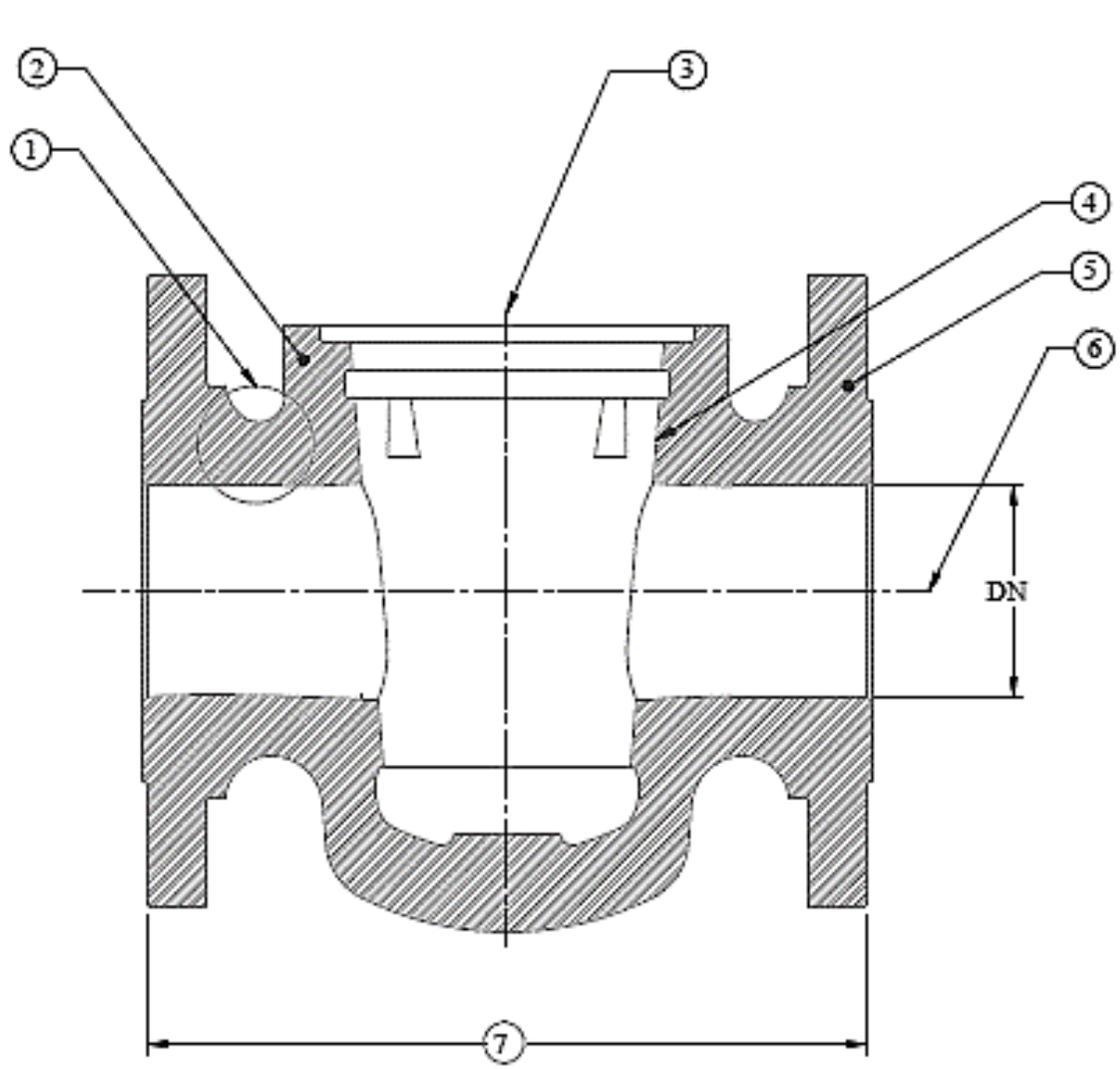
3.3.1 Cuerpo.

Para el diseño del cuerpo se deberá tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Espesor mínimo de pared del cuerpo.
- b) Dimensiones del cuerpo.
- c) Hermanado de cuerpo-tapón.

3.3.2 Partes del cuerpo.

En la siguiente figura se muestra de forma esquemática el cuerpo de una válvula macho de acero.



- 1) Espesor de pared mínimo.
- 2) Tercer brida.
- 3) Eje de altura del cuerpo.
- 4) Área de sello entre cuerpo y tapón.
- 5) Extremo bridado del cuerpo.
- 6) Eje del largo del cuerpo.
- 7) Distancia entre extremos.

Figura 3.5 Identificación de las partes del cuerpo de la válvula macho de acero (WALWORTH).

3.3.3 Espesor mínimo de pared.

Dentro de la norma ASME B 16.34 se indica el espesor de pared mínimo del cuerpo, este se establece en base al diámetro nominal y la clase de la válvula que queremos diseñar.

3.3.4 Dimensiones del cuerpo.

En cuanto a las dimensiones restantes del cuerpo se tomará en cuenta lo establecido en las normas ASME B16.10 y ASME B16.5 para determinar su distancia entre extremos y la configuración de los mismos.

3.3.5 Extremos bridados.

La unión de dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión.

3.3.5.1 Bridas.

Los extremos bridados del cuerpo deberán cumplir con los requerimientos dimensionales de ASME B16.5 (Tubos y accesorios bridados para válvulas de 0.500 pulgadas (0.500 milímetros) hasta 24.000 pulgadas (609.60 milímetros) de diámetro nominal.

Esta norma restringirá las dimensiones principales de la primera y segunda brida. Las dimensiones básicas en esta norma son las siguientes:

- Diámetro exterior de la brida.
- Diámetro de centro de barrenos.
- Diámetro de barrenos.

- Número de Barrenos.
- Diámetro de realce de la cara para extremos con cara realzada.
- Espesor del realce de la cara.
- Diámetro del realce la cara para extremos unión junta–anillo.
- Espesor del realce de la cara para extremos tipo unión junta–anillo.
- Dimensiones de la muesca o ranura para la junta–anillo.
- Espesor de la brida.
- Diámetro de puerto.

3.3.5.2 Distancia entre caras para extremos bridados.

La distancia de cara a cara deberá estar de acuerdo a ASME B16.10 (dimensiones de cara a cara y/o extremo a extremo de válvulas).

3.3.5.3 Extremos soldables.

Los extremos soldables para válvulas mayores a 2.000 pulgadas (50.40 milímetros) deberán cumplir con los requerimientos de ASME B16.25 (extremos soldables para diámetro nominal específico y uso de anillo respaldo).

3.3.5.4 Distancia entre extremos para extremos soldables.

La distancia entre extremos deberá estar de acuerdo a ASME B16.10 (dimensiones de cara a cara y/o extremo a extremo de válvulas).

3.3.5.5 Asientos del cuerpo.

La configuración de la ventana interior del cuerpo no deberá ser necesariamente la especificada en ASME B16.34.

Una de las funciones principales de una válvula macho es la reducción en el área de esta zona para provocar caídas de presión y aumento de velocidad en el flujo del fluido.

El tipo de sello que ofrece la válvula macho es bidireccional y el área de sello en el cuerpo deberá tener un acabado fino que proporcione hermeticidad para que no exista ningún tipo de fuga, además el ángulo de inclinación del cono en el cuerpo debe tener un ángulo de cuatro punto cinco grados al igual que el cono del tapón.

Con estos datos se empieza a trazar el diseño de lo que será el cuerpo de la válvula, o al menos el largo de este, ya que contamos con el diámetro Interno, con el espesor mínimo de pared, la distancia entre extremos y las dimensiones de la primera y segunda brida.

Para válvulas que tienen una clase designada a 150, la unión entre el cuerpo–tapa deberá tener una junta o un diafragma que generen el sello adecuado para evitar cualquier tipo de fuga en esa zona el material de la junta y el diafragma deberán ser respectivamente:

- a) El material comprimido de fibras sintéticas y aglutinantes libres de asbesto debe ser el adecuado para trabajar en agua, vapor aceites y gases inertes de hasta trescientos setenta y un grados Celsius a (setecientos grados Fahrenheit) y a una presión máxima de mil doscientos Psi. Su presentación es en láminas o juntas cortadas.
- b) Láminas de acero inoxidable cromo–níquel y cromo–manganeso–níquel para recipientes a presión.
- c) La unión cuerpo–tapa es diseñada para proporcionar un control de compresión de la junta y del diafragma.
- d) Para la clase 150, el siguiente material también es aceptable:
 - Láminas y soleras de acero al carbón rolado en caliente, calidad comercial.
 - La brida de unión cuerpo–tapa deberá tener una configuración adecuada al diseño.

- La tapa y la tercer brida del cuerpo deberán ser paralelas con hasta más–menos un grado de desalineación y la unión entre ambas deberá ser asegurado por un mínimo de cuatro tornillos hexagonales con un tipo de cuerda estándar recomendada (1/2-13 UNC).
- El total de área de sección transversal de los tornillos en la unión cuerpo–bonete deberá estar de acuerdo a los requerimientos de ASME B16.34.
- Al ensamblar las superficies de contacto entre el cuerpo, la junta y el diafragma deberán estar libres de agentes extraños.

3.3.6 Tapón.

Para el diseño del tapón se tomará en cuenta los siguientes puntos de la norma API 599:

- Espesor de pared del tapón: El mínimo espesor de pared del tapón al momento de fabricar, será el indicado por la tabla 1 (ver anexo A, tabla 1). El valor correspondiente deberá estar basado en el diámetro nominal DN o NPS, y en la clase que va de acuerdo al diseño.
- Configuración del tapón: Al diseñar el tapón es importante considerar la proyección del vástago porque en él se coloca el maneral que sirve para operar la válvula.
- Hermanado cuerpo–tapón: El hermanado de cuerpo–tapón además de producir sello deberá de proveer un “ventaneo”, esto es que la ventana del tapón y la ventana interior del cuerpo tendrán que estar alineadas más–menos 0.031 pulgadas (0.79 milímetros) para evitar cualquier tipo de turbulencia y que se estanquen agentes extraños del fluido en la válvula.

3.3.6.1 Tipos de tapones.

Los tapones de la válvula macho se definen en tres tipos: corto, regular y venturi, teniendo cada uno de ellos un porcentaje de reducción de área en su ventana con respecto al valor del área en el puerto de la válvula, es decir, el diámetro nominal que tiene el cuerpo de la válvula.

La configuración del tapón con respecto a la reducción de su área es categorizada como se indica en la figura 3.6.

| Modelo. | Porcentaje de reducción de área con respecto al diámetro nominal. |
|----------------|--|
| Corto. | $1\% \leq X \leq 20\%$ |
| Regular. | $21\% \leq X \leq 40\%$ |
| Venturi. | $41\% \leq X \leq 60\%$ |

Figura 3.6 Tipos de tapones.

3.3.7 Tapa.

La tapa deberá cumplir con el mínimo espesor de pared requerido en ASME B 16.34 ver: tabla 1 (ver anexo A, tabla 1). Y su configuración tendrá que ser similar a la de la tercera brida para que pueda ser ensamblada con ayuda de los tronillos hexagonales, la tapa además deberá tener en su diseño un realcé en una de sus caras de aproximadamente 0.155 pulgadas (3.97 milímetros) para que pueda comprimir el diafragma o la junta y así evitar fugas.

La tapa en su diseño tendrá un barreno roscado al centro de: 2 1/2-12. UN que servirá para recibir una prensa-estopa.

3.3.8 Prensa–estopa.

La prensa–estopa deberá tener un diseño que le permita ensamblarse entre la tapa y el vástago por medio de una rosca en su diámetro exterior, de esa forma se podrá comprimir la junta y el diafragma, además, posicionar correctamente el porta empaques.

3.3.9 Porta empaques.

El diseño del porta empaques deberá tener una configuración adecuada que le permita colocársele dos empaques de tipo anillo de diferentes diámetros. El porta empaques será colocado entre el tapón y la tapa, su función es ayudar al prensa–estopa comprimir el diafragma y la junta gracias a la posición en la que será ensamblado.

3.3.10 Empaques tipo anillo.

Las dimensiones de los empaques tipo anillo deben ser ideales para provocar una interferencia adecuada entre componentes y así evitar fugas en esa zona. Los empaques serán colocados en las ranuras radiales del porta empaques y no deberán moverse de esa posición en la válvula.

3.3.11 Empaque labio.

El empaque labio tendrá un diseño parecido al de una funda o a un tubo protector de vástago. Este componente deberá tener un diámetro interior menor al diámetro del vástago para que exista cierta interferencia y se pueda asegurar que no entre ningún agente extraño en la válvula.

3.3.12 Indicador de posición.

Este componente además de llevar gravado las posiciones de abierto y cerrado está diseñado para para generar un tope por medio de una muesca de un cuarto de vuelta, así al girar noventa grados sobre el eje horizontal de la válvula este componente entrará en contacto con el perno tope y el tapón quedará colocado ya sea en posición totalmente abierta o totalmente cerrada.

3.3.13 Perno tope.

Este componente tiene una configuración parecida a la de un esparrago sin embargo no tiene ningún tipo de rosca, su función es la de hacer contacto con el Indicador de posición para asegurar que el tapón se encuentra en una posición abierta o cerrada. El perno tope será ensamblado en la tapa y colocado a presión en ella, su configuración permitiría tener cierta proyección para que pueda funcionar de manera correcta en la válvula cuando esta sea operada.

3.3.14 Seguro reten.

La configuración del seguro reten le permite ser colocado en el vástago por encima del indicador de posición, para asegurar que este no se salga de su posición, su forma es parecida a la de un anillo, gracias a esto puede ser colocado en una ranura localizada en la parte superior del vástago.

3.3.15 Válvula de retención.

La válvula de retención debe tener una configuración que permita el paso del sellante en un sentido cuando este sea con presión y al sentido contrario se restrinja el flujo. Este componente estará ubicado por dentro del tapón gracias a un barreno de tipo: 1/4–18NPT.

3.3.16 Tornillería.

La tornillería deberá ser estándar con una rosca de 1/2–13 UNC–2, esta servirá para unir la tapa con el cuerpo, los tornillos empleados deberán ser de cabeza hexagonal y su longitud de 1.625 pulgadas (41.23 milímetros).

3.3.17 Accionamiento.

El maneral permite el accionamiento directo que abrirá la válvula cuando este sea girado noventa grados en sentido contrario al sentido de las manecillas del reloj.

3.3.18 Maneral.

El maneral deberá tener un diseño consistente que permita ser colocado en la parte superior del vástago, ya que en la cabeza su ranura será acoplada a las dimensiones de este componente además la longitud de la palanca no deberá exceder la dimensión de dos veces la distancia entre extremos de la válvula.

3.4 Memoria de cálculo.

El objetivo de este paquete de diseño es establecer los requerimientos mínimos principales bajo los cuales la válvula macho es diseñada.

Los elementos asociados con el diseño de esta válvula presentan el concepto de un mecanismo de balance dinámico que reacciona en función a la presión del fluido.

El diseño de la válvula es relativamente simple y sus componentes básicos son: el cuerpo, la tapa y el tapón.

El tapón es un cilindro cónico y deberá ser un elemento capaz de moverse noventa grados sobre su eje vertical cuando la válvula se encuentra completamente ensamblada.

Las válvulas macho son diseñadas para bloquear o permitir el flujo de un fluido y es gracias a su diseño que pueden ser usadas en fluidos con sólidos suspendidos y permitir el flujo en ambas direcciones. La precisión del sello entre el tapón y el cuerpo de la válvula ayuda a prevenir la erosión y la acumulación de restos sólidos.

La función del sello y la aplicación de sellante son esenciales, ya que representan una gran ventaja en las válvulas de este tipo.

Las superficies de sello son herméticas y la válvula puede ser operada con cierta facilidad debido a la acción del sellante.

La válvula puede ser lubricada aun cuando ésta se encuentre instalada y con presión en el obturador.

La configuración del puerto permite provocar caídas de presión controladas gracias a la alineación entre la ventana del tapón y la ventana del cuerpo.

El uso de esta válvula es para servicios de fluidos, líquidos, gaseosos o una combinación de ellos a una temperatura de veinte a cuatrocientos cincuenta grados Fahrenheit.

Las partes principales de esta válvula son definidas en tres grupos:

- Contenedores de presión: Cuerpo y tapón.
- Internos: Resorte y sellante.
- Empaques: Junta, diafragma, porta empaques y prensa estopa.

3.4.1 Normas de referencia.

- API-599: Válvulas macho de acero, bridadas, roscadas y extremos soldable.
- API 598: Inspección y examen de válvulas.
- MSS SP-78: Válvulas macho de hierro bridado y extremo roscados.
- ASME/ANSI B16.34: Válvulas bridadas, roscadas y extremos soldables.
- ASME/ANSI B16.5: Tuberías y accesorios bridados.
- ASME/ANSI B16.10: Dimensiones de cara a cara y extremo a extremo para válvulas.

3.4.2 Diseño preliminar.

| No. | Descripción. | Especificación. |
|------------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | Tamaño nominal. | 2.000 pulgadas (50.40 milímetros). |
| 2 | Clase. | 150. |
| 3 | Extremos. | Cara realzada. |
| 4 | Tipo. | Macho (tapón normal). |
| 5 | Material. | Acero al carbón fundido. |
| 6 | Operación. | Manual (con maneral). |
| 7 | Presión máxima de operación. | 285 PSIG. |
| 8 | Rango de temperatura de presión. | -20°F a 450°F. |
| 9 | Modelo | Corto. |
| 10 | Norma de diseño. | API 599. |
| 11 | ASME/ANSI. | B16.5 Diámetro exterior de brida. |
| | | Diámetro al centro de barrenos. |
| | | Diámetro de barrenos. |
| | | Número de barrenos. |
| | | Espesor Mínimo de brida. |
| | | Diámetro de puerto. |
| | | B16.10 Distancia entre caras. |
| B16.34 Presión de operación. | | |
| 12 | API 599. | Diseño general de los componentes de la válvula. |

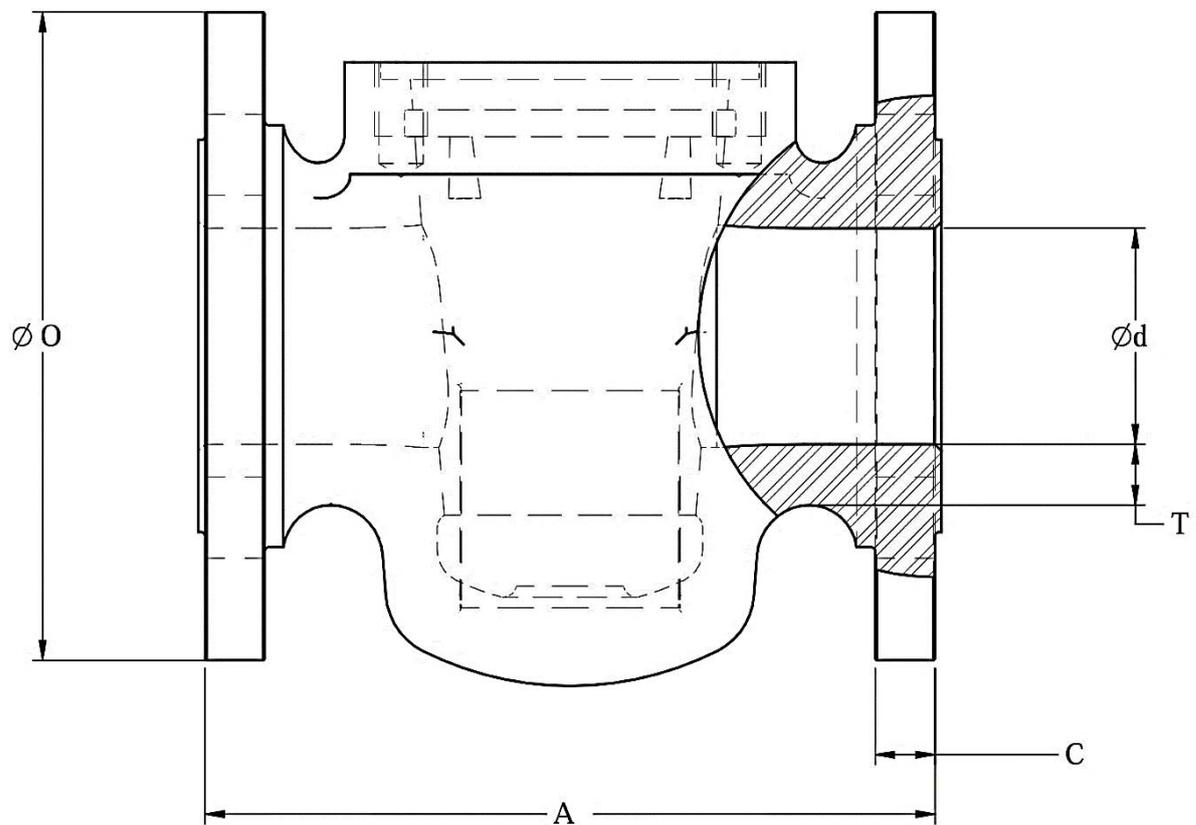
Figura 3.7 Diseño preliminar.

3.4.3 Dimensiones de la válvula en base a la norma A.P.I. 599.

| Válvula de macho acero. | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Norma. | Descripción. | Valor (pulg.) |
| API 599. | Proyección del vástago. | 1.813 |
| | Distancia entre caras del vástago. | 1.125 |
| ASME B16.5 | Diámetro del puerto. | 2.000 |
| | Acabado del realce de la brida. | 0.125 a 0.250 |
| | Diámetro exterior de la brida | 6.000 |
| | Diámetro del realce de la brida. | 3.625 |
| | Espesor de la brida. | 0.560 |
| | Diámetro de barrenos. | 0.750 |
| | Número de barrenos. | 4.000 |
| | Diámetro del centro de barrenos. | 4.750 |
| ASME B16.34 | Espesor mínimo de pared del cuerpo. | 0.340 |
| ASME B16.10 | Dimensión de cara cara. | 7.000 |

Figura 3.8 Dimensiones de norma.

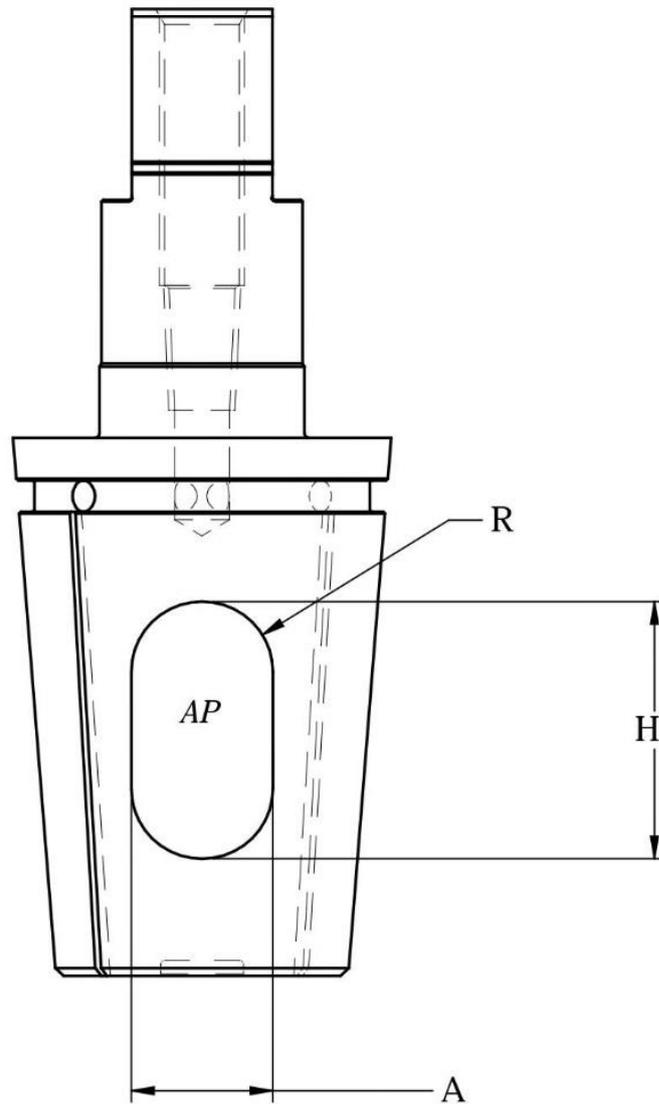
a) Dimensiones básicas del cuerpo.



| Número. | Descripción. | Nomenclatura. | Dimensión. |
|---------|--------------------------------|---------------|-----------------|
| 1 | Dimensión cara a cara. | A. | 7.000 Pulgadas. |
| 2 | Espesor de brida. | C. | 0.560 Pulgadas. |
| 3 | Diámetro de puerto. | Ød. | 2.000 Pulgadas. |
| 4 | Diámetro exterior de la brida. | ØO. | 6.000 Pulgadas. |
| 5 | Mínimo espesor de pared. | t. | 0.340 Pulgadas. |

Figura. 3.9 Dimensiones básicas del cuerpo (WALWORTH).

b) Diseño del puerto rectangular del tapón.



| Número. | Descripción. | Nomenclatura. | Dimensión. |
|---------|--|---------------|------------------------------|
| 1 | Porcentaje de área del puerto con respecto al D.N. | N/A. | 70%. |
| 2 | Distancia entre caras. | A . | 1.125 Pulgadas. |
| 3 | Área del puerto del tapón. | A_P . | 2.049 Pulgadas. ² |
| 4 | Altura del puerto del tapón. | H . | 2.063 Pulgadas. |
| 5 | Radio. | R . | 0.563 Pulgadas. |

Figura. 3.10 Diseño del puerto rectangular del tapón (WALWORTH).

c) Estimación para el área de sello.

A continuación se muestra la configuración que tendrá el área de sello entre el tapón y el cuerpo de la válvula, el área de sello es indispensable para que la válvula estanque el fluido cuando ésta se encuentra en posición cerrada.

La configuración y las dimensiones estimadas del tapón para el cálculo del área de sello son las siguientes:

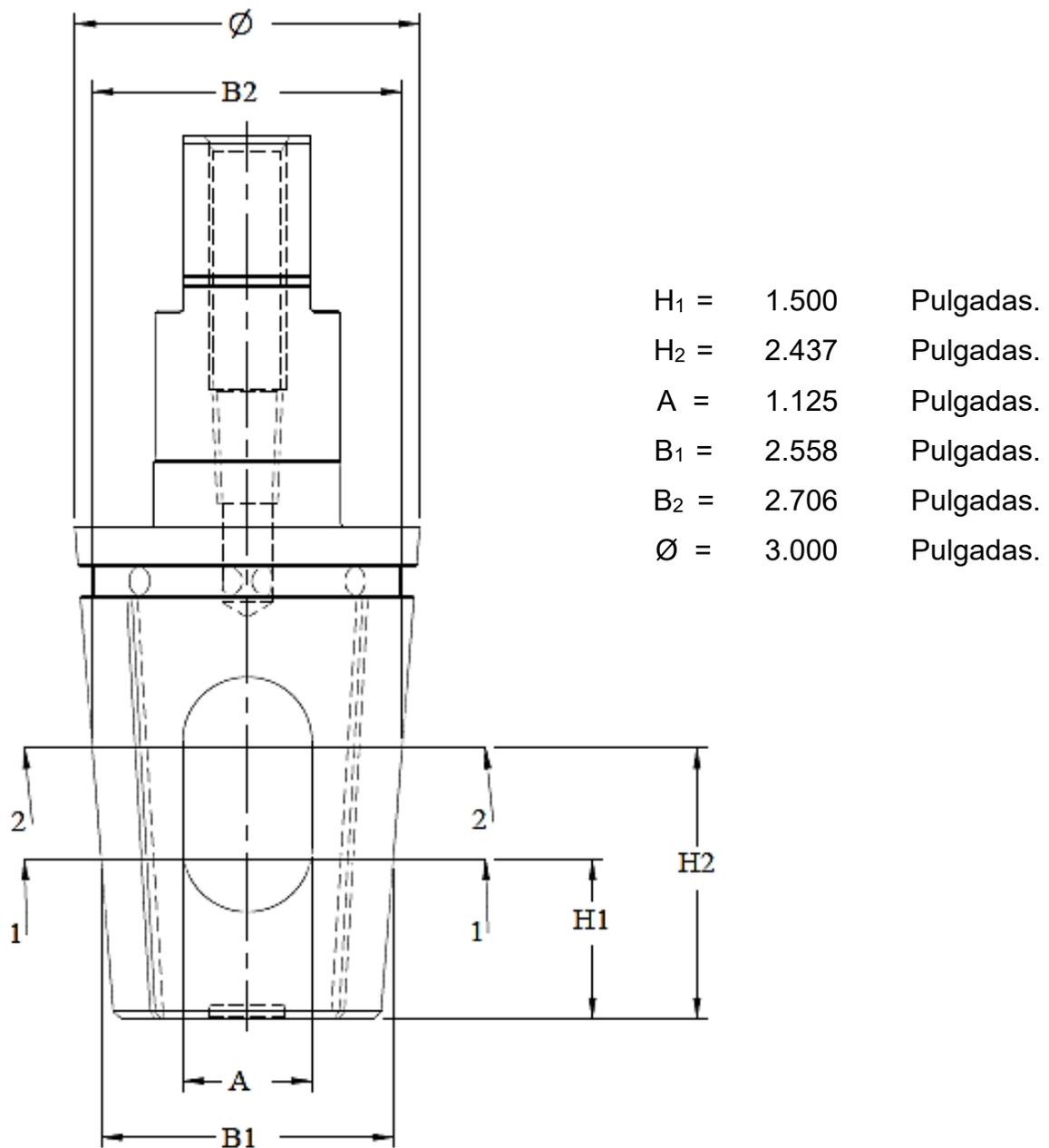


Figura. 3.11 Estimación para el área de sello (WALWORTH).

d) Ecuación de longitud del arco:

$$\alpha = 90^\circ - 2 \sin^{-1}(A/B).$$

$$L_1 = 0.764 \text{ plg.}$$

$$L_2 = 0.543 \text{ plg.}$$

$$L = B/2 \cdot \alpha \cdot \pi / 180.$$

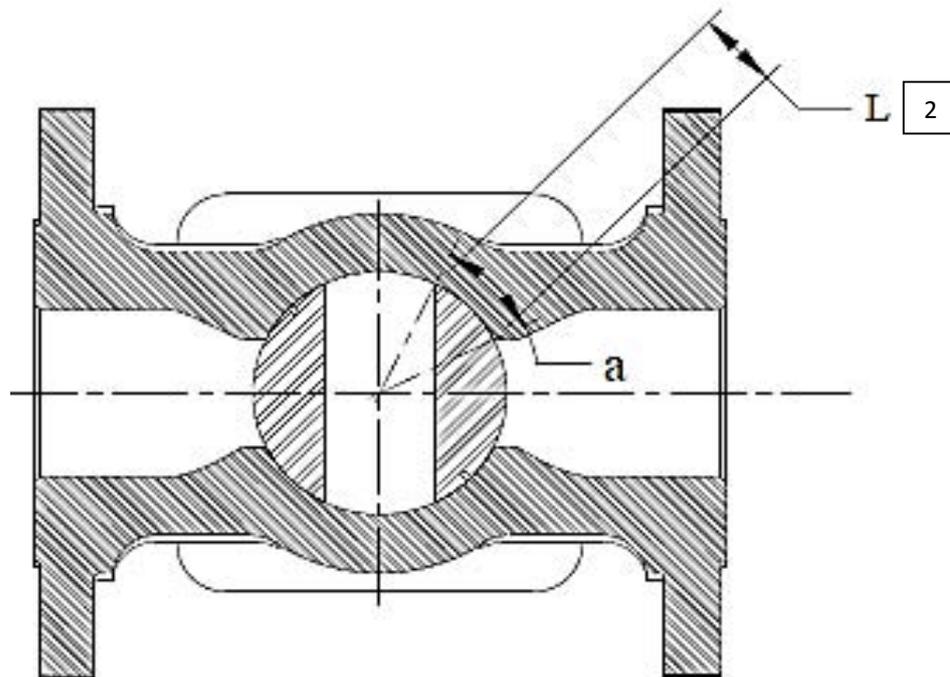
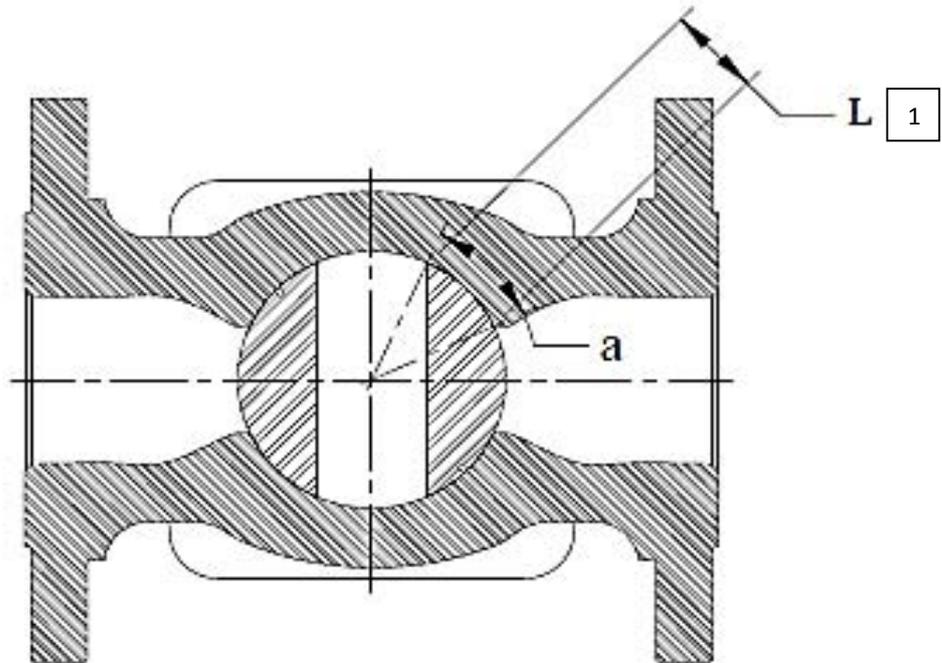


Figura 3.12 Estimación para el área de sello (WALWORTH).

3.4.4 Sistema de balance dinámico.

La válvula cuenta con un resorte, este componente es colocado entre el tapón y el cuerpo, y su función principal es evitar que el tapón se clave en el cuerpo al ser ensamblados y cuando la válvula se encuentre trabajando con presión logrando así que esta pueda ser operada de forma correcta, a continuación se muestra el diseño de este componente.

Uno de los factores más importantes que se deben considerar para diseñar un resorte, es la carga que queremos que éste soporte y tener una idea aproximada de sus dimensiones.

El caso más crítico de trabajo para el resorte es cuando el tapón tiende a clavarse en el cuerpo provocando así la mayor presión en el resorte, esto sucede cuando la válvula se encuentra en posición completamente cerrada y a su máxima presión de trabajo.

$$P_2 = P_1.$$

$$P_2 = 285 \text{ PSIG.}$$

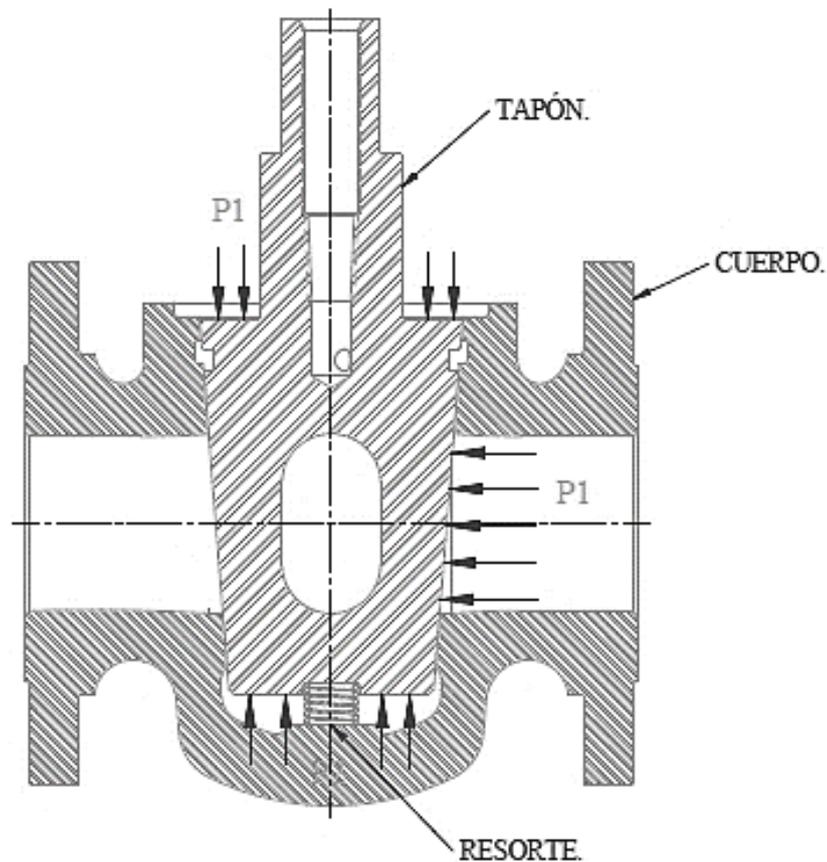


Fig. 3.13 Sistema balance dinámico: diseño del resorte (WALWORTH).

a) Diseño del resorte.

| DISEÑO DEL RESORTE HELICOIDAL A COMPRESION | | | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------------|-----------|----------------------|
| Número | Descripción | Nomenclatura | Valor | |
| Función del resorte | | | | |
| 1 | Carga de operación | F_o | 12,000 | Libras |
| 2 | Longitud de operación | L_o | 0,875 | Pulgadas |
| 3 | Fuerza de instalación | F_i | 6,000 | Libras |
| 4 | Longitud de instalación | L_i | 1,875 | Pulgadas |
| Propiedades del material del resorte | | | | |
| 5 | Material | Alambre de acero inoxidable 304 | N/A | N/A |
| 6 | Módulo de elasticidad tensible | E | 28000,000 | Kpsi |
| 7 | Módulo de elasticidad al corte | G | 10000,000 | Kpsi |
| 8 | Nivel de seguridad deseado | n_s | 1,000 | $n_s \geq 1$ |
| 9 | Ultimo esfuerzo de tensión | S_{ut} | 229,900 | [kilopsi] |
| 10 | Esfuerzo permisible de torsión | $S_{sy} = 0.41S_{ut}$ | 103,455 | [kilopsi] |
| Diseño del resorte | | | | |
| 11 | Calibre del alambre | D_w | 0,065 | [in] |
| 12 | Índice del resorte | C | 11,10 | $4 \leq C \leq 12$ |
| 13 | Diámetro medio del resorte | D_M | 0,935 | [in] |
| 14 | Factor Bergsträsser | K_B | 1,121 | |
| 15 | Máximo esfuerzo con carga de trabajo | τ_o | 134,10 | [ksi] |
| 16 | Factor de seguridad | n_s | 1,00 | $n_s \geq 1$ |
| 17 | Diámetro exterior del resorte | D_o | 0,623 | [in] |
| 18 | Número de espiras activas | N_a | 8,00 | $3 \leq N_a \leq 15$ |
| 19 | Número total de espiras | N_t | 10,00 | |
| 20 | Constante de rigidez | k | 6,07 | [lb/in] |
| 21 | Longitud libre critica | $(L_F)_{cr}$ | 5,088 | $L_F < (L_F)_{cr}$ |
| 22 | Paso entre espiras del resorte | P | 0,610 | [in] |

b) Cálculo del espesor de pared en la tapa.

| CALCULO DEL ESPESOR DE LA TAPA | | | | |
|--------------------------------|---|--------------|-------------|----------|
| Número | Descripción | Nomenclatura | Valor | |
| 1 | Longitud mayor no circular en tapa | D | 4 | Pulgadas |
| 2 | Diámetro de centro de barrenos | DCB | 3 ¾ | Pulgadas |
| 3 | Diámetro del barreno central en la tapa | G | 1,9062 5 | Pulgadas |
| 4 | Factor de eficiencia para la tapa | E | 0,8 | PSI |
| 5 | Constante "C" | C | 0,3 | PSI |
| 6 | Máxima presión de trabajo | P | 1480 | PSI |
| 7 | Esfuerzo permitido para el material a temperatura ambiente | SB | 20015 | PSI |
| 8 | Esfuerzo permitido para el material a máxima temperatura de trabajo | S | 20015 | PSI |
| 9 | Esfuerzo permitido en los tornillos a temperatura ambiente | SA | 20050 | PSI |
| 10 | Carga en los tornillos | W1 | 14195 | Libras |
| 11 | Área total de los tornillos | AM | 0,708 | Pulgadas |
| 12 | Área total de un tornillo | AB1 | 0,226 | Pulgadas |
| 13 | Altura teórica de la tapa | Z | 2,256 | Pulgadas |
| 14 | Profundidad de la rosca para el barreno central | h | 0,922 | Pulgadas |
| 15 | Longitud total de la tornillería | L | 11,781 | pulgadas |
| 16 | Numero tipo de rosca para los tornillos a usar | 4 | 3/8-16UNC | |
| Resultados | | | | |
| 17 | Espesor de la tapa calculado para condiciones de operación | t | 0,957 | Pulgadas |
| 18 | Espesor sugerido para el realce de la tapa | t | 0,733 | Pulgadas |
| 19 | Carga en los tornillos | W | 9363 | Libras |
| 20 | Espesor de la tapa a usar | t | 1 | Pulgadas |

c) Estimación del número de espárragos en la tapa.

| ESTIMACIÓN DE ESPÁRRAGOS PARA LA TAPA | | | | |
|--|--|--------------|-----------|-----------------|
| Diámetro propuesto para los espárragos | | | | 7/8 |
| Número | Descripción | Nomenclatura | Valor | |
| 1 | Área del barrenado para hacer cuerda | AB | 0,226 | ln ² |
| 2 | Espesor de la junta | N | 0,188 | in |
| 3 | Diámetro del barrenado central de la junta | G | 1,90625 | in |
| 4 | Diámetro exterior de la junta | DG | 2 21/32 | in |
| 5 | Factor de la junta | m | 3 | |
| 6 | Clase | PC | 600 | PSI |
| 7 | Máxima presión de trabajo | P | 1480 | PSI |
| 8 | Esfuerzo permisible en los espárragos a temperatura ambiente | SA | 20050 | PSI |
| 9 | Esfuerzo permisible en los espárragos (teórico) | SB | 20050 | PSI |
| 10 | Tensión considerada para el sello de la junta | Y | 10000 | PSI |
| 11 | Fuerza del resorte | Fo | 7,36 | Lb |
| Resultados | | | | |
| 12 | Carga en los espárragos bajo condiciones de operación | W1 | 14195 | Lb |
| 13 | Carga en los espárragos con junta | W2 | 11223 | in |
| 14 | Área total de espárragos | AM | 0,708 | in |
| 15 | Área total de la junta | AG | 1,453 | ln ² |
| 16 | Mínima calidad de espárragos | NB | 3,13 | STUDS |
| 17 | Tipo de cuerda | D | 3/8-16UNC | |
| 18 | Cantidad necesaria de espárragos | NB. REQ. | 4,0 | STUDS |

d) Cálculo para el torque de operación.

| CÁLCULO DEL TORQUE PARA LA VÁLVULA | | | | |
|------------------------------------|---|--------------|---------|---------|
| Número | Descripción | Nomenclatura | Valor | |
| 1 | Angulo | A | 4,5 | DEGREES |
| 2 | Presión en base al diseño (clase 150) | P | 1480 | PSI |
| 3 | Diámetro del vástago | DV | 0,988 | in |
| 4 | Espesor del empaque de vástago | H | 0,74 | in |
| 5 | Máxima carga de trabajo | F o | 7,36 | Lb |
| 6 | Diámetro del realce de la tapa | D B V | 2 7/8 | in |
| 7 | Diámetro del resorte | D D | 1 | in |
| 8 | Diámetro mayor del tapón | D M T | 2,295 | in |
| 9 | Distancia entre venta al diámetro mayor del tapón | H V D M | 0,719 | in |
| 10 | Altura total de la ventana | H V | 1,625 | in |
| 11 | Radio mayor de la ventana | X V | 1,091 | in |
| 12 | Radio medio de la ventana | R V | 1,024 | in |
| 13 | Altura de la ventana a 4.5 grados | Y V | 1,626 | in |
| Resultados | | | | |
| 14 | Torque en el empaque de vástago | T1 | 100,758 | Lb-in |
| 15 | Torque sobre la prensa-estopa | T2 | 163,3 | Lb-in |
| 16 | Torque en el resorte | T3 | 0,4 | Lb-in |
| 17 | Torque de operación | T4 | 268,8 | Lb-in |
| 18 | Torque de rompimiento | TT | 1706,1 | Lb-in |
| 19 | Torque de rompimiento | TT | 142,2 | Lb-ft |
| 20 | Mínima longitud del maneral | LP | 1,777 | FT |

3.4.5 Ingeniería.

Este punto debe ser consultado en el apéndice A del presente trabajo, en el cual se muestran los planos de los elementos que componen una válvula macho de acero los cuales tienen por objetivo mostrar su estructura.

CAPÍTULO 4.

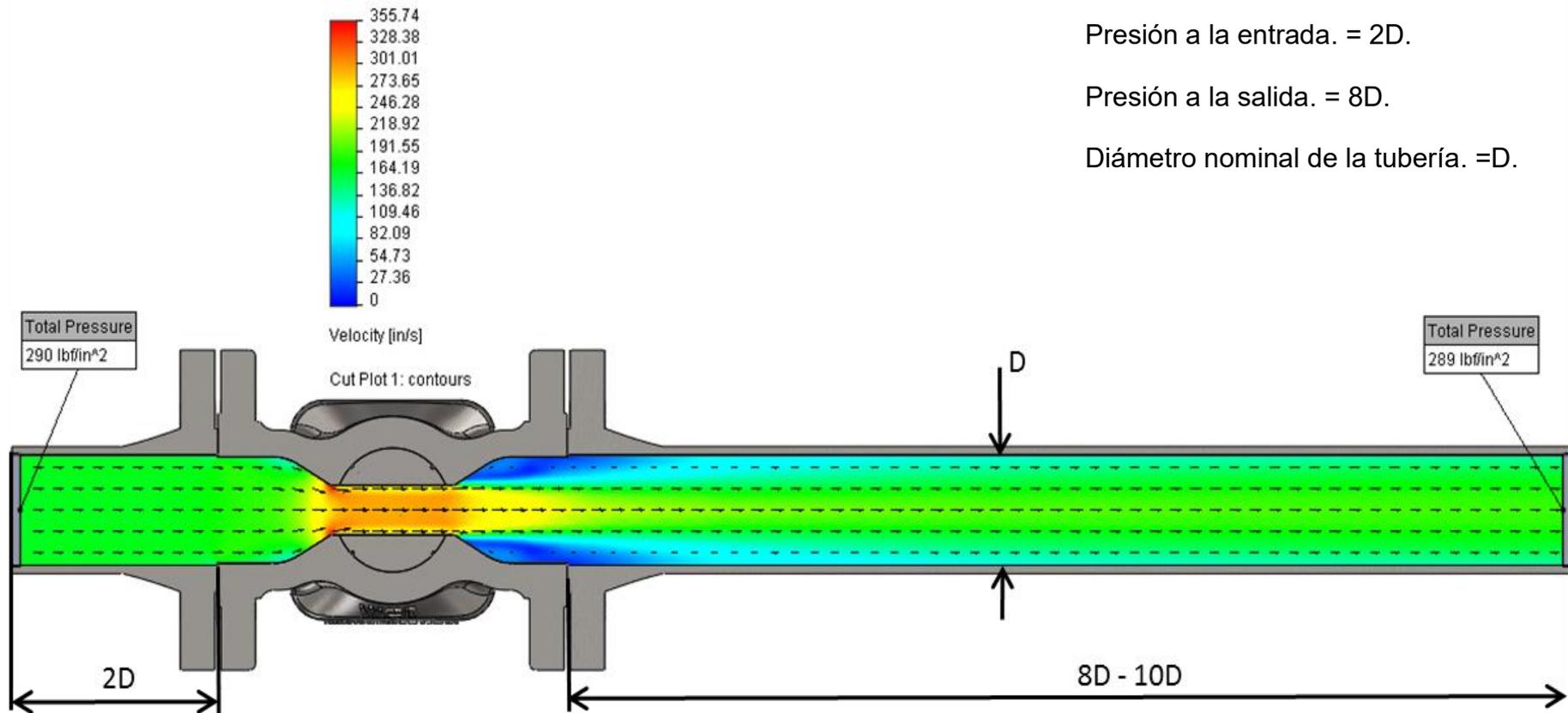
ANÁLISIS DEL ESTUDIO Y EXAMEN DE LA VÁLVULA PARA SU APROBACIÓN.

4.1 Estudio de flujo del fluido en la válvula.

La palabra flujo expresa el movimiento de un fluido. Para la cantidad total de fluido que pasa por una sección determinada de un conducto por unidad de tiempo, en castellano se emplea la palabra caudal (Cv.)

En este capítulo se realiza el estudio para estimar el coeficiente de flujo o gasto volumétrico de la válvula en posición completamente abierta, para ello se empleó el simulador de fluido en Solid Works.

La definición de Cv usada en este reporte es tomada de Instrument Society of América S39.2 testing specifications for control valves, de acuerdo a esta especificación el valor de las presiones deberán ser tomadas a ciertas distancias como se muestra en la figura 4.1.



Presión a la entrada. = 2D.

Presión a la salida. = 8D.

Diámetro nominal de la tubería. =D.

| Descripción | Unidad | Valor | Valor promedio | Valor mínimo | Valor máximo | Valor Delta | Criterio |
|---|--------------------------|----------|----------------|--------------|--------------|-------------|----------|
| Densidad promedio | [Pulg/in ³] | 0,0361 | 0,0361 | 0,0361 | 0,0361 | 1,631E-10 | 4,18E-10 |
| Velocidad promedio | [Pulg/S] | 180,1563 | 179,7791 | 179,2989 | 180,1563 | 0,857396 | 4,186965 |
| Flujo volumétrico | [Pulg ³ /S] | 572,0592 | 570,8472 | 569,3333 | 572,0592 | 2,725918 | 13,22604 |
| Presión total de entrada | [lbf/pulg ²] | 290,0000 | 290,0000 | 290,0000 | 290,0000 | 2,396E-08 | 2,90E-06 |
| Presión total de salida | [lbf/pulg ²] | 288,9697 | 288,9697 | 288,9673 | 288,9708 | 0,003437 | 0,003525 |
| Caída de presión | [lbf/pulg ²] | 1,0303 | 1,0303 | 1,0292 | 1,0327 | 0,003437 | 0,003525 |
| Coefficiente de flujo | [gpm] | 148,5867 | 148,2719 | 147,8786 | 148,5867 | 0,70803 | 3,435332 |
| Coefficiente de flujo, Cv= 148,27 [galones por minuto.] | | | | | | | |

Figura 4.1 Estudio de flujo del fluido en la Válvula (WALWORTH).

4.2 Estudio de esfuerzos en la válvula.

La configuración del cuerpo de la válvula es de una forma relativamente compleja, este es basado en la norma internacional ASME B16.34, la cual establece el espesor de pared mínimo requerido del cuerpo en la válvula, aquellas de formas complejas, pequeñas y de gran tamaño que son sometidas a diferentes presiones (clase 150 y mayores). El diseño requiere de un estudio riguroso y detallado, para asegurar su integridad. Es importante entonces, realizar un análisis previo a la prueba hidrostática, que permita su optimización, para evitar perjuicios económicos de fabricación por deficiencias en el diseño.

La simulación computacional se realiza mediante el programa Solid Edge ST6 para el cuerpo de la válvula considerando sus variables geométricas, propiedades del material y cargas, logrando un diseño adecuado que permita su examinación en el banco de pruebas. Los componentes de la válvula, y un detalle dimensional del cuerpo se muestran en las siguientes figuras.

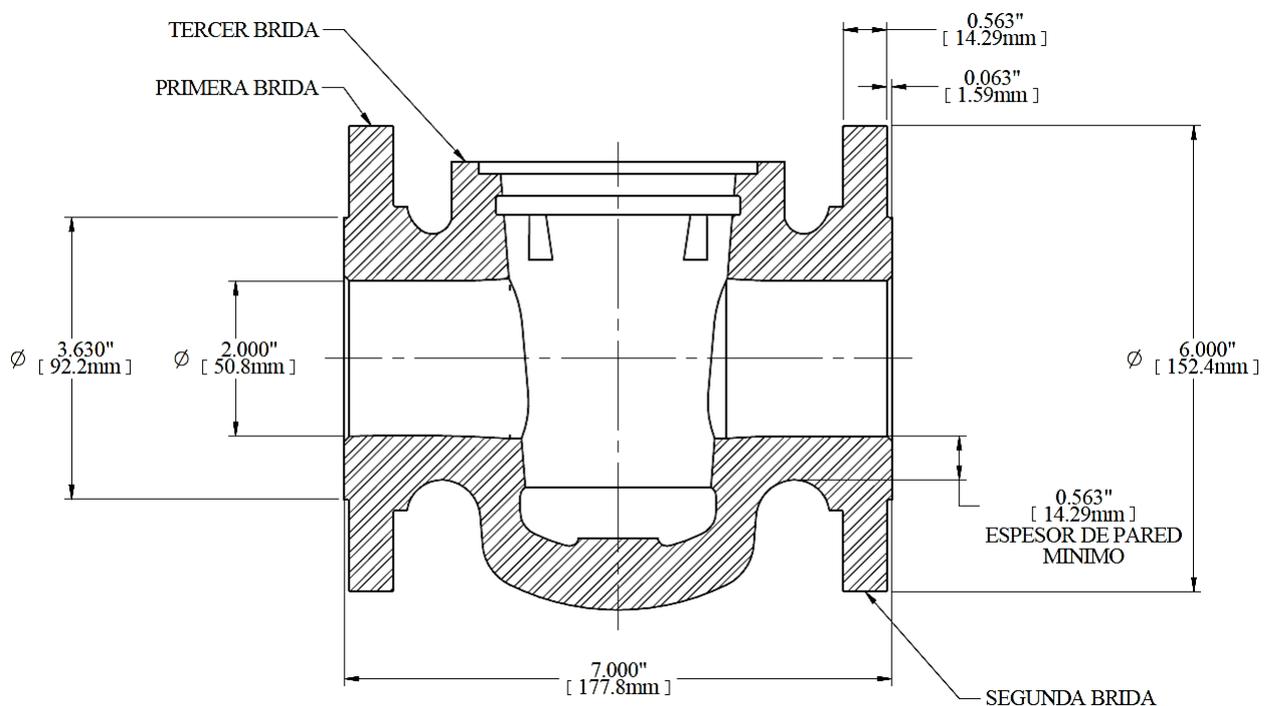


Fig.4.2 Dimensiones generales del cuerpo (WALWORTH).

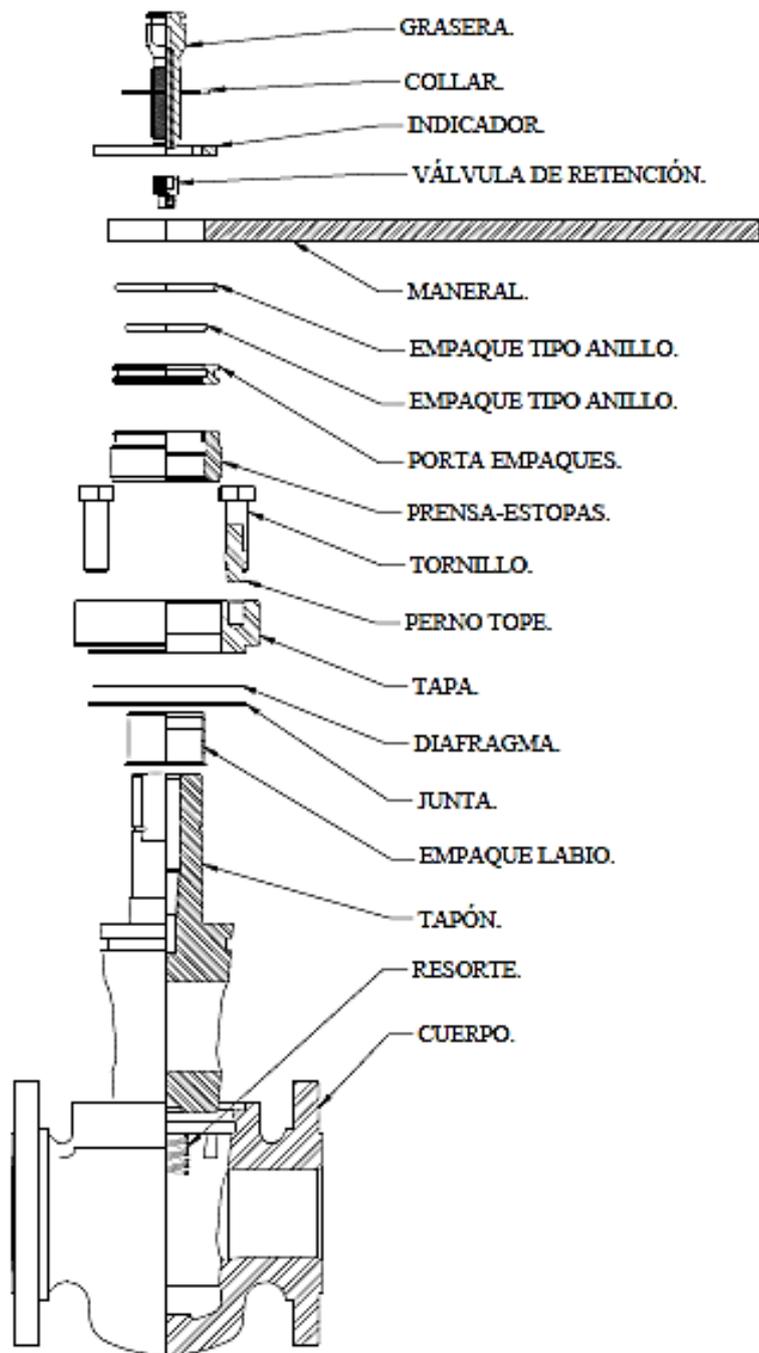


Fig. 4.3 Componentes de la válvula (WALWORTH).

Para el estudio de esfuerzos en la válvula se toma únicamente el cuerpo con el propósito de ahorrar tiempo de modelado y recursos computacionales, las cargas transmitidas por el banco de ensayos a dicho cuerpo durante la prueba hidrostática, serán despreciables.

Para la tensión admisible (S) se adopta un valor igual al 90% de la tensión de fluencia (S_y).

4.2.1 Método experimental.

Una vez dispuesta la válvula en el banco de prueba, se aplica primero la carga de tensión al cuerpo simulado la presión hidrostática (30 kg/cm^2), con el objeto de verificar el comportamiento elástico del material.

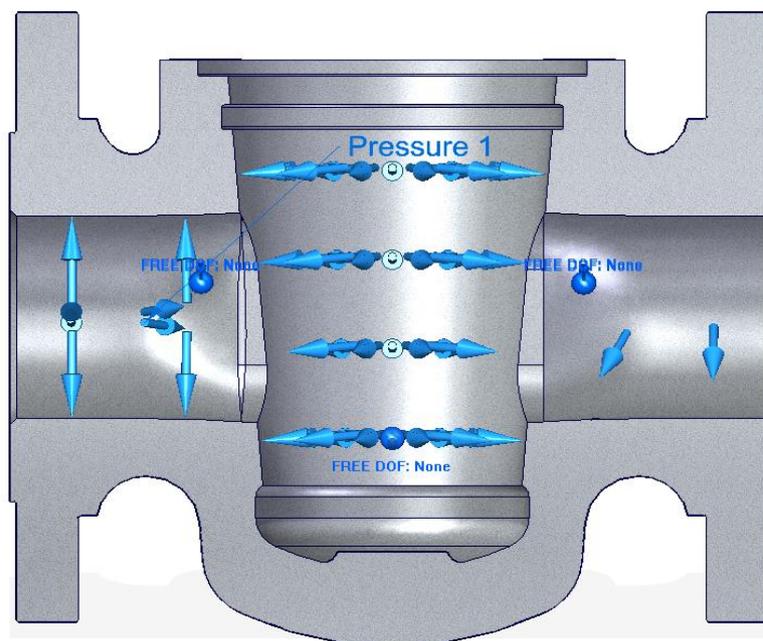


Fig. 4.4 Simulación en el cuerpo con cargas de tensión (WALWORTH).

4.2.2 Simulación asistida por computadora.

Se modela el cuerpo de la válvula en tres dimensiones mediante una malla de alta densidad, posteriormente se procede a la aplicación de cargas y definición de las condiciones de bordes, considerando el material elástico lineal, isotrópico, y homogéneo.

Mediante el programa Solid Edge, se determina el estado de tensión y de las deformaciones del cuerpo de la válvula, utilizando sólidos tetraédricos de segundo orden. El elemento tridimensional queda constituido por los siguientes elementos:

| Cuerpo de la válvula. | |
|------------------------------------|------------------------------|
| Malla tetraédrica. | |
| Propiedad. | Valor (adimensional). |
| Número total de cuerpos engranado. | 1 |
| Número total de elementos. | 38,058 |
| Número total de nodos. | 60,214 |
| Tamaño de malla subjetiva (1-10). | 2 |
| Material (WCB). | |
| Propiedad. | Valor. |
| Densidad. | 0.283 lbm/pulg. ³ |
| Conductividad térmica. | 18,489 BTU/hr-pie-F. |
| Calor específico. | 0.115 BTU/lbm-F. |
| Módulo de elasticidad. | 28999.999 ksi. |
| Tensión de fluencia. | 38,000 ksi. |
| Esfuerzo último. | 52,000 ksi. |
| % Alargamiento. | 0.000 |

| Material. | Masa. | Volumen. | Peso. |
|------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| Acero. | 22,250 lb.-m. | 78,626 pulg. ³ | 22,235 lb.-f. |

Figura 4.5 Valores de entrada para la simulación de esfuerzos.

13922STUDY PRAC.par, Static Study 1, Steel
Stress - Elemental
Contour: Von Mises Stress
Deformation: Total Translation
Date: viernes, 22 de enero de 2016 02:00 p.m.

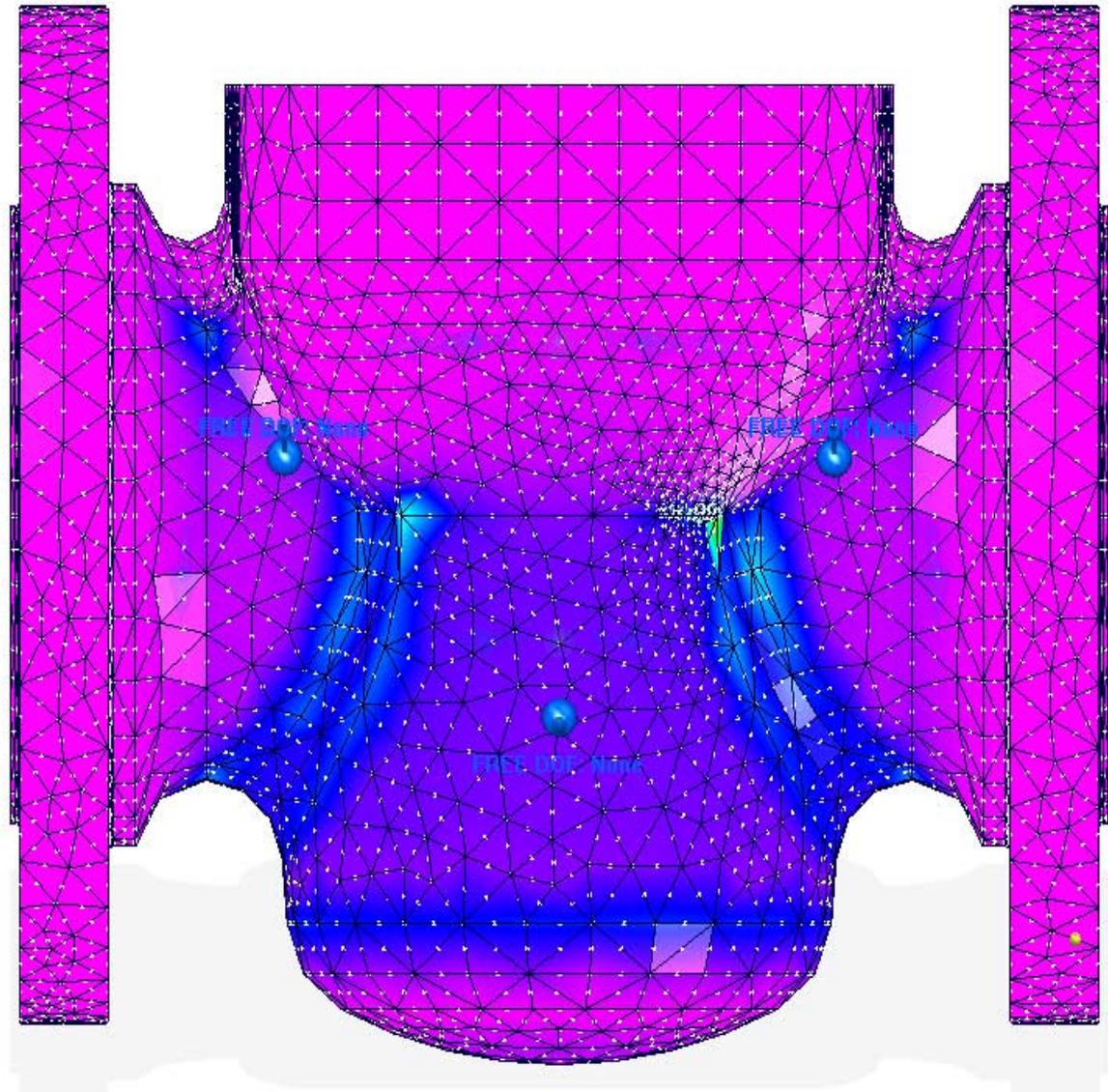
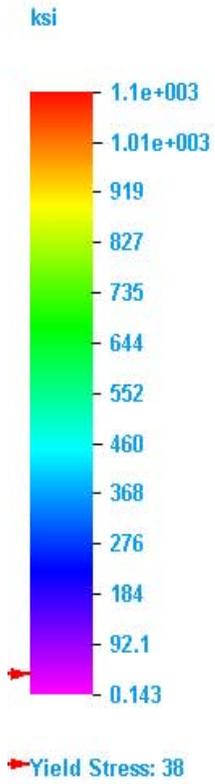


Figura 4.6 Tensiones de Von Mises (ksi) para la condición de prueba hidrostática (WALWORTH).

13922STUDY PRAC.par, Static Study 1, Steel
Displacement - Nodal
Contour: Total Translation
Deformation: Total Translation
Date: viernes, 22 de enero de 2016 01:58 p.m.

in

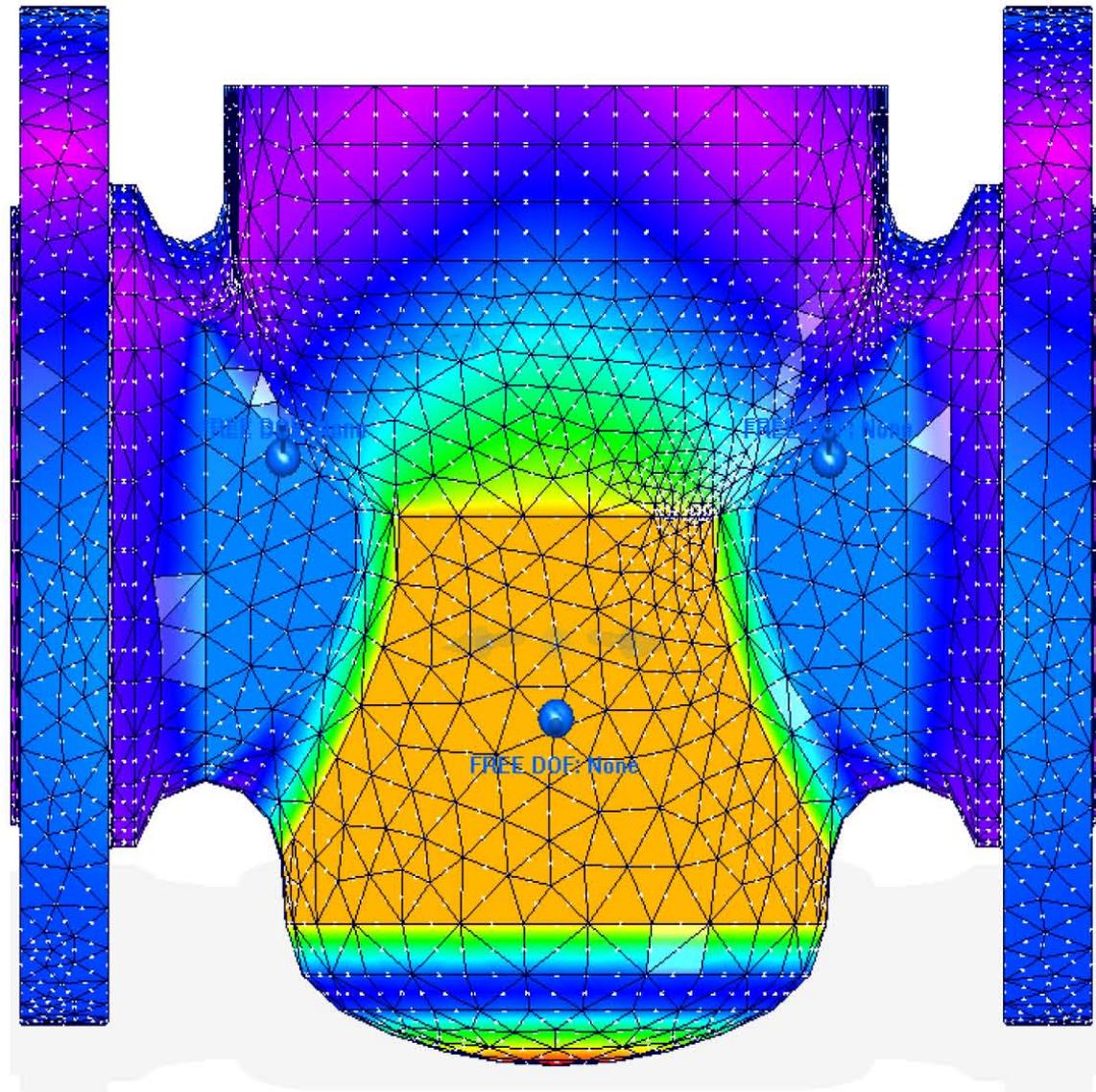
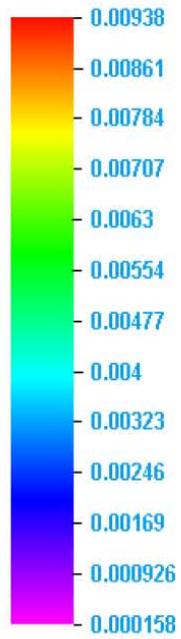


Figura 4.7 Desplazamiento en pulgadas para la condición de prueba hidrostática (WALWORTH).

4.2.3 Resultados de la simulación.

En la figura 4.7 se analizan las deformaciones alcanzadas en función de la presión de prueba hidrostática real del cuerpo, los "medidores de deformación", fueron situados en puntos específicos para poder saber si al desplazarse el cuerpo las áreas de sello entre cuerpo y tapón se verán afectas provocando fugas, se deberá tomar en cuenta que el valor máximo considerado que podría ocasionar fugas es de: 0.003 pulgadas (0.08 milímetros.)

| Valor en pulgadas. | Nodo en pulgadas. | | | Deformación en pulgadas. | | |
|--------------------|-------------------|--------|--------|--------------------------|----------|------------|
| | X. | Y. | Z. | DX. | DY. | DZ. |
| 0.00173 | -1.31 | -1.198 | 1.11 | -0.000659 | -0.0016 | 3.320E-005 |
| 0.0025 | -1.19 | -1.87 | 0.734 | -0.000862 | -0.00235 | -2.2E-005 |
| 0.00262 | -1.27 | -1.62 | 0.27 | -0.000972 | -0.00243 | -0.000166 |
| 0.00187 | -1.25 | -1.53 | -0.326 | -0.000589 | -0.00174 | -0.000313 |
| 0.00806 | 0.00893 | -1.86 | -0.762 | 3.86E-005 | -0.00804 | -0.000633 |
| 0.00279 | -1.4 | -1.35 | -0.801 | -0.00157 | -0.00226 | -0.000449 |
| 0.00213 | 1.45 | -1.35 | -0.788 | 0.00102 | -0.0018 | -0.000509 |
| 0.00131 | 1.16 | -2.09 | 1.67 | 0.000443 | -0.00124 | -3.34E-005 |
| 0.00198 | 1.18 | -1.97 | 1.08 | 0.00064 | -0.00187 | -4.14E-005 |
| 0.00254 | 1.18 | -1.83 | 0.679 | 0.000814 | 0.0024 | -7.3-005 |
| 0.00207 | 1.35 | -1.59 | 0.313 | 0.000594 | -0.00197 | -0.000188 |
| 0.001 | 1.28 | -1.53 | -0.312 | 0.000 | -0.00098 | -.0.0002 |

Figura 4.8 Valores de simulación de la prueba.

13922STUDY PRAC.par, Static Study 1, Steel
 Displacement - Nodal
 Contour: Total Translation
 Deformation: Total Translation
 Date: viernes, 22 de enero de 2016 02:28 p.m.

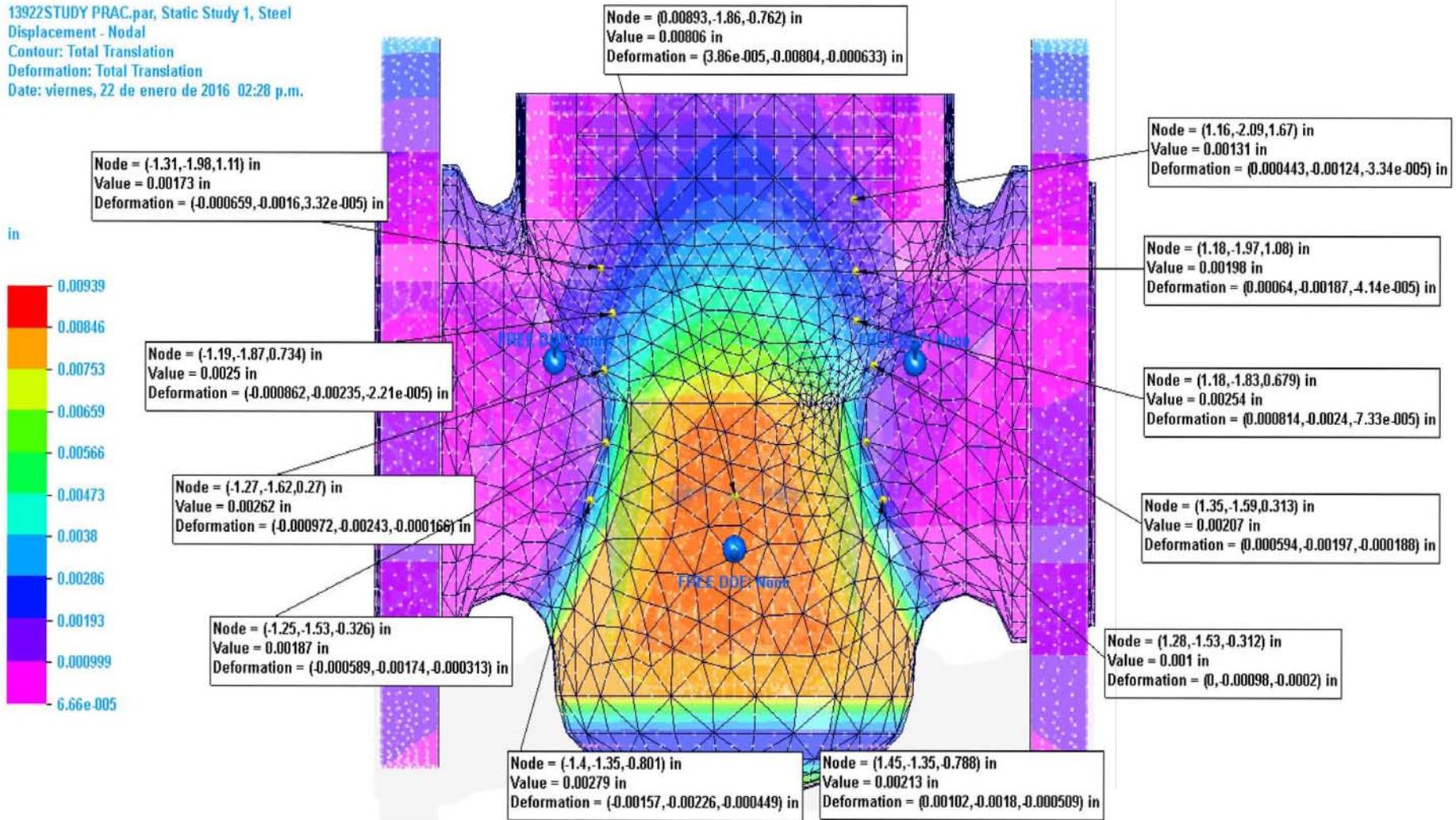


Figura 4.9 Simulación de deformaciones durante la prueba hidrostática del cuerpo de la válvula (WALWORTH).

4.2.4 Análisis de resultados en la simulación.

Se puede apreciar mediante el estudio y la simulación de presiones en el cuerpo que las deformaciones en las zonas de sello se presentan con un valor promedio de 0.001 pulgadas (0.03 milímetros), por lo tanto no hay riesgo de que exista fuga debido a que su desplazamiento es mucho menor al permitido 0.003 pulgadas (0.07 milímetros.)

En el este estudio se ha aplicado el método de los elementos finitos, para analizar el comportamiento bajo tensión del cuerpo de una válvula con una configuración irregular, lo cual ha permitido en función de los resultados obtenidos conocer la sensibilidad y la validez del modelo propuesto, considerando la influencia de las variables geométricas y físicas del material, logrando así un diseño adecuado, corroborado por medio del programa Solid Edge ST6. Finalmente, este trabajo valida la aplicación del programa de diseño y permite contar con una importante capacidad tecnológica en el diseño de la válvula.

4.3 Pruebas hidráulicas.

A continuación se presentan los requerimientos mínimos de prueba para la válvula macho de acero, también se muestra el procedimiento estándar de pruebas de presión y los lineamientos de aceptación. De tal forma que el diseño aprobado bajo este procedimiento cubre la aceptación especificada en los siguientes estándares:

- API STD 599, 2013 Metal Plug Valves.
- API STD 598, 2014 Valve Inspection and Testing.
- API SPECIFICATION 6D, 2014, Specification for Pipeline and Piping Valves.
- MSS SP-61-2013, Pressure Testing of Valves.

4.3.1 Requerimientos generales.

La válvula deberá ser sometida a las pruebas que indica este procedimiento a menos que otra cosa se acepte o modifique bajo instrucciones específicas o desviaciones aprobadas por parte del ingeniero de diseño.

- La válvula motivo de la inspección deberá ser sometida a las pruebas que indica esta especificación respetando el orden indicado.
- La válvula deberá ser examinada visualmente para comprobar que no le falta algún componente por ensamblar.
- La válvula deberá tener una prueba de operación sin presión, para checar que opera adecuadamente, desde completamente abierta hasta completamente cerrada y viceversa.
- La fuerza que se debe aplicar para abrir o cerrar totalmente a la válvula tiene que ser la de un hombre en condiciones normales. No se permite usar llaves o palancas que aumenten la fuerza.
- Las tuberías de presión, los bancos de prueba, los probadores, las conexiones y todo el equipo de prueba deberá ser adecuado al propósito que se persigue.
- Los manómetros deberán tener un rango, como se indica en la figura 4.10.
- El rango de uso del manómetro deberá ser entre el 25% y 75% del rango total.
- Selección del rango de presión según ANSI.

| RANGO. (Lb. /Pulg.) | | |
|----------------------------|----------------------|-------------------|
| CLASE ANSI. | CASCO. | ASIENTOS. |
| | HIDROSTÁTICA. | NEUMÁTICA. |
| 150. | 0-600. | 0-200. |
| 300. | 0-3000. | 0-200. |
| 400. | 0-3000. | 0-200. |
| 600. | 0-3000. | 0-200. |
| 900. | 0-10000. | 0-200. |
| 1500. | 0-10000. | 0-200. |
| 2500. | 0-15000. | 0-200. |

Figura 4.10. Rango de uso del manómetro.

- Al realizarse la prueba de presión en la válvula esta deberá estar sin pintar.
- Los tiempos indicados dentro de esta especificación para las diferentes pruebas, deberán verificarse a partir de que la válvula esté presurizada al rango correspondiente de presión y esta última se encuentre estable.

4.3.2 Requisitos del agua en la prueba.

- Las pruebas deben ser realizadas a temperatura ambiente observando que la temperatura del fluido de prueba se encuentre entre cinco y cincuenta y dos grados Celsius.

Nota: El agua de prueba debe estar libre de basura o agentes extraños que puedan dañar las áreas de sello de la válvula.

- La válvula deberá ser checada antes de la prueba, de que las ventanas del cuerpo y tapón están alineadas en posición abierta, la variación permitida entre ambas será de: 0.031 pulgadas (0.79 milímetros.)

- Los extremos de las válvulas serán identificados como izquierdo o derecho viendo de frente las letras del cuerpo.
- Seleccionar correctamente la fuerza de clampeo de las probadoras de acuerdo a la medida y presión de la válvula. Tomando en cuenta que la fuerza de clampeo será aplicada como se muestra a continuación:

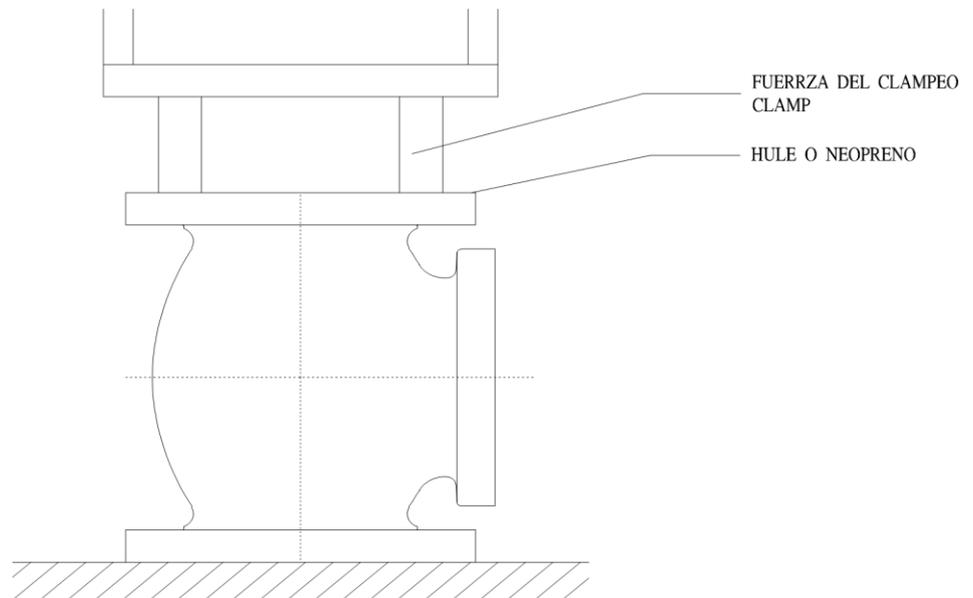


Figura 4.11 Prueba de cuerpo (WALWORTH).

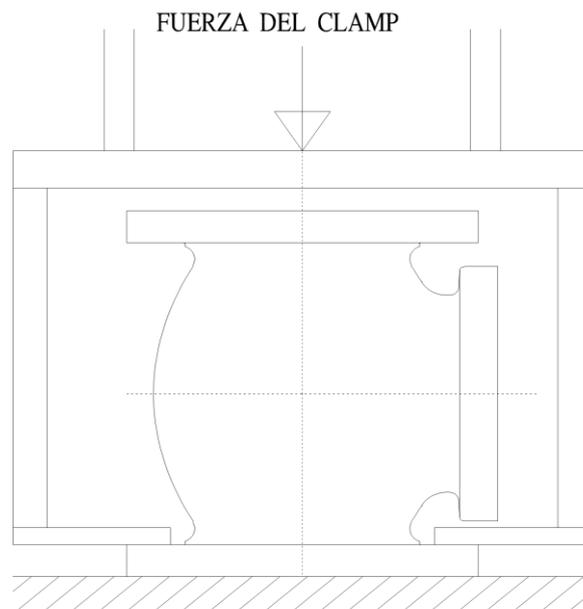


Figura 4.12 Prueba de asientos (WALWORTH).

- En la prueba de sellos no se permite aplicar cargas externas sobre la cara de los extremos de la válvula que afectan la capacidad de sello de los mismos.

4.3.3 Criterios de aceptación.

Para ser aceptada la válvula, esta deberá pasar completamente las pruebas de acuerdo a este procedimiento.

- Cualquier fuga visible durante las pruebas es causa de rechazo.
- El desplazamiento de sellante constituirá también una fuga.
- Durante la prueba pueden aparecer puntos de sellante alrededor de la ventana originados por el desplazamiento del tapón sobre el cono del cuerpo, sin embargo esto no constituirá una fuga y simplemente deberán ser removidos.
- Si la válvula no opera correctamente, o el torque de operación no corresponde al especificado, causara un rechazo de la misma.

4.3.4 Preparación de la válvula para la prueba.

Antes de probar inyecte sellante, opere la válvula (abrir-cerrar cinco veces) para lubricar correctamente la superficie del cono en el tapón. Quite el sellante sobrante de la ventana del cuerpo, verifique el torque de operación.

Examine los dos lados del tapón en posición cerrada para comprobar que la superficie cónica no tiene ralladuras y al operar la válvula cheque que las ranuras verticales del tapón, expuestas están completamente llenas de sellante.

Todas las pruebas se efectuaran con la válvula de retención ensamblada.

4.3.4.1 Secuencia de la prueba.

Cada válvula deberá ser sujeta a las siguientes pruebas en esta secuencia.

- Prueba hidrostática del cuerpo de la válvula.
- Prueba hidrostática de sellos.

4.3.4.2 Prueba hidrostática del cuerpo de la válvula.

La prueba hidrostática del cuerpo, se debe efectuar de la siguiente forma:

- a) Poner brida de prueba ciega, en los dos extremos.
- b) Quitar a la válvula la grasera de sellante.
- c) Abrir o cerrar la válvula a la mitad de su carrera, inyectar agua a través de uno de los extremos y purgar el aire a través del otro, hasta asegurarse de que no queda aire atrapado.
- d) Aplicar presión de prueba hidrostática de acuerdo a la figura 4.13 por un tiempo según se indica en la figura 4.14.

| MATERIALES. | CLASE. | | | | | |
|---|--------|------|------|------|-------|-------|
| | 150. | 300. | 600. | 900. | 1500. | 2500. |
| M35-1 (MONEL), N-12MV, CW12MW, CN7M,C95400. | 350 | 900 | 1800 | 2700 | 4500 | 7500 |
| CH8, CH20, CK20, CN3MN. | 400 | 1025 | 2025 | 3025 | 5050 | 8400 |
| LCB, WC1, LC1. | 400 | 1050 | 2100 | 3150 | 5225 | 8725 |
| CF3, CF8,CF10, CF3M, CF8M, CF10M, CF3A, CF8A, CG8M, CG3M, CF8C,C95800 | 425 | 1100 | 2175 | 3250 | 5400 | 9000 |
| WCB. | 450 | 1125 | 2225 | 3350 | 5575 | 9275 |

Figura 4.13 Presiones de prueba hidrostática de cuerpo PSIG. (Min.)

| TAMAÑO DE LA VÁLVULA. (NOMINAL.) | CUERPO. MINUTOS. | SELLOS DE TAPÓN.(CADA LADO) | |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | HIDROSTÁTICA. MINUTOS. | NEUMÁTICA. MINUTOS. |
| De 4 pulgadas y menores. | 2 | 2 | 2 |
| De 6 a 10 pulg. | 5 | 5 | 5 |
| De 12 a 18 pulg. | 15 | 5 | 5 |
| De 20 pulgadas y mayores. | 30 | 10 | 10 |

Figura 4.14 Duración de pruebas hidrostáticas y neumáticas en cuerpo y asientos.

e) Durante esta prueba observe que no existen fugas en las siguientes partes:

- Válvula de retención.
- Tapa.
- Todo el cuerpo.

Cualquier tipo de fuga en la válvula causara su rechazo.

4.3.4.3 Prueba hidrostática de sellos.

La prueba hidrostática de sellos, se debe efectuar de la siguiente forma:

- a) Prueba de sellos del lado izquierdo; quite la brida de prueba del extremo izquierdo.
- b) Semi-abra la válvula e inyecte presión por el extremo derecho, al ir elevando la presión cierre la válvula y cuando alcance la presión de prueba, según la figura 4.15, mantenga la presión por un tiempo como se indica en la figura 4.14.

| MATERIALES. | CLASE. | | | | | |
|--|--------|------|------|------|-------|-------|
| | 150. | 300. | 600. | 900. | 1500. | 2500. |
| M35-1 (MONEL), N-12MV, CW12MW, CN7M,C95400. | 255 | 660 | 1320 | 1980 | 3300 | 5500 |
| CH8, CH20, CK20, CN3MN. | 290 | 740 | 1480 | 2220 | 3700 | 6160 |
| LCB, WC1, LC1. | 295 | 765 | 1535 | 2300 | 3830 | 6390 |
| CF3, CF8, CF10, CF3M, CF8M, CF10M, CF3A, CF8A, CG8M, CG3M, CF8C,C95800. | 305 | 795 | 1585 | 2380 | 3960 | 6600 |
| WCB. | 315 | 815 | 1630 | 2445 | 4080 | 6795 |
| LC2, LC3, WCC, LCC, WC4, WC5, WC6, WC9, C5, C12, C12A, CK3MCuN, CD3MN, CE8MN, CD4MCuN, 1B, CD3MWCuN, 6A, CA15, CY40, A890 Gr. 4A, WC11, CT15C. | 320 | 825 | 1650 | 2475 | 4125 | 6875 |

Figura 4.15 Presiones de prueba hidrostática de asientos en cada lado (psig).

- c) Durante esta prueba observe que no existan fugas en el sello del tapón, verifique al operar, el torque debe cumplir con lo indicado en la memoria de cálculo.
- d) Si existe una pequeña fuga, quite la presión e inyecte sellante, opere la válvula un ciclo completo (abrir y cerrar), limpie el sellante de la ventana del cuerpo. Inicie nuevamente la prueba como en el inciso (b), pero ahora observe que no existan fugas por un periodo mínimo de dos veces el tiempo indicado en la figura 4.14, si la fuga continua la válvula debe ser rechazada.
- e) Prueba de sello derecho, quite la brida de prueba del lado derecho y póngala en el lado izquierdo, el método de prueba del sello derecho es semejante a los incisos: a), b), c) y d). Si la válvula fuga, la prueba se debe iniciar desde el principio.

4.3.4.4 Proceso posterior a la prueba.

- a) Quitar las bridas de prueba y limpiar el agua de la válvula.
- b) Colocar el tapón en posición abierta y quitar el sobrante de sellante de la ventana.
- c) Colocar la grasera del sellante, roscándola completamente.
- d) Re-inyectar sellante hasta que salga por la ventana y limpiar el exceso.
- e) Limpiar el interior y exterior de la válvula hasta eliminar suciedad, grasa y oxido.
- f) La válvula está ahora lista para iniciar el proceso de pintura.

CAPÍTULO 5.

MANTENIMIENTO DE LA VÁLVULA PARA SU ÓPTIMO DESEMPEÑO.

5.1 Mantenimiento preventivo.

La selección de la válvula siempre dependerá del servicio al cual será sometida, las válvulas son elementos que controlan los fluidos en cualquier línea de producción de flujo, es importante recordar que debido a esto la adecuada selección es muy importante para obtener el mejor servicio.

En el capítulo cuatro pudimos observar que el diseño de la válvula maneja presiones relativamente bajas a una temperatura ambiente, sin embargo es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el buen manejo de la válvula independientemente si el fluido con el cual se piensa trabajar es: líquido, gaseoso, con partículas en suspensión, con fluidos corrosivos, abrasivos o criogénicos.

Dadas las características de la válvula y para asegurar su buen funcionamiento es necesario considerar dos aspectos fundamentales que son el manejo y el almacenaje.

5.1.1 Manejo de la válvula.

- a) Durante su traslado la válvula deberá estar en posición abierta, esto evitara que se dañen las áreas de sello entre el cuerpo y el tapón.
- b).No aventar la válvula de manera que esta se pueda golpear.
- c) No dañar las zonas de sello de los extremos de la válvula, siempre que sea posible maneje la válvula sobre tarimas limpias.
- d) No golpear los conectores externos que sirven para su lubricación.
- e) No recargue la válvula en conectores o partes débiles.
- f) Durante su transporte la válvula deberá ir bien sujeta de tal manera que mantenga su posición, no permita el movimiento de vaivén o brincos.

- g) El contenedor o transporte debe ser adecuado a la carga, no se debe permitir la entrada de humedad o impurezas al interior de la válvula.
- h) El embalaje de la válvula debe estar adaptado para poder ser transportado por tras paletas, montacargas o grúas.

5.1.2 Almacenaje de la válvula.

- a) Se deberá almacenar la válvula bajo techo, en bodegas o almacenes adecuados.
- b) Estibe la válvula en tarimas limpias.
- c) Verificar que no existan goteras en el área de almacenaje de la válvula, ya que esto podría provocar oxidación.
- d) La válvula solo puede ser movida de un lugar a otro sobre tarimas o de preferencia sobre su embalaje original.
- e) No almacene la válvula en la intemperie.
- f) No estibar las válvulas una de otra directamente.
- g) No se deberán amontonar las válvulas.

5.2 Recomendaciones antes de instalar la válvula.

El diseño de la válvula le permite ser instalada en cualquier posición debido a que el manejo del fluido es en cualquier dirección.

Las herramientas de montaje deberán ser las correctas y estar en buen estado, nunca se deberá usar fuerza innecesaria con una llave o maneral para el apriete de tornillerías y accesorios además para su correcta instalación se deberán considerar los siguientes aspectos:

- a) Debe haber espacio suficiente entre las válvulas y otras conexiones para permitir su operación.
- b) La presión de operación de la línea deberá ser compatible con la válvula.
- c) Verificar que la válvula cuenta con el sistema de inyección para el sellante.

- d) Verificar que la tornillería de la tapa o prensa-estopa están correctamente apretada.
- e) Verificar que las superficies de sello del tapón no guarden impurezas o estén rayadas, esto provoca fugas y dificulta su operación.
- f) Operar la válvula de abierto a cerrado dos o tres veces.
- g) Si la válvula no opera no deberá ser forzada ya que se puede romper el sistema de operación y dañar las áreas de sello, si no se logra operar se deberá quitar y enviar a inspección y/o reparación.
- h) Verifique que la válvula es montada en la línea en posición completamente abierta.
- i) Remueva los protectores para limpiar la grasa y/o impurezas en las zonas de sello de los extremos.
- j) Los extremos de la válvula no deben mostrar daño. La tubería debe ser correctamente soportada y los extremos de la válvula deben ser alineados adecuadamente con la tubería de la instalación.
- k) El apriete de las tuercas que unen las bridas de la válvula y las bridas de la tubería deberán ser en cruz.

5.3 Mantenimiento en operación.

Antes de poner en operación la válvula se le deberá de inyectar el sellante correspondiente, la inyección es periódica y para conocer su frecuencia se deberá considerar lo siguiente:

- a) Si la válvula se encuentra almacenada antes de instalar, probar y/o poner en operación inyecte el sellante y opere la válvula un mínimo de tres veces.
- b) Inyecte sellante cada vez que abra o cierre la válvula si esta trabaja en los siguientes servicios:
 - Servicio caliente.
 - Manejo de fluidos corrosivos.
 - Con poco uso.

c) Inyectar el sellante en cada turno si la válvula opera en servicios de líneas de lodos de perforación.

d) Inyectar sellante semanalmente si la válvula opera en:

- Refinerías
- Plantas de absorción.
- Estaciones de compresión.
- Plantas de proceso de cualquier tipo.

e) Inyectar sellante mensualmente si la válvula opera en:

- Líneas de gasoducto.
- Líneas de oleoducto.

5.4 Mantenimiento correctivo.

Para lograr que la válvula funcione adecuadamente y que cumpla su vida útil en la línea de servicio será necesario hacer buen uso de ella y cuidar la integridad de cada uno de sus componentes, para evitar y corregir que la válvula presente algún tipo de fuga o que conserve su sanidad el mantenimiento correcto por parte del operario constara de los siguientes puntos:

- a) Revisar periódicamente que el empaque labio se encuentre en buen estado.
- b) Si se requiere desensamblar la válvula de la línea esta deberá estar en posición abierta para evitar que se dañen las áreas de sello del cuerpo y el tapón.
- c) Revisar periódicamente las conexiones, estas deberán estar ensambladas en la válvula y en buen estado (grasera para la inyección del sellante).
- d) Si la válvula presenta fugas internas se deberá inyectar suficiente sellante y operar la válvula mínimo tres veces.
- e) Si la válvula presenta fugas externas se deberán cambiar los empaques y

juntas, posteriormente se deberá volver a ensamblar la válvula como sigue: apretar adecuadamente la tornillería de prensa empaques o tapa hasta que el tapón asiente en la superficie cónica del cuerpo, no hacer uso de fuerza excesiva ya que se pueden dañar las tuercas, después estas se deberán aflojar aproximadamente diez grados (media vuelta), y al final se deberá inyectar el sellante y operar la válvula un mínimo de tres veces para poder volver a aprobarla a su capacidad de sello de asientos.

RESUMEN.

La presente tesis realiza el análisis y la evaluación del desarrollo en el diseño de una válvula macho acero de dos pulgadas como diámetro nominal y una clase ANSI de 150 en base a las características descritas en la norma internacional API 599 y mediante una metodología de diseño apoyada por un software de diseño metal-mecánico para la simulación de esfuerzos.

En el capítulo uno se menciona el concepto general de una válvula y los diferentes tipos de válvula que existen así como algunas de sus características principales en su funcionamiento.

En el capítulo dos se dan a conocer las bases para desarrollo del diseño en base a los conceptos descritos por API 599 y los demás estándares citados en esta norma así como el nombre de cada uno de los componentes en la válvula y sus características necesarias para el funcionamiento.

El desarrollo y análisis del diseño mencionados en los capítulos tres y cuatro se realizan mediante el software de diseño Solid Edge para lograr la configuración geométrica en tercera y segunda dimensión así como el ensamble para la simulación de esfuerzos en el modelo bajo condiciones críticas de operación.

Se desarrolla un diseño práctico en la válvula en base a una metodología de diseño propuesta para lograr optimizar un prototipo que será expuesto a un procedimiento de prueba estandarizado.

En capítulo final se observa el tipo de mantenimiento preventivo y correctivo ideal descrito bajo un procedimiento que permite lograr un desempeño óptimo en la válvula.

Por último se registran los resultados obtenidos mediante este estudio y se destacan las conclusiones en el desempeño teórico del modelo propuesto con el objetivo general de lograr una mejora continua en el desarrollo y gestión de calidad en el producto.

CONCLUSIONES.

Para poder fabricar productos de calidad es importante contar con una metodología de diseño que permita verificar por medio de un análisis de estudios el desarrollo en la configuración dimensional de cada uno de los componentes.

El diseño de un prototipo en base a normas internacionales certificadas es de vital importancia dentro del sector manufacturero debido a que nos da la oportunidad de ser competitivos y ofrecer a los clientes productos que cumplen con sus lineamientos o requisitos establecidos.

Contar con un proceso de diseño en la fabricación es esencial para lograr que el producto alcance sus condiciones óptimas de operación.

Mediante un programa de diseño el análisis tridimensional nos permite conocer la sensibilidad y validez de las variables geométricas en cada uno de los componentes del producto.

La flexibilidad y estandarización es una característica que permite el intercambio de componentes entre productos para su ágil y correcta liberación.

Este estudio demuestra la importancia de trabajar bajo estándares y procedimientos que nos dan la oportunidad de difundir el conocimiento entre diseñadores e innovar la metodología cuando sea necesario.

GLOSARIO DE TERMINOS.

Acero: Aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono y que adquiere con el temple gran dureza y elasticidad.

Brida: Reborde circular en el extremo de los tubos de metal que sirve para ajustarlos unos con otros.

Cierre hermético: Cierre perfectamente y no deja pasar el aire ni el líquido.

Diámetro nominal: Representa el tamaño estándar para tuberías de presión.

Lubricante: Sustancia grasa o aceitosa que se aplica a las piezas de un engranaje para que el rozamiento sea menor o más suave.

Norma: Regla que debe ser respetada y que permite ajustar ciertas conductas o actividades.

Estándar: Proceso, protocolo o técnica utilizada para hacer algo concreto.

Presión: Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.

Torque: Fuerza aplicada en una palanca que hace rotar alguna cosa.

Tubería: Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

Turbulencia: Movimiento desordenado de un fluido.

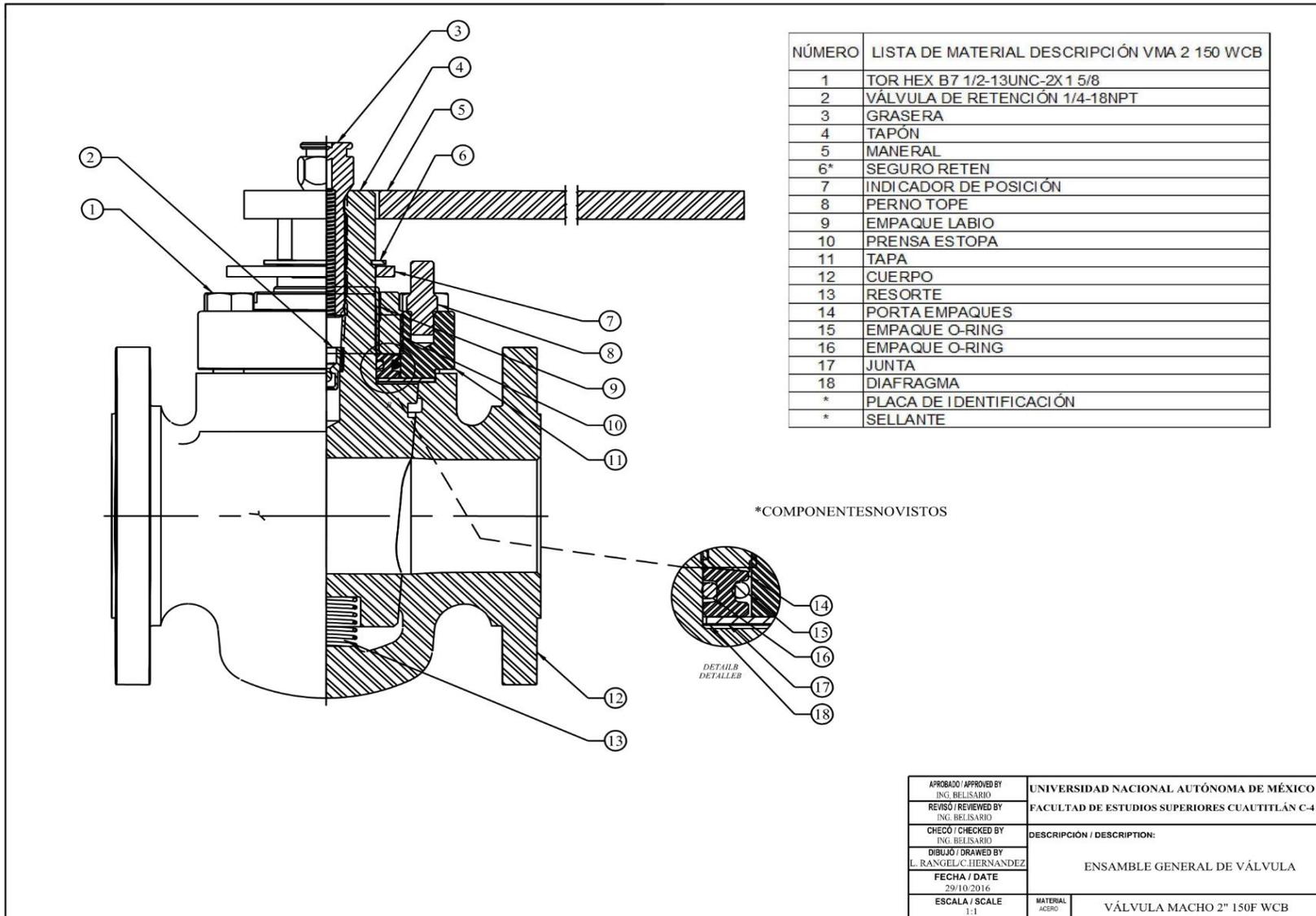
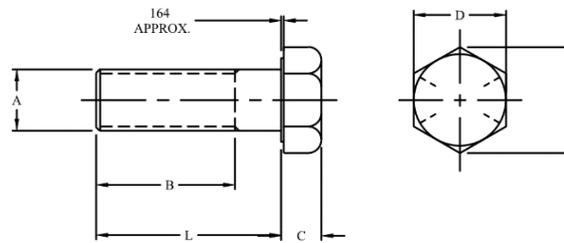


Figura A-1 Ensamble general de Válvula.



| Ø A | ROSCA | B(MIN) | C | | D | | E | |
|-----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | MIN. | MAX. | MIN. | MAX. | MIN. | MAX. |
| ½ | 13UNC | 1.250 | 0.302 | 0.323 | 0.736 | 0.750 | 0.840 | 0.866 |

| | | |
|--|--|----------------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELISARIO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELISARIO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN C-4 | |
| CHECÓ / CHECKED BY ING. BELISARIO | DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION | |
| DIBUJO / DRAWN BY L. RANGEL/C.HERNANDEZ | TORNILLO HEXAGONAL | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | | |
| ESCALA / SCALE 1:1 | MATERIAL ACERO | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB |

Figura A-2 Tornillo hexagonal.

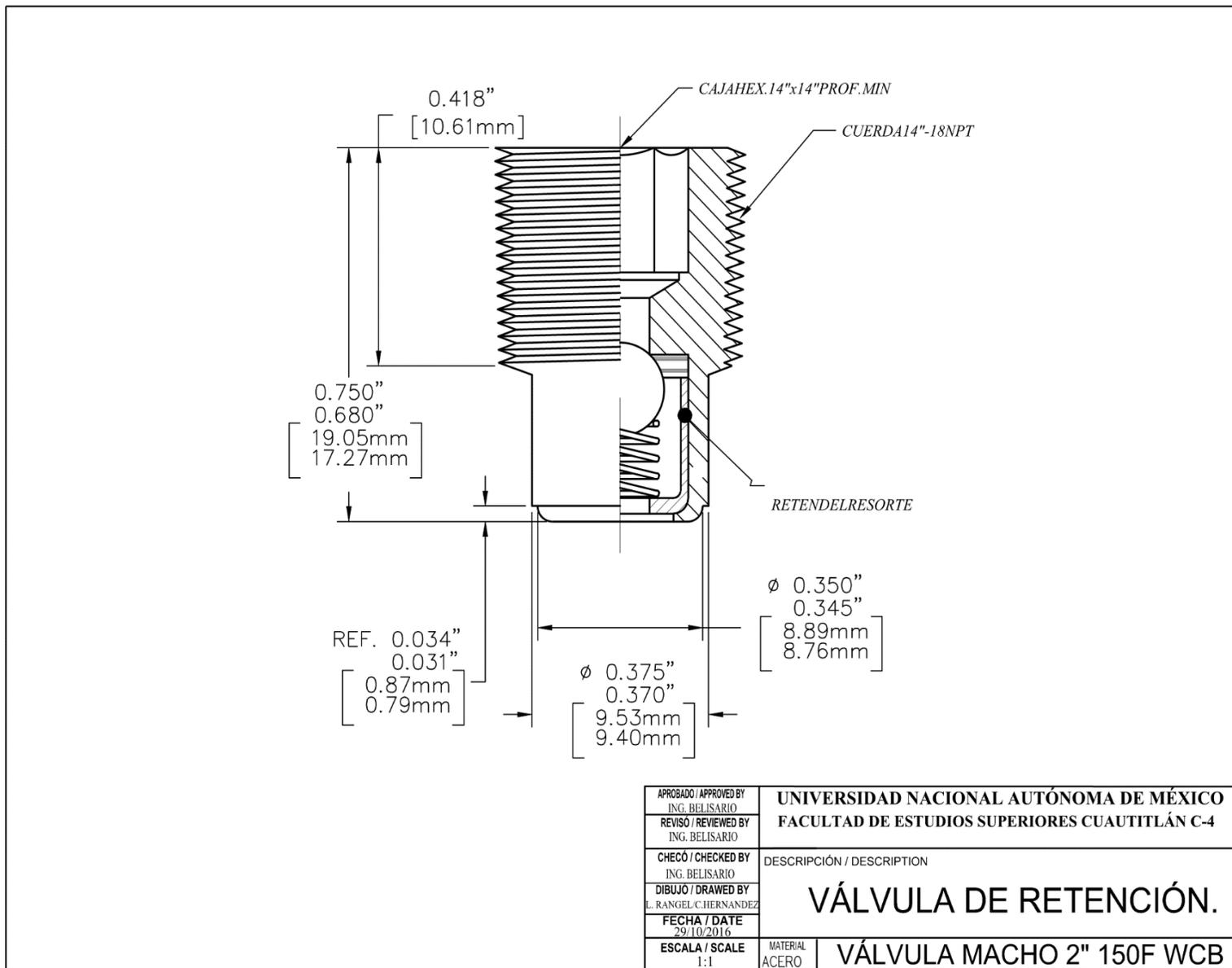
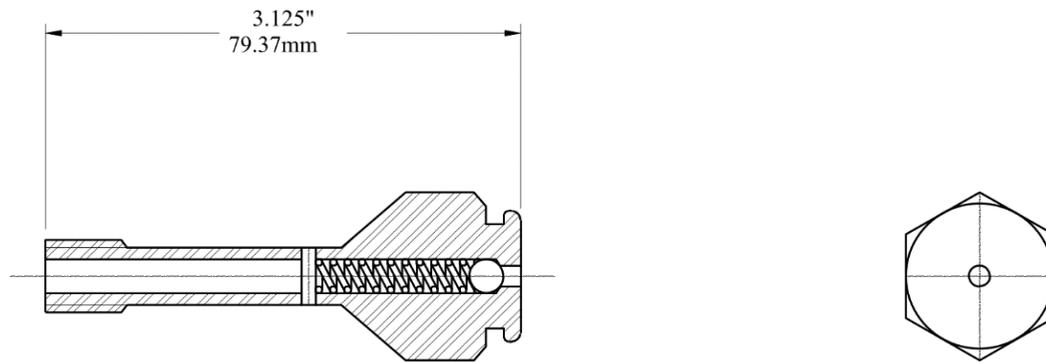


Figura A-3 Válvula de retención.



| | | |
|---|--|-----------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELISARIO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELISARIO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN C-4 | |
| CHECÓ / CHECKED BY ING. BELISARIO | DESCRIPCIÓN/DESCRIPTION: | |
| DIBUJÓ / DRAWN BY I. RANGEL C. HERNANDEZ | GRASERA | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | | |
| ESCALA / SCALE 1:1 | MATERIAL ACERO | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB 3 |

Figura A-4 Graser.

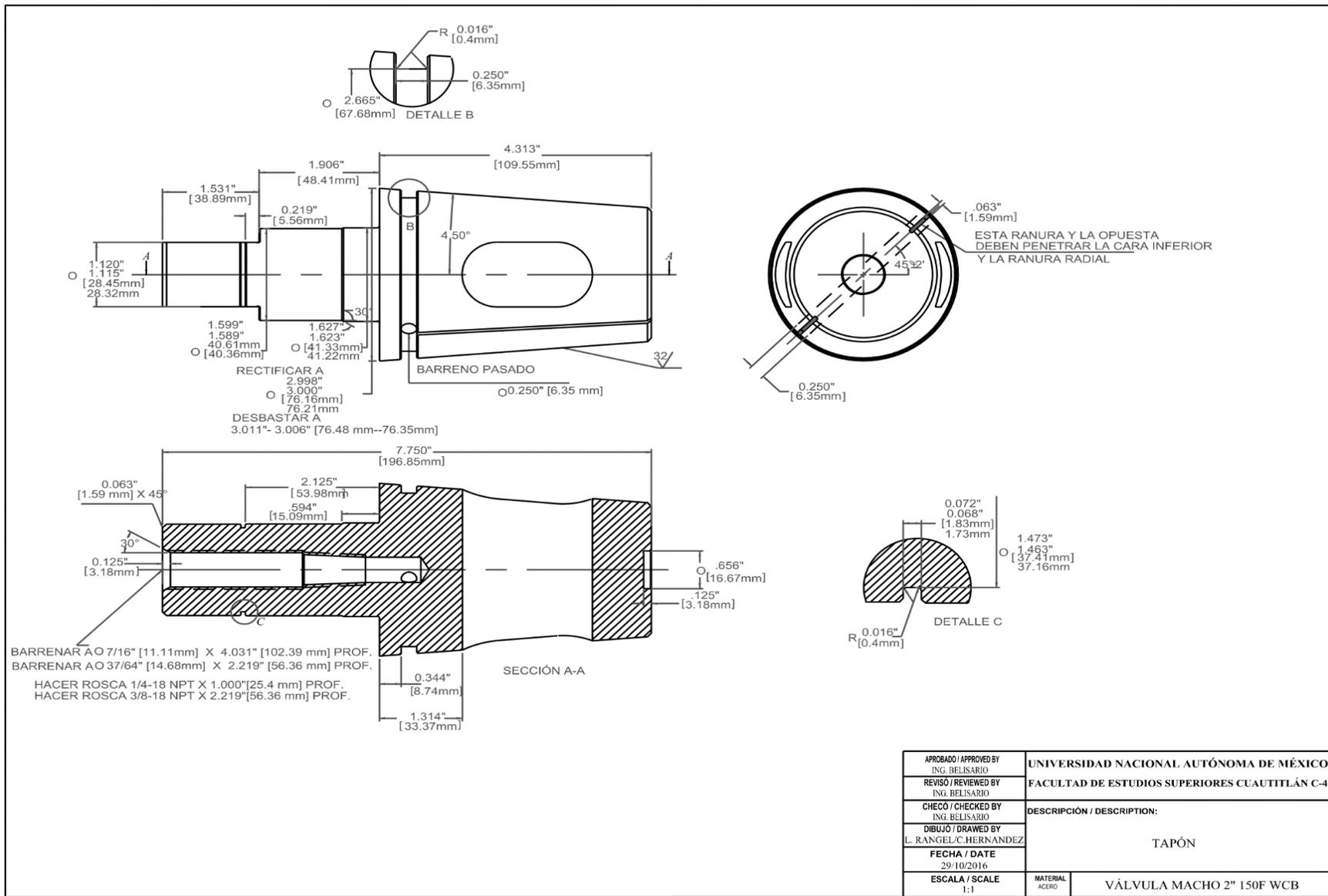
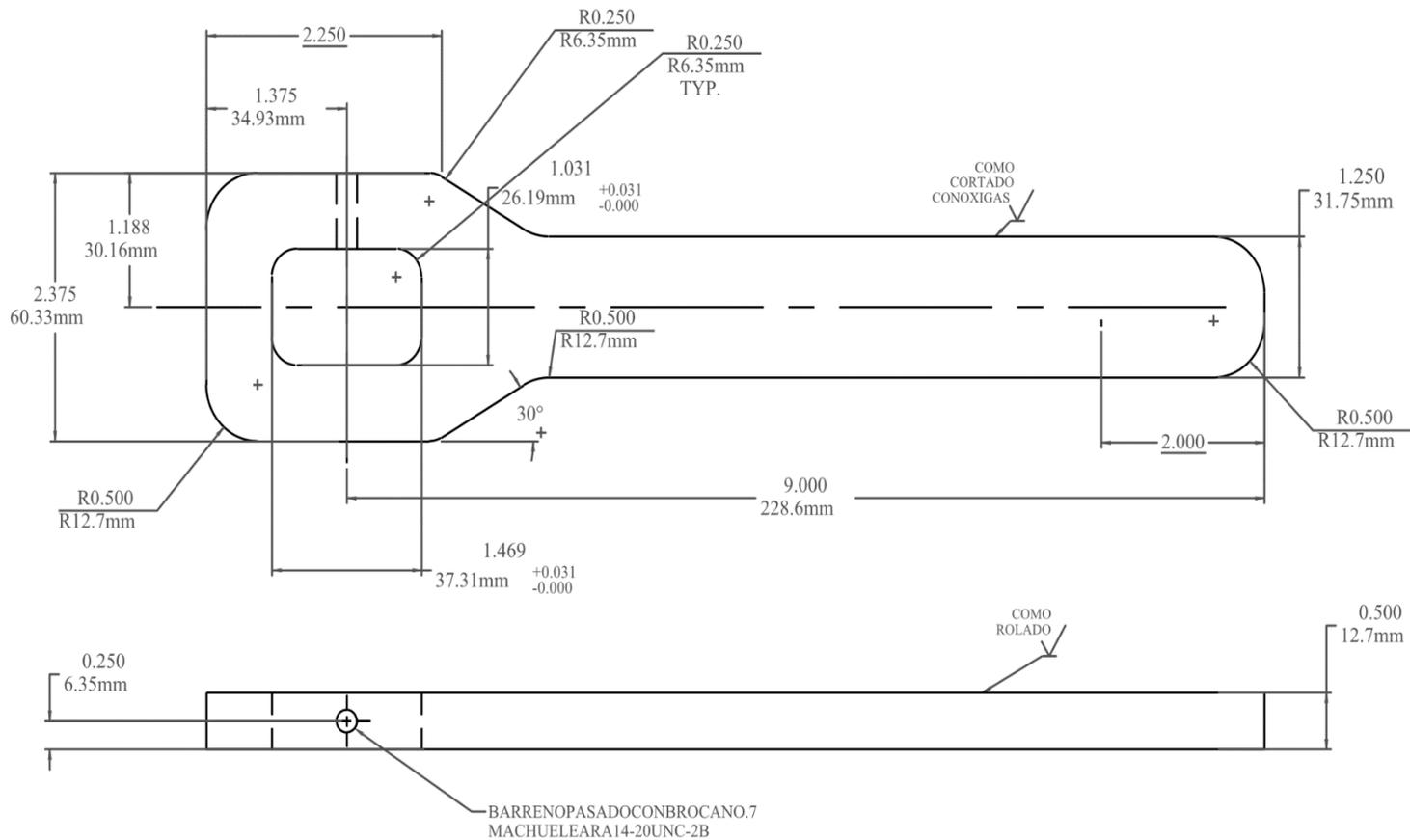


Figura A-5 Tapón.



| | | |
|--|---|---------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELISARIO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELISARIO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN C-4 | |
| CHECÓ / CHECKED BY ING. BELISARIO | DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION: | |
| DIBUJÓ / DRAWN BY L. RANGEL/C.HERNANDEZ | MANERAL | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | | |
| ESCALA / SCALE 1:1 | MATERIAL ACERO | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB |

Figura A-6 Maneral.

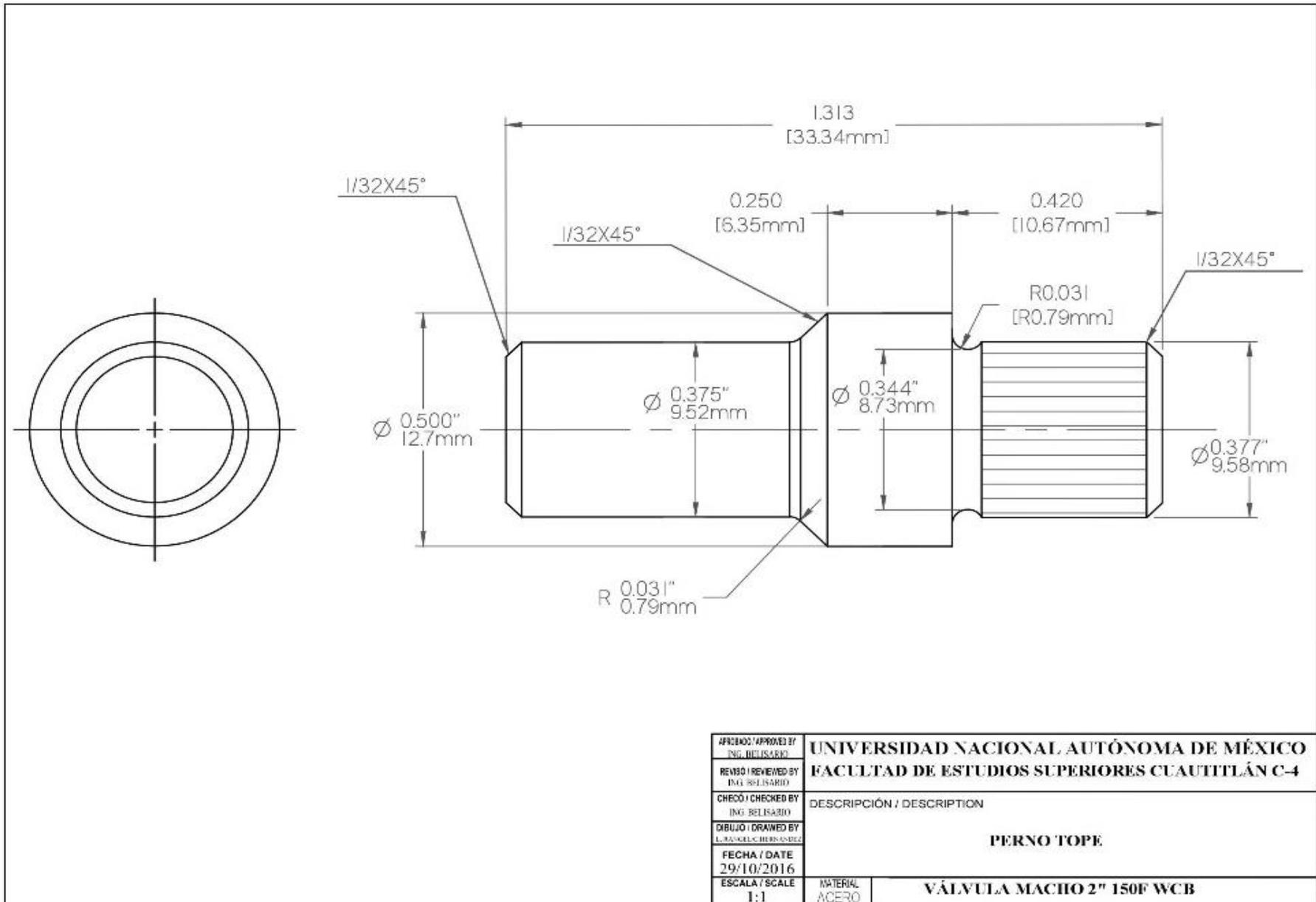
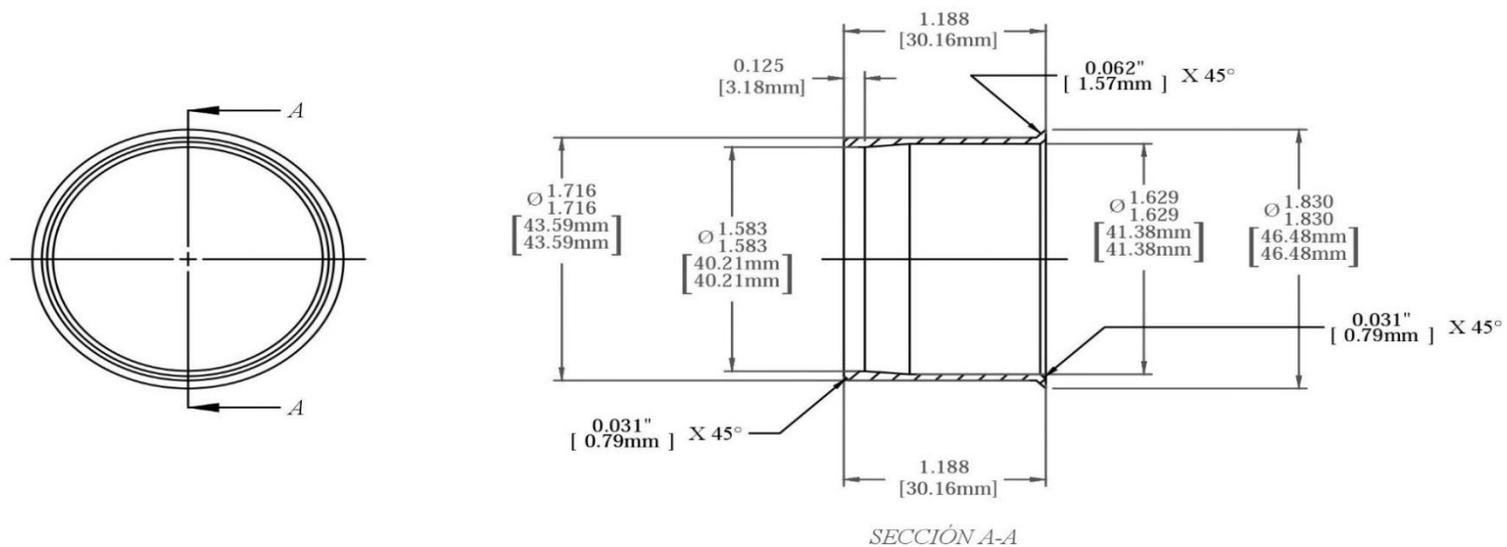


Figura A-7 Perno tope.



| | | |
|---|---|----------------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELISARIO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELISARIO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN C-4 | |
| CHECÓ / CHECKED BY ING. BELISARIO | TÍTULO / TITLE: | |
| DIBUJO / DRAWN BY L. RANGEL C. HERNANDEZ | EMPAQUE LABIO | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | | |
| ESCALA / SCALE 1:1 | MATERIAL ACERO | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB |

Figura A-8 Empaque labio.

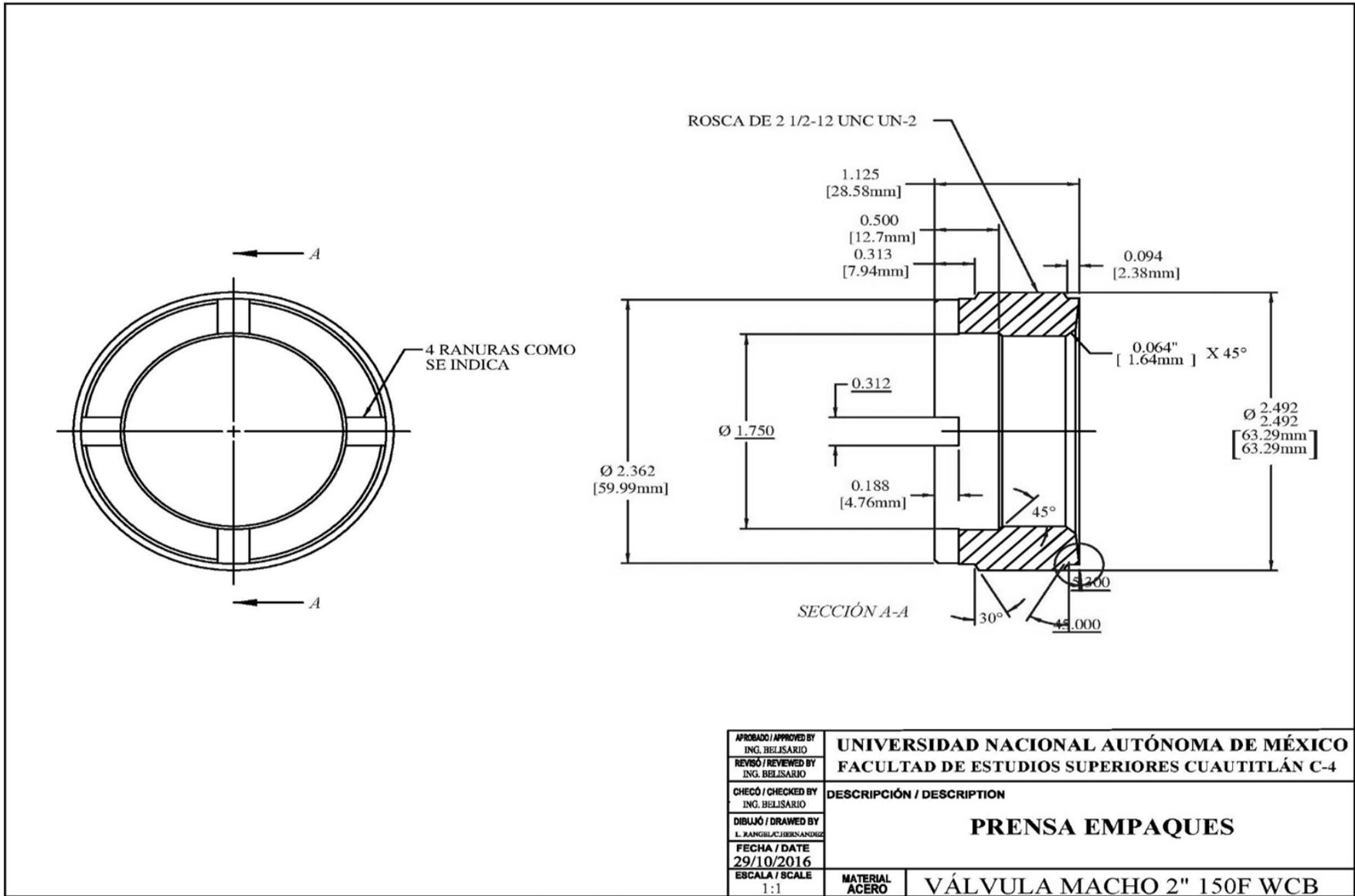
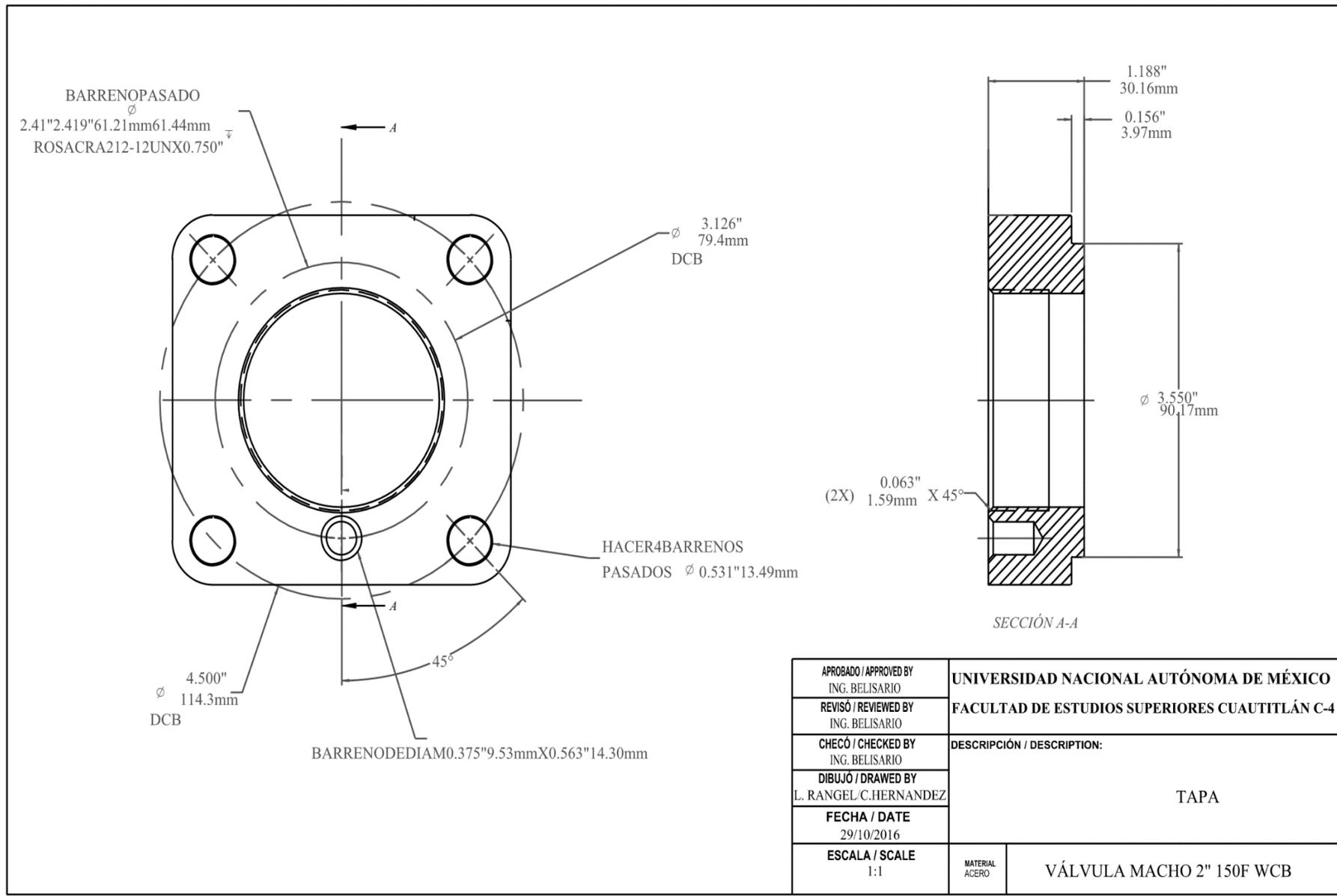


Figura A-9 Prensa empaque.



| | | |
|---|--|---------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELISARIO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELISARIO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN C-4 | |
| CHECÓ / CHECKED BY ING. BELISARIO | DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION: | |
| DIBUJO / DRAWN BY L. RANGEL C. HERNANDEZ | TAPA | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | | |
| ESCALA / SCALE 1:1 | MATERIAL ACERO | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB |

Figura A-10 Tapa.

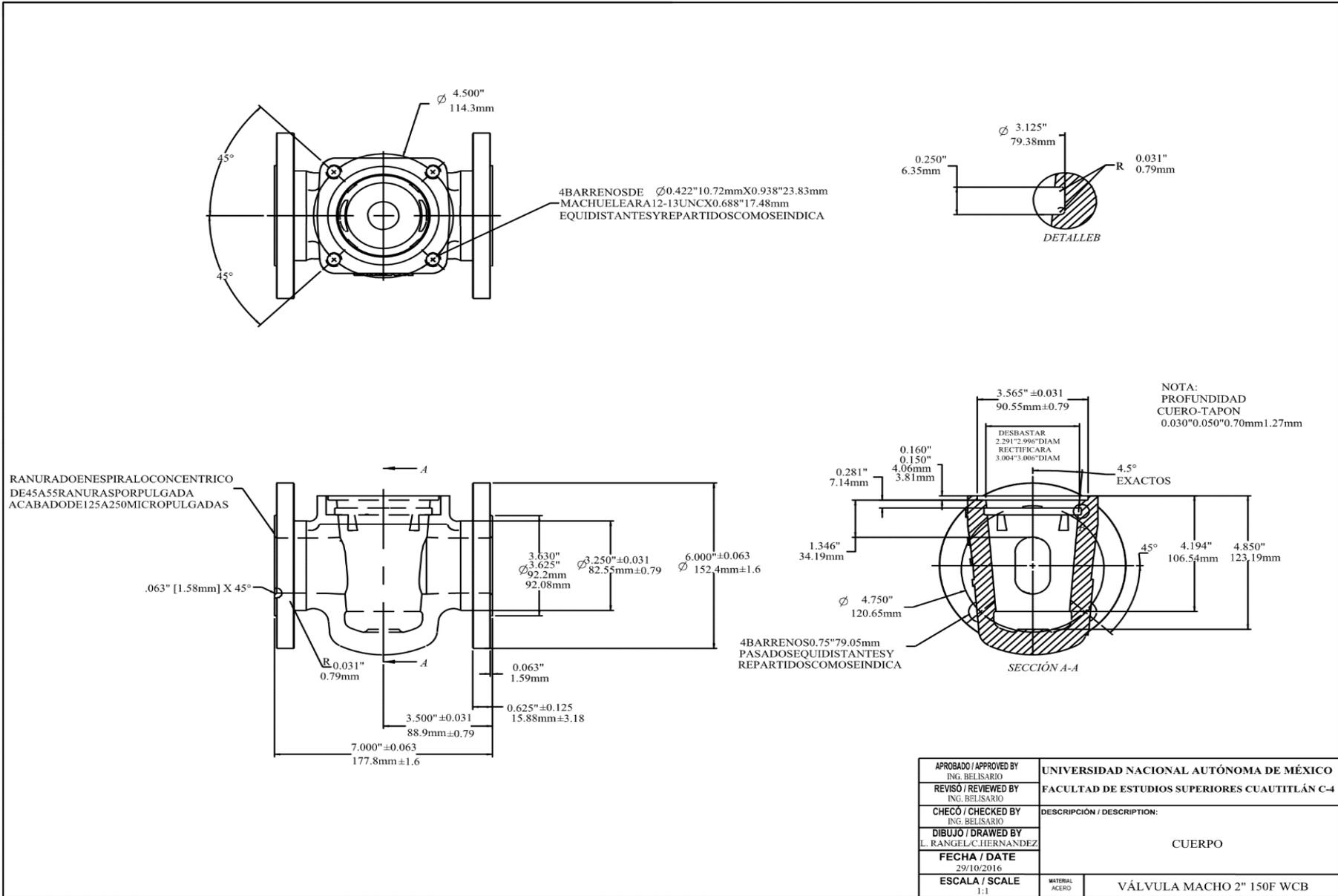
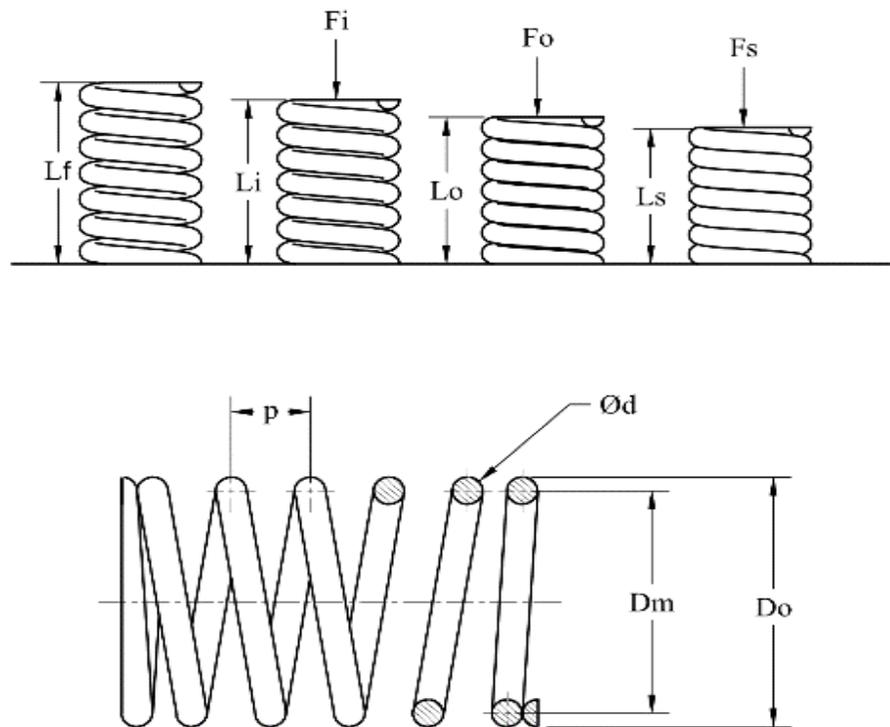


Figura A-11 Cuerpo.



| | | |
|---|--|---------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELSARDO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELSARDO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN C-4 | |
| CHECÓ / CHECKED BY ING. BELSARDO | DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION | |
| DIBUJO / DRAWN BY L. ENSEL CHERVADEZ | RESORTE | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | | |
| ESCALA / SCALE 1:1 | MATERIAL ACERO | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB |

Figura A-12 Resorte.

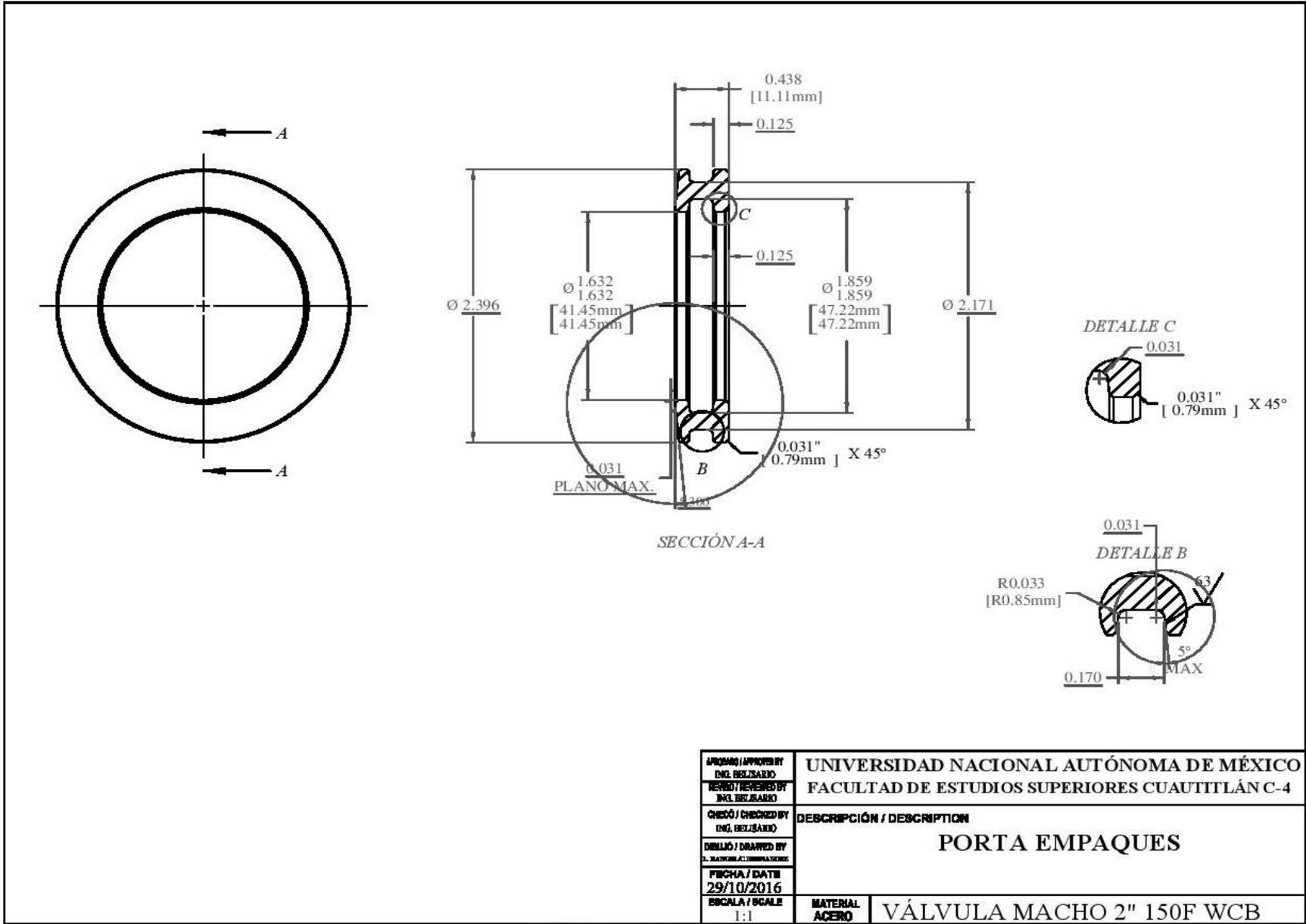
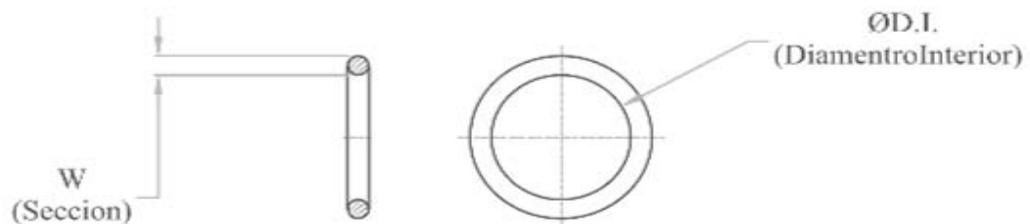


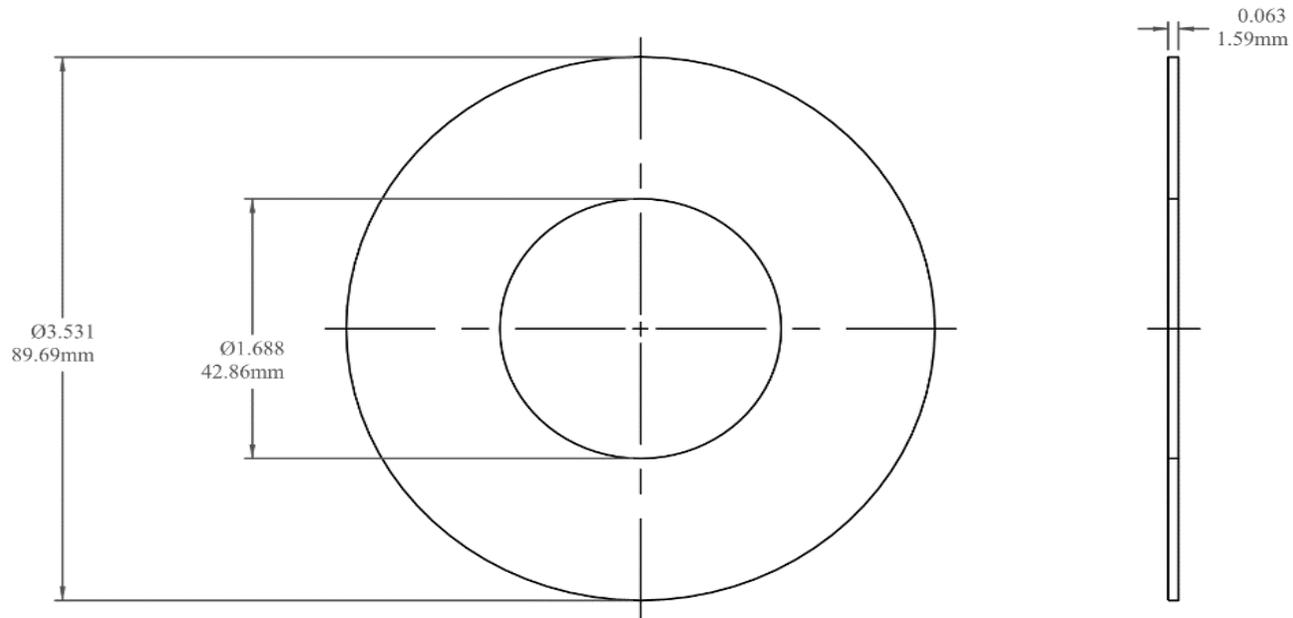
Figura A-13 Porta-empaques.



| ØD.I. | W |
|-------|-----|
| 1.609 | 1/8 |
| 2.109 | 1/8 |

| | | |
|--|---|----------------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELISARIO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELISARIO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN C-4 | |
| CHECOÓ / CHECKED BY ING. BELISARIO | DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION | |
| DEBUIÓ / DRAWN BY L. ESTEBAN-ORTIZ | O-RING | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | | |
| ESCALA / SCALE 1:1 | MATERIAL ACERO | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB |

Figura A-14 Empaque tipo anillo.



| | | |
|---|---|---------------------------|
| APROBADO / APPROVED BY ING. BELISARIO | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | |
| REVISÓ / REVIEWED BY ING. BELISARIO | FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN C-4 | |
| CHECÓ / CHECKED BY ING. BELISARIO | DESCRIPCIÓN / DESCRIPTION | |
| DIBUJÓ / DRAWN BY L. RANGEL C. HERNANDEZ | JUNTA | |
| FECHA / DATE 29/10/2016 | MATERIAL | VÁLVULA MACHO 2" 150F WCB |
| ESCALA / SCALE 1:1 | ACERO | |

Figura A-15 Junta.

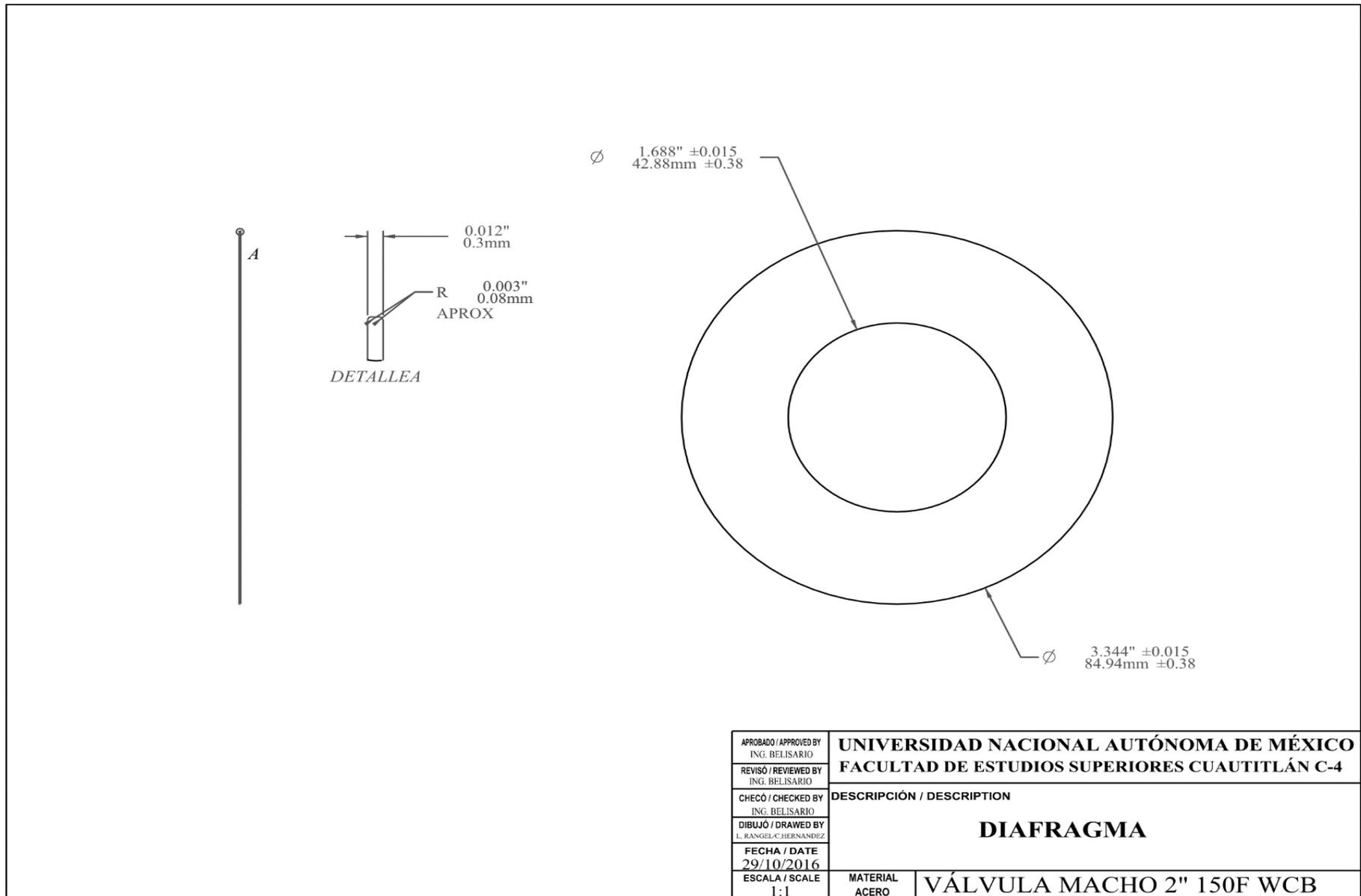


Figura A-16 Diafragma.

APÉNDICE B.

Figura. B-1 ASME B 16.10 Espesor mínimo de pared³.

Table 3-B Valve Body Minimum Wall Thickness, t_m , in.

| Inside Dia. d , in. [Note (1)] | Minimum Wall Thickness — t_m , in. | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | Class 150 | Class 300 | Class 600 | Class 900 | Class 1500 | Class 2500 | Class 4500 |
| 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.14 | 0.19 |
| 0.25 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.19 | 0.30 |
| 0.37 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.23 | 0.39 |
| 0.44 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.18 | 0.25 | 0.45 |
| 0.50 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.19 | 0.27 | 0.49 |
| 0.56 | 0.13 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.20 | 0.29 | 0.54 |
| 0.62 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.19 | 0.21 | 0.31 | 0.59 |
| 0.69 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.20 | 0.23 | 0.34 | 0.64 |
| 0.75 | 0.14 | 0.15 | 0.17 | 0.21 | 0.24 | 0.36 | 0.69 |
| 0.87 | 0.15 | 0.16 | 0.18 | 0.23 | 0.26 | 0.40 | 0.78 |
| 1.00 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.25 | 0.28 | 0.44 | 0.88 |
| 1.12 | 0.16 | 0.18 | 0.20 | 0.26 | 0.31 | 0.48 | 0.98 |
| 1.25 | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.27 | 0.33 | 0.53 | 1.08 |
| 1.37 | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.27 | 0.35 | 0.57 | 1.18 |
| 1.50 | 0.19 | 0.21 | 0.22 | 0.28 | 0.38 | 0.61 | 1.28 |
| 1.87 | 0.21 | 0.24 | 0.24 | 0.30 | 0.44 | 0.74 | 1.57 |
| 2.00 | 0.22 | 0.25 | 0.25 | 0.31 | 0.47 | 0.78 | 1.67 |

³ Norma N° B 16.10-2009, ASME.

Figura. B-2 Distancia entre extremos⁴.

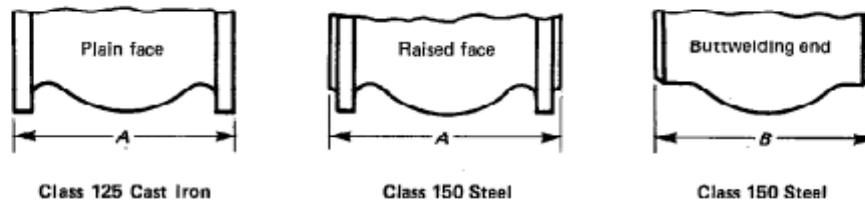


TABLE 1 CLASS 125 CAST IRON FLANGED AND CLASS 150 STEEL FLANGED AND BUTTWELDING END VALVES, FACE-TO-FACE AND END-TO-END DIMENSIONS

| Nom. Valve Size, NPS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|---------------------------|--|--|--------------------|------|
| | Class 125 Cast Iron | | | | | | Class 150 Steel | | | |
| | Flanged End (Flat Face) | | | | | | Flanged End (0.06 in. Raised Face) and Welding End | | | |
| | Gate, Solid Wedge and Double Disc A | Plug | | | Globe, Lift Check, and Swing Check (1) A | Angle and Lift Check D | Gate | | | Plug |
| Short Pattern A | | Regular and Venturi Pattern A | Round Port, Full Bore A | Solid Wedge and Double Disc A | | | Conduit A | Solid Wedge, Double Disc, and Conduit B | Short Pattern A | |
| 1/4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 4.00 | ... | 4.00 | ... |
| 3/8 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 4.00 | ... | 4.00 | ... |
| 1/2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 4.25 | ... | 4.25 | ... |
| 3/4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 4.62 | ... | 4.62 | ... |
| 1 | ... | 5.50 | 5.50 (3) | 5.50 | ... | ... | 5.00 | ... | 5.00 | 5.50 |
| 1 1/4 | ... | ... | 6.50 (3) | 6.00 | ... | ... | 5.50 | ... | 5.50 | ... |
| 1 1/2 | ... | 6.50 | 6.50 (3) | 6.50 | ... | ... | 6.50 | ... | 6.50 | 6.50 |
| 2 | 7.00 | 7.00 | 7.50 (3) | 7.50 | 8.00 | 4.00 | 7.00 | 7.00 | 8.50 | 7.00 |

⁴ Norma N° B 16.10-2009, ASME.

Figura. B-3 Dimensiones de bridas⁵.

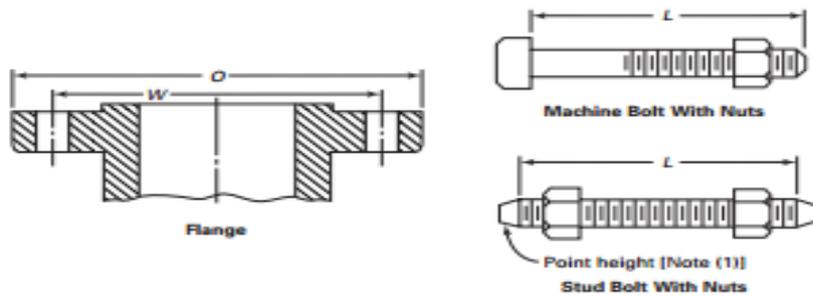


Table 7 Templates for Drilling Class 150 Flanges

| Nominal Pipe Size, NPS | Outside Diameter of Flange, O | Drilling [Notes (2), (3)] | | | | Length of Bolts, L [Notes (1), (4)] | | |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------------|------------|--------------------------------|
| | | Diameter of Bolt Circle, W | Diameter of Bolt Holes, in. | Number of Bolts | Diameter of Bolts, in. | Stud Bolts [Note (1)] | | Machine Bolts 2 mm Raised Face |
| | | | | | | 2 mm Raised Face | Ring Joint | |
| 1/2 | 90 | 60.3 | 5/8 | 4 | 1/2 | 55 | --- | 50 |
| 3/4 | 100 | 69.9 | 5/8 | 4 | 1/2 | 65 | --- | 50 |
| 1 | 110 | 79.4 | 5/8 | 4 | 1/2 | 65 | 75 | 55 |
| 1 1/4 | 115 | 88.9 | 5/8 | 4 | 1/2 | 70 | 85 | 55 |
| 1 1/2 | 125 | 98.4 | 5/8 | 4 | 1/2 | 70 | 85 | 65 |
| 2 | 150 | 120.7 | 3/4 | 4 | 3/4 | 85 | 95 | 70 |
| 2 1/2 | 180 | 139.7 | 3/4 | 4 | 3/4 | 90 | 100 | 75 |
| 3 | 190 | 152.4 | 3/4 | 4 | 3/4 | 90 | 100 | 75 |
| 3 1/2 | 215 | 177.8 | 3/4 | 8 | 3/4 | 90 | 100 | 75 |
| 4 | 230 | 190.5 | 3/4 | 8 | 3/4 | 90 | 100 | 75 |
| 5 | 255 | 215.9 | 7/8 | 8 | 7/8 | 95 | 110 | 85 |
| 6 | 280 | 241.3 | 7/8 | 8 | 7/8 | 100 | 115 | 85 |
| 8 | 345 | 298.5 | 7/8 | 8 | 7/8 | 110 | 120 | 90 |
| 10 | 405 | 362.0 | 1 | 12 | 7/8 | 115 | 125 | 100 |
| 12 | 485 | 431.8 | 1 | 12 | 7/8 | 120 | 135 | 100 |
| 14 | 535 | 476.3 | 1 1/8 | 12 | 1 | 135 | 145 | 115 |
| 16 | 595 | 539.8 | 1 1/8 | 16 | 1 | 135 | 145 | 115 |
| 18 | 635 | 577.9 | 1 1/8 | 16 | 1 1/8 | 145 | 160 | 125 |
| 20 | 700 | 635.0 | 1 1/8 | 20 | 1 1/8 | 160 | 170 | 140 |
| 24 | 815 | 749.3 | 1 1/8 | 20 | 1 1/8 | 170 | 185 | 150 |

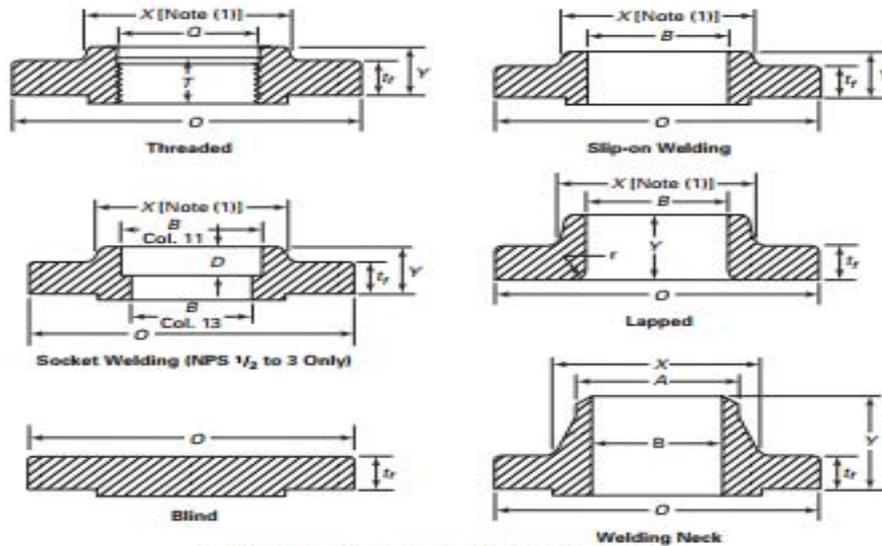


Table 8 Dimensions of Class 150 Flanges

⁵ Norma N° B 16.5-2009, ASME.

BIBLIOGRAFÍA.

- **API STD 599-2007** Metal Plug Valves - Flanged, threaded and welding ends (válvula macho de metal – Extremos bridados, roscados y soldables).
- **Bombas: Teoría, Diseño y aplicación**, *Manuel Viejo Z, Javier Álvarez Fernández.*
- **Dibujo industrial: conjuntos y despieces**, *José M. Auria Apilluelo, Pedro, Ibáñez Carabantes, Pedro Ubieta Arthur.*
- **Fundamentos de dibujo en ingeniería**, *Luzzader J. Warren, Editorial Continental.*
- **Instrumentación y control avanzado de procesos**, *José Acedo Sánchez. Ediciones Díaz de santos. S.A.*
- **Manufactura ingeniería y tecnología**, *Kalpakjian, Serope y Schmid, Steven R. Pearson Educación, México, 2002.*
- **Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y sistemas**, *Mikell P. Groover, Prentice- Hall Hispanoamericana, S.A.*
- **Materiales para ingeniería 1**, *Michael F Asby, David R. H. Jones, Editorial Reverté.*
- **Mecánica de fluidos**, *Mott, Robert L, Pearson Educación, México, 2006.*
- **Tuberías**, *Varetto Raúl H, Editorial Alsina, 2011.*
- **Walworth**, (n.f.), *Válvulas macho*, México, recuperado de: <http://www.walworthmx.com>.
- **Walworth**, (n.f.), *Válvulas de Acero Forjado al Carbono, Aleado e inoxidable*, México, recuperado de: <http://www.walworthmx.com>.
- **Walworth**, (n.f.), *Válvula de hierro fundido*, México, recuperado de: <http://www.walworthmx.com>.
- **Walworth**, (n.f.), *Válvulas macho lubricadas; manual de instalación, operación y mantenimiento*, México, recuperado de: <http://www.walworthmx.com>.
- **Walworth**, (n.f.), *Válvulas de bola*, México, recuperado de: <http://www.walworthmx.com>